

MỤC LỤC

CHÖÔNG I: MÔI TRƯỜNG

1.1. MÔI TRƯỜNG

- 1.1.1. Nh
u ống i
ng dung
- 1.1.2. Cát b
ô ôi tieá haøh

1.2. Nhiệt röng lõi c hoç cuà vat lieü

- 1.2.1. Theoai hoç
- 1.2.2. Phan i
ng hoai hoç
- 1.2.3. Sô i chyeå pha

CHÖÔONG II: SÖI PHUÙMÄNG

2.1. Cát phan i ng haøp phuïtreå beàmaë theåraé

2.2. Quaiùtrìnå khueåh tain beàmaë

- 2.2.1. Vai toá khueåh tain beàmaë
- 2.2.2. Nøadaøkhueåh tain vadheäsoåkhueåh tain
- 2.2.3. Nguyêå Iyí Boltzmann

2.3. Nhiệt röng lõi c hoç cuà sô i taø maøg

- 2.3.1. Sô i caêg beàmaë vaøip suaå beàmaë
- 2.3.2. Daøng caå baøg cuà tinh theå Nønh Iyí Wulff.
- 2.3.3. Vai troøcuå sô i caêg beàmaë khi thaøh laøp pha môø. Maøm röng theå
- 2.3.4. Maøm døtheå
- 2.3.5. Cát mode taøg tri øing maøg. Cát mode cô bain cuà sô i taøg tri øing maøm. Nøabeøm hình thai i hoç cuà cát lôøp bieå daøng.
- 2.3.6. Ainh hø øing cuà nhiệt röng cuà vøaøn toá laøg röng leå quaiùtrìnå taø maøm.
- 2.3.7. Ainh hø øing cuà haøt riëñ tich leå quaiùtrìnå ngø ng tuï
- 2.3.8. Lyøthuyeåh hình daøng caå baøg Gibbs _ Curic _ Wulff.

2.4. Quaiùtrìnå röng hoç cuà sô i taøg tri øing maøm.

- 2.4.1. Vai toá taø maøm.
- 2.4.2. Sô i keåtuïøam vaøø idi chuyeåøøam.

2.5. S_o i_phat_t trie_a ca_a truc.

- 2.5.1. Mo_đinh ca_a truc.
- 2.5.2. S_o ita_êg tr_ø ông da_p ta_k
- 2.5.3. S_o ita_êg tr_ø ông ba_êg nhie_t kich hoa_t.
- 2.5.4. Textua.

2.6. N_babaim d_ính gi_ó ã ma_øg v_oi r_æa

- 2.6.1. N_bnh ngh_âa.
- 2.6.2. Ca_c da_ñg lie_a ke_k
- 2.6.3. Ca_c tho_æg so_ánh h_ü ông le_a r_babaim d_ính.

2.7. Ô_{ng} sua_k

- 2.7.1. C_ô s_òivat_t ly_ü Modul r_{ao} ho_i va_øca_c ye_a to_ánh h_ü ông.
- 2.7.2. Ô_{ng} sua_kma_øg. Ô_{ng} sua_k noi_i va_øca_c ye_a to_ánh h_ü ông le_a ô_{ng} sua_k noi_i. Ô_{ng} sua_knhie_t.
- 2.7.3. Ky_đhuat_t r_ø ô_{ng} sua_kma_øg. Bie_a th_øic Stoney. Ph_ö ô_{ng} pha_p nhie_t xai_tia X.

2.8. Epitaxy.

CHÖÔNG I

1.1. Môññaù.

1.1.1. Nhöng öing dung.

Mæng moing r
i óc iing dung treâ vañ lieñ khoă (r
eñh neññat r
i óc nh
i ãg tính chaă mađkhoâng theññat r
i óc hay khoâng deđdaøg ñat r
i óc cu à beamaë ñeá Nh
i vaý caâ hoí ñau tieâ ñađera laø "Nh
i ãg tính chaă gì yeâ caù trong iing dung ?" Baing 1.1. ñađrình baø nh
i ãg tính chaă r
oñthaøh 6 loaï cô bain vaøñ a ra mot vaøñ iing dung ñeâ hình trong moi loaï.

Loaii tính chaă mađng moing	Ví duï öing dung ñien hinñ
Quang hoë	Lòip phain xaihay choág phain xai Maøg loë giao thoä Trang trí (maø saé, saing boing). Ñka nhõi(CD _s). OÁg dañ soing.
Ñien	Catch ñien. Dañ ñien Linh kien bain dañ. Linh kien aip ñien.
Ti ø	Ñka nhõi
Hoaù	Lòip ngaê khueáh tain. Lòip choág Oxy hoaïhoaë aê moø. Caim bieá khí/ loing.
Cô	Lòip choág maømoø. Cô ing, bain dính.
Nhiet	Lòip ngaê. Lòip toañnhiet.

Baing 1.1. Nhöng öing dung cuia mađng moing.

Nh
i ãg ví duï trong baing 1.1. ch
iing toïraèg, lóñh v
i c iing dung maøg moing laøraâ roïng. Thi ôøg, nhieu tính chaă coi theññahn r
i óc ñoøng thôø Ví duï maøg Cr treâ boäphañ chaă

de_o cu_a xe h_oi du_og r_eat_aê_g r_oac_i ìng , ainh kim va_o cho_ág tia c_ó c_tím. Ma_og TiN tre_a du_og cu_ica_é go_t r_eat_aê_g r_oac_i ìng, gi_am ma sat va_oda_dô_p nga_e hoa_uho_c cho_ág ta_o h_op kim cu_a du_og cu_ivô_i chi tie_a ca_a ca_é go_t. No_uco_ima_o va_og kim (Au) r_eadu_og trang tr_i. Ma_og Cr tre_a bo_{apha}in cha_ade_o r_eat_aê_g n_óc ch_i c_ó na_eg cu_a ch_inh bo_{apha}in r_oac_i n_óc la_on t_ú k_íkm loa_i kho_a, nh_i ng tie_ak_{ie}m n_óc ra_al_{ón} gia_utha_oh va_okho_a l_ó ìng. Ma_og TiN r_ao_ña_t n_óc nh_i òg t_ính cha_abe_ama_e ma_okho_ag the_añ_a n_óc ba_èg va_t lie_u kho_a do r_oidu_og cu_ica_égo_t ba_èg va_t lie_u kho_aco_{iphu}im_ao_g TiN co_ir_oabe_ñ va_or_oac_i ìng cao.

Ch_i c_ó na_eg bo_åsung trong ma_og mo_ìng co_ithe_añ_a n_óc ba_èg ca_éch phu_unhieu_u l_óp cu_a va_t lie_u khai_c nhau. Ma_og lo_c quang ho_c ch_i n_óa 10 hoa_e ca_i100 l_óp lie_a tie_p gi_o a chie_asua_a cao, tha_p. Khi ma_og lie_a tie_p co_i r_oac_i dag_u nm ba_èg va_t lie_u bain da_n, nh_i GaAs va_o (AlGa)As thi ta_o tha_oh s_ain pha_ñ "sie_a ma_ìng", ra_èg t_ính cha_añ_{ie}n b_òñ_{ie}u ch_{anh} ba_èg t_ính chu ky_ømô_i tha_oh lap_u r_ung h_on ba_èg t_ính chu ky_ønguye_a t_ú Nh_i va_y, ma_og mo_ìng n_á l_óp co_ithe_axem nh_i nh_i òg va_t lie_u ky_øthuat_u m_ói kho_ag co_ird_u ô_í da_ñg kho_a.

Trong gia_o tr_in_h nay ch_ung ta kha_o sat s_ói phu_uim_ao_g mo_ìng t_ú q_øpha h_oi. S_édkho_ag kha_o sat s_ói phu_uim_ao_g dag_u, nh_i phu_ut_ú q_øpha lo_íng. S_ói kha_oc nhau gi_o a co_ång nghe_ama_og mo_ìng va_o ma_og dag_u la_oma_og mo_ìng lie_a quan n_óa s_ói phu_ucu_a t_ú òg pha_a t_úrie_ag bie_t, co_ø ma_og dag_u lie_a quan n_óa s_ói phu_ucu_a ca_é ha_t. Ví du_u ky_øthuat_u ma_og dag_u la_os_{ón}, in lu_a, phun plasma. Ky_øthuat_u ma_og dag_u la_o ô_íng r_oare_u nh_i ng thi_o òg ch_ung kho_ag thi_o c_ó hie_añ_{ie}u kha_u n_óe_u khie_a hay cha_a l_ó ìng va_t lie_u kho_ag r_oare_u cao nh_i trong ky_øthuat_u ma_og mo_ìng. Chui y_ü ra_èg, phu_uba_èg ky_øthuat_u ma_og mo_ìng co_ithe_adag_u h_on phu_uba_èg ky_øthuat_u ma_og dag_u, ví du_unh_i ba_èg graphite co_ir_oadag_u mot va_omm n_óc phu_uba_èg pha_a ly nhie_t cu_a h_oi hydrocarbon. Ô_ñra_y cu_ong kho_ag kha_o sat s_ói ita_èg tri_o òng ma_og ba_èg pha_ñ ìng v_oi n_óa v_oi Si.

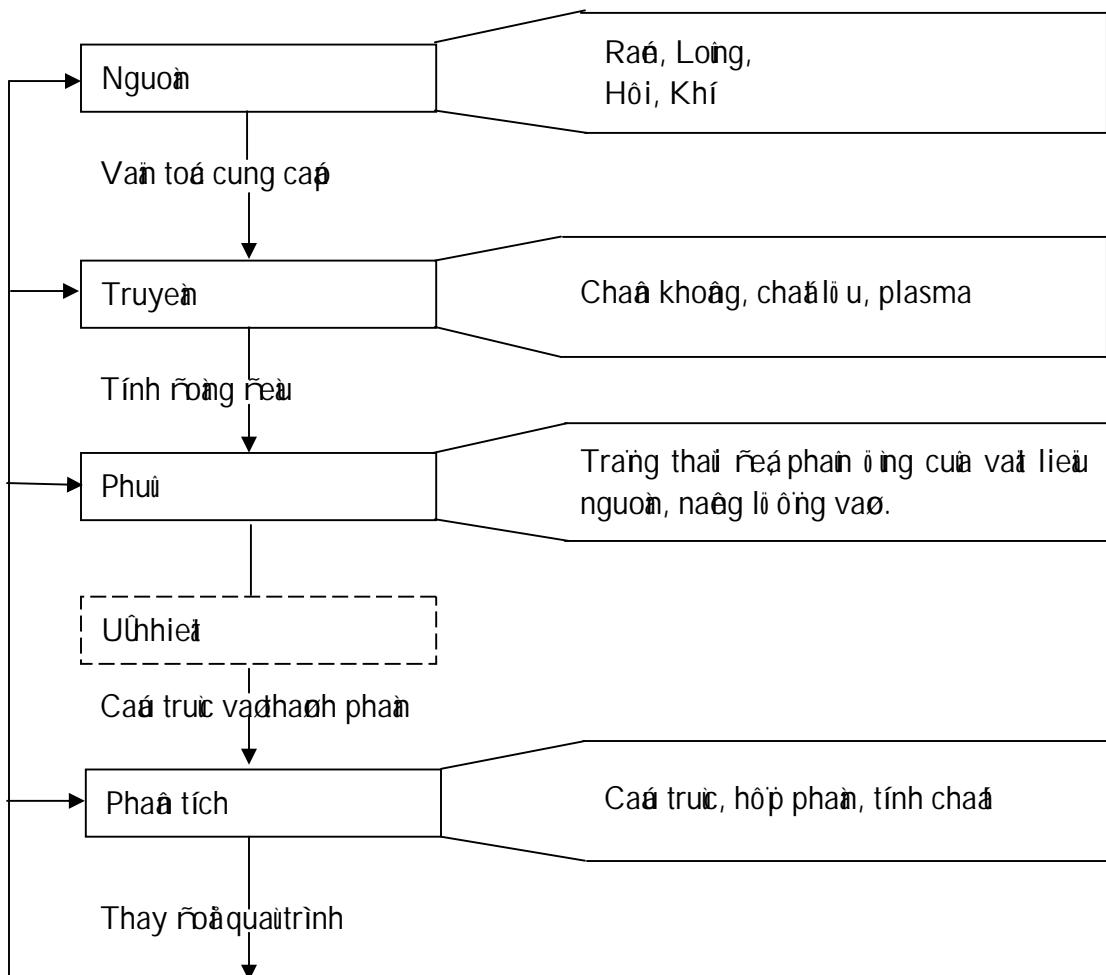
Ky_øthuat_u ma_og mo_ìng pha h_oi co_i3 thu_an l_ói no_aba_t so v_oi ky_øthuat_u pha_a l_óing: ìng du_og v_oi ba_a c_ó i_u va_t lie_u g_i, nhie_t r_oa n_éaco_i th_eñ_{ie}u ch_{anh} n_óc trong khoa_ag ro_ang va_od_ach chuye_a ñ_éatr_ong qua_utr_in_h phu_u N_hie_t r_oa la_okho_ag so_aco_it_ính quy_ea r_onh ñ_éabie_a r_oa t_ính cha_ama_og. D_óch chuye_a be_ama_e cho phe_p cung ca_p na_eg l_ó òng ba_èg ion ba_a pha_uva_ocho phe_p pha_a t_ích be_ama_e trong qua_utr_in_h phu_u Ion ba_a pha_uco_ithe_abie_a r_oa ma_ình , r_ot ngo_t t_ính cha_ama_og. Pha_a t_ích ma_og ba_èg nhie_t xai_añ_{ie}n t_útrong qua_utr_in_h phu_ula_otrung ta_an nghie_a c_ó i_u t_ính cha_ata_ang tri_o òng ma_og epitaxi (r_on t_ính the_a).

Epitaxi pha_a l_óing thi_o òng n_óc du_og r_oare_u v_oi s_ain pha_ñ co_igia_utha_oh tha_p, nh_i ng no_ukho_ag co_isi i_uñ_{ie}u khie_a. Mai_añ_{ie}n t_ó du_og mo_al_óing n_óc du_og ro_ang ra_o th_{anh} tho_ang cu_ong du_og ngay ca_iv_oi epitaxi. Tuy nhie_t no_uco_ico_ång ng he_ara_akhai_c t_óky_øthuat_u pha h_oi ma_ota kha_o sat ô_íñ_{ag}.

1.1.2. Ca_c bö_åc tie_n hanh

Ta_a ca_ica_c qui tr_in_h che_ata_o ma_og mo_ìng ñ_éu ch_i n_óa 4 (hoa_e 5) b_ü ô_í no_atie_p nhau nh_i ch_o ìng to_utre_a h_{in} 1.2. Cung ca_p ngu_oin va_t lie_u ma_og, truyen_a va_t lie_u ma_og t_ó ñ_éaphu_u

maøg, nòå khi maøg nòi ôc uïnhieñ tiep sau vaøcuoå cuøg noi nòi ôc phaå tich næåñanh gianh quai trìngh.



Hình 1.2. Các bước tiến hành tạo mạng móng.

Nguồn cuộn vật liệu taò maøg coitheáraé, loäng, hôi hay khí. Vật liệu ráé cañ phai laøn bay hôi ñeåtryeñ chung ñeá ñeá coitheálaøn ñieu ñòu baèg nhiệt, baèg ñieñ tò ùnaèg lò ông, photon (laser) hoaë ion dò ông (phuìn xa). Nhì ông phò ông pháp này goï laøphuï maøg hôi Vật lyï(PVD - Physical Vapor Deposition).

Thanh thoang, nguon raé n̄i óc thay theabæng hoi, ví du Ga n̄i óc thay baeng GaCl. Trong nh̄i áng tr̄i óng hóp khaic, vat lieu nguon n̄i óc cung cap nh̄i khí hoaë chaâl loing coiáp suaâ hoi n̄uñneatrueyeñ ônhieñ n̄oav̄ a phai.

Quá trình tạo màng mỏng maclay khí, chất lỏng bay hơi, hoặc chất rắn hòa tan khí bao gồm hoặc lao vào vật liệu nguồn. Ý tưởng gọi là phun màng mỏng bay hơi hoặc hòa tan (CVD - Chemical Vapor Deposition).

Trong hai ph_ò ông pha_p PVD va_{CVD}, s_ố i_nhi_em ba_a va_va_n toá cung ca_p la_øh_ò òg va_á n_éa chuiye_a cu_a va_t lie_u ngu_øn. S_ố i_nhi_em ba_a cu_øg la_øva_a n_éa trong ca_c b_ò ôic truye_n va_øphu_i. Va_n toá cung ca_p la_øquan tro_øng v_i t_ính cha_k ma_øg se_øbie_a r_øå v_ôi va_n toá phu_ùma_øg va_ø v_ôi ty_øso_øha_øh pha_n cung ca_p r_øåha_øh lap h_òp cha_k.

Trong b_ò ôic truye_n, va_á n_éachuiye_a la_øt_ính r_øång n_éu cu_a va_n toá phu_ùtre_a die_n t_ích n_éa Nh_ò òg s_ố i_kie_n a_ñh h_ò ông n_éa t_ính r_øång n_éu ra_kha_c nhau , tuy_ø thuoc va_ø mo_à tr_ò ôog truye_n nh_ò cha_a kho_åg cao hay cha_k l_ø u (ôi n_äg la_øcha_k l_ø u khí). Trong cha_a kho_åg cao, pha_n t_ø truye_n t_ø enguo_n n_éa n_éatheo n_ä ôog tha_øng, trong khi r_øåtrong cha_k l_ø u, pha_n t_ø t_íco_ù the_øova cha_m nhie_u la_ñ trong qua_ùtrìn_h truye_n. Nh_ò va_y, trong cha_a kho_åg cao t_ính r_øång n_éu cu_a va_t lie_u ngu_øn tre_a n_éam_ò ôic xa_c r_øånh ba_øg h_ình da_øng cu_a no_ù, trong khi r_øåtrong cha_k l_ø u t_ính r_øång n_éu n_ä ôic xa_c r_øånh ba_øg he_ødo_øg cha_k cu_a khí va_øba_øg s_ố i_khue_a ta_n cu_a pha_n t_ø enguo_n qua khí kha_c loa_i trong he_a Tho_åg th_ò ôog, nh_ò òg qua_ùtrìn_h cha_a kho_åg cao la_øng nha_k v_ôi phu_ùma_øg h_òi va_t ly_øva_øh_ò òg qua_ùtrìn_h do_øg c ha_k l_ø u la_øng nha_k v_ôi phu_ùma_øg h_òi ho_a ho_c, tuy nhie_u r_øåkho_åg pha_n luo_a luo_a r_øång. Ma_ë du_ønhie_u qua_ùtrìn_h phu_ùma_øg va_t ly_øn_ä ôic th_ò c_ù hi_øn trong cha_a cao, nh_ò ng phu_ùn xai_øva_øchie_a laser th_ò ôog n_ä ôic th_ò c_ù hi_øn ôi a_p sua_k cao co_ùr_øæ tr_ò ng cha_k l_ø u khí. Cu_øg t_ø ông t_ø j_ø ma_ë du_ø nhie_u qua_ùtrìn_h phu_ùma_øg hoa_øhoc n_ä ôic th_ò c_ù hi_øn trong do_øg l_ø u khí nh_ò ng chu_øn hoa_øhoc epitaxi la_ñ th_ò c_ù hi_øn trong cha_a kho_åg cao.

S_ố i_ktruye_n trong cha_a kho_åg cao co_ùthua_n l_øï quan tro_øng cho vie_c la_øn sa_ch be_øma_øca_n phu_ùn N_éam_ò r_øål_øcho phe_p n_ä a na_øg l_ø òng va_ø t_ø o_øchu_n ion va_øcho phe_p du_øg ky_øthua_n pha_n t_ích co_ùch_ø ia_ñ chu_n r_øåen_ò t_ø i_nh_ò nhie_u xai_ør_øåen_ò t_ø i_nva_øpho_aAuger. Ma_ëkha_c, mo_àtr_ò ôog cha_k l_ø u co_ùthua_n l_øï la_øno_øth_ò c_ù hi_øn ôi a_p sua_kkhí quye_a hoa_e ôi_øm_ò c_ù cha_a kho_åg v_i a_p pha_n de_a r_øåt_ø n_ä ôic.

Ra_ñnhie_u qua_ùtrìn_h ta_ø ma_øg mo_øng th_ò c_ù hi_øn trong plasma. Plasma la_ømo_àtr_ò ôog khí ion hoa_ømot pha_n. Plasma ch_ò ia_ñ mo_à l_ø òng l_øin na_øg l_ø òng, no_øco_ùthe_øk_øch hoa_ø qua_ùtrìn_h phu_ùma_øg ôi_ønhie_u r_øåtha_øp. A_p sua_kth_ò c_ù hi_øn plasma co_ùthe_øøitra_øng thai_ø l_ø u khí hoa_e ôi_øtra_øng thai_ø cha_a kho_åg cao.

B_ò ôic th_òiba cu_a qua_ùtrìn_h ma_øg mo_øng la_øsi_ø i_phu_ùma_øg tr_øe_a ma_ë n_éa T_ính cha_k ma_øg phu_ùn n_ä ôic xa_c r_øånh ba_øg ca_c s_ố i_kie_n ngu_øn, truye_n va_øri_øie_n kie_n tre_a be_øma_øphu_ùn Ba s_ố i_kie_n be_øma_øco_ùt_ính nguye_a ta_e xa_c r_øånh t_ính cha_k ma_øg phu_ùnh_ò r_øåtrìn_h bay tre_a h_ình 1.2. N_bu la_øtra_øng thai_ø be_øma_ø n_éapha_n i_øng cu_a va_t lie_u r_øåp va_ø va_øna_øg l_ø òng va_ø. Tra_øng tha_ø be_øma_ø n_éabao go_øm t_ính go_øghe_a m_ò c_ù r_øånhie_u ba_a, da_øng lie_a ke_øhoa_øho_c v_ôi va_t lie_u r_øåp va_ø va_øca_c tho_øg so_øinh the_øøi_øng trong tr_ò ôog h_òp e pitaxi. S_ố i_kie_n pha_n i_øng co_ùlie_a quan n_éa xa_c sua_kpha_n i_øng cu_a pha_n t_ø i_øt_ø v_ôi be_øma_øva_øse_øpha_n tro_øn be_a trong ma_øg. Xai_c sua_kna_øg nh_ò r_øåbie_a - "he_øso_øáñh_ò" S_c va_øno_øbie_a r_øåt_ø Ø n_éa 10^{-3} . He_øso_øna_øg trong qua_ùtrìn_h CVD nho_øh_òn trong qua_ùtrìn_h PVD.

S_ố i_kie_n th_òiba la_øna_øg l_ø òng r_øåp va_ø be_øma_ø. Noi co_ùthe_øco_ùnhie_u da_øng va_øanh h_ò ôog sa_a sa_e n_éa pha_n i_øng cu_a va_t lie_u va_ø cu_øg nh_ò tha_øh pha_n va_øca_c truc cu_a ma_øg. Nhie_u r_øå n_éda_øngu_øn na_øg l_ø òng va_ø c_ò ba_n, nh_ò ng va_n co_a nhie_u ngu_øn na_øg l_ø òng kha_c. Photon

Nh_oc du_øg trong quai_ütrình phu_üma_øg co_üphu_ütrô_iphoton va_üphu_ütrô_ilaser. Ion d_i ông ba_é phai_üco_üthe_åbie_a n_ona_èg l_i ông trong kho_ång ro_ång. No_ühie_n di_{en} trong ha_ùn he_åqua_ütrình plasma va_ütrong quai_ütrình cha_a Kho_ång cao.

B_ü ôic cuo_åc cu_øg trong quai_ütrình phu_üma_øg la_üpha_a t_üch ma_øg. Pha_a t_üch ma_øg co_üthe_åchia hai m_oic. M_oic pha_a t_üch thi_ünh a_åb bao go_m n_o tr_i c_i tie_p t_ünh cha_a n_oi ra_å quan tro_ång trong i_üng du_øng, nh_i n_oac_i i_üng cu_üa du_øng cu_üca_égo_ü, the_ånh thung cu_üa m_ao_üg cach_i n_oie_n hay chie_asua_a cu_üa ma_øg quang ho_åc. Ra_ånhie_n quai_ütrình phu_üma_øg n_o ôc to_åi u ho_åa ba_éng cach_i du_øng ca_ic so_ülie_i cu_üa phe_p n_o th_i c_i nghi_em na_ü k_i bie_a n_oåc_ic tho_ång so_üphu_üma_øg.

M_oic pha_a t_üch cao h_on bao go_m pha_a t_üch ca_a truc va_ütha_ånh pha_a t_üch ma_øg, v_i n_oila_ønh_i ôg s_ü i_ükiem xac_i n_onh_i t_ünh cha_a ma_øg. No_ü chung nh_i ôg da_øng pha_a t_üch na_ü k_ou_ünh_i n_og no_üla_ø ca_ü no_ügi_i a_ü ca_ic b_ü ôic phu_üma_øg v_üi t_ünh cha_a cuo_åc cu_øg cu_üa ma_øg. Ca_ü no_ü n_oida_ø n_oé_i s_ü i_ühie_a bie_ato_åh_on toa_ø bo_üqua_ütrình, vada_üca_a c_i n_oé_ihay n_oåc_ic b_ü ôic tie_a ha_ånh nha_ü n_oat_i n_o ôc t_ünh cha_a ma_øg mong muo_å.

1.2. NHIE_T N_oNG L_ÖC HO_ÅC CU_ÜA VAI_T LIE_Ü:

Nhie_t n_ong l_i c_i ho_åc xac_i n_onh n_üng ve_übie_a co_üna_ø n_oikho_ång the_åxai_iy ra. Ví du_üphai_i i_üng hay quai_ütrình na_ü ve_ünhie_t n_ong ho_åc la_ükho_ång the_åxai_iy ra. Nh_i va_üy ma_ø Au se_ükho_ång b_ü oxy hoai_i va_ünguye_a t_üibinh th_i ôg kho_ång khue_ah ta_ün d_i ôi gradien no_üng n_oå

Ma_ükhai_i, nhie_t n_ong l_i c_i ho_åc kho_ång cam ke_a ve_üphai_i i_üng hay quai_ütrình na_ü n_oila_øn_o ôc phe_p. Nh_i va_üy phai_i i_üng na_ü ve_üma_ünhie_t n_ong la_ühu_an l_oï, nh_i ng_i trong th_i c_i te_üco_üthe_a kho_ång xai_iy ra. Ví du_üma_øg silica thu_üy tinh, theo nhie_t n_ong l_i c_i ho_åc se_ütrô_üla_ø da_øng tinh the_a ôi_ünhie_t n_oäpho_üg, nh_i ng_i n_ong ho_åc - the_åa_a la_üi kho_ång n_üilinh n_ong, n_oé_itrong th_i c_i te_üda_øng SiO₂ vo_üanh h_oinh la_üben v_i ôg.

So_üñ tie_n l_oï n_oé_inh gia_üca_ic phai_i i_üng n_üng la_üma_øg l_i ông t_ü ido Gibbs:

$$Z = H - TS$$

Ôi_ün_oH - enthalpy, S-entropy va_üT- nhie_t n_oätuyet_i n_oå. Nh_i va_üy, ne_a he_åbie_a n_oåt_i dra_øng tha_a n_oåu (i) n_oé_i tra_øng tha_a cuo_å(f) ta_i T = const do phai_i i_üng ho_åa ho_åc hay quai_ütrình val_i ly_i th_i na_üng l_i ông t_ü ido se_übie_a n_oå_i $\Delta Z = (Z_f - Z_i)$ va_üba_øg:

$$\Delta Z = \Delta H - T\Delta S$$

Ôi_ün_oH va_üΔS - bie_a n_oåenthalpy va_üentropy t_ü ông i_üng. He_åqua_ücu_a n_onh lu_at thi_ü l_o2 ve_ünhie_t n_ong l_i c_i ho_åc la_üphai_i i_üng ho_åa ho_åc xai_iy ra t_ü i_üphat_i ta_i T = const va_üp = const khi $\Delta Z < 0$. N_oé_i k_iem n_oila_øco_ünguiy_ira_øg, he_åco_ükhuy_anh h_o ông t_ü i_ünhie_a h_o ông ve_üna_øg l_i ông t_ü ido c_i c_i tie_a ba_éng cach_i lie_a tu_ic die_n bie_a t_ü ogia_ütròZ_i n_oé_igia_ütròtha_ü h_on Z_f, ch_ü ôg na_ü kho_ång co_ügia_üm n_o ôc n_o å. Khi n_o Z = 0 va_üne_üñ_i n_oé_i ca_a ba_ég.

Ma_ükhai_i n_oå_i v_üi ca_ic quai_ütrình kho_ång the_åxai_iy ra, khi $\Delta Z > 0$. Mo_üt chui_iy_i quan tro_ång la_ø ca_ic da_a rie_p leicu_a ΔH va_üΔS kho_ång xai_i n_o ôc h_o ông cu_üa phai_i i_üng, n_üng h_on la_ø da_a cu_üa ha_ün lie_a h_op ΔZ m_oi co_üt_ünh quy_üe_in_oå. Ví du_ü quai_ütrình ng_i ông h_oi n_oé_itha_åh lap

m_{àng} ra_é c_o_ւ $\Delta S < 0$. Nh_eu_ñ x_{ai}_y ra v_i S la_øsoá_r ba_c "ho_ñ r_õñ" hoa_ë soá_r guye_â t_o ú_ô tra_{ng} thai_r guye_â the_atrong he_a - soá_ruton_r ta_i ít h_{òn} trong the_ara_é so v_ôi trong pha khí. Tuy nhie_â, giam enthalpy phai l_{ón} h_{òn} soá_rgia_m cu_a entropy, thi bie_a r_õå toa_r bo_a ΔZ mo_i a_m.

Quan niem veàna_èg l_ò óng t_o ido c_o i_c tie_a nh_i la_øchua_a c_o i_rõ_av_ôi r_õå be_a v_ô òg cu_a he_ava_o bie_a r_õå veaphia_r tr_ò óc cu_a phain_i òng hay quai_rtrinh_r - la_øneata_rtrung ta_an cu_a khoa ho_c va_i lie_u. Noi_i ñ_óc du_øg ra_a nhie_u trong pha_a t_ích nhie_u r_õng cu_a ca_c phain_i òng hoa_ùho_c va_ø trong s_ò i_rõain_r nha_ñ ca_c s_ò r_õåpha. Ca_c òng dung tie_p sau co_i lie_u quan r_õå CVD, s_ò i_r khueáh ta_n t_ò óng ho_ù phain_i òng trong ma_øg mo_øg va_øtrong ca_c va_a r_õåveàna_èg l_ò óng ho_c noi_i chung.

1.2.1. He_anhie_u r_õng v_ôi soá_rha_t bie_a r_õå:

Bie_a r_õå soá_rha_t trong he_a do nhie_u guye_â nha_ñ kha_c nhau, v_i du_øtrong he_ago_m the_alo_øng va_øhoi_r ba_ø hoa_øcu_a noi_i - ha_c t_ò athe_alo_øng chuye_a va_ø the_ahoi_r va_øng_i óc la_i. V_ôi nhie_u r_õå to_øng ha_c cu_a hai pha_a kho_øng r_õå_r nh_òng ha_c la_i bie_a r_õå_r trong moi_r pha. V_i du_økha_c, khi_i trong he_ax_{ai}_y ra phain_i òng ho_ù ho_c, khi_i r_õåsoá_rha_t loa_i na_ø hay loa_i kha_c cu_ag la_ønh_i òg r_õå_r l_ò óng bie_a r_õå

Khi soá_rha_t bie_a r_õå_r thi no_i na_øg cu_a he_akho_øng chæ bie_a r_õå_r do co_ag va_ødo nhie_u, ma_øco_a do s_ò ibie_a r_õåsoá_rha_t trong he_a. Khi r_õår_õå_r luu_i nhie_u r_õng th_ò iinha_aco_ada_øng:

$$dU = \delta Q - \delta W + \sum_k \mu_i dN_i \quad (1.2.1)$$

(k - loa_i ha_c co_isoá_r óng bie_a r_õå). Nh_ò va_øy:

Noi_i na_øg U:

$$dU = TdS - pdV + \sum_k \mu_i dN_i \quad (1.2.2)$$

Na_øg l_ò óng t_o ido F:

$$dF = -SdT - pdV + \sum_k \mu_i dN_i \quad (1.2.3)$$

The_anhie_u r_õng Gibbs:

$$dZ = -SdT + Vdp + \sum_k \mu_i dN_i \quad (1.2.4)$$

Enthalpy H:

$$dH = TdS + Vdp + \sum_k \mu_i dN_i \quad (1.2.5)$$

He_asoá_rylle_a μ_i trong ca_c soáha_{ng} $\mu_i dN_i$ co_ith_ò iinguye_â na_øg l_ò óng va_øng_i óc go_i la_øhe_aho_a ho_c cu_a ha_c i.

T_ò q(1.2.2) - (1.2.5) ta co_i

$$\mu_i = \left(\frac{\partial U}{\partial N_i} \right)_{S,V} = \left(\frac{\partial F}{\partial N_i} \right)_{T,V} = \left(\frac{\partial Z}{\partial N_i} \right)_{T,p} = \left(\frac{\partial H}{\partial N_i} \right)_{S,p}$$

Nh_i va_y, μ coi the_{anh} h_{an} n_o ba_{ng} vi pha_a ca_c the_{anh} hiet r_{ong} ba_k y_d U, F, Z, H theo so_{ha}_t, tuy nhie_a moi the_{abie} die_n qua ca_c bie_a so_{akh} nhau. Noi chung ta_a ca_c the_a nhie_a r_{ong} laemot ha_m to_{ang} (cong n_o o_c), t_o i_c the_{anh} hiet r_{ong} cua tap h_{op} nhieu he_a ba_{ng} to_{ang} gai_{tr} ca_c the_{anh} hiet r_{ong} cua ca_c he_a ri_{ang} bie_a trong tap h_{op} n_oi. Ne_u n_oi cong ha_m ra_{ang}, trong tr_u o_{ng} h_{op} he_a go_m nhieu ha_t r_{ong} nha_a khi bie_a n_oa l_u o_{ng} va_t cha_a t_o i_c bie_a n_oa so_{ha}_t N bao nhie_a la_m, thi the_{anh} hiet r_{ong} bie_a n_oa ba_{ng} nhie_a la_m. Noi ca_c khai_c n_{ai} l_u o_{ng} nhie_a r_{ong} phai laemot ha_m ba_c nha_a n_oa v_oi bie_a so_{ac} ong n_o o_c:

$$U = Nf_1\left(\frac{S}{N}, \frac{V}{N}\right) \quad Z = Nf_3(T, p) \quad (1.2.7)$$

$$F = Nf_2\left(T, \frac{V}{N}\right) \quad H = Nf_4\left(\frac{S}{N}, p\right)$$

Ne_a trong he_a go_m nhieu loa_i ha_t khai_c nhau, thi:

$$U = \sum_i N_i f\left(\frac{S_i}{N_i}, \frac{V_i}{N_i}, C_i\right) \quad (1.2.8)$$

$$Z = \sum_i N_i f(T, p, C_i)$$

o_{ng} V_i - the_a f_{ich} ch_u ia ha_t loa_i i, C_i = $\frac{N_i}{\sum N_k} = \frac{p_i}{p}$ - no_{ng} n_oa cu_a ha_t loa_i i

T_o i_c la_d the_{anh} ho_c ba_{ng} the_{anh} hiet r_{ong} Z cho mo_t ha_t. Do n_oi

$$\mu_i = \left(\frac{\partial Z}{\partial N_i} \right) = f(T, p, C_i) \quad (1.2.9)$$

Ta_anhie_a U, H, F kho_{ng} thoa_m n_{ieu} kien n_oi

$$U \neq \sum_i \mu_i N_i, \quad F \neq \sum_i \mu_i N_i, \quad H \neq \sum_i \mu_i N_i$$

T_o i_c (1.2.9) tha_y ra_{ang}, the_{anh} ho_c laemot ha_m cua T, p, C_i nh_o ng kho_{ng} phu_i thuoc va_t to_{ang} so_{ha}_t N_i.

N_ba_v o_i he_a mo_t thao_h phan, theo (1.2.10):

$$Z = N_i \mu_i \quad (1.2.11)$$

Ne_a n_at_e N_i = Nm_i la_{so} amol cua thao_h phan n_oi thi Z = Zm_i = μ_i, o_{ng} μ_i la_d the_{anh} ho_c cua ha_t loa_i i n_o o_c tinh theo mol. T_o i_c (1.2.4):

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial p} \right)_T = V$$

$$\text{hay } \left(\frac{\partial Z_m}{\partial p} \right)_{T, N_m} = \left(\frac{\partial \mu_i}{\partial p} \right)_{T, N_m} = V_m = \frac{RT}{p}. \quad (1.2.12)$$

ôil r_õ V_m - the_tch mol = 22.400cm³/mol ta_i 0°C va_øl atm (n_{hi} kien chua_å) R= KN_a = ha_øg so_åk_{hi} = 8.31J/mol.K hoa_ë Pa.m³/mol.K (J = joules = N.m). So_åha_øng sau cu_øg cu_å (1.2.12) nha_n n_{hi} ô_c v_i n_ho_åp dung r_õnh lu_åt kh_i ly_üt_ü ô_{ng}; pV_m = RT. T_{ich} pha_å phi_øng tr_{ìn}h (1.2.12), ba_ér_åu t_ü dra_øng tha_i chua_å (μ^0, p^0), ôil r_õip⁰ = 1atm theo qui ô_c, ta co_ü

$$\mu_i = \mu^0 + RT \ln \frac{p}{p_0}. \quad (1.2.13)$$

1.2.2. Phai_n öing hoa_øc:

Phai_n öing hoa_øc xay_ü ra trong ho_ñ h_øp ca_c cha_åtham gia, cuo_åcu_øg da_n n_hea tra_øng tha_i ca_å ba_øg nhie_n r_õng hoa_øc. N_bu_üla_øa_å ba_øg hoa_øc. Phai_n öing hoa_øc vie_åd_ü ôi da_øng:



Bie_å r_õâna_øg l_ü ô_{ng} t_ü ido cu_å phai_n öing cho b_óu:

$$\Delta Z = cZ_c - aZ_a - bZ_b \quad (1.2.21)$$

ôil r_õ a, b va_øc la_øca_c he_øso_åh_øp th_ü c. Trong tr_ø ô_{ng} h_øp ca_c cha_åtham gia phai_n öing n_hea ôi trong pha kh_i, va_øak_{hi} ly_üt_ü ô_{ng} thi t_ü (1.2.1):

$$Z_i = Z_i^0 + RT \ln a_i \quad (1.2.22)$$

ôil r_õ R la_øha_øg so_åk_{hi} va_øZ_i⁰ la_øna_øg l_ü ô_{ng} t_ü ido cu_å ha_ü ôi tra_øng tha_i chua_å. N_bav_üi cha_åra_ü r_õula_øa_ü lie_ü tinh khie_n 1 atmosphere va_ø298 °K, a_i la_øno_øng r_õanhie_ü r_õng hie_ü dung khi kho_øng ôi tra_øng tha_i chua_å.

N_h i a (1.2.22) va_ø (1.2.21):

$$\Delta Z = \Delta Z^0 + RT \ln \frac{a_c^c}{a_A^a a_B^b}$$

ôil r_õ $\Delta Z^0 = (cZ_c^0 - aZ_a^0 - bZ_b^0)$. Ba_é gi_øne_å he_øca_å ba_øg thi $\Delta Z = 0$ va_øgia_ütrò a_i = a_{i(eq)}.

Nh_o vay:

$$0 = \Delta Z^0 + RT \ln \left\{ \frac{a_{C(eq)}^c}{a_{A(eq)}^a a_{B(eq)}^b} \right\} \quad (1.2.24)$$

$$\text{hay } -\Delta Z^0 = RT \ln K \quad (1.2.25)$$

ôil r_õK - n_{hi} go_ø la_øha_øg so_åca_å ba_øg. Phi_øng tr_{ìn}h (1.2.25) la_ømo_üt trong nh_o ò_øng phi_øng tr_{ìn}h n_{hi} ô_c du_øng nhie_n nha_ü trong hoa_øc nhie_n r_õng, r_õåv_üi chung ta thi ô_{ng} du_øng n_hapha_å t_{ich} ca_c phai_n öing trong CVD. Ket_üh_øp (1.2.23) v_üi (1.2.24)

$$\Delta Z = RT \ln \left\{ \frac{(a_C/a_{C(eq)})^c}{(a_A/a_{A(eq)})^a \cdot (a_B/a_{B(eq)})^b} \right\} \quad (1.2.26)$$

Mô
so
ha
ng $\frac{a_i}{a_{i(eq)}} > 0$ bie
â die
n s
i iqua
ba
ho
cua
ha
t, co
 < 1 d
ô ô
ba
ho
cua
ha
t.

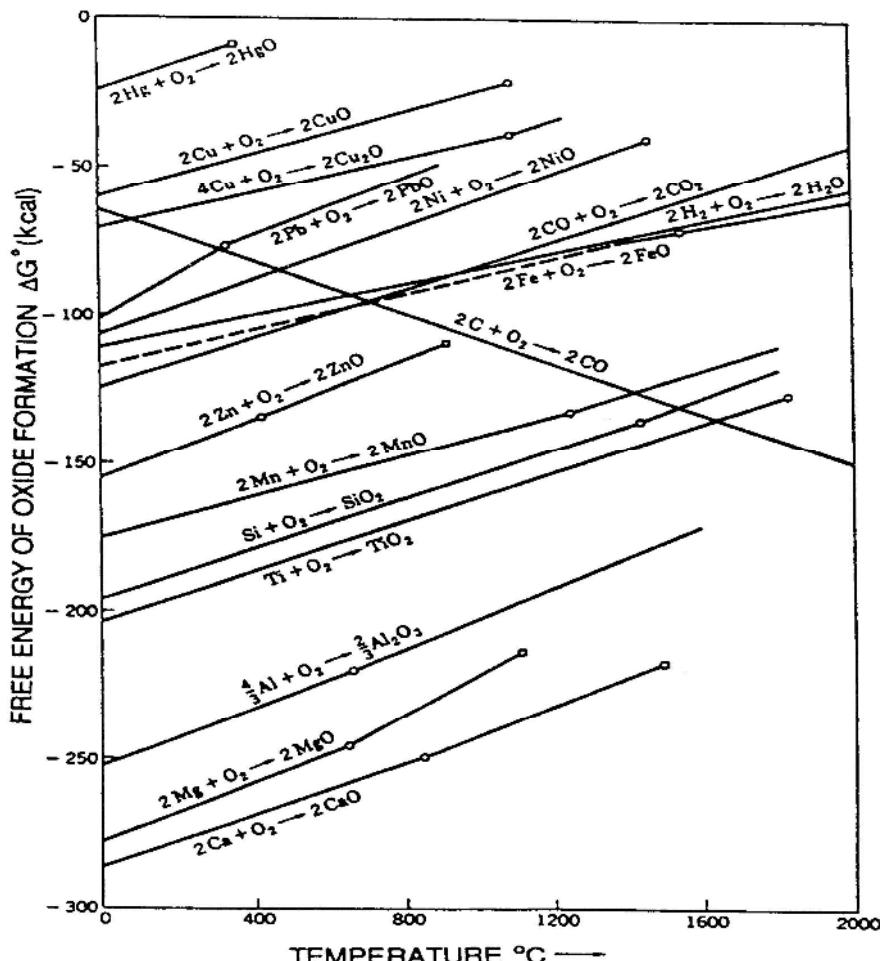
Nh
vay, ne
a ca
ch
pha
in
ing
qua
ba
ho
co
sa
in
pha
m d
ô ô
ba
ho
thì
 $\Delta Z < 0$.
Pha
in
ing
tie
tuc
tô
iphat
või
lõ
c
rie
khie
ty
leav
ri
lõ
ông
 ΔZ . Trong nhie
u tr
ông
hôp
a
kha
ra
ít
a
ô
rie
kie
chua
do
ri
tô
(1.2.23):

$$\Delta Z = \Delta Z^0 \quad (1.2.27)$$

$$G(T, P) = RT \ln p - RT \ln RT + \Psi_i(T)$$

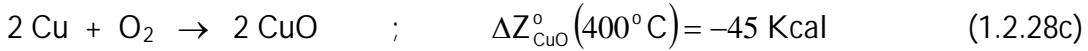
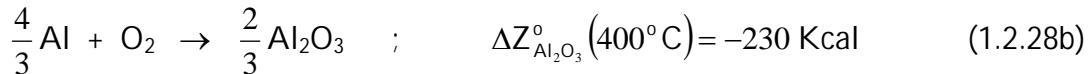
Nh
vay, tho
ng tin
rõ
nh lõ
ông
veapha
in
ing
hoa
ho
c
n
ô
c
cung
ca
t
giat
rò
 ΔZ^0 . Nh
rõ
bie
â ma
e du
 ΔZ^0
nhai
n
ô
c
t
d
h
c
ngie
m, nh
ng cu
ng co
the
aruit
ra
n
ô
c
t
c
ac
rõ
lu
vad
he
th
c
nhie
t
rõ
ng. Hình 1.2.1 trình bày ΔZ^0 của pha
in
ing
tha
h lập
oxide theo
nhie
t
n
ô
N
é
hie
t
sa
rie
n
õ
ha
y ne
2
ví
du
sau
rõ
y:

Thermodynamics of Materials



Hình 1.2.1

1./ Cho kim loại naOH phuilea SiO_2 - làm mang nó tiếp trong mạch vi niken tinh daan niken cao và để phuilea Cu và Al laohai vật liệu ditiuyet. Kim loại naOH toahon trong ứng dụng này? Giai số irmao ΔZ° phuilea SiO_2 $T = 400^{\circ}\text{C}$. Tính 1.2.1 ta có



Trong (1.2.28a) cho (1.2.28b) và cho (1.2.28c) ta nhận rõ ΔZ° của hai phản ứng khử SiO_2 :



Nhìn vậy, phản ứng (1.2.29a) là có khai naeng vì $\Delta Z^{\circ} < 0$, co Δ (1.2.29b) - không có khai naeng. Do ròi mang Al có khuynh hướng khử SiO_2 và Si tido. Nếu giả định thiea hiến tông này, coitheacheo vaø giø Al và SiO_2 mòi lòp TiN hoae W nealaøn mang chaé khueah tain. Tuy nhiea, phản ứng nhìn vậy không xảy ra với Cu, và ngi ôøta raothay Cu baøg Al trong mức rích này.

2./ Haøy khai sat khí co Δ lai trong heächaâ khoang khi bay hoi Al. Tính (1.2.25) và (1.2.28b) ta có

$$K = \frac{(a_{\text{Al}_2\text{O}_3})^{2/3}}{(a_{\text{Al}})^{4/3} P_{\text{O}_2}} = \exp\left(-\frac{\Delta Z^{\circ}}{RT}\right) \quad (1.2.30)$$

Al_2O_3 và Al có the xem nhin ton ta i dø ôi traeng t hai chua tinh khiea ne a $\text{a}_i = 1$ co Δ a i cua O_2 rõ Δ la y baøg a ip sua arieag phản cu no i P_{O_2} . Do ròi

$$\Delta Z^{\circ} = RT \ln P_{\text{O}_2} \quad (1.2.31)$$

Trong quai trinh bay hoi Al t i moa ròi noing, giai trò P_{O_2} caâ baøg v o i T cho tr o ôi ΔZ° tinh t (1.2.31). Ne a a ip sua arieag phản P_{O_2} trong heächaâ khoang v i ôi quaigiai tr o caâ baøg cua noi Al phai bò oxide hoai. Ne a ngi ΔZ° lai thi Al_2O_3 seogiaim neatrøi thao Al. Ta i $T = 1000^{\circ}\text{C}$, $\Delta Z^{\circ} = -202 \text{ Kcal}$ vaø $P_{\text{O}_2} = 2.10^{-35} \text{ atm}$. V i giai trò nay ra nhin thua a ip sua arieag phản cu O $_2$ trong heächaâ khoang, ne a Al phai bò oxid hoai. Vì vậy, mang oxide Al luoa thao lap trea beamaenguo Al noing cha y . Tu y nhiea, trong thi c teamaeng khoang bò oxid hoai la chieu dung cho quai trinh phu u . Nbi c giai coithiea tai sao mang Cu khoang bò oxid hoai ra deab bay hoi.

1.2.3. Söichuyen pha:

Tr o ôi khi khai sat s o i chuye a pha , chung ta haøy laøn q uen voi caic khai nie m chung: heä pha , thao pham .

1.2.3.1. Hệ thống nhất và hệ không thống nhất, Pha và thành phần:

Ta^{ck} cai he^{nh}ie^t r^{ong} nⁱ ô^c pha^a tha^{nh} 2 he^{al}oⁱn: r^{ong} nha^k va^k ho^{ang} r^{ong} nha^k He^a r^{ong} nha^k la^dhe^a trong r^{on}t^{inh} cha^k bie^a r^{on}a lie^a tu^c khi chuye^a tⁱ ov^o trⁱ na^y sang v^otrⁱ kha^c. Tho^{ang} thi ô^cng he^ar^{ong} nha^k nⁱ ô^c r^{ong} nha^k ho^a voiⁱ he^ar^{ong} nha^k va^k lyⁱ tⁱ cⁱ la^co^ut^{inh} cha^k va^k lyⁱngio^a nhau taⁱ moⁱ n^{ie}an ba^k ky^otrong he^a Ví duⁱ ho^an h^op khí, dung d^och loa^og, dung d^och ra^e ... la^onh^o ô^cng he^ar^{ong} nha^k Trong nh^o ô^cng he^ana^y co^uthe^aka^y ra phain i^{ng} gi^o a^cai^c h^op phain, s^o i^ppha^a ly khí, pha^a ly va^k cha^k hoa^atan, s^o i^polimer ho^a (tⁱ cⁱ tha^{nh} lap ca^c pha^a tⁱ i^phoⁱ cⁱ tap tⁱ o^c ai^c pha^a tⁱ i^pron gian, ví duⁱtⁱ o^c pha^a tⁱ i^p C₂H₂O tha^{nh} 1 pha^a tⁱ i^p(C₂H₂O) (H₂O)₂ ...) Khi ca^c ba^g, ca^c phain i^{ng} trong he^anh^u ng^o o^g.

Heà khoâng róng nhaà laøheà goàm tò ønhò àg thi è theårõng nhaà vaà lyì trong rñoi nhò àg tính chaà sedbieá rñoå giàin rñoaiñ, khoâng lieà tuç. Nhò àg heanhò vaÿ coi theå coi caic traeng thai keà tuï khaiç nhau cuà cuøg moà vaà chaà (nô ôic rñai- nô ôic, nô ôic - hoi...) hay caic bieá theåtinh theåkhaiç nhau (thieá traéng, thieá xam...) hay ca ic saïn pha n khaic nhau cuà sô ihoa tan tò ông ho  (dung dach nô ôic muo  - muo  ra  - hoi) hay saïn pha n tò ông taic hoai ho  cuà caic vaà chaàkhaiç nhau (hôj  kim lo ng vaøhôj  chaàhoai ho  ra  cuà 2 kim lo i).

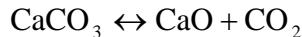
Thì c' theāñđang nhađ vađ lyđ laømot phaiñ cuä heäkhoåg ñđang nhađ nô ôc' phaâ caich nhau baèg maëtieä gioip, ôiñ ñđoi xaiy ra ñđot bieä tinh chađ naø ñđoi (hay nhö ång thoåg sođi ông iñg vöi chüng) nô ôc' goiñ laøPha. Neä heägoñm tò ñchađ loing vaðhöi, thi chađ loing laømot pha, coø hoi - pha khaic.

Khoang nea lai lon vaeng nha hoa traeng thai keat uivoi pha. Trong khi traeng thai keat tuita caich coi 3: raet, loing, hoi thi pha - soal oeng khoang hanh, ngay cai cuong moi vat chata thuau tuyuhoaihoc trong traeng thai keat tuira coitheacoi vaopha (liu huyoh heathoi vapheam nghieang, thiea traeg vaothiea xam...). Voi ap sua khoang lon, khi khic khoang khai nhieu khic lyut oeng, thi trong traeng thai khic ha coi moi pha vi ourieu kien nag taakaumoi khic coikhainaeng tron lai nhau theo tyileabaak kyoneahao lap moi hearong nha

Trong træng thai long, khi caâ baæg coi theæcoi vaøpha, ví duïnø ôic vaødaù nhôï, nø ôic vaødaù hoa...

Ngoài khai niêm pha, có một khai niêm quan trọng nữa là **laotrao**h pha. **Thao**h pha là hóp pha taò thao hê ma ñaøn lì öng cuà noùkhoâng phui thuoc vaø haøn lì öng cuà caic hóp pha khai. Hoà hóp khí laomot pha, nhõng laøheanhieu thao pha: thao pha trong hoà hóp khí laøhõ ãng khí khoâng gaø pha i ñing hoai hoæ, ví dui H_2 , CO_2 , N_2 , He... Nò ôi rai nò ôi laøheamo pha nhõng chæ mot thao pha, ví raèg H vaøO trong H_2O coi heathoæ xai røm: lì öng cuà khí naøy phui thuoc vaø lì öng cuà khí khai.

Hoa tan NaCl trong nồng độ thì dung dịch sẽ gồm có ion Na, NaCl, ion Cl nhung chia thành 2 phần trong heo nồng độ của NaCl. Ion Na và Cl không phải là nhau riêng thành phần rời rạc. Trong heo ôn hòa sẽ ra phần riêng hoai học:



Có 3 nguyên tố Ca, C và O nhau không hòa tan thành phần, vì chúng lieu heo với nhau bởi phản ứng trình hoai học $f(n_1, n_2, n_3) = 0$, với n_1, n_2, n_3 là số lượng các nguyên tố trong heo. Nếu chung, nếu trong pha có N vật chất khác nhau (nguyên tố hoai học) giờ là chung toàn bộ phan riêng hoai học, thì số lượng phan (so với chất riêng rạc) trong pha là $(N-n)$.

1.2.3.2. Các loại chuyển pha:

Khi biến đổi trạng thái của hệ cao bằng không ràng buộc (hệ gồm nhiều pha) thì vật chất có thể chuyển đổi sang pha khác, ví dụ từ đóng sang mở, từ đóng tinh sang đóng tinh, từ đóng sang thuỷ phân. Trong thời tiết ôn đới ga sưởi ấm chuyển đổi pha của hệ gồm 1 hoặc 2 thành phần. Chứng ta sẽ thấy rằng số lượng pha của hệ không ràng buộc không đổi.

Khi cao bằng và đổi đổi khi chuyển đổi pha, chuyển đổi vật chất trong các pha và nhiệt động lực lối sang pha khác, ví dụ đóng sang mở, đóng tinh, đóng tinh sang thuỷ phân. Theo Erenfect, bài chuyển đổi pha là bài toán chuyển đổi nhiệt động, mà bài toán chuyển đổi pha chuyển đổi nhiệt động.

Khi chuyển đổi pha, nếu các biến đổi nhiệt động của chuyển đổi không bao gồm biến đổi nhiệt động (tự nhiên) hoặc biến đổi nhiệt động (tự nhiên) $V = \left(\frac{\partial Z}{\partial p} \right)_T$ và entropy $S = - \left(\frac{\partial Z}{\partial T} \right)_p$ thì nó gọi là chuyển đổi pha loại 1.

Khi chuyển đổi pha, nếu các biến đổi nhiệt động của chuyển đổi không bao gồm biến đổi nhiệt động (tự nhiên) hoặc biến đổi nhiệt động (tự nhiên) $Z = \left(\frac{\partial^2 Z}{\partial T^2} \right)_p$, $\beta = - \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial^2 Z}{\partial T^2} \right)_T$; $\alpha = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial^2 Z}{\partial T \partial p} \right)_T$) - chuyển đổi pha loại 2.

Tóm lại, khi chuyển đổi pha loại 1 thì có biến đổi nhiệt động hay không, nhưng không thay đổi nhiệt động, trong khi chuyển đổi pha loại 2 không thay đổi nhiệt động, mà thay đổi nhiệt động.

Cho thấy nay, nếu biến đổi nhiệt động và chuyển đổi pha loại 1 (như chảy, bay hơi, tinh thể hóa...) không thay đổi nhiệt động (như chảy, bay hơi, tinh thể hóa...), chúng không chuyển đổi pha loại 2 (đến rãnh sang sít, đến, sao sang thuỷ phân); biến đổi nhiệt động và chuyển đổi pha loại 3 là cao hòn - biến đổi nhiệt động và biến đổi nhiệt động.

1.2.3.3. Số lượng pha loại 1 – Phограмm Clausius – Clapeyron:

Ph_ô ông trình c_ô ba_n r_ña_ë tr_ö ng cho s_ô i_{ch} y_e à ph_a lo_i 1 la_c Clausius - Clapeyron. Ph_ô ông trình r_ñu_nha_n n_óc t_o m_ñie_ù kie_m ca_â ba_èg cu_a the_å ho_a ho_c khi ca_â ba_èg gi_ò à hai ph_a:

$$\mu_1(T, p) = \mu_2(T, p) \quad (1.2.32)$$

T_o (1.2.32) suy ra ph_ô ông trình n_óo_øg cong ca_â ba_èg:

$$p = p(T) \quad (1.2.33)$$

Vì da_{ng} cu_i the_å cu_a ha_n $\mu(T, p)$ la_økho_{ang} bie_ñ ne_a ph_ô ông trình (1.2.33) cu_øng kho_{ang} co_ñda_{ng} t_o ô_øg minh. Tuy nhie_a r_ña_{och} i_{ng} to_{ura}_èg, ph_ô ông trình vi ph_a_â cu_a n_óo_øg cong ca_â ba_èg co_ñda_{ng} r_ñon gian_a vadie_a he_ävô_i nhau ba_èg ca_c r_ña_i l_ø ô_øng r_ñ o_c. Vì ph_a_â (1.2.32) ta co_i

$$d\mu_1(T, p) = d\mu_2(T, p)$$

hay $\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial p}\right)_T dp = \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial p}\right)_T dp$

T_o m_ño_i
$$\frac{dp}{dT} = \frac{\left(\frac{\partial \mu_2}{\partial T}\right)_p - \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial T}\right)_p}{\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial p}\right)_T - \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial p}\right)_T}$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{(S_2 - S_1)}{(v_2 - v_1)} \quad (1.2.34)$$

vì ra_èg, $d\mu_i = -S_i dT + v_i dp$ (S_i va_ø_o_i la_øentropy va_øthe_å ích cho mo_i ha_i cu_a ph_a i). Ph_ô ông trình (1.2.34) la_øph_ô ông trình vi ph_a_â cu_a n_óo_øg cong ca_â ba_èg va_ø_n o_c go_i la_øph_ô ông trình Clausius - Clapeyron.

Chu_üy_üra_èg, ne_a ch_üng ta kh_ao_sat kho_{ang} phai_a v_ôi mo_i ha_i va_øvô_i mo_i l_ø ô_øng va_ø cha_ñ ba_ñ ky_øgo_m N ha_i, th_i bie_ñ r_ño_ñ entropy va_øthe_å ích t_o ô_øng i_{ng} la_ø $\Delta S = N \Delta s$, $\Delta V = N \Delta v$. Vì v_ay (1.2.34) co_ñda_{ng}:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta S}{\Delta V} \quad (1.2.35)$$

Ô_ñ r_ño_i $\Delta S = S_2 - S_1$ va_ø $\Delta V = V_2 - V_1$

Vì ch_üye_a ph_a xai_a ra khi T=const, ne_a s_ô i_{ch} r_ño_ñ entropy t_o ô_øng i_{ng} v_ôi r_ñonh luat_a nhie_a r_ño_ñg th_o i₂, do r_ño_i

$$\Delta S = (S_2 - S_1) = \frac{L_{12}}{T} \quad (1.2.36)$$

ôi $L_{12} - nhiet a chuyen pha$. Neá $L_{12}>0$ thi xay ra so iha thuinhiet, co L₁₂<0 - toanhiet.

Nh
vay, phi óng trìngh Clausius - Clapeyron ba giao daing:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L_{12}}{T\Delta V} \quad (1.2.37)$$

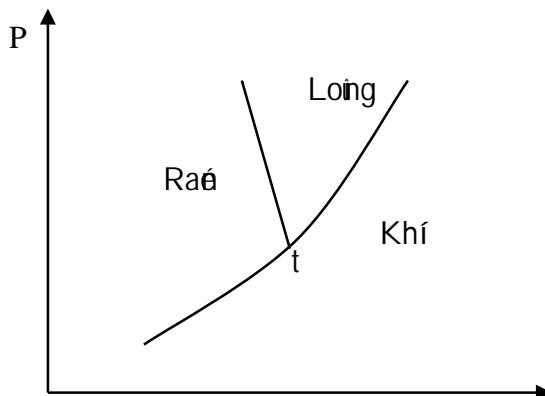
Neá V lađheăich 1 mol, thi L₁₂ lađhiet a rоăvõi 1 mol; neá V lađheăich 1 gr, thi L₁₂ - nhiet a rоăvõi 1 gr.

Ha g khaò sait mot vađi ng dung quan tron g cuia ke quai trea.

1.2.3.4. Chuyen pha no i voi vat chat non gian:

Nh
rađbie vat cha t rоăg gian coitheăom ta i 3 pha: raé, loing, khí. N
oog cong caa ba g pha trea ma e phaing (p-T) ôihinh (1.2.2) chia gian rоàra ba mien tiep giap: pha raé, pha loing, pha khí ca nhau ta i mot rieam chung n
o c goi lao rieam ba. L
i óng vat cha cuia ba pha nay cuog ton ta i óitra ng thai caa ba g chì voi mot gian tröduy nha T vaop cuia rieam ba.

N
oog cong caa ba g loing - khí n
o c ke thuc o i rieam C. C n
o c goi lao rieam tui han. Ta i rieam nay hieu soatheăich ΔV cuia l
i óng cha loing va cha khí seba g 0. Sau rieam C khoang coi s i chuyen pha; o i rieam chia ton ta i mot pha "loing" (ap sua cao rieam mo i, neakhí rieam va cha loing khoang co phaa biet n
o c).



Hình 1.2.2: Giai n oapha cuia vat chat töong töi nööc.

T – n iem ba; C – n iem tui han.

Khi chuyen t o pha loing sang pha hoi thi entropy lu o a ta g (hay bat ho i rо i ta g) ($L_{12}>0$) vađheăich cuog luo a ta g ($\Delta V > 0$), cho nea $(dp/dT)>0$ t i nhiet rо a so a luo a ta g khi ap sua ta g.

Khi chuyen t o pha raé sang pha loing, entropy cuog luo a ta g ($L_{12}>0$). Phan loin vat cha sau khi noing cha, theatich cuia chung ta g ($\Delta V > 0$), vi vay nh i òng vat cha nh i thea $(dp/dT)>0$ cuog gioag nh i tri óog hop so a. Tuy nhiea, o i mo so a vat

cha_khaic nh_i n_o ôc, gang, Bi, sau khi no_{ng} chay th_i the_{ết}ch giam va_ø(ΔV < 0) t_o ic 0($\frac{dp}{dT}$) < 0. Nh_eu r_oil co_{ng}h_{oa} la_ønhiet r_oacua r_{ie}an no_{ng} chay giam k_i a_p sua_k ta_øg. N_ba le_{ch} cu_a n_oøong cong ca_a ba_øg trong tr_i øøg h_{op} na_y la_øa_ñ (t_o øng t_o i tr_i øøg h_{op} tre_a h_inh 1.2.2)

1.2.3.5. T_inh ga_n n_ung cu_a a_p sua_k h_{oi}:

Co_{it}he_ådu_øg ph_ø øng tr_inh Clausius - Clapeyron r_eæính ga_n n_ung bie_a th_i ic cu_a a_p sua_k h_{oi} ôi tra_øng tha_i ca_a ba_øg v_oi pha lo_{ng} (hay pha ra_é) ta_i nh_i e_t r_oøT. A_p sua_k r_oøgo_i la_øa_p sua_k h_{oi} tre_a cha_klo_{ng} (hay cha_kra_é) ta_i nh_iet r_oøT.

Khi pha ng_ing tu_i (c) ca_a ba_øg v_oi pha h_{oi} (v) th_i $\Delta Z = \Delta H - T\Delta S = 0$ hay $\Delta H = T\Delta S$. Tho_øng th_i øøg ΔH_v la_øa_ñ nh_iet (bie_a r_oøenthalpy) cu_a s_o i_bay h_{oi} cu_a mol mol. Khi r_oil(1.2.35) co_{ida}ng:

$$\frac{dp_v}{dT} = \frac{\Delta H_v}{T\Delta V}$$

ôi r_oil $\Delta V = (V_v - V_c)$ v_oi V the_{ết}ch mol. So_áha_øng ΔV n_oøc t_inh nh_i sau. V_i ra_øg, ta_i p = 1atm, $V_c \approx 10^{-3} V_v$. N_ba v_oi kh_i ly_øøt_iøng $V_v = RT/p_v$. Nh_i va_y:

$$\frac{dp_v}{p_v} = \left(\frac{\Delta H_v}{RT^2} \right) dT \quad (1.2.38)$$

T_ich pha_a (1.2.38) ta co_i

$$p_v = B \exp \left(- \frac{\Delta H_v}{RT} \right) \quad (1.2.39)$$

ôi r_oil B la_øha_øg so_áth_i pha_a; nh_iet a_a ΔH_v mol cách ga_n n_ung la_øna_øg l_i øøng ca_n thi_æ r_oea_øch mol cha_klo_{ng} (hay ra_é) ra ca_c pha_n t_o i_rie_øg bie_a va_øta_øch xa nhau. V_i va_y ΔH_v phai l_oin h_{on} na_øg l_i øøng nh_iet cu_a cha_klo_{ng} (hay ra_é) - ba_øg RT, t_o ic la_ø $\Delta H_v >> RT$. So_áha_øng luy_øth_i a_ø trong (1.2.39) t_o øng t_o i_vo_i ta_k ca_cca_c bie_a th_i ic bie_a die_n qua_ttr_inh ho_a ho_c n_oøc k_ich ho_a b_oøi nh_iet, ma_øbay h_{oi} la_ømo_i ví du_inh_ø the_áBie_a th_i ic to_øng qua_t r_oise_ø n_oøc k_{ha}ø sal_i o_øpha_n 1.2.

Nha_n n_oøc (1.2.39) v_oi gia_i thi_æ ra_øg ΔH_v kho_øg phui thu_øø va_ø T. Nh_eu r_oil la_ø kho_øg ch_inh xac. Tuy nhie_a, ne_a xa r_{ie}an t_oi ha_n C (h_inh 1.2.1) th_i no_øla_øh_{op} ly_øø. V_i va_y, ph_ø øng tr_inh (1.2.39) r_uøi r_oea_ømo_i a_øaus_i i_phu_ithu_øø cu_a a_p sua_k h_{oi} the_ønh_i r_oøv_oi nh_iet va_k lie_u o_ømiem_i nh_iet r_oøthap_i. N_eas_i i_udu_øng no_øo_ømiem_i nh_iet r_oøø òi r_oil ΔH_v phui thu_øø T, ca_n phai hie_u ch_ønh. V_i du_j a_p sua_k h_{oi} cu_a cha_klo_{ng} A I co_i da_øng:

$$\log p(\text{torr}) = -\frac{15,993}{T} + 12,409 - 0,999 \log T - 3,52 \cdot 10^{-6} T$$

Hai soáhaìng ràu tieà cuà phô ông trình (veaphai) ràe tröng cho phô ông trình (1.2.39), coø 2 soáhaìng tieø theo - hieù chnh.

1.3. NÖNG HOÍC:

Sô i truyen vómoâcuà val lieü.

Khi heava val lieü khoâng ói trong traing thai caâ baøg nhiet rong, thi caic lò c rieù khieå seø xuaå hieñ moït caich tò inhhieå ñeåhi öing veatraqng thai caâ baøg. Tinh huoåg ròi coitheåxaiy ra, ví duj khi naøg lò öing tò ido cuà heabieå ñoåtò rieán nay ñeå ri eân khac do khoâng rong nhaå hôp phan. Keä quai laøsin sinh hieu öing truyen khoå lò öing ñeågiaim sô i cheåh lech naøg lò öing trong heä Nhô öng bieå hien cuà quai trìngh nay bao goàm sô i chuyeå pha, tai keä tinh, taøg trö öing hôp chaå v.v..... trong heåkhoåcuåg nhô trong heåmaøg moøg. Trong theå raé sô i truyen khoå lò öing ròi c hieñ baøg khueåh tain, tò ic laøsi id chuyeå caic haå nguyêå tò ihay phaå tò ibea trong maøg dô öi aînh hò öing cuà gradien noøng ñoå Fick ràdhiæå lap moå quan heägiø å gradien noøng ñoå(dc/dx) voi doøg khueåh tain j theo phô ông trình: (phô ông trình Fick 1):

$$J = -D \frac{dc}{dx} \quad (1.3.1)$$

Daå - trong (1.3.1) chæ coidoøg khueåh tain tò ønôi coi noøng ñoåcaø ñeån nôi coi noøng ñoåthaø. Nbn vòcuå C, thi ôøg laønguyêå tò ii/ cm³ thi heåsoåkhueåh tain D laø cm²/s). Sau nay seø thaå D coidaøg:

$$D = D_0 \exp - \frac{E_D}{KT} \quad (1.3.2)$$

Ô Üñøi D₀-haøg soå E_D -naøg lò öing kích haåt ñoå voi khueåh tain. Ô Ünhiet ñoå viøø phai, khueåh tain trong traing thai raé noi chung laemot laøquai trìngh chæm, tò i'hôp phan xaiy ra trong khoâng thôøgian daø ñaåt ñeå traing thai oå røm thi ôøg raå hieñ trong khoå raé. Phô ông trình (1.3.1) luoå røng trong moïi trö ôøg hôp, nhô ng khi noøng ñoåC khoâng nhô öng chæ phuiithuoø vaø x, maøcoø phuiithuoø vaø t, thi duøg phô ông trình nay khoâng thuaå lõi. Tò mìnht luat bao toaø val chaåcoitheåbieå ñoå (1.3.1) thaøh phô ông trình vi phaå, trong ñoù chø ia theån bieå soå:

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} \quad (1.3.3)$$

Nbilaøphô ông trình Fick II

Coinhhieùu phô ông phap giai phô ông trình (1.3.3). Chüng ta haøy duøg phô ông phap ñaøbieå phuiBoltzmann. Thay $\lambda = \frac{x}{\sqrt{t}}$ (goïi laøbieå phuiBoltzamann) vaø hai veåcuå (1.3.3):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{dC}{d\lambda} \cdot \frac{\partial \lambda}{\partial t} = - \frac{dC}{d\lambda} \cdot \frac{x}{2t^{3/2}}$$

$$\text{vaø} \quad D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = D \frac{d^2 C}{d\lambda^2} \left(\frac{d\lambda}{dx} \right)^2 = D \frac{d^2 C}{d\lambda^2} \cdot \frac{1}{t}$$

do ñoùph_o ông trình(1.3.3) trôùtha_o vi pha_â toa_o pha_â:

$$\frac{dC}{d\lambda} = -2D \frac{d^2C}{d\lambda^2} \quad (1.3.4)$$

ñé_gia_u (1.3.4) ha_g cho_n:

$$\frac{dC}{d\lambda} = Ae^{-a\lambda^n} \quad (1.3.5)$$

óùñ_o A va_n la_oh_o ãg ha_g soá Thay (1.3.5) va_o (1.3.4) se_oda_n t_oi:

$$Ae^{-a\lambda^n} \cdot \lambda = 2DAe^{-a\lambda^n} \cdot an\lambda^{n-1}$$

N_bng_nha₂ veáu_u ph_o ông trình na_y, ta nha_n ñ_i ó_c:

$$n = 2, \quad a = \frac{1}{4D}$$

$$\text{Nh_o va_y:} \quad \frac{dC}{d\lambda} = Ae^{-\frac{\lambda^2}{4D}} \quad (1.3.7)$$

$$\text{Do ñ_o:} \quad C = A \int_0^\lambda e^{-\frac{\lambda^2}{4D}} d\lambda + B \quad (1.3.8)$$

óùñ_o A va_B la_oh_o ãg ha_g soá tíc_h pha_â, co_ùthe_oka_c ñ_onh_t ñ_one_u kien_bie_a cu_a ba_øtoain.

N_eåhuan_n tie_n cho vie_c la_g tíc_h pha_â, ha_g ñ_aé

$$\frac{\xi}{2\sqrt{D}} = \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$$

Khi ñ_oü:

$$\begin{aligned} C &= A 2\sqrt{D} \int_0^\xi e^{-\xi^2} d\xi + B \\ C &= A \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-\xi^2} d\xi + B \end{aligned} \quad (1.3.9)$$

Tí_h tíc_h pha_â trong (1.3.9) ñ_i ó_c tí_h sa_n d_o ò_i da_{ng} ba_{ng} ha_o sai soá(error function) va_o ñ_i ó_c ñ_onh_t ngh_oa nh_o sau:

$$\text{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-\xi^2} d\xi \quad (1.3.10)$$

Ha_on erf(z) co_ùnh_o ãg tí_h cha_åquan tro_{ng} sau:

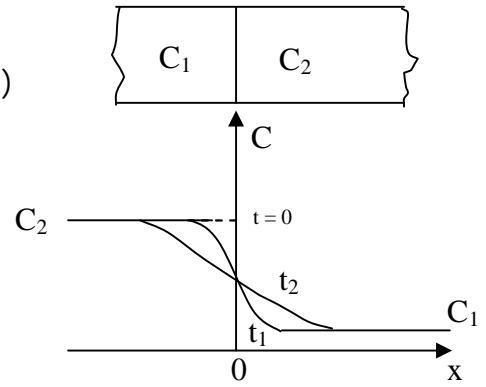
$$\begin{aligned} \text{erf}(0) &= 0; \quad \text{erf}(\infty) = 1 \\ \text{erf}(-z) &= -\text{erf}(z) \end{aligned} \quad (1.3.11)$$

Sau ñ_ag_h ha_g gia_u ph_o ông trình (1.3.9) trong mo_t va_otri_o ô_øg hô_p v_oi nh_o ãg ñ_one_u kien_bie_a cu_a t_ou

- a. Khueáh t_{ai}n gi_o ã hai ma_u v_oi k_{ich} th_o ô_c ñ_ul_oin co_ùno_{ng} ñ_oaban ñ_{au} la_C₁va_C₂.
Tr_o ô_øg hô_p na_y co_ùthe_oxem nh_o la_okhueáh t_{ai}n gi_o ã hai ba_n ma_øvo_øha_n v_oi ca_c ñ_one_u kien_bie_a sau (hình 1.3.1):

$$t = 0 \quad \begin{cases} C = C_1 & \text{neáu } x > 0 \\ C = C_2 & \text{neáu } x < 0 \end{cases} \quad (1.3.12)$$

$$t > 0 \quad \begin{cases} C = C_1 & \text{neáu } x = +\infty \\ C = C_2 & \text{neáu } x = -\infty \end{cases}$$



Hình 1.3.1: Phản ứng nồng độ theo phôong khueát tain trong he2 bat mat voi han

Thay (1.3.12) và (1.3.9) rong thôđeây iñea tính chaâcua haø sai soärf(z), ta coi

$$C_1 = A' \frac{\sqrt{\pi}}{2} + B$$

$$C_2 = -A' \frac{\sqrt{\pi}}{2} + B$$

Do röij

$$A' = -\frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{C_2 - C_1}{2} \quad (1.3.13)$$

$$B = \frac{C_2 + C_1}{2}$$

$$\text{Tö röij } C(x, t) = \frac{C_1 + C_2}{2} - \frac{C_2 - C_1}{2} \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

Neá C₁ = 0, thi:

$$C(x, t) = \frac{C_2}{2} \left\{ 1 - \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \right\} \quad (1.3.14)$$

b. Khueát tain nguyeâ tö iñvaø maiu voi han. Khi röij níeu kien bieâ laø (hình 1.3.2):

$$t = 0 \quad \begin{cases} C = C_s & \text{neáu } x = 0 \\ C = C_0 & \text{neáu } x > 0 \end{cases} \quad (1.3.15)$$

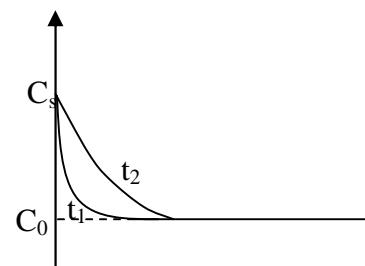
$$t > 0 \quad \begin{cases} C = C_s & \text{neáu } x = 0 \\ C = C_0 & \text{neáu } x = +\infty \end{cases}$$

Thay (1.3.15) và (1.3.9):

$$C_s = A' \cdot 0 + B$$

$$C_0 = A' \frac{\sqrt{\pi}}{2} + B$$

Do röij B = C_s:

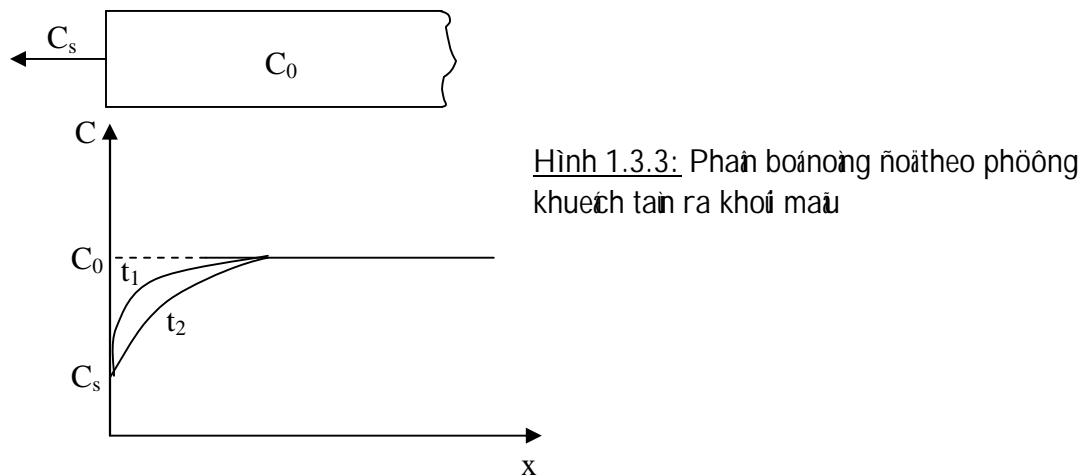


Hình 1.3.2: Phản ứng nồng độ theo phôong khueát tain voi maiu voi han

$$A' = (C_0 - C_s) \frac{2}{\sqrt{\pi}} \quad (1.3.16)$$

$$vaoC(x, t) = (C_0 - C_s) \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) + C_s$$

Cu_{ng} nh_n n_n n_n o_n c_n k_n e_n q_n u_n i_n t_n ô_n g_n t_n i_n r_n o_n a_n v_n i_n t_n ô_n g_n h_n p_n k_n h_n u_n t_n n_n r_n a_n k_n h_n i_n m_n u_n (h_n 1.3.3).



1.2.4. N_nnh lu_nt pha cu_n Gibbs

Ha_g gia_n th_nch va_n r_ne_nco_nbao nhie_n th_no_ng so_nap_n la_np_n cu_n he_nnhieu_n pha khi no_nu_ntra_nng th_na_n ca_n ba_ng?

Nh_n r_na_nbie_n th_no_ng so_ncu_n he_nnhieu_n r_no_n a_np_n sua_nva_non_ng r_no_nca_nc_n th_nanh phan_n o_ntrong ta_n ca_nca_nc_n pha cu_n he_n

He_nnhieu_n pha co_nim th_nanh phan_n, thi ch_ne_nco_n(m - 1) no_nng r_no_nca_nc_n la_np_n nhau. That_n vay_n:

$$n'_1 + n''_1 + n'''_1 + \dots + n^{(m)}_1 = \sum n$$

$$\text{hay } \frac{n'_1}{\sum n} + \frac{n''_1}{\sum n} + \frac{n'''_1}{\sum n} + \dots + \frac{n^{(m)}_1}{\sum n} = 1$$

ca_nc_n ty_niso_nive_ntra_ni cu_n (1.2.40) ch_nnh la_non_ng r_no_nrie_nng phan_n cu_n ca_nc_n th_nanh phan_n trong pha thi_n 1. T_n o_n(1.2.40) ta_n th_ng, ch_ne_nco_n(m - 1) no_nng r_no_nca_nc_n la_np_n nhau. He_nco_n v_n pha va_non_ng phan_n se_no_n o_n xac_n r_non_n ba_ng v_n(m - 1) th_no_ng so_ncon_ng the_n 2 th_no_ng so_ngo_na_np_n va_nT. Do_n r_no_n th_no_ng co_nng la_n

$$\psi(m - 1) + 2 \quad (1.2.41)$$

nh_n o_ng th_no_ng so_nay_n co_nithe_nbie_n r_no_ntu_n y_n ne_n he_nkho_ng o_ntra_nng th_na_n ca_n ba_ng. Ng_n o_n c_n la_ni_n khi ca_n ba_ng, co_nnh_n o_ng th_no_ng so_ntrong (1.2.41) se_nphu_nithuo_nc_n la_nn_n nhau, v_n khi r_no_nthe_nho_n ho_nc_n cu_n mo_n th_nanh phan_n ($\mu_i = \partial Z_i / \partial n_i$) trong v_n pha khai_n nhau se_nba_ng nhau :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z_1}{\partial n'_1} &= \frac{\partial Z_2}{\partial n'_2} = \frac{\partial Z_3}{\partial n'_3} = \dots = \frac{\partial Z_\psi}{\partial n'_\psi} \\ \frac{\partial Z_1}{\partial n''_1} &= \frac{\partial Z_2}{\partial n''_2} = \frac{\partial Z_3}{\partial n''_3} = \dots = \frac{\partial Z_\psi}{\partial n''_\psi} \\ \dots \\ \frac{\partial Z_1}{\partial n^{(m)}_1} &= \frac{\partial Z_2}{\partial n^{(m)}_2} = \frac{\partial Z_3}{\partial n^{(m)}_3} = \dots = \frac{\partial Z_\psi}{\partial n^{(m)}_\psi} \end{aligned} \quad (1.2.42)$$

Hãy^h ông trình (1.2.42) cho ta m($\psi - 1$) thoág soáphi^{thuo}c nhau.

Thoág soáphi^c la^p F ba^{ng} to^{ang} thoág soáphi^c he^{tr} soáphi^c soáphi^{thuo}c :

$$\begin{aligned} F &= \psi(m-1) + 2 - m(\psi - 1) \\ -F &= (m + 2 - \psi) \end{aligned} \quad (1.2.43)$$

Ôi^{nh} m_soáphi^c phan, tⁱc la^ova^t cha^k n^oc la^p coⁱthao^h phan kho^{ng} bie^a r^oå, chung ta^o ne^a ta^kca^uca^c pha. Ví du^j H₂O la^o thao^h phan ta^o ne^a pha ra^e, lo^{ng}, hoi cu^a n^o ôic; Cr va^o Ni la^o thao^h phan ta^o h^op Kim Nichrome vv...

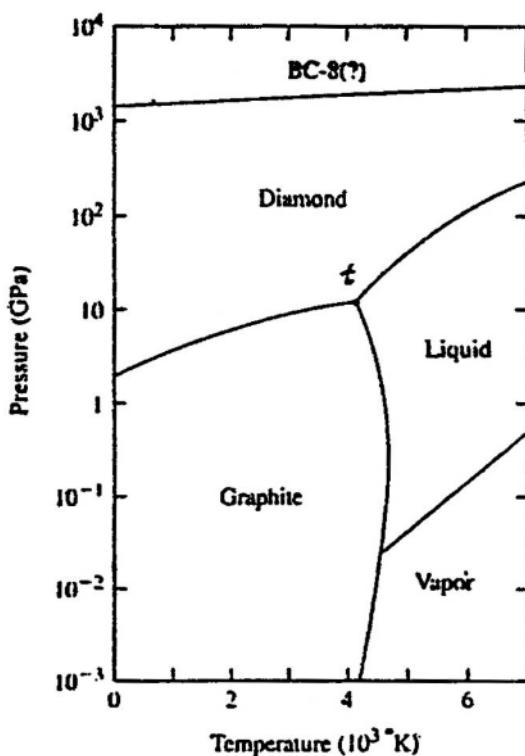
ψ _soáphi^c, tⁱc la^ohi^c to^{aphan} r^oång nha^k cu^a he^a coⁱcu^{ng} tinh cha^k lyⁱhoⁱ Giⁱ a^cai^c pha coⁱbe^ama^eng^a ca^cch, qua be^ama^eng^a ca^c tinh cha^k se^oraⁱ bie^a. Ho^ñ h^op k hí, ho^ñ h^op ra^e, lo^{ng} ho^a tan hoa^o toa^o va^o nhau _he^a2 pha vv...

F_ ba^c tⁱido, tⁱc la^osoáli^c o^{ng} ca^c ye^a toáno^c la^p coⁱthe^athay r^oå^a n^o ôc trong giⁱô^c haⁿ xac^a r^oånh, ma^kho^{ng} la^on^o thay r^oå^apha cu^a he^a

1.2.4.1. He^{mo}thao^h phan

ngoa^{ng}giaⁱn r^oåphi^c cu^a va^t cha^ktⁱ o^{ng} tⁱ i^{nh} ôic (hình 1.2.2) , ha^y khai^sat^s gian^ro^{ap}-T r^oå^a v^oi Carobon la^omot haⁿ cu^a p va^oT. Be^a trong vu^{ng} cu^a moi^r pha kim ci^oong va^{ographite} la^oå^a r^oånh. Hai bie^a so^ap, T coⁱthe^abie^a r^oå^a r^oå^c la^p nhau trong kho^{ng} ro^{ng} r^oå^a kho^{ng} aⁱnh h^o o^{ng} r^oå^a vu^{ng} moi^r pha. Nieu^r r^oå^aphi^{tho}h^op v^oi r^oånh luat^s pha (1.2.43) : F = 1+2 -1 =2. Tra^{ng} thai^s na^on tre^a r^oå^a cong cu^a gian^ro^{abie^a} dieⁿ tra^{ng} thai^s ca^a ba^{ng} cu^a 2 pha. Ba^y giⁱô^cF = 1 + 2 -2 =1.

Hình 1.2.3: Giải ñoapha áp suất nhiệt ñoangoi với Carbon.



Nếu ρ cóингhóá raèg, ρ bieá ρ à ñ ông cong kim cõ óng - graphite nhô ng vañ giò õ caâ baèg, thi chæ bieá ρ à hoaë p hoaë T ρ c lap nhau. Taïi ρ e ãn, ôi ρ 3 pha cuøg toà taï (ñieán t trình baø treâ hình) thi $F = 0$. Bieá ρ àp hoaë T seøhaihuý ñieán caâ baèg 3 pha, thay theávaø ρ ilaøl hoaë 2 pha. Tô øgiaiñ ρ àta thaû, ρ achuyeå Graphite sang kim cõ óng ρ øhoi p $\approx 10^4$ - 10^5 atm (1 bar ≈ 1 atm). Theân vaø ρ ø ρ aphain ìng tiep tuç vôi vañ toá ρ aing keå cañ nhieå ρ äraå lòn (2000^0 K). Tuy nhieå, khi kích thích thi maøg moïng Kim cõ óng coitheålaéг ρ øng, ví duj baèg phaâ ly methane trong plasma tan soáca o ôilap suaå vaønhiet ρ äthaå. Nhô vaÿ, noiuhuý boihau heåsô icaiñ trôicua ñieu kien ap suaå nhieå ρ ä cañ thieå vôi quâitrình toåg hôp kim cõ óng khoå

1.2.4.2. Hé2 thao phán

A. Các phô ông pháp xây dựng giải quyết:

Thoáng thì ôm ngù ôm ta nghieâ cù traing thai pha cuia hòp kim ôiñieu kien ap suañ khoang rñoñ neâ ñanh luat pha (1.2.43) bañ giøcoiidaing :

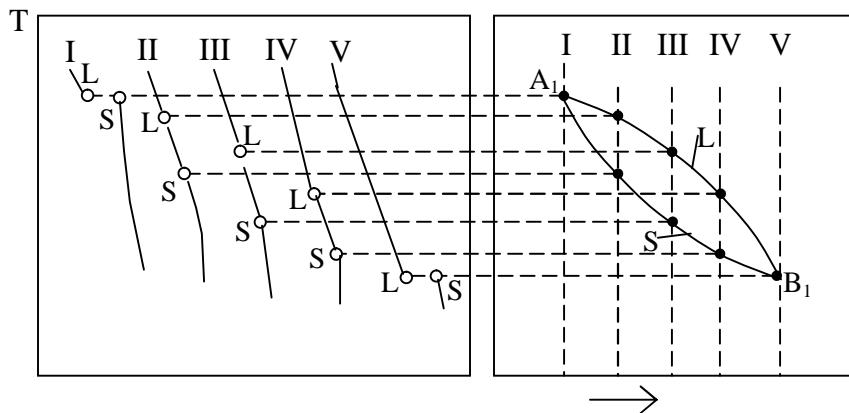
$$F = m + 1 - \psi \quad (1.2.44)$$

Và già n^o à traⁿg th^ai ch^a go^m 2 tr^c : tr^c tung bie^a t hòn hiet^t n^o co^a tr^c ho^anh bie^a th^o
th^onh ph^an. Th^onh ph^an trong h^op kim n^o ó^c bie^a th^otheo ph^an traⁿ trong lⁱ ó^{ng} (w), n^o à
khi bie^a th^otheo ph^an traⁿ nguye^a t^o i(at). Trong he^a 2 th^onh ph^an, co^ang thi^c bie^a n^o à
gi^o à chung la^o

$$at\% A = \frac{(wt\% A)/(at.wt.A)}{\{(wt\% A)/(at.wt.A)\} + \{(wt\% B)/(at.wt.B)\}} \times 100\%$$

Đối với (at% A) là phần trăm trọng lượng của thành phần A; (wt% B) là phần trăm trọng lượng của thành phần B; (at.wt.A) là khối lượng ôngh của thành phần A và (at.wt.B) là khối lượng ôngh của thành phần B. Ngay từ đây ta có thể xác định thành phần A và B bằng thử nghiệm. Nếu xác định được thành phần A và B khác nhau. Nên xác định thành phần A và B bằng cách hòa tan kim loại A và B, sau đó chia thành hai phần A và B khác nhau. Khi đó phần A sẽ có thành phần A cao hơn phần B. Phần B sẽ có thành phần B cao hơn phần A. Khi đó ta có thể xác định thành phần A và B bằng cách đo trọng lượng phần A và phần B.

Một trong số các cách xác định thành phần A và B là theo hình 1.2.4, trong đó ôngh lỏng (L) là chất lỏng có tính chất không thay đổi khi hòa tan kim loại A và B. Các cách xác định thành phần A và B bằng cách hòa tan kim loại A và B sau đó đo trọng lượng phần A và phần B.



Hình 1.2.4. Sơ đồ xác định thành phần A và B.

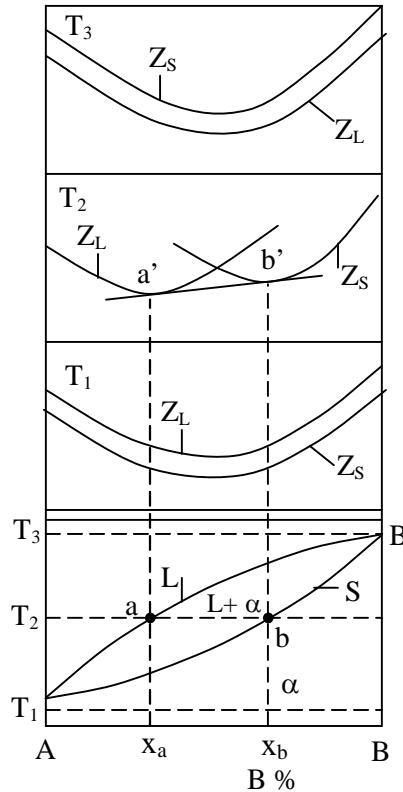
Nếu vật liệu có thành phần A và B, ta có thể xác định thành phần A và B bằng cách hòa tan kim loại A và B trong chất lỏng (L) không thay đổi khi hòa tan kim loại A và B. Khi hòa tan kim loại A và B, ta có thể xác định thành phần A và B bằng cách đo trọng lượng phần A và phần B. Các cách xác định thành phần A và B bằng cách hòa tan kim loại A và B sau đó đo trọng lượng phần A và phần B.

Khi hòa tan kim loại A và B, ta có thể xác định thành phần A và B bằng cách đo trọng lượng phần A và phần B. Các cách xác định thành phần A và B bằng cách hòa tan kim loại A và B sau đó đo trọng lượng phần A và phần B.

Điều kiện cần và đủ để có sự hòa tan hoàn toàn là phải có một số điều kiện sau:

- Độ đậm đặc của hai kim loại phải bằng nhau.
- Độ đậm đặc của hợp kim phải bằng trung bình của hai kim loại.
- Độ đậm đặc của hợp kim phải bằng trung bình của hai kim loại.

Hình 1.2.5: Cấu trúc nhiệt động của gián hòa tan hai kim loại thành phần hoà tan và không hòa tan.



B. Cấu trúc gián hòa tan có bain của hợp kim 2 thành phần.

Hãy xét cấu trúc vỉ dui riêng hình vẽ gián hòa tan 2 thành phần đặc biệt chia thành hai ô hòa tan.

B.1. Gián hòa tan của hợp kim có các thành phần hòa tan và không hòa tan.

Pha rắn, trong mỗi ty thể có các thành phần có thể biến đổi không phai vô tận như óc gỗ laedung dàch rắn. Dung dàch rắn có mang tính thegioáng kieo mang của dung môi (nguyên tố có khả năng hòa tan "chen vào" mang bằng cách nén ôi các vòtrí lỏahoàng của mang (dung dàch rắn xen keo hoa thay thế) nếu mang của các nguyên tố này dung môi (dung dàch rắn thay thế).

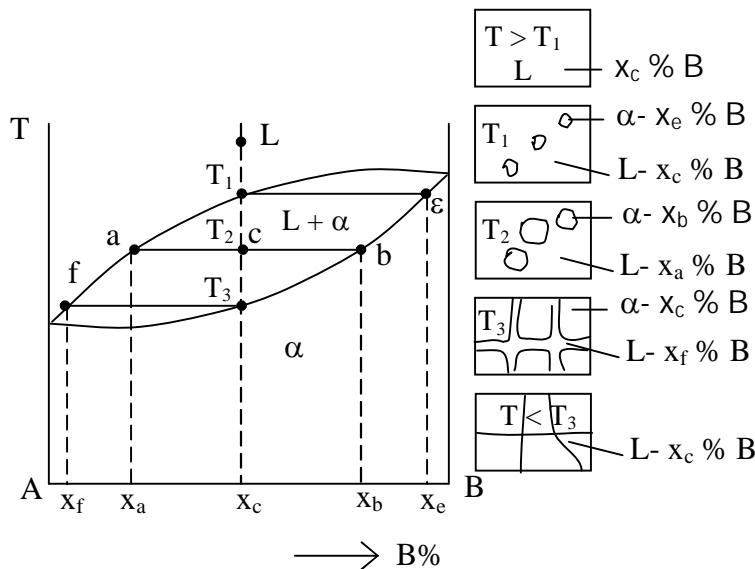
Do 2 nguyên tố có khả năng hòa tan và không hòa tan nhau ôi hòa tan, nên có thể taò neà 2 pha : dung dàch lỏng (L) và dung dàch rắn (α). Số pha lỏn nhất của hợp kim chia là 2 (L và α), neà so sánh tò ido lỏn nhất theo (1.2.44) là 1. Do vậy, số ikeo tinh xai ra trong rắn kien nhiệt rôthay rắn.

Hãy xét quatrình rôag riae của một hợp kim thành phần x_c (hình 1.2.6). Dung dàch lỏng taò nhieu rôa T₁ baé riau keo tinh. Cointheo ghoraeo, thành phần của các tinh theo à hình thành phai có thành phần nhỏ dung dàch lỏng. Tuy nhieu, tò dung dàch lỏng thành p han ôi nhieu rôa T₁ baé riau keo tinh các tinh thegioao thành phần B khoi nong chay hon. Khi nguoi

Tiếp theo T_2 , các tinh thể của dung dịch ra khỏi phần x_b sẽ cao bằng với chất lỏng thoát phần x_a giàu thành phần A. Khi lặp ngang châm (nếu kiểm soát nhiệt độ tăng thái càm bàng), thành phần A sẽ tăng chất lỏng khueah tản vỡ tinh thể thành phần x_e và chúng sẽ thay đổi thành phần raea x_b . Cuối cùng raea raea tay nhiệt raea T_3 , ta có tính chất x_c nhau nhau.

Hình 1.2.6: Giải nêu trang thái của hợp kim có các thành phần hòa tan hoàn toàn và nhau ôitrang thái lỏng và raea. Ví dụ:

Cu - Ni, Au - Ag, Au - Pt,
Au - Ni, Fe - Ni, Bi - Sb,
Cr - Mo, Ti - W, Pt - Rh,
Ge - Si, Al₂O₃ - Gr₂O₃



Tra giải nêu các nồng độ riêng cho thay, thành phần các dung dịch lỏng và raea thay raea nhau theo trình kết tinh từ $\varnothing T_1$ raea T_3 . Trong trình kết tinh không có thành phần pha mà chỉ có pha lỏng và raea cùng thay raea. Sau khi kết tinh phải có tối thiểu một pha.

Khi giải nêu trang thái, có theo dõi số lượng pha của bã kỵ hòp kim nao và định các thành phần của nhau ty le cao pha ôibã kỵ nhiet raea. Nếu raea ôc thì có hiện nhô 2 quy taé raea :

Nhô raea thay ôitrang, thành phần hòa tan hoặc của các tinh thể hình thành khi T giảm, sẽ thay raea nồng độ raé từ x_e raea x_c (hình 1.2.6). Trong khi raea thành phần pha lỏng thay raea theo nồng độ lỏng từ x_c raea x_f . Từ đó có thể xác định thành phần pha (quy taé nồng độ) :

Néakai raea nồng độ thành phần trong 2 pha, cần kiểm tra raea raea trung cho trang thái hòp kim mới raea naen ngang, cần cao nồng độ giới hạn vuông hòp kim; hình chia các giao raea (a và b) trên trục hoành sẽ cho biết thành phần các pha là x_a và x_b : ($x_a = x_L$ có $x_b = x_a$).

Quy taé xác định ty leapha (quy taé tay raea) : Qua 1 raea raea c sẽ kiểm mới raea naen ngang. Các raea trang giòi a raea c và các raea a và b của raea nồng nay sẽ ty leanh hòp với lõi ống pha :

$$\frac{L}{\alpha} = \frac{bc}{ac} \quad (1.2.47)$$

$$hay \% L = \frac{x_b - x_c}{x_b - x_a} \times 100; \% \alpha = \frac{x_c - x_a}{x_b - x_a} \times 100$$

Cai c quy taé naø řuing völ baå kyøvuøg 2 pha naø cuø gian řoatraøng thai vaøkhoøg coi yì nghøa řoavöl vuøg 1 pha. Sö ūduøg 2 quy taé naø vaøchuiyìtheän caï řøn luat pha, coi theärøc baå kyømot gian řoapha phi ic taø naø coiñhieùu nhainh vaøhieùu vuøg.

B.2. Giain ròatraing thai cua hop kim coica thanh phan hoa tan coiha n ôiträng thai ra e vaø taø thanh cuøg tinh thea Giain ròapha Eutectic.

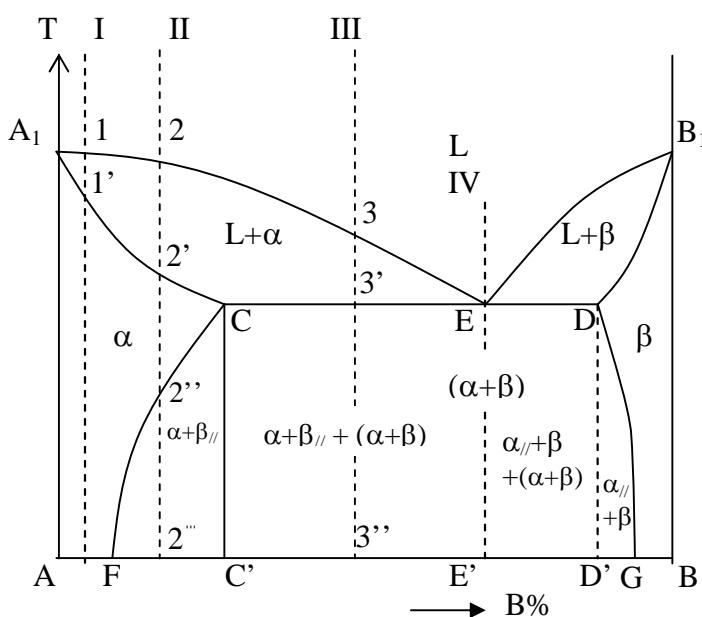
Nếu $\text{ky}\ddot{\text{u}}\text{hi}\text{e}\ddot{\text{u}}$ dung dà ch rа e ho o tan cо i ha i n cu i a B trong A là α , cо o cu i a A trong B là β , thì 3 pha cо i the $\ddot{\text{c}}$ o trong hе an là \perp , α và β .

Nháhoà tan giòi hàn cuà B trong A là CF. Lõi óng B trong A тоà ñà ní óc xaiç ñònh baèg ñieñ C và khi laøn nguoi noìgiám xuøág ñieñ F. Cuøng bieá ñoåt ông tò iñøå vòi lõi óng A trong B. Nháy laøri óng hôp phoåbieá. Tuy vậy, trong moï vaøheå Cu - Zn _ ñoåhoà tan cuà dung dàch raé taèg khi nhanh ñoågiám.

Sau \tilde{n} ă \tilde{g} , xem sô ike \tilde{t} tinh cùa các hò \tilde{p} kim \tilde{n} ie \tilde{a} hình (hình 1.2.7).

Hộp kim I có thành phần na nà trong giới hạn hoà tan của thành phần B trong A, do vậy sẽ kế tinh gioáng nhõ các hộp kim của gián trại trang thái (1.2.6), tức trong các vuông nồi sẽ tạo ra dung dịch rãnh nha.

Hôp kim II : Ke& tinh ra dung d&ch raé α trong kho&ng 2 - 2' và qu&atrình ke& tinh nay se&o ke& thu&c ô&nh i&et r&oa; 2'. Trong kho&ng 2' - 2'' hôp kim vàn co&it o&chíc la&dung d&ch raé kho&ng thay r&oa; Ô&nhie&t r&oa;tháp h&on 2'', thánh phán B la&qua&iba& hoá trong dung d&ch raé α, neá se&co&iqu&atrình tieára l&o&ng th&o & B ô&nd&u ô&u da&ng dung d&ch raé β // yin&ha& ma&nh ra&ng, chung r&o& c& tieára t&ø& dung d&ch raé α chíc kho&ng phai t&ø& dung d&ch lo&ng. Chuiy&ra&ng, β va& // ché la&mo&u; pha _ chung ché khai&c nhau ve&kich thi& c& tinh the&m&aduo&h&oa;



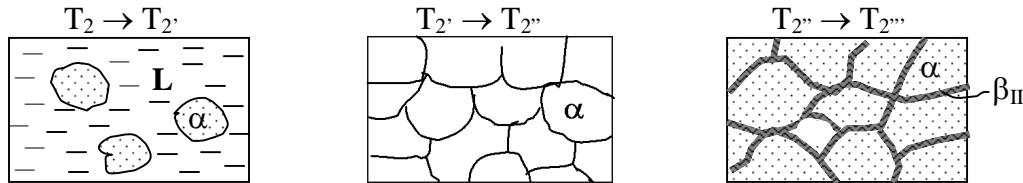
Hình 1.2.7. Giải nỗi trang thai các hợp kim có thành phần hòa tan có hai ôxi trang thai rõ rệt, và tạo ra cung tinh thể Ví dụ: Pb – Sn, Cd – Sn, Al – Si, Ag – Cd, Au – CO, Cu – CuO₂.

Nööng rān : A₁CEDB₁

Nööng long : A₁EB₁

Nööng ñaang nhiet Eutectic : CED

Nhiều mô hình khác nhau thích hợp, β tách thành từ dung dịch lỏng, nếu coi nhiệt kiết phát triển mạnh, do vậy có kích thước β nhỏ hơn, có β_{II} tách ra từ dung dịch ra α ở nhiệt độ thấp, nếu chia phát triển ôn định lỏng ôi bao quanh β α. Cúi theo thời gian này qua số rôtoachii là tách thành ôi ôi không nhieu rôtoachii hợp kim này (hình 1.2.8)



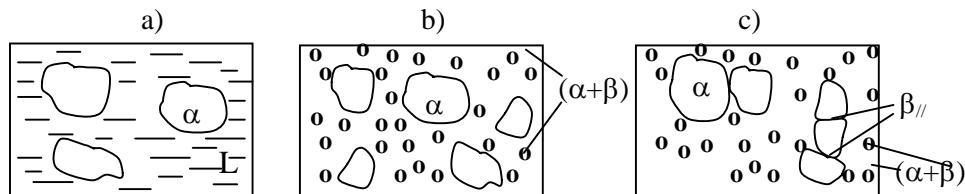
Hình 1.2.8: Sơ đồ rôtoachii của hợp kim II qua tổng khoảng nhiệt độ

Tổ quy tắc của rôtoachii có theo hình nón ôi ty leapha β_{II} trong hợp kim này là $\frac{2'''F}{FG}$, tách vôi ty leapha nhanh

Hợp kim III trong khoảng nhiệt độ 3 - 3', dung dịch ra α rôtoachii phan tách ôi ôi C, có dung dịch lỏng coi tách phan tách ôi ôi E; (tại đây dung dịch lỏng) seô keết tinh ra cuôg tinh của 2 dung dịch ra :

$$L_E \rightarrow (\alpha_C + \beta_D) \quad (1.2.48)$$

Nếu đây, hợp kim coitoachii là : α_C + (α_C + β_D). (Hình 1.2.9b)



Hình 1.2.9. Sơ đồ rôtoachii của hợp kim III qua tổng khoảng nhiệt độ

Hai nhiet độ thấp hòn rieam 3'

Nếu nhiệt độ 3', dung dịch ra α rôtoachii phan tách ôi ôi C, có dung dịch lỏng coi tách phan tách ôi ôi E, tại đây dung dịch lỏng seô keết tinh ra cuôg tinh của 2 dung dịch ra :

$$L_E \rightarrow (\alpha_C + \beta_D). \quad (1.2.48)$$

Nếu đây, hợp kim coitoachii là : α_C + (α_C + β_D). (hình 1.2.9b)

Hình 1.2.9. Sơ đồ rôtoachii của hợp kim III qua tổng khoảng nhiệt độ

Hai nhiet độ thấp hòn rieam 3', các dung dịch ra α baô hoa α_C vaø β_D seô tách ra phan dô tách ôi ôi E vaø β_D. Trong cuôg tinh do các phan α_C vaø β_D naen chen canh laen nhau, nếu các phan dô không thay đổi ôi ôi tách ôi ôi teavi (ví dụ β_D tách ra từ α_C seô tách ôi ôi). Trong trô ôi ôi hợp kim này chia thành phan dô tách ra từ α_C tách theo rôtoachii, naen rieag leu Cuocuog, hợp kim III coitoachii :

+ // + (+). (Hình 1.2.9c)

Ba^{ng} quy taé $\tilde{r}o\tilde{o}$ ba^{ng} coithe^ænh \tilde{n} ô^c ty^{üle}äkho^ä lⁱ ô^{ng} gi^ö ä ca^c pha hay gi^ö ä ca^c to^{åch}^ö c^u cu^a hô^p kim III.

Hô^p kim III, thi^c ch^ak ch^a go^m 2 pha : ($\tilde{r}o\tilde{o}$ la^p va^ø cu^ø tinh) va^ø (// va^ø cu^ø tinh). Ô^{nhie}^t $\tilde{r}o\tilde{a}th$ ⁱ ô^{ng}, tha^ø pha^m cu^a hô^p kim \tilde{n} ô^c bie^ä die^m b^o^í $\tilde{n}ie$ ^m 3'', pha b^o^í $\tilde{n}ie$ ^m F va^øpha b^o^í $\tilde{n}ie$ ^m G, do vay, ty^{üle}äca^c pha \tilde{n} ô^c xac^h nhⁱ sau :

$$\alpha \% = \frac{3''G}{FG} \times 100 ; \quad \beta \% = \frac{3''F}{FG} \times 100$$

V^eto^{åch}^ö, hô^p kim III go^m: , //, (+); trong $\tilde{r}o\tilde{o}$ ta^ø tha^ø t^o $\tilde{r}o\tilde{a}th$ ⁱ $\tilde{r}o\tilde{a}cao$ ($T_3 \div T_{3'}$), // ta^ø tha^ø ô^{nhie}^t $\tilde{r}o\tilde{a} < T_3$, co^ø cu^ø tinh (+) ta^ø tha^ø ô^{nhie}^t $\tilde{r}o\tilde{a}T_{3'}$.

Ta bie^ära^{ng}, qui taé $\tilde{r}o\tilde{o}$ ba^{ng} ch^a cho phe^p tinh t^æ le^{ägi} ö^a hai tha^ø pha^m. Vⁱ vay, $\tilde{r}e$ ^ænh ty^{üle}ägi^ä ö^a 3 tha^ø pha^m ca^m tinh qua 2 b^o ô^c: 1^o)- Tinh ty^{üle}ägi^ä ö^a + // v^o^í (+); 2^o)- Tinh ty^{üle}ägi^ä ö^a va^ø //;

T^o $\tilde{r}o\tilde{a}qu$ trình ke^ætinh ta nh^am xet^æra^{ng}, khi la^m ng^o ô^c 2 tra^{ng} tha^ø ra^é, chⁱnh c^o tie^ära //, ne^a tha^ø pha^m to^ång co^{ng} + // se^äing v^o^í $\tilde{n}ie$ ^m C'. Hô^p kim III co^øtha^ø pha^m 3'', thi (+) i^{ng} v^o^í $\tilde{n}ie$ ^m E' va^ø (+ //) i^{ng} v^o^í $\tilde{n}ie$ ^m C'. T^o $\tilde{r}o\tilde{o}$

$$(\alpha + \beta) \% = \frac{3''C'}{C'E'} \times 100 ; \quad (\alpha + \beta_{//}) \% = \frac{3''E'}{C'E'} \times 100$$

Tie^p theo, ty^{üle}ägi^ä ö^a va^ø // trong hô^p kim C' ta co^ø

$$\alpha \% = \frac{C'G}{FG} \times 100 ; \quad \beta_{//} \% = \frac{C'F}{FG} \times 100$$

Vay, ty^{üle}ägi^ä ö^a va^ø // va^ø (+) trong hô^p kim III la^ø

$$\alpha \% = \frac{C'G}{FG} \times \frac{3''E'}{C'E'} \times 100 ; \quad \beta_{//} \% = \frac{C'F}{FG} \times \frac{3''E'}{C'E'} \times 100 ; \quad (\alpha + \beta) \% = \frac{3''C'}{C'E'} \times 100$$

Cac^c hô^p kim co^øtha^ø pha^m ô^{ibe}â phai $\tilde{n}ie$ ^m E cu^øg co^øqu^ætrình ke^ætinh va^øto^{åch}^ö t^o ô^{ng} t^o j ch^akha^c ô^{ur}ra^{ng} la^øting the^æke^ætinh ra trⁱ ô^c ô^{ur}tra^{ng} tha^ø lo^{ng} la^ø va^øurtra^{ng} tha^ø ra^é la^ø //.

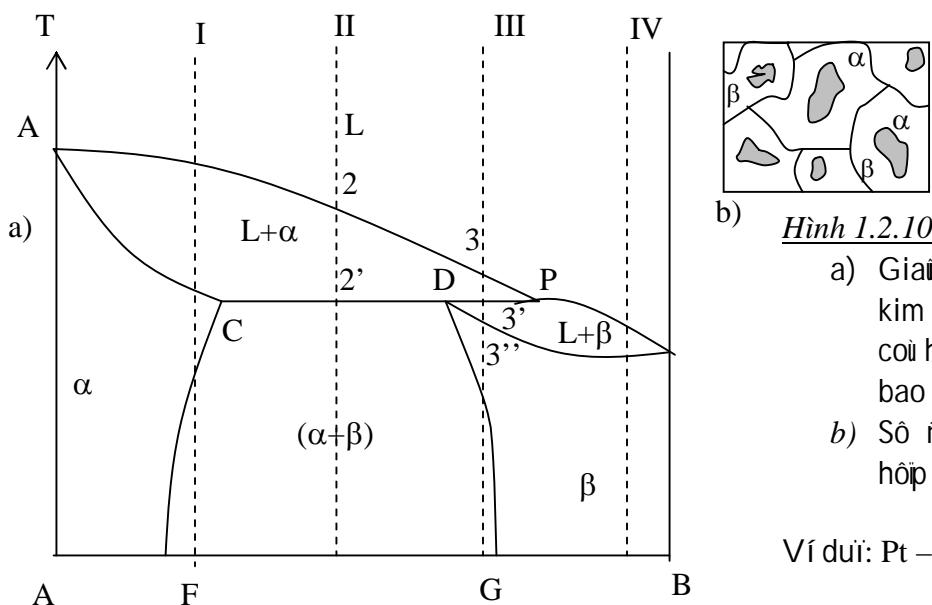
Hô^p kim IV co^øtha^ø pha^m (no^{ng} $\tilde{r}o\tilde{o}$ E' taⁱ nhie^t $\tilde{r}o\tilde{a}(T_E + \Delta E)$, ô^{ur} $\tilde{r}o\tilde{a}\Delta E$ la^maⁱ lⁱ ô^{ng} nhie^t $\tilde{r}o\tilde{a}ra$ bei^ä ch^a co¹ pha lo^{ng} (L) v^o^í tha^ø pha^m E'). Khi nhie^t $\tilde{r}o\tilde{a}ba$ ng T_E, thi 3 pha se^äo^ñ tra^{ng} tha^ø ca^a ba^{ng}: pha lo^{ng} (L) co^øtha^ø pha^m E', pha ra^é co^øtha^ø pha^m C' va^øpha ra^é co^øtha^ø pha^m D'. $\tilde{n}ie$ ^m E \tilde{n} ô^c go^m la^m $\tilde{n}ie$ ^m Eutectic. Taⁱ $\tilde{n}ie$ ^m nay ba^c t^o ido ba^{ng} 0 (F = 2 + 1 - 3 = 0).

Khi $T = (T_E + \Delta E)$ thì hợp kim lỏng sẽ tách ra hai tinh thể riêng và có cấu trúc (phản ứng Eutectic 1.2.4.8). Tách rời tinh thể này có cấu trúc tinh: (+), trong đó có tinh thể riêng và phân bố đều nhau có cấu trúc nhormòn.

B.3. Giai nồng độ trung thai của hợp kim có cấu thành phần hòa tan có hạn chế và đặc thành bao tinh. Giai nồng độ Peritectic:

Hình 1.2.10 trình bày dạng quát của giai nồng độ Peritectic¹ trong đồ CDP với các khía cạnh sau: Phản ứng bao tinh xảy ra theo thứ tự sau: Trong tinh ra dung dịch rã, sau phản ứng dung dịch rã này kết hợp với dung dịch lỏng có lẽ là không dung dịch rã khác lao

Hay xét sơ lược tinh của các hợp kim như hình treo hình 1.2.10



Hình 1.2.10.
a) Giai nồng độ trung thai hợp kim 2 thành phần hòa tan có hạn chế và đặc thành bao tinh
b) Số nồng độ chia tách vi của hợp kim sau bao tinh

Ví dụ: Pt –Ag; Cu –CO; Hg -Cd

Hợp kim I Có quy luật kết tinh và đặc điểm hóa học tương giống hợp kim II trong giai nồng độ 1.2.7; nó có tách rời (+). Ở đây không xảy ra phản ứng bao tinh vì thành phần nóng phản ứng tách rời không tạo ra phản ứng.

Hợp kim II Kết tinh ra dung dịch rã trong khoảng nhiệt $T_2 - T_{2'}$; rã $T_{2'}$, dung dịch rã có thành phần C và dung dịch lỏng có thành phần P se phân tách với nhau không dung dịch rã có thành phần D:



¹ Peritectic là tiếng Hy Lạp, có nghĩa là bao quanh

Ôn_{nh} pha tie_{ra} tr_o ô_C n_i ô_C bao quanh bô_u pha tie_{ra} sau (hình 1.2.10b). L_ông L_P va_ø c_c ca_n thie_{ra} n_eta_ø ra D n_i ô_C xac_nh ba_øg ty_{iso}a

$$\frac{L_P}{\alpha_C} = \frac{2'C}{2'P}$$

Bac_t iido ôn_{nh}iet r_oaphain i_{ng} bao tinh T₂, la_F=m+1-3=2+1-3=0. N_{ie}_m Peritectic P cu_ø gio_øg nh_i N_{ie}_m Eutectic E, la_øN_{ie}_m 3 cu_ø he_a.

T_i dhinh 1.2.10a ta tha_y, ca_c n_i ô_C gi_øi ha_n r_oå ho_a tan CF va_øDG cu_ø g_oanhie_a t_o ô_C t_i dhinh 1.2.7, ne_a khi la_ø nguoi tie_p tu_c se_øtie_{ra} // va_ø se_øtie_{ra} //. Tuy nhie_a trong bao tinh ho_a h_op va_ø na_ø ca_nh nhau ne_a // va_ø // se_øla_ø l_on trong chung nh_i trong tr_o ô_C h_op tr_o ô_C; do vay kho_øng phat hien_n n_i ô_C // va_ø // trong to_øch_ø ic te_øi.

H_op kim III Kha_c h_op kim II ô_i cho_øsau phain i_{ng} bao tinh co_ø la_i mo_ø ít dung d_øch lo_øg(L_P):



Do r_oøi phain i_{ng} bao tinh kho_øng da_n t_oii r_oøag c_i i_{ng} ho_a to_a h_op kim. Trong kho_øng nhie_a r_oøa_{T_3'} - T_{3''}, t_oøpha lo_øg co_ø la_i se_øtie_{ra} tinh the_ara_a. H_op kim se_øke_a thu_c ke_a tinh ô_nhie_a r_oøa_{T_3''}, khi r_oøito_øch_ø ic cu_ø h_op kim se_øda_ø pha .

H_op kim IV Kho_øng co_øphain i_{ng} bao tinh; no_øco_øqua_øtrinh ke_atinh va_øto_øch_ø ic gio_øg h_op kim I trong gian_ro_øpha (1.2.7).

Nhie_a r_oøa_øg giam, l_ong tinh the_a_ø ca_øg ta_øg va_øl_ong pha l_ong ca_øg giam. Khi nhie_a r_oøa_øhaixuo_øg gan_{T_3'}, t_oøc nhie_a r_oøEutectic, l_ong tinh the_a_ø ca_ø ba_øg v_ø l_ong pha l_ong gan_ø theo t_æ le_a $\frac{3'E}{3'C}$.

Ba_øng 1.2.1 tho_øg ke_aca_c pha ca_ø ba_øg, no_øng r_oøcu_ø chung (vie_atrong ngoa_ø r_oøn) va_øle_a kho_a l_ong gi_ø a ca_c pha h_op kim III, ta_i nhie_a r_oøkha_c nhau. Ky_øhie_a s la_øra_i l_ong nhie_a r_oøra_anhou

Ba_øng 1.2.1:

Nhie _a r _o ø	Pha (no _ø ng r _o ø)	Ty _ø le _a kho _a l _o ng gi _ø a2 pha
T ₀	Lo _ø ng (3'')	
T ₃	Lo _ø ng (3'')+ve _a α	$\frac{\alpha}{Lo\ddot{o}ng} \approx 0$
T _{3'+ε}	Lo _ø ng (E') + α (C')	$\frac{\alpha}{Lo\ddot{o}ng} = \frac{3'E}{3'C}$
T _{3'-ε}	α (C') + β (D')	$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{3'D}{3'C} \quad \left(\alpha\% = \frac{3'D}{CD} \cdot 100 \right)$
T _{3''}	α (F) + β (G)	$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{3''G}{3''F} \quad \left(\alpha\% = \frac{3''G}{FG} \cdot 100 \right)$

Khi nhie_t $T_{3'}=T_E$, thì pha_n i_{ng} Eutectic (1.2.4) (pha_n i_{ng} cu_{ng} tinh) se_{oxai}y ra.

N_he_{an} E n_i o_c go_i la_on_he_{an} Eutectic. Ta_i n_he_{an} Eutectic h_op kim r_{ong} th_oth_{on} ta_i 3 pha. Ba_c t_o ido cua he_{ab}a_{ng} kho_{ng}. ($F = m + 1 - \Psi = 2 + 1 - 3 = 0$).

CHÖÔNG II: SÖI PHUÏMAÏNG (Deposition)

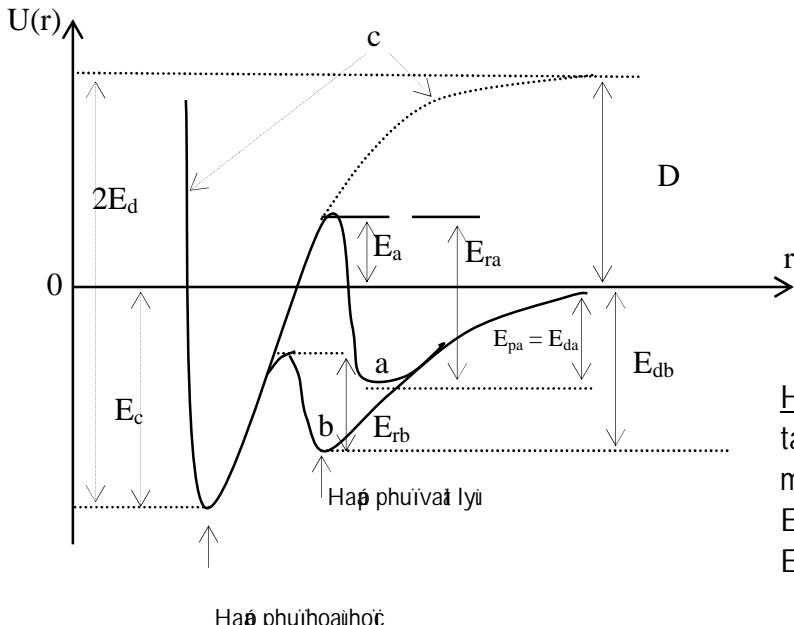
Ba_g giô_{tha} ñ_eacap_h ñ_ea va_a ñ_eaco_{lo} cu_a qua_{tr}nh ta_o ma_{ng} mo_{ng}. Phuïma_{ng} co_ithe_a kha_b sa_i nh_i 6 pha_a b_i ó_c lie_a tie_p nhau.

Nguye_a t_o i_{nh}ay pha_a t_o i_{nh}ap va_ø, thi i_{nh}a_k - pha_i ha_p phuïtre_a be_{ama}va_øsau r_oj thi i_{nh}ai - chung thi ó_{ng} khue_a t_{ai} tre_a mot va_økho_{ang} ca_{ch} tr_i ó_c khi h_op nha_k va_ø trong ma_{ng}. S_o i_{nh}o_p nha_k bao go_m - thi i_{nh}ba - pha_n i_{ng} cu_a ca_c ha_t ha_p phuïv_oi nhau va_øv_oi be_{ama} ñ_ea tha_oh lap lie_a ke_a cu_a va_t lie_u ma_{ng}. Thi i_{nh}4 - s_o i_{nh}ke_a tu_i ñ_eau tie_a cu_a va_t lie_u ma_{ng} n_i o_c go_i la_o ita_o mai_m. Khi ma_{ng} phai trie_a day h_{on} thi thi i_{nh}a_{en} - noi_{phai} trie_a ca_a truc hoa_e hinh thai_o ho_c, o_ir_oibao go_m ca_{ihai}: r_oa hinh ho_c (r_oag o_{ag}he_o va_øth_o ho_c). Tinh the_o ho_c cu_a ma_{ng} co_ithe_atra_i ro_{ng} t_o o_{vo}ra_{nh} hinh ñ_ea ñ_a tinh the_ava_ø ñ_ea r_on tinh the_a Ñ_bn tinh the_{anh}ha_n n_i o_c ba_{ng} epitaxi - r_oila_{oba}ng bain sao ke_atinh tre_a ñ_eat_on tinh the_a Cuo_{acu}ng thi i_{nsai} - t_o ô_{ng} ta_c khue_a t_{ai} xai_y ra be_a trong ma_{ng} va_ø o_i ñ_ea

Trong pha_n cuo_{acu} ch_i ô_{ng} nag, chung ta ha_y kha_b sa_i 2 va_a ñ_eaco_{uy}ingh_{oa} thi i_c tie_n la_o s_o i_{nh}phai trie_a i_{ng} sua_{dc} ho_c va_øba_{im} d_{inh} cu_a ma_{ng} v_oi ñ_ea

2.1. Ca_c pha_n i_{ng} ha_p phuïtre_a be_{ama} the_{iran}

Ha_p phuïla_{qua}tr_{nh} trong r_oica_c nguye_a t_o i_{nh}pha_a t_o i_{nh}ap va_ø va_dô ô_{ng} ta_c be_a trong mie_n chuye_a tie_p gi_o a pha kh_i v_oi be_{ama} ñ_ea Co_ihai da_{ng} ha_p phuï ha_p phuïva_t ly_uva_ø ha_p phuïhoai_oho_c. Ne_a ha_t b_{ogia}ra hay b_{ouo}a cong do lie_a ke_agi_o a noi_vo_i be_{ama}ba_{ng} l_i i_c Van-der-Waals, nh_i ng va_n co_ø gi_o ñ_{nguye}a the_ath_i ng_i ô_øta go_i noi_{la}ha_p phuïva_t ly_u Co_ø khi ha_t b_{obie}a r_oang_hnguye_a the_acu_a no_{ido} lie_a ke_aion hay r_{ong} ho_a tr_{ov}o_i nguye_a t_o i_{nh}ha_p phuïhoai_oho_c.



Hình 2.1.1. Thể năng tống
tại của hất hapt phui vôi bê
mat.

$E_p \sim 3-8 \text{ Kcal/mol}$,
 $E_c \sim 30-200 \text{ Kcal/mol}$

Hàm phuhoa

Hình 2.1.1. trìnghay ñôøg cong theánaøg tóøng tại $U(r)$ giò à hatt hapt phui vôi bêmaë theo khoang cách r giò à chung, ôùñòù ñôøg cong a,b - traøng thai hapt phui vaø lyi coø c - hapt phuihoaïhoç. Hai daøng hapt phui nay ñôøc phaa biøt roðtreå cõ sõønhiet hapt phui hay naøg lòøng hapt phui E_c , E_p . Thoøg thi ñôøg, $E_p \sim 3 \div 8 \text{ Kcal/mol}$,
coø $E_c \sim 30 \div 200 \text{ Kcal/mol}$.

Neà hatt hapt phui khoang ñuïnaøg lòøng reøavø ôø qua haøg raø E_a thi chæ døøg laøi ôùhaø phui vaø lyi Khi ñuïnaøg lòøng giaø hapt $E_d = E_p$. Ngø ôøc laøi neà naøg lòøng cung caø ñuïløn ñeà hatt chyeø sang hapt phuihoaïhoç thi naøg lòøng giaø hapt $E_d = E_c + E_a$.

Phaa tóùi coù theaphaa ly sau ñuïhaø phuihoaïhoç nhø nguyeå tóùi Hình ảnh ñuï ñôøc trìnghay baøg ñôøg cong c treå hình 2.1.1., ôùñòù D laønaøg lòøng giaø hapt nguyeå tóùi Tô ñøøi

$$2E_d = E_c + D.$$

Mot thuän lòøi coùtinh nguyeå taé cuø quattrìngh phui maøg coùgia taøg naøg lòøng laøhaøt coù theåraøt ñôøc naøg lòøng caø reøaphaa tóùi tóùi coùtheåvø ôø qua haøg raø E_a vaøtøi tóùi tieø tóùi vaø traøng thai hapt phuihoaïhoç. Noøi catch khaø, phaa tóùi tóùi tóùi tieø phain iøng vôi bêmaë reøataø maøg. Trong phui maøg baøg phui xaj hatt tóùi coùnaøg lòøng cõø300Kcal/mol. Trong phui maøg coùplasma hoatrotøi catch phaa tóùi hoi seðøphaa ly trong plasma, do ñuïhaøt tóùi doøc theo ñôøg cong c luoå naøn treå haøg raø E_a .

Ngø ôøc laøi, trong quattrìngh phui maøg tóùi khieø baøg nhiet, nhø nhiet boø bay hay CVD, hoi thi ñôøg hapt phui ñuøi tieø theo traøng thai vaø lyi tóùi chung rói vaø ñaiy cuø hoatheåa hoaë b. tóùi ñuøi chung coùtheaphaa phuihoaïhoç neà vñ ôø qua $E_r(a,b)$, hoaë coùtheaphaa hapt neà vñ ôø qua nhiet hapt phui vaø lyi $E_d(a,b)$. Sóùcañh tranh giò à hai phain iøng nay cho ta vaøn toøa thi tóùi cuø hapt phuihoaïhoç.

Ba_g gi_o ch_a_g xu_a phai_t t_o ch_{ie}_a th_o c_v e_a v_a_n to_a phai_n i_{ng} ba_c nha_k- ba_c nha_k co_{ing} h_{oa} la_ø v_a_n to_a ty_u le_a v_o_i no_{ng} r_o a_c u_a cha_k phai_n i_{ng}:

$$R_k = K_k n_s = K_k n_{s_0} \theta \quad (2.1.1)$$

Ôi r_o R_k - v_a_n to_a phai_n i_{ng} be_a ma_€ th_o i_k tre_a 1 r_on v_o die_n t_{ich} be_a ma_€ [mc/cm²s]

K_k - ha_ø g so_a v_a_n to_a, s⁻¹

n_s - no_{ng} r_o a_m a_€ cu_a cha_k phai_n i_{ng}, mc/cm²

n_{s₀} - no_{ng} r_o a_m a_€ mo_l l_o p r_on, mc/cm²

θ - phai_n be_a ma_€ b_ø phu_u b_ø i cha_k phai_n i_{ng}

V_a_n to_a va_{mo} ng_o n_o à_o i_{nh} g_o la_ø re_a mo_l r_on v_o be_a ma_€. N_b a_v v_o_i phai_n i_{ng} the_a t_{ich} nh_o trong pha h_oi CVD, thi n_o i_{nh} g_o ô_c thay ba_ø g mc/cm³s va_{mc/cm³} t_o ô_c i_{ng}.

Ha_ø g so_a v_a_n to_a, theo ph_ø ô_c tr_{inh} Arrhenius (n_o i_{nh} da_n ra ôi phai_n 2.2.) co_{ida}ng:

$$K_k = v_{ok} e^{-\frac{E_k}{RT}}$$

Ôi r_o v_{ok} - ha_ø g so_a t_{an} so_ñ hay he_a so_a cu_a luy_ø h_o i

E_k - na_ø g l_ø i_{ng} k_{ich} ho_a phai_n i_{ng}, Kcal/mol

Ha_g gia_u thye_a ra_ø g, n_s ≈ const. (tra_øng th_ai d_ø g) va_ø phai_n i_{ng} ha_p phu_u ho_a ho_c ch_æ xai_y ra theo h_o i_{ng} phia_t tr_ø ô_c. Trong th_o i_c te_a phu_u ma_ø g, ha_p phu_u ho_a ho_c ng_o ô_c chie_u ch_æ xai_y ra khi nhie_t r_o a_b e_a ma_€ T r_u i_l o_ñ r_e a_m a_ø g ba_c r_a u_a pha_a ly. Ba_g gi_o ch_ung ta co_u the_a vi_ø ph_ø ô_c tr_{inh} ca_a ba_ø g kho_ø l_ø i_{ng} r_o a_v v_o_i ha_p phu_u

$$J_i \delta (1 - \theta) = R_r + R_d = (K_r + K_d) n_{s_0} \theta \quad (2.1.3)$$

Ôi r_o J_i - do_ø g pha_a t_o i_t o_ñ, [mc/cm²s]. (J_i = 3,5.10²² $\frac{P}{\sqrt{MT}}$, ôi r_o p, M, T la_ø torr, gr, K.

Ne_a p theo Pa, thi he_a so_a y_u le_a ba_ø g 2,63.10²⁰)

R_r - v_a_n to_a phai_n i_{ng} ha_p phu_u ho_a ho_c

R_d - v_a_n to_a gia_u ha_p

n_{s₀} - no_{ng} r_o a_m a_€ cu_a cha_k ha_p phu_u va_t ly_u

δ - xai_c sua_k ba_ø pha_a t_o i_u

Ôi r_o ch_ung ta r_a o_ñ a va_ø mo_l gia_u thye_a h_o p ly_u l_a cha_k phu_u k_{ho} a_ø xai_y ra tre_a die_n t_{ich} r_a o_ñ co_u ha_p phu_u chie_u n_o (θ). T_o q(2.1.3) ta co_u

$$\theta = \frac{\frac{J_i \delta}{n_{s_0}}}{\frac{J_i \delta}{n_{s_0}} + K_r + K_d} \quad (2.1.4)$$

N_b a (2.1.4) va_ø (2.1.1):

$$R_r = K_r n_{s_o} \theta = \frac{J_i \delta K_r}{\frac{J_i \delta}{n_{s_o}} + K_r + K_d} \quad (2.1.5)$$

Nhⁱ v^y, he^so^dlⁱnh ch^{inh} x^ac trong ph^uim^ang ba^{ng}:

$$S_c = \frac{R_r}{J_i} \quad (2.1.6)$$

Ch^ui^yra^{ng}, S_c phu^uithuo^c caⁱ J_i va^dha^{ng} so^av^an to^a; s^o i^phu^uithuo^c r^ou^uco^uvai tro^oquan tro^ong r^oåv^oi ca^a ta^o r^oa hⁱnh cu^a ma^{ng} CVD.

Trong trⁱ ô^{ng} h^op J_i bei^va^edo r^ou^u θ bei^v ph^o ô^{ng} trⁱnh (2.1.5) r^oô^c r^oon gian (Weinberg, 1991):

$$R_r = \frac{J_i \delta}{1 + \frac{K_d}{K_r}} = J_i \left\{ \frac{\delta}{1 + \frac{V_{od}}{V_{or}} e^{\frac{(E_r - E_d)}{RT_s}}} \right\} = J_i \xi \quad (2.1.7)$$

Ph^o ô^{ng} trⁱnh n^ag x^ac r^onh ξ - x^ac sua^dphaⁱn i^{ng} ha^p phu^uhoa^uho^c. N^bu^ula^dyiso ági^o a so^aha^t ha^p phu^uhoa^uho^c R_r v^oi do^og h^oi r^oap va^o J_i. Khi $\theta \ll 1$ thi $S_c \approx \xi$; nhⁱ ng khi θ l^oin * thi $S_c < \xi$. N^bu^ula^dquan tro^ong, kho^{ang} ne^a la^u lo^u gi^o a hai so^ahaⁱng n^ag. N^bu^uv^oi trⁱ ô^{ng} h^op r^oa^e bie^t, khi ma^{ng} phu^uit^o kh^oi moi^t tha^oh phaⁱn thi $\xi = \alpha_c$ - he^so^dngi^o ng tuⁱ. N^bu^uv^oi trⁱ ô^{ng} h^op ma^{ng} h^op cha^k r^oô^c phu^uit^o kh^oi nhie^u tha^oh phaⁱn, gia^uthuy^ea ve^aphaⁱn i^{ng} ba^c nha^a trong (2.1.5) va^o(2.1.7) kho^{ang} phai bao gio^acu^ung r^ong, vi ch^ung ch^o a cha^kphaⁱn i^{ng} nhie^u h^onh 1.

N^bu^u l^o ô^{ng} R_r r^oieu^a vaⁱn to^a phu^uim^ang khi K_r la^dkho^{ang} r^oåv^oi moⁱ v^otrí tre^a be^ama^e va^dkhi T_s kho^{ang} r^ou^ul^oin r^oåkho^{ang} x^ay ra quaⁱtrⁱnh pha^a ly hay taiⁱ bay h^oi cu^a ma^{ng}. T^o (2.1.7) ta^dng, R_r ta^ong khi so^ahaⁱng exp^{(E_r - E_d) / RT_s} gia^m. Ne^a ha^p phu^uhoa^uho^c ca^a na^eng l^o ô^{ng} k^{ich} hoa^t, nhⁱ r^oô^c cong a tre^a hⁱnh 2.1.1., thi E_a = E_{ra} - E_{da} > 0. Ne^a Ea r^uu^u l^oin thi phu^uim^ang se^dkho^ukha^a, trⁱ kh^oi ta^ong T_s r^oåso^ahaⁱng luy^oth^o a nho^uh^on. Ma^e khai^c, ne^a ha^p phu^uhoa^uho^c kho^{ang} ca^a k^{ich} hoa^t (E_r < E_d), nhⁱ r^oô^c cong b tre^a hⁱnh 2.1.1., thi R_r gia^m khi ta^ong T_s. Trⁱ ô^{ng} h^op ha^p phu^uhoa^uho^c ca^a k^{ich} hoa^t ra^dpho^dbie^a trong CVD. Vⁱ du^j phu^uim^ang Si t^o kh^oi Si lan (SiH₄) v^oi nhie^u r^oa^uT ô^{ng} cao, nhⁱ ng kho^{ang} phai nhie^u r^oåpho^ong. D^onhie^a ne^a T quaⁱca^o thi do^og taiⁱ bay h^oi J_V^[1] cu^a Si v^o ô^c quaⁱR_r va^dSi kho^{ang} r^oô^c phu^u Do^og phu^uith^o c^o s^o i^ccu^a Si nhⁱ v^y ba^{ng}:

[1] (J_V ô^{ng} la^ddo^og bay h^oi khi T l^oin va^dho^u $J_V = 3,5 \cdot 10^{22} P_V / \sqrt{MT}$, ô^{ng} P_V = B exp^(-\Delta H / RT) v^oi ΔH -

nhie^u a^a. No^dkhai^c v^oi gia^u ha^p (R_d) - r^oô^c x^ac r^onh b^ou^u caⁱ adatom co^una^eng l^o ô^{ng} r^ou^ul^oin tre^a r^uo^uacu^a ha^m phaⁱn bo^atheo nhie^u na^eg).

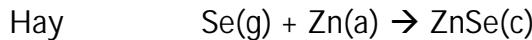
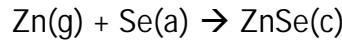
$$J_r = R_r - J_v \quad (2.1.8)$$

Nh_b với tr_r ô_{ng} h_òp n_gy, c_o t_on_t ta_i m_ot kho_{àng} T_s (c_ó l_à so_áT_s) gi_ó à k_{ích} ho_at ph_ain_i ì_{ng} va_ø t_ai bay h_òi, ch_æ trong kho_{àng} T_s r_õmô_ù nha_n n_óc ma_øg phu_ù

Tr_r ô_{ng} h_òp ng_ó ô_c la_i tre_a: R_r ta_ég khi T_s g_ia_m. N_g la_dr_r ô_{ng} h_òp ra_k kho_ùnha_n bie_k v_i c_oin_hie_u s_ó i_kien_kha_c c_oit_he_åg_å ne_a J_r ta_ég khi T_s g_ia_m ngay ca_u tr_r ô_{ng} h_òp J_v ≈ 0 , nh_i s_ó i_ta_ø m_am ta_ég khi T_s g_ia_m (xem 2.3.6.).

M_ot tr_r ô_{ng} h_òp kha_c, khi lie_a ke_kgi_ó à ca_c ha_t v_òi ch_ính no_ùl_òn h_{òn} lie_a ke_kgi_ó à ha_t v_òi be_àma_ë th_i s_ó i_ta_ø m_am se_ðh_òa_n che_ðo ma_øg phu_ùkho_{àng} r_õm_ù nha_k. V_i du_j ca_c kim loa_i ph_ain_i ì_{ng} ye_a nh_i Zn va_øCd tre_a r_õéthuy_ùtinh hay tre_a r_õélie_a ke_kion nh_i NaCl hay CaF₂. Na_ég l_ì ì_{ng} k_{ích} ho_at E_a cu_a Zn va_øCd v_òi ca_c loa_i r_õéan_g ra_k cao, do c_ó ô_{ng} r_õälie_a ke_k gi_ó à ca_c nguye_a to_átha_øh lap_ø r_õéac_{ao}. Nh_i va_y, nguye_a t_ù ùd_ø òg la_i òu_ùtra_ñg thai_ø ha_p phu_ù va_t ly_ù òu_ù r_õüch_üng de_ðada_øg g_ia_i ha_p, tr_r ñ_khi ch_üng va_tcha_m v_òi ca_c nguye_a t_ù ùha_p phu_ù kha_c r_õélie_a ke_k va_øtha_øh lap_ø m_am. Khi m_am_ù r_õü_ùl_òn r_õéco_ùthe_åxem no_ù òng t_ù ñ_kim loa_i kho_ù th_i ch_üng se_ðkho_{àng} bay h_òi ch_ü òg na_ø T_s r_õü_ùtha_p r_õé_ùl_v trong (2.1.8) co_ùthe_åbo_ùqua. Nh_i va_y, ta_i nhie_t r_õüT_s r_õü_ù v_i du_jta_i nhie_t r_õüpho_øg r_õü_ùv_òi Zn va_øCd, ma_øg se_ðha_øh lap_ø nh_i "ve_ù" tre_a r_õéach_ü ñ_k ca_c o_á r_õü_ù k_{ím}loa_i, n_óc ta_ñch b_òi die_ñ t_ích lo_ñho_ù cu_a l_òp phu_ù òu_ù r_õü_ùma_øm_ù kho_{àng} co_ùc_ò ho_ù tha_øh lap_ø. Nh_i òg die_ñ t_ích tra_ñ n_gy bie_k hi_ñ tra_ñ thai_ø, òu_ùr_õüR_r << J_i ð trong ph_ø ô_{ng} tr_ønh (2.1.7).

Ng_ó ô_c la_i, ne_a Zn ha_p phu_ùtre_a be_àma_ë r_õü_ù ô_c phu_ùmo_ù l_òp Se, òu_ùr_õüZn lie_a ke_k v_òi be_àma_ëra_ñl_òn h_{òn} lie_a ke_kv_òi ch_ính no_ù th_i ph_ain_i ì_{ng} ha_p phu_ùho_ùho_ùc r_õü_ù ô_c de_ðada_øg :



Ô_ùr_õüg, a, c - pha khí, ha_p phu_ùva_øng_ù ng tu_ù òng ì_{ng}. Ma_øg se_ðba_øg pha_øng, ít g_òaghe_àva_ø sai ho_ùng. Ha_p phu_ùnhanh tre_a be_àma_ëkha_c loa_i n_gy r_õü_ù ô_c du_øg r_õéphu_ùl_òp r_õü_ù nguye_a t_ù ùtrong epitaxy.

Ba_ø gi_óøch_üng ta se_ðkha_ø sa_t s_ó i_ca_a ba_øg gi_ó à ha_p phu_ùva_øgia_i ha_p khi $\theta \ll 1$. Va_n to_ágia_i ha_p, theo (2.1.1) ba_øg :

$$R_d = k_d n_{so} \theta = n_{so} \theta v_d \exp(-E_d/RT_s) \quad (2.1.9)$$

Khi $\theta \ll 1$, th_i ph_ø ô_{ng} tr_ønh (2.1.7) co_ùda_øng :

$$R_r = J_i S_c \quad (2.1.10)$$

T_i q(2.1.9) va_ø(2.1.10) co_ùthe_åka_c r_õü_ù so_ápha_a t_ù ùtre_a 1 cm² die_ñ t_ích cu_a be_àma_ë:

$$n_{so} \theta v_d^{-1} e^{\frac{-E_d}{RT_s}} = J_i S_c$$

$$\text{hay : } \theta = J_i S_c v_d^{-1} n_{so}^{-1} e^{\frac{E_d}{RT_s}} \quad (2.1.11)$$

V_i mo_ù l_òp r_õü_ù nguye_a t_ù ùv_òi 293⁰ K co_ùn_{so} = 5.10¹⁴ cm⁻², ne_a

$$\theta = 7.10^7 S_c p(MT)^{-1/2} v_d^{-1} e^{\frac{E_d}{RT_s}}$$

$\theta \propto T_{nhiet}^{-1}$ $T_{nhiet} \propto \frac{1}{p}$ (Torr).

T_đ(2.1.12) có thể suy ra 3 nhận xét sau :

a. Ph_o ông trình (2.1.12) xác định l_i ông kh_i c_i c_i θ c_i the_{ha}p_h phu_vat_ly_u ôn_{nhiet} r_oapho_g. Ví dụ_i kh_i Xe tre_a b_eama_e Mo c_i E_d = 8 Kcal/mol; M = 131; v_d⁻¹ ~ 10⁻¹³ sec. Ne_a S_c ~ 1 th_i θ ~ 0,036 p. Nh_i v_ay, trong điều ki_{en} a_p sua_atha_p, th_i kh_i b_oha_p thu_ira_kit_{_} nh_{oi}thua 10⁻⁷ l_ôp r_on ne_a a_p sua_ap ~ 10⁻⁶ torr.

b. Ne_a E_d l_on h_{on}, th_i ca_n ta_ê T_s r_oakh_i ba_e r_oan_i gia_u ha_p. Hie_u i_{ng} r_oi r_oan_i ôc_i du_og r_oala_o sa_{ch}, v_i du_osô_i r_oakim loa_i W ba_êg ph_o ông pha_p r_oan_i no_{ng} xung, hay t_oda_i kim loa_i r_oien_i c_i c_i r_oan_i no_{ng} ba_êg do_og cao t_an trong cha_a kho_{ang} cao.

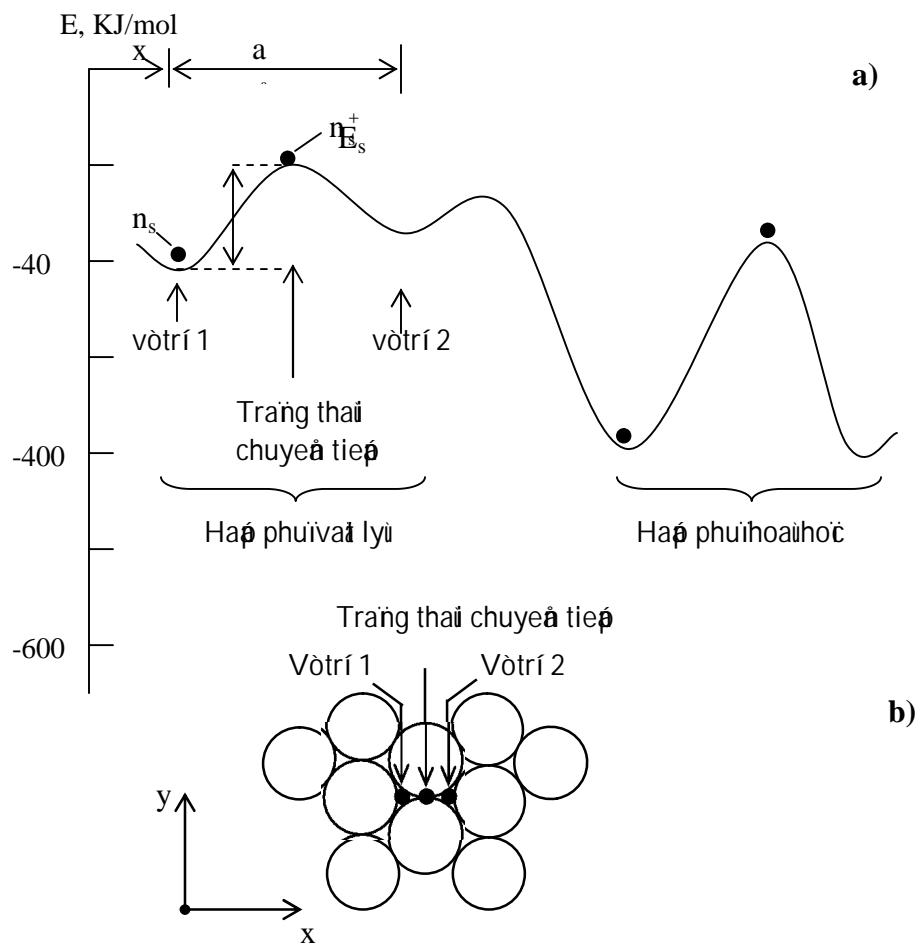
c. Khi nhie_a r_oatha_p, th_i θ tr_one_a l_on, ngay ca_ukhi E_d nh_{oi}nh_i tr_i ô_{ng} h_op_h ha_p phu_vat_ly_u Hie_u t_u ô_{ng} ha_p phu_iô_{nhiet} r_oatha_p r_oan_i ôc_i du_og trong b_om ha_p phu_j ng_i ng_ing tui

2.2. S_oi khue_ah t_an b_eama_e.

S_oi khue_ah t_an b_eama_e la_{em}ot_i trong nh_i ô_{ng} r_on_i th_i c_i quan tr_ong cu_a ca_a tru_c ma_og, v_i no_i cho phe_p ca_c ha_t ha_p phu_it_{im} r_oea_i la_n nhau, t_{im} r_oea_i v_otr_i hoa_t hoa_i nha_k hoa_e t_{im} r_oea_i v_otr_i epitaxi.

Ba_g gi_oachuing ta ha_y du_og ly_uthuye_a ve_ava_i to_a - phain_iing - hoa_a to_a r_oekhai trie_a bie_a th_i c_i r_oa_i v_oli_i va_i to_a khue_ah t_an b_eama_e Ma_e du_obie_a th_i c_i ga_u r_ung na_y kho_{ang} the_anh_i g_{ia}u_i r_ung_i ve_ali_i ô_{ng} cu_a va_i to_a khue_ah t_an, nh_i ng_i no_ico_i kha_i na_og x_ac_i r_on_i nh_i ô_{ng} r_oai_i l_i ô_{ng} na_og x_ac_i r_on_i va_i to_a r_oi

Hình 2.1.1 ch_iing to_ira_eg, nguye_a t_o i_hay pha_a t_o i_hap_h phu_il_o u tr_uit_{ro}ng ho_{at}he_atre_a b_eama_e, nh_i ng_i no_i kho_{ang} kha_io sa_i s_i i_{bie}a r_oa_i r_oasa_a cu_a ho_{at}he_atheo v_otr_i x_oc_i the_bama_e Hình 2.2.1a ch_iing to_ira_eg, r_oasa_a na_y la_{dua} hoa_a hay uoa_a tha_oh g_on so_{ng} v_oli_i ha_og ra_a the_ana_og co_ir_oasa_a E_s gi_o a_i hai v_otr_i b_eama_e N_hnh_i cu_a ha_og ra_a n_i ôc_i xem nh_i "tra_ang thai_i chuye_a tie_p" gi_o a_i 2 v_otr_i b_eama_e, theo ngo_a ng_i cu_a ly_uthuye_a ve_ava_i to_a phain_iing. Hình 2.2.1b tr_{in}h ba_g tra_ang thai_i ha_p phu_iri_ea_i h_inh_i trong ho_{ag}ô_i so_{ng} r_oi No_ula_oma_ong tinh the_ama_ebo_icha_e - lu_c g_{ia}c_i, tre_a r_oica_i v_otr_i ha_p phu_ila_{da} cu_a ca_c tam g_{ia}c_i cu_a ca_c nguye_a t_o i_{be}ama_e Qua_itr_{in}h khue_ah t_an b_eama_e r_oohoi_i phai ca_c n_i t_o mo_i phain_iing lie_a ke_agi_o a_i ha_t ha_p phu_i v_oli_i v_otr_i b_eama_e, nh_i the_ana_o r_oeha_t ha_p phu_ico_ithe_achuye_a r_ong r_oea_i v_otr_i b_eama_e la_a ca_n va_otha_oh lap_i lie_a ke_am_i ô_{ng} r_oag. Nh_i ô_{ng} qua_itr_{in}h na_y co_ithe_axem nh_i da_ong s_o r_oang cu_a phain_iing hoa_iho_c, v_i mo_i mo_i phain_iing bao go_m ca_c n_i t_o mo_i phain_iing mo_a lie_a ke_acu_a cha_a phain_iing va_otha_oh lap_i mo_i phain_iing mo_a lie_a ke_am_i trong qua_itr_{in}h chuye_a r_ong qua_itra_ang thai_i chuye_a tie_p.



Hình 2.2.1: Sơ khép khép tinh bámat

- Sự phuivai của thênhang theo x do theo bámat
- Vòtrí hàp phuivai là hình tròn màng bámat

2.2.1. Vận tốc khép khép tinh bámat

Haý xét thôang lõi ông cuả chađbóhàp phuivJ_s (mc/cm.s) rẽ ngang qua hæng raø E_s giò à hai vòtrí 1 và 2 theo hõi ông x cuả hình 2.2.1b. Thôang lõi ông ôiñag ñi ôtính træ 1 rẽn vòdieñ tích bámat rẽ qua 1 cm theo hõi ông x.

Neá khoaing cách giò à hai vòtrí laø, thi vận tốc dàn chuyễn ngang qua hæng raø baøng træng thái chuyễn tiếp cuả phaâ tõi træ 1 rẽn vòdieñ tích bámat baøng:

$$R_s = \frac{J_s}{a} \text{ (cm/cm}^2.\text{s)} \quad (2.2.1)$$

Khi chađbóhàp phuivakhi 2 chieu trong caâ baøng nhieø, thi coitheâp dung haøn phaâ boá Maxwell- Boltzmann cho caâ phaâ tõi dàn chuyễn naø. Nhõ vaÿ, phô ông trình (2.2.1) coi theâvieâdö ôi daøng :

$$R_s = \frac{1}{4} n_s^+ \bar{c} = \frac{n_s^+}{a} \sqrt{\frac{kT}{2\pi M}} \quad (2.2.2)$$

Ôn_{nh} n_s⁺ (mc/cm²) : nồng rôma_c của chất bùn_h phu_i trong trang thái chuyê_n tiep.

(J_s = $\frac{1}{4} n_s^+ \bar{c}$: soapha_h t_o i₋ 3 chieu_n rô_p le_a 1 rô_n vòdie_n tích bêma_e trong 1 sec , khac chut_i t_o soapha_h t_o i₋ 2 chieu_n).

Bây giờ_{nh} tìm ty_{iso} $\frac{n_s^+}{n_s}$, ôn_{nh} n_s - nồng rôma_c pha_h t_o ita_i vòtrí ha_p phu_i

Theo Boltzmann, ha_m pha_h bo_á cu_a n_i vi ha_f co_{im} ic na_{ng} l_o o_{ng} gian_n rô_a n_i co_{ida}ng :

$$n_i = C \exp(-\beta \varepsilon_i)$$

Ôn_{nh} C - ha_{ng} so_{án} ô_c xac_n h_o t_o m_{ieu} kien_n chua_a ho_{at} $\beta = 1/kT$.

Né_a he_{acou}N ha_f trong the_{at}ch V v_o i_l na_{ng} l_o o_{ng} toa_o phan_U thi :

$$N = \sum_{i=1}^m n_i = C \sum_{i=1}^m e^{-\beta \varepsilon_i} \quad (2.2.3a)$$

$$U = \sum_{i=1}^m n_i \varepsilon_i = C \sum_{i=1}^m \varepsilon_i e^{-\beta \varepsilon_i} \quad (2.2.3b)$$

Né_a xac_n h_o t_o m_{ieu} vi pha_h (2.2.3a) theo dC va_o β v_o i_l N va_o kho_{ang} rô_a:

$$dC \sum_{i=1}^m e^{-\beta \varepsilon_i} - d\beta C \sum_{i=1}^m \varepsilon_i e^{-\beta \varepsilon_i} = 0$$

hay $\frac{dC}{C} = \frac{U}{N} d\beta$

T_o m_{ieu} C = exp(-U/kT), ôn_{nh} R = kN - ha_{ng} so_{akh}i. Nh_o va_y :

$$N = e^{-\frac{U}{kT}} \sum_{i=1}^m e^{-\beta \varepsilon_i} \quad (2.2.3c)$$

Nh_o l_o o_{ng} Z = $\sum_{i=1}^m e^{-\beta \varepsilon_i}$ n_i o_c go_i la_ong trang_n cu_a he_o hay "ha_m pha_h bo_á cu_a he_o

Né_a g_i(ε) la_oátra_ng thau_n t_o o_{ng} i_{ng} v_o i_l mo_u mi_u na_{ng} l_o o_{ng} ε_i thi :

$$Z = \sum_{i=1}^m g_i e^{-\beta \varepsilon_i} \quad (2.2.4)$$

(g_i thi ô_{ng} n_i o_c go_i la_ong kho_atho_{ag} ke_u. Nh_o rô_{abie} na_{ng} l_o o_{ng} toa_o phan_{cu} mo_u pha_h t_o uco_u:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_r + \varepsilon_v + \varepsilon_t \quad (2.2.5)$$

Ôn_r - naêng lô ông quay; ε_v - naêng lô ông dao rỗng; ε_t - naêng lô ông chuyea_ñ rỗng tinh tieá cuá phaâ_t t_u N_a (2.2.5) vaø (2.2.3c) ta nh_an_t ñ_oc :

$$\frac{n_s^+}{n_s} = \frac{Z_a^+ Z_v^+ Z_t^+}{Z_r Z_v Z_t} e^{-\frac{E_s}{kT}} \quad (2.2.6)$$

Ôn_r Z_r, Z_v^+, Z_t^+ vaø Z_r, Z_t^+ laøtoåg traång thai_i cuá chuyea_ñ rỗng quay, dao rỗng vaøtanh tieá cuá phaâ_t t_u ôn_v trí hap_t thuïvaøvòtrí chuyea_ñ tieá t_u ông i_{ing}; $E_s = (E_{n_s^+} - E_{n_s})$ - theá naêng giö_a traång thai_i hap_t phui_(n_s) vaøtraång thai_i chuyea_ñ tieá (n_s^+), nh_o ñ_oc chö_{ing} toitrea_a hinh (2.2.1a). Ôn_r chung ta rñaøboi qua caic traång th ai_i kich thich ñieñ t_u i_u vì chung chæxai_y ra khi T ra_ñ lõin.

Ba_y giö_øha_y tinh tyisoá Z_i^+/Z_i (i=r,v,t) rneåxa_c rño_ñ n_s^+ . T_o ovat lyithoåg keâl_o ông t_u ñ_{isuy} ra ra_{ng} :

a.Khi nhiet_T vaømomen quan tinh I nhoi_i thi toåg traång thai_i Z_r cuá quay t_u i_{iv} naêng lô ông $E_l = \frac{h^2}{8\pi^2 l} l(l+1)$ coiida_{ng} :

$$Z_r^+ = Z_r \approx 3.e^{-\frac{h^2}{4\pi^2 l kT}} + 1 \approx 1$$

b.Toåg traång thai_i Z_{vk} cuá dao rỗng t_u i_{iv} hoaøvô_i naêng lô ông $E_k = nhv_k$ coiida_{ng} :

$$Z_{vk} = \frac{1}{1 - e^{-\frac{-hv_k}{kT}}} \quad (2.2.7)$$

Ôn_r h - ha_{ng} so_ø Planck = $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

v_k - ta_n so_ødao rỗng mode thi_u k cuá phaâ_t t_u

Thoåg thi_oøg, rño_ñdaø soing rño_ñ vôi_i dao rỗng cuá lieå keâ_t hap_t phui_{na}m trong vuøg hoang ngoai_i, cõå = 30 μm , hay so_øoing $1/\lambda = 333 \text{ cm}^{-1}$. Nh_o va_y $v_k = c/\lambda = 10^{13} \text{ s}^{-1}$

Do rño_ñ neå $\frac{hv_k}{kT} = \frac{4,8 \cdot 10^2}{T^0 K} > 1$ ($T < 480^0 \text{K}$) thi_i $Z_v \approx 1$. Thao_ñ phaâ_t dao rỗng Z_v^+ ôn_rtraång thai_i chuyea_ñ tieá cuång cuång phö_t ông vôi_i x. V_i va_y, tinh Z_v^+ khoåg khaic tinh Z_v treå vaø Z_v^+ cuång luoå ba_{ng} 1.

c. V_i m_o ic naêng lô ông tinh tieá lô ông t_u $\left(E_{n_x} = \frac{\pi^2 \eta^2}{2Ma^2} n_x^2 \right)$ coi khoaing catch ra_ñ ga_m nhau vaølo rño_ñchu_ñng ra_ñga_m vôi_i m_o ic t_u ông i_{ing} vôi_i nhiet_T. Haøn phaâ_t boøtanh tieá laø

$$Z_t^+ = a \frac{\sqrt{2\pi M k T}}{h} \quad (2.2.8)$$

Neå chuyea_ñ rỗng tinh tieá chæ theo h_i ông x, thi_i thao_ñ phaâ_t rño_ñtaång khi chung chuyea_ñ rỗng qua traång thai_i chuyea_ñ tieá. Do rño_ñ (2.2.6) ta coi

Nh_s v_t, ph_t ông trình (2.2.5) ba_t gi_t coi da_t r_tn gian :

$$n_s^+ = n_s Z_t^+ e^{-E_s/RT} \quad (2.2.9)$$

N_ta (2.2.9) va_t (2.2.2) ta nh_s n_t ô_t :

$$R_s = n_s \left(\frac{kT}{h} \right) e^{-E_s/RT} = n_s v_{os} e^{-E_s/RT} = n_s k_s \quad (2.2.10)$$

N_bu_t la_t bie_t thi_t ve_t v_t toá khue_t t_tin be_tma_t. Trong bie_t thi_t n_t coi ch_t i_t ha_tg soá_t n_t toá Arrhenius k_s(s⁻¹) cu_t ph_tin i_tng hoai_tho_t:

$$k_s = v_{os} e^{-E_s/RT}$$

N_bvô_t ph_tin i_tng r_ta_t bi_t n_t, soá_tha_tng kT/h = 1.10¹³s⁻¹ v_ti_t T = 480⁰K. Ha_tg soá_t n_t toá ô_t r_ta_t bie_t die_t t_tin soá_tu_t 1 ph_tat_t t_tihap_t phu_trie_t le_t"nhai_t" r_te_t v_ttrí la_t ca_t.

Ke_t quai_tquan tro_tng ma_tchu_tng ta nh_s n_t ô_t tre_t r_ta_t r_tda_t sa_tng to_th_ton soá_tha_tng v_{os}. v_{os} kho_tng ph_tai_t la_tta_t soá_tu_t tha_th ph_tin dao_t r_tong v_k cu_t ha_t b_th_tha_tphu_t ma_t du_ttrong sa_tch ba_t hay go_t no_tnh_t v_t. N_te_t r_to_tch_t r_tung khi na_t kT >> h v_k, v_t khi r_to_ttheo (2.2.7), Z_v ≈ kT/hv_k. Do tha_th ph_tin dao_t r_tong ô_ttra_tng thai_t ha_tphu_tl_ton h_ton ô_ttra_tng thai_t chuye_t tie_t, ne_t n_t a soá_tha_tng n_t va_t mai_t soá_tu_t (2.2.5) hay cu_t (2.2.10) va_t se_tnh_t n_t ô_t :

$$R_s = n_s v_k e^{-E_s/RT} \quad (2.2.11)$$

Tuy nhie_t kho_tng ph_tai_t bao gi_tnhie_t kie_t kT >> h v_k cu_tng n_t ô_t thoai_tma_t. H_ton n_t a ph_t ông trình (2.2.10) n_t ô_t giat_tthie_t ra_tg, ch_t co_ttha_th ph_tin t_tnh tie_t to_t ta_t trong tra_tng thai_t chuye_t tie_t theo h_t ô_tng x. Giat_tthie_t n_tu_tkhai_tphu_tu_th_t v_ti_t v_ttrí 1 va_t2 tre_t h_tinh (2.2.1). nh_tng ne_t ha_t b_th_tha_tphu_tichye_t t_tov_ttrí ha_tphu_thoai_tho_t sang v_ttrí ha_tphu_tiva_tly_ttheo do_tng khue_t t_tin, thi_t v_{os} co_tthe_tata_tng do tha_th ph_tin t_tnh tie_t ta_tg. Nh_s v_t v_{os} co_tthe_t bie_t r_to_tat_t 10¹³ r_te_t 10¹⁶ ch_tukho_tng r_tn gian nh_t r_tac_tgia_tthie_t 10¹³s⁻¹.

V_tin toá khue_t t_tin be_tma_tcu_tng ta_tg theo ba_t luy_tth_t v_ti_t E_s, nh_t n_t ô_t ch_ting to_ttrong bie_t thi_t (2.2.10). E_s la_tna_tng l_t ö_tng k_tch ho_t r_to_tvo_t khue_t t_tin be_tma_t(h_tinh 2.2.1a) noi_t luo_tnh_tthua na_tng l_t ö_tng k_tch ho_t giat_t ha_t E_c hay E_d (h_tinh 2.1.1). E_s nho_tv_t lie_t ke_tch_t mo_t ph_tin b_tca_t n_t t_t trong khue_t t_tin, co_t giat_t ha_t, lie_t ke_t ph_tin n_t ô_t ca_t n_t t_t to_t bo_t trong tai_t bay h_to_t.

2.2.2. N_to_tda_t khue_t t_tin va_the_tso_tkhue_t t_tin

Ba_t gi_tochu_tng ta ha_t t_tim mo_t lie_t he_t gi_t a va_t toá nhai_t cu_t ph_tat_t t_tihap_t k_s, trong ph_t ông trình (2.2.10) v_ti_t kho_tng ca_t d_tch chuye_t cu_t ph_tat_t t_tihap_t phu_ttrong qua_ttrìn_t phu_tima_t.

Dⁱ ôi ta^c r^{ong} cua^t nhie^t r^o^c ca^c nguye^a t^u i^t trong tinh the^{aluo}^a luo^a chuye^a r^{ong} ngau^t nhie^a. Gia^{us} i^t mo^t nguye^a t^u i^t na^t r^o^c i^t N_o la^t r^o^c cho^t Goⁱ λ_{N_o} la^t vect^o no^t v^o trⁱ ban r^{an} va^t v^o trⁱ cuo^c cuo^c cua^t nguye^a t^u i^t r^o^c co^t \vec{r}_i la^t vect^o i^t ng v^o b^o o^c nhai^t th^u i.

Khi r^o^c

$$\rho_{\lambda_{N_o}} = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{N_o} = \sum_{i=1}^{N_o} \rho_i$$

Né^{at}im tr^o soá^t λ_{N_o} , ha^y b^{inh} ph^o ông hai veá

$$\begin{aligned} \lambda_{N_o} \lambda_{N_o} &= \rho_1 \rho_1 + \rho_1 \rho_2 + \dots + \rho_1 \rho_{N_o} + \\ &+ \rho_2 \rho_1 + \rho_2 \rho_2 + \dots + \rho_2 \rho_{N_o} + \\ &+ \rho_3 \rho_1 + \rho_3 \rho_2 + \dots + \rho_3 \rho_{N_o} + \\ &+ \dots \dots + \\ &+ \rho_{N_o} \rho_1 + \rho_{N_o} \rho_2 + \dots + \rho_{N_o} \rho_{N_o} \end{aligned}$$

Nh^o va^y,

$$\rho_{\lambda_{N_o}} \rho_{\lambda_{N_o}} = \sum_{i=1}^{N_o} \rho_i \rho_i + 2 \sum_{i=1}^{N_o-1} \rho_i \rho_{i+1} + 2 \sum_{i=1}^{N_o-2} \rho_i \rho_{i+2} + \dots$$

$$\rho_{\lambda_{N_o}} \rho_{\lambda_{N_o}} = \sum_{i=1}^{N_o} \rho_i \rho_i + 2 \sum_{j=1}^{N_o-1} \sum_{i=1}^{N_o-j} \rho_i \rho_{i+j}$$

Goⁱ $\theta_{i,i+j}$ la^t go^c gi^t a² vect^o \vec{r}_i va^t \vec{r}_{i+j} thi:

$$\rho_i \rho_{i+j} = |\vec{r}_i| |\vec{r}_{i+j}| \cos \theta_{i,i+j}$$

Ne^a xem ra^eg, trong ma^{ng} tinh the^{am} o^t $|\vec{r}_i|$ r^{en} ba^eg khoang cach ga^t nha^t gi^t a² hai v^o trⁱ 1 va^t tre^a hⁱnh (2.2.1), t^o i^c la^t, thi:

$$\Lambda_{N_o}^2 = N_o a^2 \left(1 + \frac{2}{N_o} \sum_{j=1}^{N_o-1} \sum_{i=1}^{N_o-j} \cos \theta_{i,i+j} \right)$$

Ne^a ph^o ông cua^t nh^o ãg b^o o^c nhai^t r^o^c la^p nhau, noi^t khoang phuithuo^c va^t b^o o^c nhai^t tr^o o^c r^o^c thi^t xua^c cua^t hai b^o o^c nhai^t ng^o o^c chieu^t nhau theo mo^t ph^o ông la^t gio^c nhau, do^t r^o^c iso^c hⁱnh thi^t 2 trong ngoae^t r^{on} cua^t bie^t thi^t nhau r^o o^c ba^eg 0. T^o a^t r^o^c da^t khue^a tain ba^eg :

$$\Lambda = \Lambda_{N_o} = a \sqrt{N_o} = a \sqrt{K_s t} \quad (2.2.12)$$

o^t r^o^c - thô^t gian r^{en} g^ong^a t^u i^t h^u i^c hi^t N_o b^o o^c nhai^t.

Nếu hình dung rằng phân tử có vận tốc trung bình là $v_{\text{avg}} = \sqrt{kT/m} = 960^0\text{K}$, ta có $v_{\text{avg}} = \sqrt{kT/m} = \sqrt{1.38 \times 10^{-23} \text{J/K} \times 960 \text{K} / 2.0 \times 10^{-27} \text{kg}} = 2.10^{13} \text{ m/s}$. Nếu ta lấy $k_s = 1.6 \cdot 10^{12} \text{s}^{-1}$, ta có $\Lambda = k_s v_{\text{avg}} = 380 \mu\text{m}$. Khi đó ta có thể tính được số lượng phân tử trong một đơn vị diện tích là $N = k_s \Lambda / (4\pi r^2) = 2.6 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1} \cdot 4.8 \cdot 10^{-7} \text{ m} / (4\pi \cdot (0.05 \text{ m})^2) = 10^10 \text{ mol/m}^2$.

Chúng ta có quyền chọn $t = 1$ trong ví dụ này, nhõng t seoth ay rñoå theo rnieù kien phuî maøg. Hai cheáºpäcam khaø salt taich biet :

- a. t̄ lađhōđgian giō ā hāp̄ phuivađbòlađp̄ ři baěg moř lōđp̄ řôn phuitieđp̄ theo.
b. t̄ lađhōđgian mađphaâ tō ūhāp̄ phuibògiai hāp̄ nhieuđ hòn bòlađp̄.

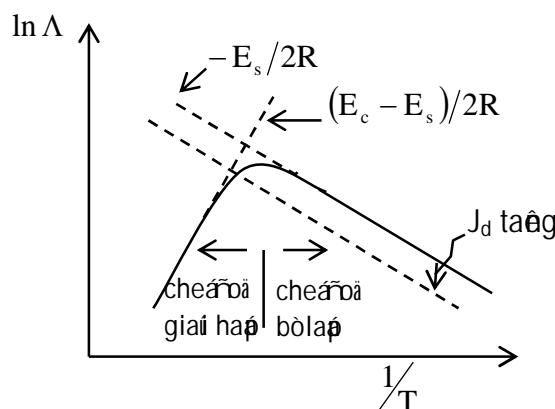
Nbăvôi trö ôag hôj a:

$$t = \frac{n_0}{J_r} \quad (2.2.13)$$

ôi řoị n₀ - vò trí hăp phuị/cm². J_r - doag hăp hăp phuị mc/cm².s. Nă a (2.2.13), (2.2.10) vaø (2.2.12) chung ta coi

$$\Lambda = a \sqrt{\frac{v_{os} n_0}{J_r}} e^{-\frac{E_s}{RT}} \quad (2.2.14)$$

Nhì va, Λ tâng luyôthì à vôi T. Tính chất nòixuất hiện nhì ñ ôøg thaing vôi nòadoá aân - $E_s/2R$ treà nòathòArrhenius : $\ln \Lambda$ theo $1/T$ (hình 2.2.2)



Hình 2.2.2. Tính chất của nồng độ khuech tán bêmat, Λ theo nhiệt nồng độ T

- b. Ngõ óc lai, khi Tñuñlón ñeámaøg tai bay hôi troi hôn, thi haë khueáh tain seëgiai haø
nhieu hôn tri òc khi chung bò phuï lap. Khi rñi t laøthôøgian soág cuia haë haø phuï. Ñeá
ñainh gaiuñnoi mot cach rñon gaiñ, ta chæ khaø salt tri òøg hôp haë gaii haø ôitraøg thaii haø
phuïhoaihoïc. Trong tri òøg hôp naø :

$$t = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{v_{oc}} e^{\frac{E_c - E_s}{RT}} \quad (2.2.15)$$

Ôn_{nh} ch_é so_á ôi c_ky_hie_u tra_éng th_a_i ha_p phu_íhoai_ího_c tre_a h_inh (2.1.1). N_i a bie_a thi_c na_y va_ks (2.2.10) va_ø (2.2.12) ta co_ü

$$\Lambda = a \sqrt{\frac{v_{os}}{v_{oc}}} e^{\frac{(E_c - E_s)}{2RT}} \quad (2.2.16)$$

V_i ra_éng ($E_c - E_s$) lu_o_a lu_o_a d_i ông, ne_a r_o_àdo_a cu_a r_o_àth_ò Arrhenius trong tr_i ông h_óp la_ø d_i ông nh_i r_i ôi c_hí_ing to_ütre_a h_inh (2.2.2). Ca_m chuiy_íra_éng, c_i c_i r_a_i cu_a Λ t_ü ông i_íng v_üi T l_u_c ba_ér_a_i tai₋bay h_oi cu_a ma_øg. Chu_éng ta se_dha_g sau na_y (mu_c 2.5) ra_éng Λ da_øse_ðda_ñ r_e_a ma_øg pha_ñ, m_{òn} h_on, r_o_ñng nha_ñ h_on va_øsai ho_ñng trong tinh the_ait h_on. Do r_o_ñ thi_c nghi_{em} r_a_dim tha_g cha_ñ l_i ông cu_a ma_øg cao nha_ñ r_u_ñng ta_i r_{ie}_ñ tai₋bay h_oi.

Tre_a c_ó sô_ñkhai_a sa_t chuye_a r_o_ñng cu_a ca_c pha_ñ t_ü iha_p phu_írie_ñ le_ü, chu_éng ta co_üthe_aut r_i ôi he_ñso_ñkhue_ah t_ü be_ama_ñ. N_bil_a_ñ i_í ông v_ümoâlie_a quan r_e_a ly_üthuye_atruy e_ñ va_ø nhie_ñ r_o_ñng l_i c_i ho_c. Tr_i ôi he_ñso_ñkhue_ah t_ü be_ama_ñ co_üthe_abie_a die_ñ d_i ôi da_ñg ph_i ông tr_inh truy_ñ:

$$J_s = -D \frac{dn_s}{dx} \quad (2.2.17)$$

J_s va_øs r_i ôi lag_a theo r_o_n v_üdie_ñ t_üch be_ama_ñ: mc/cm.s va_ømc/cm² t_ü ông i_íng. D cu_ñg co_ür_o_n v_ücm²/s nh_i trong tr_i ông h_óp khue_ah t_ü the_ait. Trong tr_i ông h_óp khue_ah t_ü the_ait:

$$D = \frac{1}{4} \bar{c} l$$

Trong tr_i ông h_óp khue_ah t_ü be_ama_ñ chu_éng ta cu_ñg l_o_ñ i_ísai kha_c nho_ñhe_ñso_ñba_ñg so_a nh_i r_o_ñda_ñ r_o_ñv_üi ph_i ông tr_inh (2.2.2). Khoa_ñng r_i ông t_ü i_ído trung binh l_o_ñr_a_ñ la_ñkhoa_ñng ca_cnh nhai_a, co_ø va_ñ to_a trung binh c_ó seda_Ks_a. T_i ñ_ño_ñ:

$$D = \frac{1}{4} K_s a^2 \quad (2.2.19)$$

va_ø

$$\Lambda = a \sqrt{K_s t} = 2 \sqrt{Dt}$$

Du_ñg ph_i ông tr_inh (2.2.10) r_o_ñv_üi K_s , chu_éng ta co_üthe_abie_a die_ñ D theo da_ñg Arrhennuis:

$$D = \frac{1}{4} v_{os} a^2 e^{\frac{-E_s}{RT}} \quad (2.2.21)$$

D thi_c ông lie_a quan r_e_a r_a_i l_i ông thi_c nghi_{em} ve_a s_i i_íkhue_ah t_ü cu_a ha_p phu_íj trong l_u_c r_o_ñ Λ la_ñ i_í ông lie_a quan r_e_a qua_ñtr_inh phu_íma_øg mo_ñ.

2.2.3. Nguyên lý Boltzmann

He_äso_ä(Z_r⁺Z_v⁺Z_t⁺/ Z_rZ_vZ_t) trong ph_ö ông trình (2.2.5) c_oithei_änh theo quan n_{hi}et r_öng l_i i_c ho_c v_omô_ä Th_i i_c ra, r_öll la_ähe_äth_i i_c quan tr_öng t_on t_ai ôub_a c_o iphan_ing hoai_äho_c na_ø, va_ägi_ä gi_äha_ä tri_ä khai no_ù r_öå v_oi tr_ö ô_øg h_öp khue_äh t_ain be_äma_ä

N_bå v_oi he_äca_ä ba_äg, gai_ütr_öthe_ähoai_äho_c μ cu_ä ta_äcaicac_i tha_äh pha_{in} r_öå ba_äg nhau. Nh_ö va_äy, r_öå v_oi pha_{in} i_{ng}_kích hoa_äkhue_äh t_ain, $\mu = \mu^+ + \Delta Z^0$ (2.2.13) ta co_i:

$$\ln\left(\frac{p^+}{p}\right) = \ln\left(\frac{n_s^+}{n_s}\right) = -\frac{(\mu^{o+} - \mu^o)}{RT} = -\frac{\Delta Z^o}{RT} \quad (2.2.21)$$

Trong r_öing th_i i_c r_öå, ch_üng ta r_öndu_äg r_önh lu_ät khí ly_üt_i o_{ng} r_öach ue_ä p r_öå n_s. N_äing th_i i_c cuo_ä ch_üng ta r_önh ngh_äna_øg l_i o_{ng} t_ö ido Gibbs cu_ä pha_{in} i_{ng} tre_ä 1mol t_ai ap sua_ä chua_ä la_ä ΔZ^0 .

Khi ca_ä ba_äg, va_än to_ä pha_{in} i_{ng} thu_än ba_äg va_än to_ä pha_{in} i_{ng} ngh_äch va_ä r_öå v_oi pha_{in} i_{ng} ba_änhat_[1] nay, ch_üng ta co_i:

$$R_s = R_{-s} \text{ hay } n_s K_s = n_{-s}^+ K_{-s} \quad (2.2.23)$$

Ôi r_öå - s kí hie_äu pha_{in} i_{ng} ngh_äch t_ö ñtra_äng thai_i chuye_ä tie_ä quay ve_ävòtrí ha_ä phui₁ tre_ä hinh (2.2.1a). T_i q(2.2.23) cho ta xac_i r_önh ha_äg so_äca_ä ba_äg :

$$K = \frac{K_s}{K_{-s}} = \frac{n_s^+}{n_{-s}} = e^{-\frac{\Delta Z^0}{RT}} \quad (2.2.24)$$

Du_øg r_önh ngh_äna_øg l_i o_{ng} t_ö ido Gibbs: $Z = U + pV - TS$, ch_üng ta co_ithe_ävi_ä:

$$\Delta Z^0 = \Delta U^0 + p^0 \Delta V^0 - T \Delta S^0 \quad (2.2.25)$$

So_äha_äng th_i i_nha_ä ôi ve_äphai_i la_är_öåca_ä ha_äg ra_ø na_øg l_i o_{ng} E_s. So_äha_äng th_i i_{hai} co_ithe_äbo_ü qua r_öå v_oi pha_{in} i_{ng} pha_{in} i_{ng} tu_ä N_i a va_ø (2.2.25) va_ø (2.2.24) ta co_i:

$$\frac{n_s^+}{n_{-s}} = e^{-\frac{\Delta S^0}{R}} \cdot e^{\frac{-E_s}{RT}} \quad (2.2.26)$$

So_äs_ånh (2.2.26) v_oi (2.2.6) ch_ü i_{ng} to_ära_äg,

$$\Delta S^0 = R \ln \left\{ \frac{Z_r^+ Z_v^+ Z_t^+}{Z_r Z_v Z_t} \right\} \quad (2.2.27)$$

Ke_äqua_änhay t_ö ông r_öång v_oi bie_ä thi_i i_c bie_ä die_än mo_ä lie_ä he_ägi_ä entropy v_oi xac_i sua_ä tra_äng thai_i trong nhie_ä r_öång tho_äg ke_ä

$$S = k \ln \Omega \quad (2.2.28)$$

[1] Pha_{in} i_{ng} hoai_äho_c ba_änhat_i co_iingh_ä la_äv_on to_ä pha_{in} i_{ng} cu_ä noise_äylle_äv_oi ma_ä r_öåcu_ä mo_ä cha_äphain i_{ng}.

ôil_đ k_{-ha}g so_{Boltzmann}; Ω - so_đra_{ng} thai_i l_i ông t_i Theo bie_a th_i c_i nag_y, entropy cu_đhe_a se_đtyileav_đ In cu_a so_đra_{ng} thai_i vi mo_đc_oithe_a cu_a he_a
He_a th_i c_i (2.2.28) n_i ô_c go_i la_ønguy_e ly_i Boltzmann. (Tre_a bia mo_đBoltzmann co_đghi he_a th_i c_i r_đ). Entropy S nh_i va_y kho_đg ch_acoi_đmo_i t_inh cha_đno_i ma_đc_o th_o r_đnh lu_at thi_i 3
nhiet_ro_{ng} ho_c. That_i va_y, khi T = 0⁰K he_ach_a ô_ñmo_i tra_{ng} thai_i na_đg l_i ông tha_p nha_k v_i Ω = 1 ne_a S = 0.

2.3. Nhiet_ro_{ng} ho_c cu_a s_oi t_ao m_am

2.3.1. S_oi_c ca_{ng} be_ama_t va_ap su_at be_ama_t

Nhiet_ro_{ng} l_i c_i ho_c cu_a ca_c hi_en t_i ông be_ama_t n_oo_n ô_c Gibbs nghie_a c_i u_ñ tie_a. O_ñxem ra_đ l_op be_ama_t la_ømot "pha be_ama_t" m_oi, khai_c v_i pha the_a đ_ich ô_ñcho_a r_đdag_y cu_a no_ñ
r_đae bie_a nho_i ch_a trong gi_oi ha_n k_ich thi_i ô_c pha_a t_i Khi_i niem_i cho phe_p ta du_ñg
phi_ñong trinh to_ñg quat_i cu_a s_oi_c ba_ñg nhieu_i pha r_đo_ñv_i pha be_ama_t
Ca_c ha_t na_ñn be_a trong tinh the_alie_a ke_a ba_ñ hoa_ño_i ca_c ha_t xung quanh, co_đ ca_c ha_t na_ñ
tre_a ma_ñ ngoa_ñcu_a tinh the_a- kho_đg the_aba_ñ ho_a v_i mo_i phia_i: tre_a ma_ñ ngoa_ñxua_ñhi_en
mot_i na_ñg l_i ông ng_i ng tu_ñna_ñ r_đo_ñ co_đte_a la_øna_ñg l_i ông ma_ñngoa_ñ

Na_ñg l_i ông ma_ñ ngoa_ñco_đthe_axem la_øco_đg b_i t_i ca_c lie_a ke_a r_đat_a ne_a be_ama_t m_oi. Ky_i
hieu_i l_i c_i su_ñ r_đo_ñ t_i ông i_ñng v_i dien_i t_ich ma_ñngoa_ñ Σ la_øs. Khi_i r_đo_ñ co_đ (T= const, V =
const) la_ø ta_ñg be_ama_tle_a mot_i l_i ông d_i Σ , theo (I.11) ba_ñg :

$$\delta W = dF_{\Sigma} = - Y dx = \sigma d\Sigma$$

ôil_đ σ n_i ô_c go_i la_ø i_c ca_{ng} ma_ñngoa_ñgi_i a_ñ 2 pha (No_iba_ñ l_i c_i be_ama_ttre_a 1 r_đon v_òr_đoa_ñ
da_ñtre_a be_ama_t(dyn/cm)), hay na_ñg l_i ông t_i ido tre_a mot_i r_đon v_òbe_ama_t

$$\sigma = \frac{dF_{\Sigma}}{d\Sigma} \quad (2.3.1)$$

Na_ñg l_i ông be_ama_tro_ña_ñg ra_ñ tho_a he_ath_i c_i:

$$U_{\Sigma} = F_{\Sigma} - T \frac{\partial F_{\Sigma}}{\partial T} \quad v_i S = - \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V$$

hay $U_{\Sigma} = \sigma \Sigma - T \Sigma \left(\frac{\partial \sigma}{\partial T} \right)_{V,\Sigma} = \Sigma \left(\sigma - T \frac{\partial \sigma}{\partial T} \right) \quad (2.3.2)$

Ha_y khao_a sat_i r_đie_a kien_i ca_a ba_ñg trong he_ago_a hai pha n_i ô_c pha_a ca_ñch b_ou_i be_ama_t
Chung ta r_đabie_a khi bo_ñqua kien_i t_i ông be_ama_t, r_đie_a kien_i ca_a ba_ñg cu_a hai pha coicu_ñ
mot_i va_y cha_ñla_ø

$$T' = T''; \quad p' = p''; \quad \mu' = \mu'' \quad (2.3.3)$$

Co^{it} he^{ach} i^{ng} minh n^o c^ó ra^èg, ne^a t^{ính} n^h^éa hieⁿ t^o o^{ng} be^àma^ë, thⁱ n^h^éu kien^{ca}^a ba^èg hai pha cu^{ng} la^ø

$$T' = T''; \quad \mu' = \mu''$$

Co^o a^p sua^a trong hai pha, do ba^g gi^otre^a bie^a cu^a chung co^{it}t^{ính} lⁱ c^ó cu^a s^ò c^ang be^àma^ë ne^a ca^a ba^èg se^{oxay} ra v^oi a^p sua^akha^c nhau. Ha^{ng} timⁿ n^h^éu kien^{ca}^a ba^èg r^õutrong he^{alo}ing ('') vathoi (''), xu^apha^t t^o n^h^éu kien^{na}^g lⁱ o^{ng} t^o ido c^ó c^ó tie^a khi T, V = const.

Na^g lⁱ o^{ng} t^o ido cu^a he^{ag}o^mn cha^alo^{ng}, h^oi va^{the}ma^ëpha^a ca^{ch} gi^o a^ã chung, khi T va^ømu^c hai pha gio^{ág} nhau, theo (I.11) ba^èg:

$$dF = -p'dV' - p''dV'' + \sigma d\Sigma \quad (2.3.4)$$

Khi ca^a ba^èg, theo (2.3.26), dF = 0:

$$\sigma d\Sigma - p'dV' - p''dV'' = 0$$

Vⁱ ra^èg V' + V'' = V = const., thⁱ:

$$p' = p'' + \sigma \frac{d\Sigma}{dV'} \quad (2.3.5)$$

N^h^{ai} lⁱ o^{ng} d\Sigma/dV' la^øacong cu^a be^àma^ëpha^a ca^{ch} 2 pha.

Trong tr^o o^{ng} h^oip ma^ëca^u:

$$\frac{d\Sigma}{dV'} = \frac{d(4\pi r^2)}{d\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)} = \frac{2}{r}$$

(r n^o c^ó t^{ính} la^øô ông, ne^a r^õacong cu^a be^àma^ëh^o ông va^ø pha ('')). Trong tr^o o^{ng} h^oip be^àma^ëtuy^yu

$$\frac{d\Sigma}{dV'} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

o^{ng}r₁ va^ør₂ - nh^o òng ba^g kinh chuⁱye^a cu^a r^õacong be^àma^ë

Nh^o va^ÿ, khi ca^a ba^èg gi^o a^ã gio^t lo^{ng} hⁱⁿh ca^u ('') v^oi h^oi ('') thⁱ he^{at}h^o c^ó gi^o a^ã a^p sua^ap' trong gio^t va^øa^p" trong h^oi co^{ida}ng:

$$p' = p'' + \frac{2\sigma}{r} \quad (2.3.6)$$

Tⁱ a^ñtha^g ra^èg, tre^a be^àma^ëpha^a ca^{ch} 2 pha (gio^t-h^oi) co^{it}ton taⁱ s^ò i^ñ r^õat bie^a a^p sua^a ba^èg 2^o/r. N^h^{ai} lⁱ o^{ng} $\sigma\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$ hay $\frac{2\sigma}{r}$ n^o c^ó goⁱ la^øip sua^abe^àma^ëhay a^p sua^aLaplace.

Trong tr^o o^{ng} h^oip ma^ëpha^{ng} ($r \rightarrow \infty$), a^p sua^abe^àma^ëba^èg kho^{ng} va^ñ n^h^éu kien^{ca}^a ba^èg c^ó ho^c tr^ong v^oi n^h^éu kien^{kho}^{ng} t^{ính} hieⁿ i^{ng} be^àma^ë

$$p' = p''$$

Do tān quan trōng cùa sī ic caēg beāmaē σ. Rōā vōi vai lyūmaøg moing, chung ta haÿ nghieā cō iu theān veabān chaăc cùa noi. Tī óng iing vōi heathī ic (2.3.1), sī ic caēg beāmaē σ coitheáxem nhī naêg lō öng thō a tō ido treå moi rōn vòdieñ tich. Xuaăphat tō orñieu rōi, coitheáñ a ra moi loaăt thō c̄ nghieäm rēaño tri c̄ tieă rāi lō öng σ. Ví duj Faraday naen 1857 rāochuiyiraeng, lai Au bôco lai khi rōā noing noi rēa nhieă rōagam nh iet rōa noing chay. Hieu iing rōi nhī rādbieä laoăt ibieä daëng raô do sī ikhueáh tān nhanh cùa nguyeā tō ido ôi tai rōng cùa lī c̄ beāmaē So sánh bieät daëng raô vōi ngoaï lī c̄ rādbieä coitheáxac rōnh sī ic caēg beāmaē Tuy nhieä thi c̄ nghieäm rōihoao thaoñ voi rōächinh xaiç cao laoraăkhoi Dâu sao, cuâng coitheáñhañ rī ôi sī iřainh giaiisô boâtheo thi iu icua rāi lō öng na.

Theo r \hat{a} nh ngh \hat{a} , σ l \hat{a} m \hat{a} ng l \hat{a} ö \hat{a} ng tr \hat{a} 1 r \hat{a} n v \hat{o} dien t \hat{h} ich b \hat{e} am a \hat{t} e c \hat{a} m thi \hat{e} å h \hat{e} a \hat{t} ach tinh the \hat{a} t t \hat{h} ac h \hat{e} ac \hat{a} n \hat{t} c \hat{a} c mo \hat{a} lie \hat{a} ke \hat{a} tr \hat{a} b \hat{e} am a \hat{t} . Cho ne \hat{a} chung ta co \hat{a} the \hat{a} v \hat{i} et

$$\sigma = E_{lk} \left(\frac{Z_s}{Z} \right) N_s$$

Điều này E_{lk} - naông lô ôing lieâ keâ theâich; Z_s/Z - soâieâ keâ tô ông rôâ bòcaé nít (treat moi nguyeâ tô ii beamata) do taich tinh theâ N_s - mat rôânguyeâ tô ii maë. Tô mhi ông gaiutrò niteâ hình ($E_{lk} \approx 3\text{eV}$; $Z_s/Z \approx 0,25$; $N_s \approx 10^{15}$ ntô /cm²) ta nhañ n ôc $\sigma \approx 1200 \text{ erg/cm}^2$. Cat gaiutrò σ cuâ cat nguyeâ toâtrong baing tuan hoao n ôc xac rônh tó pha loâng (hình) rôâphain anh sô ibieâ thiêâ cuâ naông lô ôing lieâ keâ E_{lk} .

Neá phaá loaï theo vaá lieu, thì kim loaï cói σ cao hón σ cùaかい oxide, hóp chaá halogen kieän, sulfide vaø
vaá lieu hì á cõ. Cao nhaá thi ông laekim loaï ch uyeä tiep; thaá nhaá thi ông laekim loaï kieän, kim loaï hoia
trò2, aikim, khí trô. Nbaá vói cài chaá hì á cõ, $\sigma < 100 \text{ erg/cm}^2$. naëg lì ông beamaëgiám raá ít vói nhiët rõa
 $d\sigma/dT \approx -0.05 \text{ erg/cm}^2/\text{°C}$. ($1\text{J/m}^2 = 10^3 \text{ erg/cm}^2$).

2.3.2. Dâng cản bằng cuộn tinh thể Nòng lục Wulff

Khi caâ baèg giã tinh theåvôï hoi bao hoaðhay theånoing chay cuà mìn, thi ap suað trong tinh theåvaðrong moâtri ông bao quanh noi do coibeamaðphaâ cach, neá khoâng baèg nhau vaøchung lieâ heåvôï nhau baèg bieâ thô ic tö òng tö i(2.3.6). heåthô ic nòi ñ ôc nhaðinh theå hoç Nga Wulff ñ a ra tö ñaen 1895. Cuñg tö òng tö i(2.3.6), ñònh lyi Wulff deâdaøg xac lap neá xuaðphat tö ñieùu kien caâ baèg toåq quat cuà heåvôï T, V = const.:

$$\delta F = 0, \delta^2 F > 0 \quad (2.3.7)$$

Hāy khāo sát r̄õn tinh theā (pha r̄au tiē) n̄ óc h̄oi bāo hoāchay theānōing chây chín̄h nōi bao quanh (pha th̄i ī hai). Dūng (I.36) cōi theāxâi c̄ r̄õnh r̄ieu kiẽn cā bāng c̄o hōc gīō 2 pha nāy cōi tinh r̄eāi ainh h̄ū ôing cūa b̄eàmāt̄e phāa caīch.

Vi phâⁿa n^g l^o ôⁿg t^o i^do cùⁿ heⁿ

$$dF = -p_1 dV_1 - p_2 dV_2 + \sum_i \sigma_i d\Sigma_i \quad (2.3.8)$$

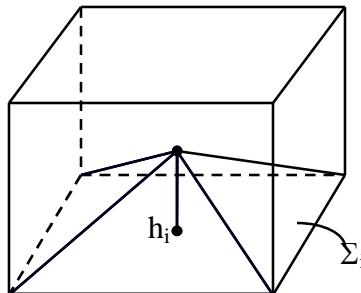
ôi Σ_i _ dien tích của mặt tinh theo θ_i là σ_i _ naêng lõi ông mặt ngoài riêng của nó! Khi caâ baèng:

$$\sum_i \sigma_i d\Sigma_i - p_1 dV_1 - p_2 dV_2 = 0$$

vì $V_1 + V_2 = V = \text{const.}$, nên

$$\sum_i \sigma_i d\Sigma_i - (p_1 - p_2) dV_1 = 0 \quad (2.3.9)$$

Hāy xem thētích cùa tinh thēnhö tōng caic thētích hình thāp n̄ ô̄c xâ̄ d̄ng trē caic māe Σ_i vāo nh cùa chùng n̄ ô̄c qui tūtāi tān cùa tinh thē(hình 2.3.1) (h i _ r̄ōcao cùa hình thāp thö i)



Hình 2.3.1

Rōaøg raøg:

$$V_1 = \frac{1}{3} \sum_i \Sigma_i h_i$$

vaø

$$dV_1 = \frac{1}{3} \sum_i (\Sigma_i dh_i + h_i d\Sigma_i) \quad (2.3.10)$$

Māe khac, trong gān r̄ung bāt 2, biēa r̄ōathētich dV_1 bāng s̄ i ñàch chuyēa bēmāe Σ_i trēa s̄ i biēa r̄ōa r̄ōacao dh_i :

$$dV_1 = \sum_i \Sigma_i dh_i \quad (2.3.11)$$

So sañh giò à (2.3.10) vaø (2.3.11) ta coi

$$\sum_i \Sigma_i dh_i = \frac{1}{2} \sum_i h_i d\Sigma_i$$

Do n̄oi

$$dV_1 = \sum_i \Sigma_i dh_i = \frac{1}{2} \sum_i h_i d\Sigma_i \quad (2.3.12)$$

N̄a (2.3.12) vaø (2.3.9) ta coi

$$\sum_i \left[\sigma_i - \frac{1}{2} (p_1 - p_2) h_i \right] d\Sigma_i = 0 \quad (2.3.13)$$

Vì $d\Sigma_i$ laøtô laøp, neâ tô q(2.3.13) ta nhai n̄ ô̄c n̄ieu kiëñ caâ baøg cô hōc:

$$p_1 - p_2 = \frac{2\sigma_i}{h_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.3.14)$$

N̄ieu kiëñ nay cuøg tô ông tô i(2.3.6) vaø n̄ ô̄c goi laøp suāt māe tinh thēWulff.

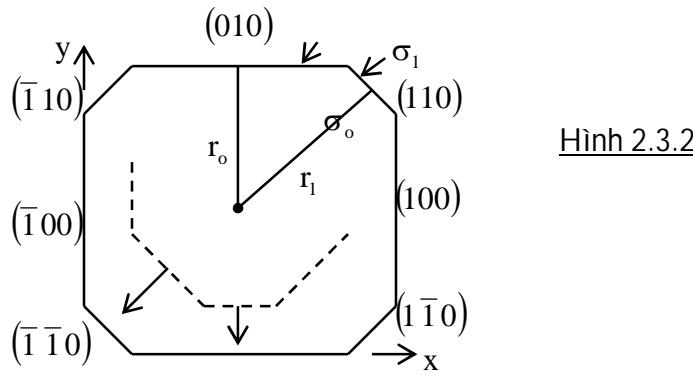
Hieu p₁ - p₂ treo ta ở cao cao mà tinh theo lõi gioáng nhau, nếu khai nở thì tinh theo kinh hoang nòng yeo. Tùy theo kiện (2.3.14) thay đổi, tăng cao baot cua tinh theo ôc xac phong bôi heathic:

$$\frac{\sigma_1}{h_1} = \frac{\sigma_2}{h_2} = \dots = \frac{\sigma_n}{h_n} = \text{const.} = W \quad (2.3.15)$$

hay $h_1 : h_2 : h_3 : \dots : h_n = \sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 : \dots : \sigma_n$

Nhà lao động Wulff: khi cao baot, mà tinh theo cách xa tam cua noi treo khoaing cach ty le avoi naeng lõi oing maengoaerieang cua noi

Nhà minh hoai phong lyutre, ta ha y khai sat vi tinh theo phong ho oing theo truc z, tri c giao voi maengia (hình 2.3.2)



Hình 2.3.2

Nhà vôi vi tinh theo σ_1 treo mà $\{110\}$ lõi hôn 20% so với σ_0 treo mà $\{010\}$, vì $r_1 = 1,2 r_0$. Nhờ ống mà có σ thấp hơn so với các cao truc tinh theo khai nhau nở ôc tri nh bay treo baot 2.3.1.

Bảng 2.3.1:

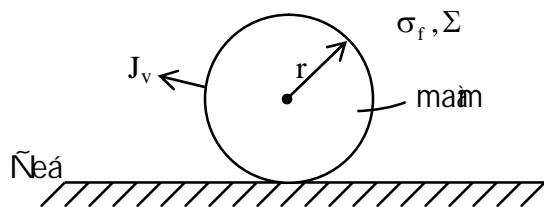
Cấu trúc	Ví dụ	Mặt tinh
Lớp phẳng tâm khía (bcc)	Cr, Fe	$\{110\}$
Lớp phẳng tâm mặt (fcc)	Au, Al	$\{111\}$
Lớp giác bó chít (hcp)	Zn, Mg	$\{0001\}$
Kim cung	Si, Ge	$\{111\}$
Zinc blende	GaAs, ZnSe	$\{110\}$
Fluoride	MgF_2 , CaF_2	$\{111\}$
Rock salt	$NaCl$, $PbTe$	$\{100\}$

Với nhõ ống mà $\sigma_i/h_i > W$, thì chúng sẽ bay hơi hay nồng chay, còn với $\sigma_i/h_i < W$ thì nhõ ống mà nay sẽ taeng tri oing. Vấn toá taeng tri oing u_i cua tinh theo (khi gần cao baot) theo ho oing tri c giao voi mà tinh theo de y le avoi σ_i cua mà nay

$$u_i = \frac{h_i}{t}; h_i = \frac{\sigma_i}{W} \quad \text{var} u_i \sim \sigma_i \quad (2.3.15a)$$

2.3.3. Vai trò của sòi càng bùi mờ khi thành lập pha mới. Mầm nồng thép (Homogeneous nucleation)

Theo lý thuyết ánhie ℓ róng lì c ℓ học, s ℓ i chuyê ℓ pha cu ℓ a cu ℓ g m ℓ t v ℓ at cha ℓ t ℓ thô ℓ i sang loing, t ℓ d ℓ oing sang tinh the ℓ ve ℓ nguye ℓ taé se ℓ xai ℓ ra ngay khi he ℓ co ℓ m ℓ t co ℓ g ta ℓ m ℓ am du ℓ he ℓ s ℓ l ℓ nho ℓ vì s ℓ i chuyê ℓ nay lie ℓ quan h ℓ e ℓ giam na ℓ g l ℓ ô ℓ ng t ℓ ido cu ℓ a he ℓ Nh ℓ ng thi c ℓ te ℓ s ℓ i chuyê ℓ pha la ℓ kho ℓ ng xai ℓ ra khi co ℓ g co ℓ ch ℓ a n ℓ u ℓ l ℓ on. Nguye ℓ nha ℓ cu ℓ a s ℓ ikim ha ℓ n nay la ℓ o ℓ i qua ℓ itrinh ke ℓ tinh kho ℓ ng ch ℓ la ℓ qua ℓ itrinh "kho ℓ " thu ℓ an tuy ℓ ma ℓ co ℓ n ℓ o ℓ c xai ℓ r ℓ onh m ℓ ot cach r ℓ ang ke ℓ h ℓ e ℓ tinh cha ℓ b ℓ em ℓ a ℓ cu ℓ a m ℓ am n ℓ o ℓ a v ℓ o ℓ mo ℓ tr ℓ ô ℓ ng bao quanh noi ℓ . S ℓ i thay n ℓ o ℓ a na ℓ g l ℓ ô ℓ ng t ℓ ido lie ℓ quan h ℓ e ℓ s ℓ ita ℓ o th ℓ o ℓ m ℓ a ℓ ngoa ℓ la ℓ o ℓ ô ℓ ng, t ℓ l ℓ c la ℓ o ℓ ita ℓ g ma ℓ ngoa ℓ cu ℓ a m ℓ am la ℓ o ℓ cho F ta ℓ g, co ℓ ta ℓ c dung ng ℓ o ℓ c v ℓ o ℓ qua ℓ itrinh chuyê ℓ pha . V ℓ o ℓ gi ℓ t m ℓ am nho ℓ F Σ ~ r ℓ ² se ℓ ta ℓ g nhanh h ℓ on s ℓ i giam F V ~ r ℓ ³ (hình 2.3.3). Vì vay ℓ , the ℓ nhie ℓ róng ta ℓ g va ℓ thô ℓ i kho ℓ ng co ℓ khai ℓ na ℓ g ng ℓ o ℓ ng tu ℓ Khi gi ℓ t l ℓ on, ba ℓ e n ℓ au t ℓ obain kính r cu ℓ a no ℓ iba ℓ g r ℓ k, ng ℓ o ℓ c la ℓ i, so ℓ ha ℓ ng the ℓ áich ta ℓ g nhanh h ℓ on so ℓ ha ℓ ng be ℓ ma ℓ , s ℓ i ng ℓ o ℓ ng tu ℓ iba ℓ e n ℓ au co ℓ khai ℓ na ℓ g. S ℓ i ke ℓ tu ℓ ipha m ℓ oi co ℓ kích thi o ℓ c c ℓ tie ℓ a nh ℓ vay ℓ n ℓ o ℓ c go ℓ i la ℓ o ℓ main.



Hình 2.3.3: Giải ñoáve àngöng tüi
màm trèn ñéakhoang “thám ööt”.

Chung ta hāy tinh r̄k cua m̄am, n̄eatī oñoi h̄oi baé̄ r̄au nḡo nḡ tūi Giai s̄ ū traèg, do thaèg gianh pha cuô(h̄oi) maøthaøh laþ moð giōt nhóï coùbaïn kính r trong h̄oi. Trong tr̄o ông hôp toång quât:

$$Z = F + Yx$$

$$\Delta F = \Delta Z - \Delta(Yx)$$

Trong trü ôøg hôøp naø (Y = - σ_f , x = Σ) sô iøbieá rñånaøg lô ôøng tô iido cuia heäkhi thaøh laø gioø baøg:

$$\Delta F = (\mu_c - \mu_v)N + \sigma_f \Sigma \quad (2.3.16)$$

$\hat{\mu}_v$ - thē hoaī hōc pha cū(h̄oī); μ_c - thē hoaī hōc pha mō̄ī (giōt̄); N - sōhāt̄ tronḡ pha mō̄ī; σ_f - sō̄ īc cānḡ māenḡ ōāc̄ cūā mā̄n̄; Σ - bē̄māt̄ pha mō̄ī.

Năї lõ ōng N vaø deädaøg bieå dieñ qua bañ kinh giof:

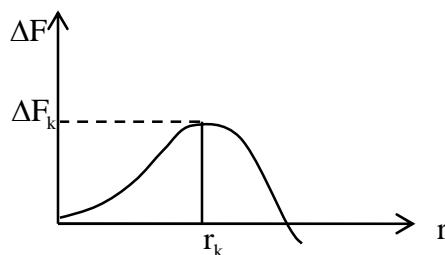
$$\Sigma = 4\pi r^2; \quad N = \frac{4\pi r^3}{3\nu_c}$$

ôilrõi ν_c - theăich cua măt pha măi. Nh
vay:

$$\Delta F = \frac{4\pi}{3}(\mu_c - \mu_v) \frac{r^3}{\nu_c} + 4\pi r^2 \sigma_f \quad (2.3.17)$$

T
đieă thi c
nay suy ra răng, coi theăcoihai tr
óng hôp xay ra: $\mu_c > \mu_v$ va $\mu_c < \mu_v$. Tr
óng hôp thi unhaă ($\mu_c > \mu_v$) laekhoang beă. S
ixuaă hiến gioăt loing trong hoi (hay boăt trong chaă loing) v
i măi kich thi óic r
nhau daă taăg ΔF . V
i vay, s
ithaoă lap pha măi, veăquan riem nhiet rong, laekhoang thuăi lõi: gioăt nhanh choing tan maă. Tr
óng hôp thi iihai ($\mu_c < \mu_v$), pha măi (kich thi óic lõi) laoben v
i ăng. Tuy nhieă t
đ(2.3.17) thaăg răng riău tieă ΔF taăg riăt riăa c
i c
riăi roi giam (hình 2.3.4).

Hình 2.3.4



N
neă c
i c
riăi cua ΔF iing v
i băi kinh t
đi haăn r_k cua main. Neă main ch
a riăt kich thi óic nay thi noich
a cois iiben v
i ăng nh
riăgjai thich ôitreă - main seđan ra. Moăt khi main coi kich thi óic v
i ôt r_k , main seđbeă v
i ăng, seđon tieă tuăt thaăt tinh theăvì khi nay naăg l
o ăng t
đido cua heăgiam.

Kich thi óic r_k thoai riău kien:

$$\left. \frac{\partial(\Delta F)}{\partial r} \right|_{r=r_k} = 0$$

hay $r_k = \frac{2\sigma_f \nu_c}{(\mu_v - \mu_c)}$ (2.3.18)

Neă hai pha hoi-gioăt caă baăg, thi $\mu_c = \mu_v$ va hoi ôitaă ap suaă băi hoaăp_v cua noi Neă p cua hoi taăg hón p_v, thi μ_v seđaăng t
đong iing v
i (1.2.13). Do r
i

$$\mu_c - \mu_v = KT \ln \frac{p}{p_v} = KT \ln \frac{J_c}{J_v} \quad (2.3.19)$$

ôilrõi J_c vađ_v - doăg haăt ng
o ng tuivadai bay hoi t
đong iing.

T
đ(2.3.18) thaăg răng, băi kinh t
đi haăn cua main tyileăv
i s
i c caăg maă ngoăt Soăhaăng ($\mu_c - \mu_v$) d
i maă soăchung toăraăg, hoi quai băi hoaăcaăg lõi (hieu soăv
i caăg lõi), thi băi kinh t
đi haăn r_k caăg nhoi

Các tr^ı ông h^öp chuy^ea pha loⁱ m^ot khai^c cu^øg xai^y ra t^ı ông t^ı i^cha^ál^ıng so^a-ca^c bo^t khí la^ønhⁱ ãg m^{àn}; sⁱ ike^atinh-vi tinh the^ao^ca^c m^{àn}. Nh^ı ng vai tro^main trong nh^ı ãg tr^ı ông h^öp tre^a co^a coithe^ao^c ãg ha^t va^t cha^ál^ı

N^ıa (2.3.18) va^ø (2.3.17) r^ıng thô^øsⁱ i^cdu^{ng} (2.3.19) ta nhaⁿ n^ı óc:

$$\Delta F_k = \frac{16\pi}{3} \frac{\sigma_f^3}{\left[\frac{KT}{v_c} \ln \frac{p}{p_v} \right]^2} \quad (2.3.20)$$

N^bnh^ıon ΔF_k chinh la^øng caⁿ thi^ea re^ahe^ata^o m^{àn} t^ıu haⁿ. T^ı m^ove^asau kho^ang caⁿ the^an co^ag t^ı o^{ng}go^ava^ø n^ı a, ng^ı óc laⁱ he^aco^a to^ana^eng l^ı o^{ng} (d^ı ói d^ıang nhieⁱ ke^atinh). So sainh (2.3.18) va^ø(2.3.20) ta nhaⁿ n^ı óc:

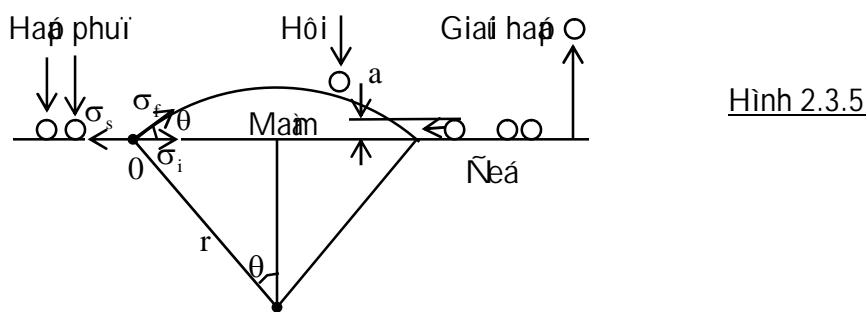
$$\Delta F_k = \frac{1}{3} \sigma_f \Sigma_k \quad (2.3.21)$$

ói r^ıng Σ_k - dieⁱn t^ıch be^ama^e cua^a m^{àn} t^ıu haⁿ. Nh^ı va^y, muo^a ta^o m^{àn} t^ıu haⁿ phai^caⁿ na^eng l^ı o^{ng} ba^{ng} 1/3 na^eng l^ı o^{ng} be^ama^em^{àn}. Noi cach^c kha^c ye^a to^ahe^aich ΔF_v (so^aha^eng thô^ønh^ı trong (2.3.17)) ch^a r^ınbu^acho 2/3 na^eng l^ı o^{ng} be^ama^e phan^c co^a laⁱ phai^c n^ı óc sinh ra do nguye^a nha^a kha^c. Nguye^a nha^a nay chinh la^øsⁱ i^ctha^áng gia^{ng} na^eng l^ı o^{ng}. Ô^ñra^a phan^c na^eng l^ı o^{ng} ta^ong the^an do hi^en t^ı o^{ng} tha^áng gia^{ng} co^atr^ıso^aba^{ng} hoa^e l^ıon h^ıon ΔF_k , thi^c ói r^ıng se^ada^o ra m^{àn} co^ak^ıch th^ı óc t^ıu haⁿ. Nh^ı va^y, sⁱ ixua^ahi^en ca^c m^{àn} co^ak^ıc h th^ı óc t^ıu haⁿ phai^c tua^a theo^c r^ınh lu^at tho^ang ke^a

2.3.4. S^ı i^cta^o m^{àn} d^ı the^a(Heterogeneous nucleation)

Ô^ñmu^c tr^ı óc, chung ta^c n^ıckha^o sat^c m^{äu} r^ıon gai^c n^ıo^av^ı m^{àn} r^ıng the^acu^a pha ng^ı ng tuⁱ t^ı q^ıpha h^öi qua^aba^o hoa^e xem nh^ı m^{àn} xua^ahi^en trong lo^ang pha h^öi. Ma^e du^am^{àn} r^ıng the^ait ga^ø, nh^ıng th^ı ông xai^y ra trong m^ot va^the^aphain i^cng CVD, ói r^ınh h^öi qua^aba^o hoa^e cao^c n^ıo^a m^ınh^c nh^ı m^ı a "tuyet^c" r^ıade^a n^ıea

T^ıo^c m^{àn} d^ıthe^aadri^c ông h^öp pho^abie^a cu^a sⁱ i^cchuy^ea pha. D^ıthe^a n^ıo^a la^øeama^e n^ıea
M^{àn} d^ıthe^axua^ahi^en tre^a be^ama^e n^ıaphai^c phu^athuo^c va^ø sⁱ c^ang be^ama^e , σ_s v^a sⁱ c^ang b^a m^ı t tie^a giap m^{àn} - n^ıea^a σ_i . N^ıaxia^c r^ınh vai tro^main chung, ha^y gai^cr^ınh m^{àn} co^ad^ıng cho^am ca^c, nh^ı n^ı óc ch^ıng to^ttre^a h^ınh (2.3.5).



Hình 2.3.5

Goi r là bán kính cong của choim cau, θ là góc tiếp xúc giữa mặt và bề mặt riêng Chứng ta có rõ ràng mối quan hệ tính hình hoocmata của mặt nhỏ sau:

Theo định nghĩa:

$$V = \frac{\pi r^3}{3} (2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta)$$

Diện tích tiếp xúc giữa mặt và riêng

$$\Sigma_i = \pi r^2 \sin^2\theta$$

Diện tích tiếp xúc giữa mặt và hoi:

$$\Sigma_f = 2\pi r^2 (1 - \cos\theta)$$

Tổng trọng lượng (2.3.16), bieá rỗnnaêg lõi trọng lượng tido của heacôidaing:

$$\Delta F = (\mu_c - \mu_v)N + \sum_k \sigma_m \Sigma_m \quad (2.3.22)$$

Ôi rõ ràng $\sum_k \sigma_m \Sigma_m$ là naêg lõi trọng bề mặt bao gồm naêg lõi trọng toàn bộ mặt và riêng riêng. Khi diện tích Σ_i trống là bề mặt phẳng chia giã a pha hoi và riêng riêng giõa bieá rỗnnaêg lõi trọng khi diện tích Σ_i trống là bề mặt phẳng chia giã a pha hoi và riêng riêng. Cho nea:

$$\sum_k \sigma_m \Sigma_m = \sigma_f \Sigma_f + (\sigma_i - \sigma_s) \Sigma_i \quad (2.3.23)$$

$$N = \frac{V}{v_c} - sođađ trong pha môi.$$

Vò trí của các vectô $\delta_i, \delta_f, \delta_s$ rõ ràng như hình (2.3.5). Do cả ba bằng nhau hoặc giã a các thành phần nằm ngang, rõ ràng ta có thể xác định 3 pha rõ ràng bieá diện bôil phô ông trình Young:

$$\sigma_s = \sigma_i + \sigma_f \cos\theta \quad (2.3.24)$$

Thay các式 vào (2.3.22), ta có

$$\begin{aligned} \Delta F_\Sigma &= 2\pi r^2 (1 - \cos\theta) \sigma_f - \pi r^2 \sin^2\theta \cos\theta \sigma_f \\ &= \pi r^2 \sigma_f (2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta) \end{aligned} \quad (2.3.25)$$

và

$$\Delta F_V = (\mu_c - \mu_v) \frac{V}{v_c} = (\mu_c - \mu_v) \frac{\pi r^3}{3v_c} (2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta)$$

Tổng

$$\Delta F = \left\{ \frac{4\pi}{3} (\mu_c - \mu_v) \frac{r^3}{v_c} + 4\pi r^2 \sigma_f \right\} f(\theta)$$

Ôi ròi

$$f(\theta) = \frac{1}{4} (2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta)$$

So sánh kết quả của ΔF (2.3.27) với (2.3.17) ta thấy, chúng chênh nhau ôi heo số $f(\theta)$. Ông với một giá trị θ , rõ ràng công phuithuo c của ΔF và bán kính r_k có thể tăng nh h tre h hình (2.3.4). Nếu công rõ qua r_k c $ó$ t h ông i ng với bán kính r_k (2.3.18). Thay (2.3.18) vào (2.3.27) ta nhận rõ ôi na g l $à$ ông cao thie h rõ ràng mà m coi kich thi ôi h $à$ n:

$$\Delta F_k = \frac{16\pi}{3} f(\theta) \frac{\sigma_f^3}{\left[\frac{kT}{v_c} \ln \frac{P}{P_v} \right]^2} \quad (2.3.29)$$

hay:

$$\Delta F_k = f(\theta) \frac{1}{3} \sigma_f \Sigma_k \quad (2.3.29a)$$

Ôi ròi Σ_k - diện tích của màng coi bán kính t h ôi h $à$ n.

T h ôie h thi ôi (2.3.29) ta thấy, ΔF_k phuithuo c và go c θ , mà g iai t rò cu a n h ôi ôi xai h bô i bie h thi ôi (2.3.24).

Ha y khai s nh h rõ ôi ôi h $ò$ p gi o i h sau:

Khi $\theta = 180^\circ$. (hình 2.3.3). Nếu không bô i m $à$ ng; $f(\theta) = 1$, do rõ co g ta o m $à$ ng (2.3.29) trong rõ ôi ôi h $ò$ p n $ày$ chính ba g co g ta o m $à$ ng rõ ràng the o (2.3.21). Theo (2.3.24) trong rõ ôi ôi h $ò$ p n $ày$:

$$\sigma_s + \sigma_f = \sigma_i \quad (2.3.30)$$

Khi $\theta = 0^\circ$. Nếu bô i hoa o toa o bô i m $à$ ng; $f(\theta) = 0$, do rõ co g ta o m $à$ ng (2.3.29) bằng 0. Theo (2.3.24), trong rõ ôi ôi h $ò$ p n $ày$:

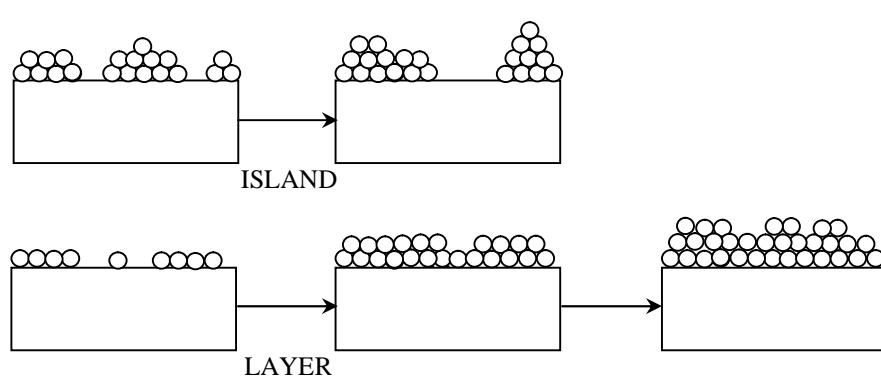
$$\sigma_f + \sigma_i = \sigma_s \quad (2.3.31)$$

Nh h rõ là rõ ôi ôi h $ò$ p ly u t h rõ ràng.

2.3.5. Các mode tăng rõ ràng m $à$ ng:

2.3.5.1 Các mode c $ó$ bán cu a s $ò$ i tăng rõ ràng m $à$ ng:

Ph $ò$ ông trình Young (2.3.53) se o cho ta pha h biết v $à$ hie h rõ ràng ve 3 mode tăng rõ ràng m $à$ ng nh h rõ ôi ch $ò$ ing to u tre h hình (2.3.6)



Hình 2.3.6: Về những môđes của bùn cát trong màng

Với taêng trô ôing oá rai, $\theta > \frac{\pi}{2}$ do rai

$$\sigma_s < \sigma_i + \sigma_f \quad (2.3.32)$$

Từ (2.3.32) suy ra rằng, nếu σ_i nhỏ hơn taêng trô ôing oá rai xay ra khi $\sigma_s < \sigma_f$. Nếu rai giai thich taï sao mao phuukim loai coikhuynh hó ôing taò raim hoaë oá rai treâ ñeá ceramic hoaë bain dañ.

Với taêng trô ôing lòp, lòp phuiseõt mõ ôit" ñeá $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$, do rai

$$\sigma_s \geq \sigma_i + \sigma_f \quad (2.3.33)$$

Nhì vay, với lieu mao coinaêg ló ôing beamaë thaõ seõtañ i ôit ñeácoinaêg ló ôing beamaë cao. Trô ôing hôp rae biet cuà rieù kien nay laomaog rong nh aâlyut ôing hay "epitaxy - rong chaâ", ôi rai lòp tiep giap gioâ maog vaøneáveà bain chaâ bò triet tieâ, $\sigma_i = 0$. Cuoacuøg, taêng trô ôing S-K (Stranski - Krastanov), rai tieâ ít ra cuøg phai coù

$$\sigma_s > \sigma_i + \sigma_f \quad (2.3.34)$$

Nhiều tieâ mao taêng trô ôing theo lòp. Sau khi thao thap 5 - 6 ron lòp thi mao seõchuyeå tõ daêng trô ôing hai chieu sang ba chieu. Coivaõcõ cheáneâtaêg trô ôing S - K, nhì ng moï cõ cheáñvñeù xuaphat tõ khuyun hó ôing tõ inhieâ lahealoa hó ôing veanaêg ló ôing tõ ido ci c tieâ. Cõ cheáthó ôing gaõ nhai laøñau tieâ do thuaâ lõi veamaënaêg ló ôing (2.3.34), mao seõtaêg trô ôing 2D, nhì ng sõ i khoâng khõp mao seõtich tuïnaêg ló ôing bieâ dañg (2.8.3). Mao caøg day thi naêg luông tich tuïraicøg lõi. Soâhaøg naêg ló ôing tich tuïñ ôi boâ sung beâ veaphai cuâ (2.3.32). Khi noiñ lõi rai ñeátho baâ raiing thi c treâ thi taêng trô ôing chuyeå sang 3D.

2.3.5.2 Ñoâben hình thái học của lòp biến dạng:

Tⁱ đ^y thuy^e bie^a da^{ng} r^ao ho^a ta co^u the^a suy ra ra^{eg}, na^{eg} lⁱ o^{ng} bie^a da^{ng} (t^o i^{do}) r^ao ho^a co^u da^{ng}:

$$F_s = \frac{1}{2} Y \varepsilon^2 \quad (2.3.35)$$

Ôi r^o Y la^o modul r^ao ho^a va^e la^o bie^a da^{ng} cu^a noi Th^o o^{ng}, so^an^o ε tre^a ma^e tie^p giap giⁱ a ma^{ng} va^e r^ea la^o sⁱ bie^a da^{ng} kho^a kh^op ma^{ng} f, rⁱ o^c xai^e r^{on}h b^oi f = [a₀(s) - a₀(f)]/a₀(f), ôi r^ola^o la^o ho^a so^ama^{ng} cu^a ma^{ng} (f) va^e a^s. Nh^o se^dtha^y ôi mu^c sau, r^ai lⁱ o^{ng} f co^uvai tro^oquan tr^ong trong epitaxy. Ba^g gi^ochung ta ha^y khaⁱo saⁱ r^oad^a ma^{ng} t^oi haⁿ, ma^etre^a r^oil be^ama^e ma^{ng} pha^{ng} se^dgo^aghe^ado ta^eng tr^o o^{ng} o^a r^ao. Ne^u r^oise^ga^s ne^a tⁱnh kho^a o^a r^{on}h ve^ahinh thaⁱ ho^c va^eo^uthe^akh^oi saⁱ ba^eng lyⁱthuy^e ta^eo ma^{am} v^{omo}^a Theo Wessels ^[1], na^{eg} lⁱ o^{ng} t^o i^{do} se^dbie^a r^oakhi tha^oh lap ma^{am} o^a r^ao bain ca^u (kho^a pha^{ng} hinh ca^u) tre^a l^op epitaxy r^ang ta^eng tr^o o^{ng}, bie^a da^{ng} co^ur^oad^a h ba^eng:

$$\Delta F = \frac{2\pi r^3}{3} \Delta F_v + \pi r^2 \sigma + \Delta F_s \pi r^2 \quad (2.3.36)$$

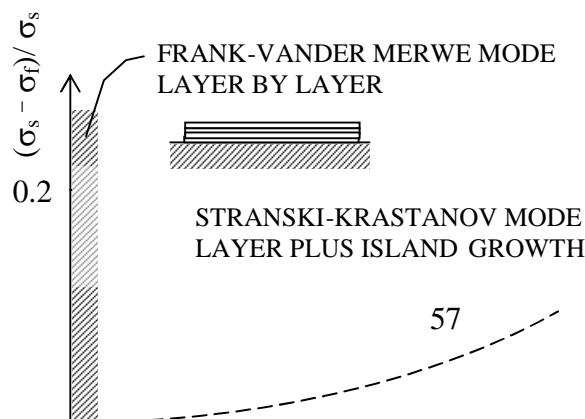
Chuⁱy r^ang, ΔF_v la^ona^ang lⁱ o^{ng} t^o i^{do} trong r^{on} v^othe^at^{ich} cu^a o^a r^ao, σ la^ona^ang lⁱ o^{ng} be^a ma^etie^p giap, co^o ΔF_s la^ona^ang lⁱ o^{ng} bie^a da^{ng} t^o o^{ng} ta^c giⁱ a o^a r^ao va^do^p epitaxy. Noi ba^eng hieu^e so^agiⁱ a na^{eg} lⁱ o^{ng} bie^a da^{ng} tre^a r^{on} v^odie^an t^{ich} sau khi tha^oh lap o^a r^ao $\left(\frac{1}{2} Y \varepsilon^2 h\right)$ va^dru^e o^c khi tha^oh lap o^a r^ao $\left(\frac{1}{2} Y f^2 h\right)$. Do r^o ΔF = $\frac{1}{2} (\varepsilon^2 - f^2) Y h$, ôi r^ola^o sⁱ kho^a kh^op trong ma^{ng} b^obie^a da^{ng}, πr^2 la^odie^an t^{ich} b^oa^{nh} hⁱ o^{ng} b^oi bie^a da^{ng}. Nh^o tr^o o^c kia, bain kinh mai^m t^oi haⁿ r_k rⁱ o^c xai^e r^{on}h t^o m^{ien} kien^e $\frac{d\Delta F}{dr} = 0$. Tⁱ m^{ien}

$$r_k = - \frac{\left[\sigma - \frac{1}{2} (\varepsilon^2 - f^2) Y h \right]}{\Delta F_v} \quad (2.3.37)$$

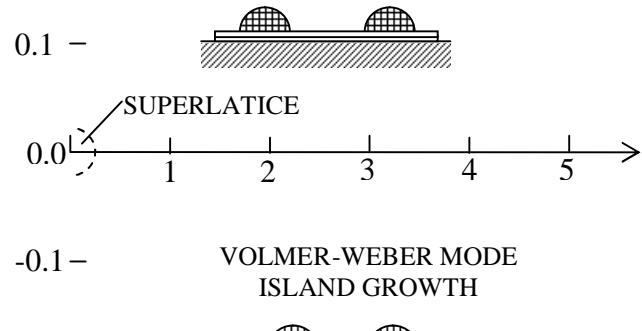
Trong gioⁱu haⁿ r_k = 0, r^oad^a ma^{ng} t^oi haⁿ h_k ôi r^oba^e r^au co^uhinh thaⁱ o^a r^ao go^aghe^a (ta^eng tr^o o^{ng} Stranski - Krastanov) la^o

$$h_k = \frac{2\sigma}{(\varepsilon^2 - f^2) Y} \quad (2.3.38)$$

He^ath^oic nay co^ung^hoa la^oh_k ~ f⁻². Nb^a voi^e InGaAs tre^a GaAs, Wessels gia^uthie^a ra^{eg}, h_k(cm). f² = 1,8.10⁻¹⁰ sau khi r^oothay the^aca^c so^aha^{ng} co^o la^e mot ca^canh ga^m r^ung. Khi h_k.f² > 1,8.10⁻¹⁰ thi se^dchuye^a t^o o^{ng} ta^eng 2D sang 3D.



Hình 2.3.7. Cac mien oⁿnh^h cu^a 3 modes ta^eng tr^oo^{ng} mang theo hieu^ena^{ng} l^oo^{ng} be^amat gi^oa mang va^ene^a (tru^c n^ong) va^e soⁱ kh^ong kh^op ma^{ng} (tru^c ngang).



Bây giờ chúng ta coi theo hình ảnh hòn hòn (2.3.7), ôi ròi mà pha à biết rõ nó là hình hòn ôi ở đây là $W = \frac{(\sigma_s - \sigma_f)}{\sigma_s}$ và nó là 3 dạng taèg trù ôi khac nhau. Tì o(2.3.32) suy ra ràèg, khi $\sigma_f > \sigma_s$ tức là $W < 0$ thì taèg trù ôi ói ròi hòn. Nhìn vào khía cạnh này, ta có thể thấy rõ ràng khi coi theo sò i khoang khôip màng. Taèg trù ôi theo lòip chè coi khaunaèg khi $W > 0$. Tuy nhieà, ròi là mìn ngaèc nhieà laècò cheátaèg trù ôi ròi coi theatoàn taï vòi moà luôñg khoang khôip nhòi Giòi à hai daèg taèg trù ôi ói ròi vaøta èg trù ôi theo lòip laðaèg trù ôi S - K.

2.3.6 Nhìn hòi ôi nhieà nòi và vòi toà laèg nòi leñ quaùtrình taò mâm:

Nhieà ròi nòi và vòi toà laèg ròi ôi R (ngòi/cm².s) laønhi àg thoag soáinh hòn ôi rañlòi leñ quaùtrình phuimaoè. Haøy tính nhieà àg hieu òi ng của chung leñ 2 ròi lòi ôi cò bañ r_k và ΔF_k . Vieà lai phòi ôi trìnèh (2.3.18) ròi vòi bañ kính tòi hañ r_k:

$$r_k = -\frac{2\sigma_f}{(\mu_c - \mu_v)/v_c} = -\frac{2\sigma_f}{\Delta F_v} \quad (2.3.39)$$

Ôi ròi ΔF_k - naèg lòi ôi tòi ido của nguyeà tòi trong 1 ròi vòi theatich. Neà giao thieà ràèg, vòi toà bay hòi caà baøg tòi mìn taï nhieà ròi nòi à R_e tòi leavòi ap suañ P_v, cò R - tòi leavòi ap suañ quaùibaø hoø P, thi tòi q(2.3.19), ΔF_k coi daèg:

$$\Delta F_v = -\frac{kT}{v_c} \ln \frac{P}{P_v} = -\frac{kT}{v_c} \ln \left(\frac{R}{R_e} \right) \quad (2.3.40)$$

Vì phaà trù cò tiep (2.3.39) theo T, ta nhañ nòi ôi:

$$\left(\frac{\partial r_k}{\partial T} \right)_R = 2 \frac{\left\{ \sigma_f \frac{\partial \Delta F_v}{\partial T} - \Delta F_v \frac{\partial \sigma_f}{\partial T} \right\}}{(\Delta F_v)^2} \quad (2.3.41)$$

Với các giá trị r_k hình: $\sigma_f \approx 10^3 \text{ erg/cm}^2$; $\partial\sigma_f/\partial T \approx -0,05 \text{ erg/cm}^2 \cdot ^0\text{K}$; $\partial\Delta F_v/\partial T \approx \Delta S_v \approx 8 \cdot 10^7 \text{ erg/cm}^3 \cdot ^0\text{K}$; $|\Delta F_v| < 1,6 \cdot 10^{11} \text{ erg/cm}^3$ (khi r_k m_àm t_om t_{ai}) thì:

$$\left(\frac{\partial r_k}{\partial T} \right)_k > 0 . \quad (2.3.42)$$

Vì phâ_n tr_o c_h tiep (2.3.29) theo T, ta nha_n n_óc:

$$\left(\frac{\partial \Delta F_k}{\partial T} \right)_k = \frac{16\pi}{3} \frac{\sigma_f^2}{(\Delta F_v)^3} \left\{ 3 \frac{\partial \sigma_f}{\partial T} \Delta F_v - 2 \sigma_f \frac{\partial \Delta F_k}{\partial T} \right\} f(\theta)$$

Vì r_k ,

$$\left| 2 \sigma_f \frac{\partial \Delta F_k}{\partial T} \right| > \left| 3 \frac{\partial \sigma_f}{\partial T} \Delta F_v \right| \text{ và } \Delta F_v < 0 , \text{ ne_ă:$$

$$\left(\frac{\partial \Delta F_k}{\partial T} \right)_k > 0 . \quad (2.3.43)$$

Vì phâ_n (2.3.39) theo R theo "qui taé da_y xích":

$$\left(\frac{\partial r_k}{\partial R} \right)_T = \left(\frac{\partial r_k}{\partial \Delta F_v} \right) \cdot \left(\frac{\partial \Delta F_v}{\partial R} \right) = \left(-\frac{r_k}{\Delta F_v} \right) \cdot \left(-\frac{kT}{v_c R} \right) \quad (2.3.44)$$

Vì $\Delta F_v < 0$, ne_ă

$$\left(\frac{\partial r_k}{\partial T} \right)_R < 0 . \quad (2.3.45)$$

Cu_ăng ch_o minh t_o ông t_oj ta c_o i

$$\left(\frac{\partial \Delta F_k}{\partial R} \right)_T < 0 . \quad (2.3.46)$$

Bo_á ba_á r_k thi_{ic} v_i a nha_n n_óc tre_ă cho ta t_om ta_é ca_c hie_u i_{ng} thi_ong quan sat trong quai_u tr_{inh} phu_{im}a_og. T_o(2.3.42) suy ra ra_ăg, khi nhiet_o n_ănh_ăco, th_i k_{ich} th_i o_{ic} r_k cu_ă m_àm t_ou_i ha_n ta_ăg. Ca_á tr_{uc} o_á r_k gian_ă n_ănh_ă, t_{inh} trung b_{inh}, se_dke_o da_o n_ănh_ă phu_{im}ca_o h_{on} khi nhiet_o n_ănh_ătha_p. T_o(2.3.43) co_u the_ăgia_uthie_ăra_ăg, ha_og ra_o cu_ă s_o i_{ta}o_i m_àm co_u the_ăton_ă ta_ă ô_unhiet_o n_ănh_ăco, tra_ă la_ă no_use_ogia_u ô_unhiet_o n_ănh_ătha_p. H_{on} n_ă a, mat_ă n_ănh_ă co_uk_{ich} th_i o_{ic} t_ou_i ha_n N^{*} phu_{ithuo}_c ΔF_k theo ha_on mu_one_ă so_ám_àm t_ou_i ha_n se_ogia_u ra_ănhanh theo nhiet_o n_ănh_ă Nh_o va_y, ma_og lie_ă tu_c ca_n th_oøgian phu_{im}la_ă h_{on} m_oi_i xua_ăhie_u ô_unhiet_o n_ănh_ăco. T_o(2.3.45) de_ada_og tha_y ra_ăg, ta_ăg van_ă to_a phu_{im}ca_o thi_oá r_k nho_u h_{on}. Do ΔF_k cu_ăng giam_ă, ne_ă ta_ă m_àm v_oi van_ă to_a R cao se_dao_o cho ma_og lie_ă tu_c ô_u n_ănh_ă da_y ma_og nho_uh_{on}.

Ne_ă ch_ung ta ket_ă h_op_o n_ăng th_oøcho r_k va_o ΔF_k cu_ăng l_oin_ă th_i se_dao_o n_ănh_ă vi tinh the_ăl_oin_ă, hoa_e ngay ca_utha_oh lap_o n_ănh_ă tinh the_ă N_hie_u n_ănh_ăong i_{ng} v_oi nhiet_o n_ănh_ăco va_ova_ăn to_a

phu_{ii}tha_p. Ng_o ô_c la_i, nhie_t r_o_äñeátha_p vaøva_n toá phu_{ii}cao thì se_ôtha_ôh l_{ap} maøg r_a tinh theå

Nh_o ãg to_m ta_éco_ütính h_o òng da_n th_i c_ü ngie_m tre_â la_øa_äco_üich. N_bathòcu_a ca_c vu_{og} ca_a truc_ü tre_â theo nhie_t r_o_äñeávaøva_n toá phu_{ii}n_i ô_c trìn_h ba_ø tre_â h_{in}h (2.3.8) r_o_ävô_i maøg Cu tre_â ñe_ä(111) NaCl. N_ba_vô_i ca_c ca_p maøg - ñe_äkh_aic cu_{og} co_üda_üng t_ü ô_{ng} t_ü i Ca_n bo_äshung the_m ra_èg, trong ca_c he_äbain da_n cheáñ_üta_üng tr_ü ô_{ng} maøg vo_äñ_ünh h_{in}h r_{ao} r_ü ô_c quan sa_t khi R_{cl}øn va_øT nho_i

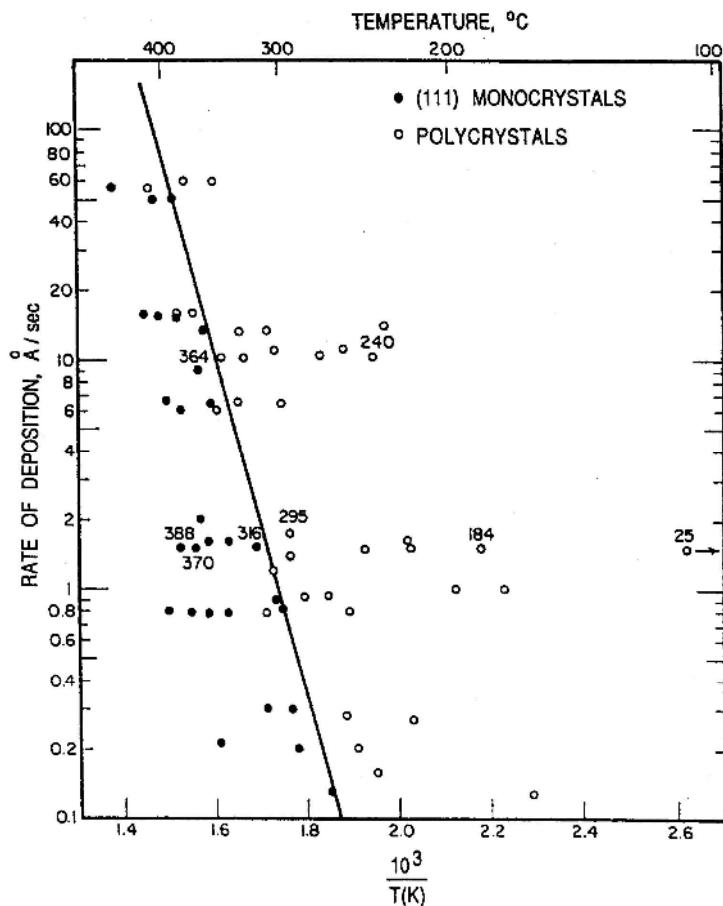
T_ü dy_üthuye_äta_ü ma_m dòthe_äco_üthe_äut_ü ra ca_c nguye_a nha_a tha_ôh l_{ap} ca_a truc_ü oá r_{ao} la_ø1. Nhie_t r_o_äñeácao; 2. Va_t lie_ü maøg co_üñle_ü - so_a- tha_p; 3. Va_n toá phu_{ii}maøg tha_p; 4. L_i c_ü lie_a ke_ägi_ü a maøg va_øeáye_a; 5. Na_èg l_ü ô_{ng} be_äma_ücu_a va_t lie_ü maøg cao; 6. Na_èg l_ü ô_{ng} be_äma_ücu_a va_t lie_ü ñe_äha_p. Ma_ë du_üthuye_äta_ü ma_m dòthe_äre_äla_øco_üich cho r_ønh tinh, nh_o ng co_a xa v_ôi r_o_ächính xai_c ve_är_ønh l_ü ô_{ng}. N_{le}åv_ü du_j ta ha_ü tinh r_k r_o_ävô_i maøg kim loa_i 300⁰K. N_{le}å_øn gian ha_ü duøg bie_a th_i c_ü cu_a ma_m r_øng theå

$$r_k = -2 \frac{\sigma_f}{\Delta F_v}; \quad \text{đi_ño_i\Delta F_v} = -\frac{kT}{v_c} \ln\left(\frac{P}{P_u}\right). \quad \text{Gia_üs_ü } \quad$$

$v_c \approx 20.10^{24} \text{ cm}^2$; $\sigma_f \approx 10^3 \text{ erg / cm}^2$; $P = 10^{-3} \text{ torr}$. Khi r_o_ä

$$r_k = \frac{-2 \cdot 10^3}{-1,38 \cdot 10^{16} \cdot (300/20 \cdot 10^{-24}) \ln(10^{-3}/10^{-10})} \approx 6 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

M_am nay co_ükích th_i ô_t r_üng vaønguye_a t_ü i do r_o_äkho_äg the_äduøg khai niem mie_a lie_a tu_c nh_o s_ü ic ca_äg ma_ëngoa_ü vaøba_n kính m_am phai_c l_øn h_{on} nhie_ü. Trong th_i c_ü te_ä ñe_ägia_i thich nh_o ãg hie_n t_ü ô_{ng} ng_o ng tu_ih_öi cu_a ma_m dòthe_äca_m duøg ly_üthuye_ätre_â c_ü s_üimai_ü nguye_a t_ü i



Hình 2.3.8: Sơ phác thuôc vi cấu trúc của màng Cu trên mặt (111) của nǎ NaCl.

2.3.7 Ánh hōing của hǎi nǎen tích lên quatrình ngöng tui:

Nếu một giōt trong hōi kiēn nǎ ō̄c một hǎi nǎen tích h, thì nó sẽ rǎa tāng, ngay cả khi giōt rǎnhoi và không nhò ō̄g chẽ trong hōi quatrình hoāo ($\mu_c < \mu_b$) mà con trong hōi chỉ a rǎt rẽa hoāo ($\mu_c > \mu_b$).

Thì c̄ vây, giá̄só ūgiōt bain kính r kiēn nǎ ō̄c ion có nǎen tích e vađain kín h a. Khi caâ bāng ion nǎ ō̄c tāp trung vaø tān cuā giōt. Nếu giōt rǎa tāng, thì nǎen rǎuseđaøn giam nāng lõ ūng t̄ ido cuā nǎen tr̄ ō̄g, do rǎuilaøn giam theáhiet rōng.

Tô ūng t̄ i(2.3.17), biēa th̄ i ΔF khi thaøh lap xung quanh ion cuā giōt coi dāng :

$$\Delta F = \frac{4\pi r^3}{3v_c} (\mu_c - \mu_v) + 4\pi\sigma r^2 + \Delta F_e \quad (2.3.47)$$

ô̄i rō, ΔF_e – biēa rōa nāng lõ ūng t̄ ido cuā nǎen tr̄ ō̄g khi thaøh lap giōt nǎen tích (μ_c – theáhoai hōc cuā giōt). Nōi bāng hiēu soágī a nāng lõ ūng cuā tr̄ ō̄g tāo neâ bōi ion ūitān giōt vaønāng lõ ūng cuā tr̄ ō̄g ion t̄ ido :

$$\begin{aligned}\Delta F_e &= \frac{\epsilon}{8\pi} \int_a^r E_i^2 dV - \frac{1}{8\pi} \int_a^r E^2 dV \\ &= \frac{e^2}{2} \int_a^r \frac{dr}{\epsilon r^2} - \frac{e^2}{2} \int_a^r \frac{dr}{r^2} = \frac{e^2}{2\pi} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) + \frac{e^2}{2a} \left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right)\end{aligned}\quad (2.3.48)$$

ôi r_oi E₁ _ c_i ông r_oatr_o ông trong gio_t, E_{_} c_i ông r_oatr_o ông ngo_agio_t, ϵ - r_oâth_anh r_{ie}n mo_ac_unh gio_t.

Nh_i v_ay,

$$\Delta F = \frac{4\pi r^3}{3v_c} (\mu_c - \mu_v) + 4\pi\sigma r^2 + \frac{e^2}{2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a}\right)\quad (2.3.49)$$

Soáha_{ng} cuo_ccu_{ng} trong (2.3.49) la_anh, the_an va_ø r_oi modun cu_a no_ica_{ng} l_oin ne_a gio_t ca_{ng} l_oin (pha thi_u 2). Cho ne_a, khi gio_t ta_øg ΔF se_øgia_m do s_o i_{co}ma_øe cu_a r_{ie}n t_{ich} va_ø ne_a khi kho_ang co_ir_{ie}n t_{ich} thi gio_t se_øbay h_{oi} v_oi k_{ich} thi_oc ba_ky_øne_a $\mu_c > \mu_v$. Co_ø ba_ø gi_øengay ca_igio_t bei_vo_i $\mu_c > \mu_v$, khi r ta_øg se_øda_ø g_{ia}_m ΔF , va_ønh_i v_ay ng_i ng tu_ise_øxa_øra.

Hien_t ô_{ng} r_oi r_oô_c du_øng trong buo_n Wilson r_{ea}quan sa_t ve_øca_c ha_øt ion hoa_ønhanh: ion tre_a n_i ô_{ng} n_i se_øga_ø ne_a s_o i_{ng}o ng tu_ih_{oi} tre_a ch_ung, ra_øg r_{ie}u_n r_oise_øch o ta tha_ø ve_øcu_a ha_øt.

2.3.8 Ly_ithuy_et hình da_øng ca_n ba_øng Gills - Curic -Wulff .

Sau khi nh_i ô_{ng} ma_m r_ooxua_ahien_t trong pha lo_{ng}, hay h_{oi} v_oi k_{ich} thi_oc t_oi ha_n, ch_ung se_ø l_oin le_a tha_øh ha_øt tinh the_aS_i iphat trie_a cu_a ma_m t_oi ha_n la_øqua_itr_{in} h_t i_{nhie}a v_i no_ise_ø la_ø g_{ia}_m na_ag l_o ô_{ng} t_o i_{do} cu_a he_a Khi nghie_a c_i iu_s i_{ta}o ma_m ch_ung ta se_øgia_i th_{ich} ra_øg, ma_m co_ida_øng ca_u hoa_e cho_m ca_u. Th_o c_i ra r_{ia}g m_oi ch_ø la_ø i_{gai} r_ung ban r_{ia}u .

V_i ma_m co_ica_a ta_ø tinh the_an_a a_ca_c ma_øgi_øi ha_n gi_ø a no_iv_oi pha h_{oi} chung quanh phai_i la_ø nh_i ô_{ng} ma_ønguye_a t_o i(hkl) x_ac_i r_onh va_øh_{inh} da_øng thi_oc te_acu_a tinh the_añang l_oin le_a phai_i la_ø h_{inh} da die_an t_o ô_{ng} i_{ng} v_oi k_{ie}_a ma_øng tinh the_acu_a m_{in}h .

Theo nguye_a ly_i Gibbs - Cubic -Wulff, trong tra_ang thai_a ca_a ba_øng gi_ø a tinh the_ava_ømo_a tr_o ô_{ng} xung quanh, tinh the_aphi_a co_ih_{inh} da_øng sao cho to_ang na_ag l_o ô_{ng} ma_øngoa_ala_øho_i nha_a:

$$\sum_{i=1}^n \sigma_i(hkl) F_i(hkl) = \min$$

ôi r_oi σ_i va_øF_i la_øna_ag l_o ô_{ng} r_{ie}ng be_ama_øe va_ødien_a t_{ich} cu_a be_ama_øgi_øi ha_n i, ch_ung phui_a thu_øc va_ø ch_øso_ama_ø(hkl).

Vậy toá taêng tr_i ông cùa m_{am} n_i óc r_{anh} gai_{theo} v_an_i toá dàch chuye_a u_i cùa b_{em}a_e naø r_{on}_{itheo} ph_i óng vuô_{ng} go_c v_{oi} nou_T (2.3.15a) tha_y ra_{ng}, u_i cùa ma_e(hkl) ty_uleäthua_n v_{oi} ma_e σ_i . Naêng l_i ông rie_{ng} b_{em}a_e σ_i cùa ma_enguye_a t_u (hkl) phu_ithuo_c vaø ma_t r_{oähinh} ho_c cùa nou_i t_u l_i ma_t r_{oähah} tre_a ma_ema_{ng}: ma_t r_{oähah} caøg l_{on} thi naêng l_i ông rie_{ng} b_{ea} ma_ecaøg nho_i Nh_i va_y, nh_i ãg ma_egiô_i ha_n cùa tinh the_{anh}ang l_{on} le_a thi ông laønh_i ãg ma_enguye_a t_u co_{im}ma_t r_{oähinh} ho_c cao nha_k vì chung co_{iv}toá u_i tha_p nha_k.

Ma_t r_{oähinh} ho_c L(hkl) laøn_a l_i ông ty_uleänghach v_{oi} die_n tich ma_e l_i ôi S. (S cùa ma_ema_{ng} laøphan b_{em}a_enho_inhgiô_i ha_n b_{oi} ca_cnut la_a ca_n nhau trong ma_ema_{ng}:

$$L(hkl) = S^{-1}(hkl)$$

N_b v_{oi} ca_c tinh the_{anh}lap ph_i óng, L(hkl) co_{ithe}ka_c r_{on}h qua ha_{ng} so_{ama}ng a_o, the_{anh}ich o_{ac}ô sô_{iu}o vaøch_eso_{ama}e(hkl) :

$$L(hkl) = \frac{a_o}{u_o \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \sim \frac{1}{S(hkl)}$$

gia_{ut}ro_{cu} (h² + k² + l²) r_oå v_{oi} ca_c ma_{ng} la_p ph_i óng n_i óc tr_inh bay tre_a ba_{ng} (2.2.3).

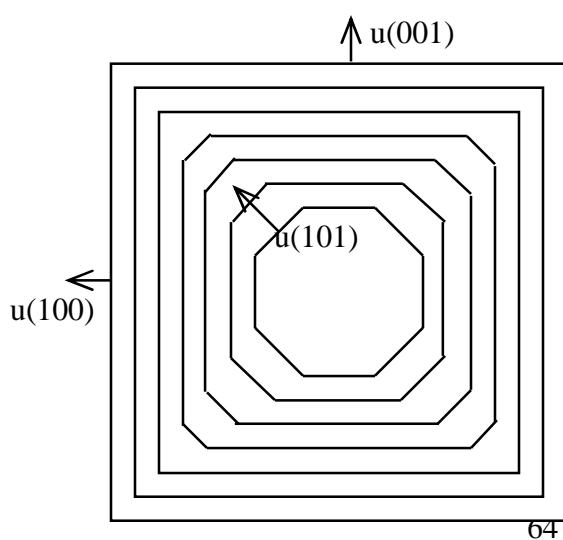
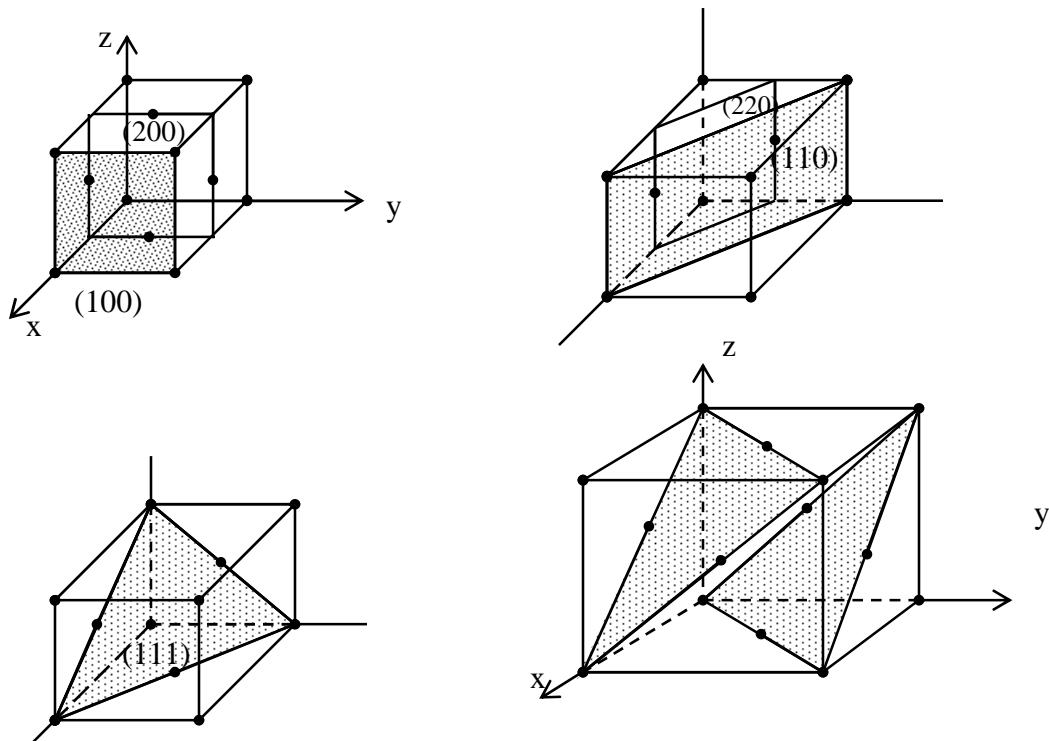
Ne_a tinh the_{anh}lap ph_i óng kie_a nguye_a thu_y, ma_eco_{im}ma_t r_{oähinh} ho_c cao nha_k la_o (100) vaøgiaim dan_i theo thi_uto_i(100), (110), (111), (210), ... Hình (2.3.2a) ne_a sô r_oagia_u thich vì sao ca_c tinh the_{anh}huo_c he_{alap} ph_i óng kie_a nguye_a thu_y thi ông co_{ida}ng kho_ala_p ph_i óng : ne_a ban r_{au} m_{am} n_i óc giô_i ha_n b_{oi} ca_c he_{ama} {110}vaø{100}, trong quai_{tr}nh l_{on} le_a, ma_e {110} do co_{im}ma_t r_{oähinh} ho_c tha_p h_{on} ne_a v_an_i toá dàch chuye_a u_i l_{on} h_{on}, ke_aquai_{la}ma_e {110} se_{bie}a ma_kva_dinh the_{anh} óc giô_i ha_n b_{oi} ca_c ma_e {100}, la_{oma}ecou_mma_t r_{oähinh} ho_c l_{on} nha_k

$$Ba_{ng} (2.3.2) : Ky_{uhieu} S² = (h² + k² + l²)$$

Simple Cubic SC	hkl	100	110	111	210	211	221	310	311
	S ²	1	2	3	5	6	9	10	11
Face- Centerd Cubic FCC	hkl	200	220	111	420	422	442	620	311
	S ²	4	8	3	20	24	36	40	11
Body Centerd	hkl	200	110	222	420	211	442	310	622

	S^2	4	2	12	20	6	36	10	44
--	-------	---	---	----	----	---	----	----	----

Ví dụ một số mặt của FCC :



Hình 2.3.2a: Số ñoi giao thích
đảng hình học của tinh thể
thuộc hệ lập phôong kieu
nguyễn thuy

Nhà vôi hai mảng thô ông gáy lấp phô ông taân maë (FCC) và dập phô ông taân khoă (BCC), maë röahinh hoëc giaim theo thô i:

FCC : (111); (100); (110); (311); (331); ...

BCC : (110); (100); (211); (310); (111); ...

Do röic maëngoaocuâ chung thô ông laømaë {111} (mảng FCC), maë {110} (mảng BCC) vaømaë {100} .

Keäquaïnhäi n ôc rñaøphuøhòp thô c teá

2.4. Quaiùtrình nhöng hoëc cuâ söi taing trööing màm .

2.4.1. Vañ toc taio màm.

Ôùcaic phan treâ chung ta rñaønghieâ cï u riëu kien vaøcô cheáquaïtrình taio màm. Néa nghieâ cï u nhöng hoëc cuâ quaiùtrình taeg trö öing maøg, chung ta cañ khao sat vañ toá taio màm .

Vañ toá taio màm laøsoái öing màm n ôc taio ra trong moi röon vòthôøgian treâ moi röon vò riëu tích .

Niêu kien cañ thieäñeåmain taeg trö öing laømain phai coikich thô ôc tõi hañ. Nhö vaÿ, vañ toá taio màm & trö ôc heä phai tyi leävõi maë röamain coikich thô ôc tõi hañ N* treâ moi röon vòdieñ tích. Tuy nhieâ, muoá màm tõi hañ khoäg bòtan ní maøchaé chaé seðoin leâ, thi phai coi moi lòp röon nguyeâ tõ i baim dính leâ noù Do nòi & coi tyi leävõi vañ toá nguyeâ tõ ikeätuivõi màm øtreâ dieñ tích tõi hañ A*. Vì vaÿ :

$$\mathbf{N} = N^* A^* \omega \text{ màm/cm}^2 \quad (2.4.1)$$

Nhö treâ rñaønoi, ΔF_K trong (2.3.20) laøhaøg raø naëg lò öing cuâ sô i taio màm, tò öng tõ i haøg raø naëg lò öing cuâ phan öing hoaihoëc. Nhö vaÿ, tích tuinhö ög haëp thuïrieäg leï vaø trong màm cuøg coitheäxem nhö phan öing hoaihoëc.

Vì vaÿ, coitheäduøg phô ông trình (2.2.26) ñeäñh N* :

$$\frac{n_s^+}{n_s^-} = \frac{N^*}{n_s} = e^{-\Delta Z_m^*/RT} = e^{-\Delta Z_K^*/RT} \quad (2.4.2)$$

Chuiyuraëg, Z_m^* ôiñag laømol cuâ màm chö ikhoäg phai moi cuâ nguyeâ tõ i hay phaâ tõ i vaø do röi chung ta nhain rñaing thô i cuoä ôiñag ΔZ_K laøcho moi màm, thoaiheäthô i (2.3.20).

Nai lò öing n_s laøsoávõtrí màm coitheäcoitreâ moi röon vòdieñ tích .

Goï n_a laøsoähaëp thu treâ moi röon vòdieñ tích. Noibaëg t ích cuâ vañ toá hoi rñaøg vaø

$$\left(\frac{1}{4} n \bar{v} \right) vôi thôøgian soág τ_s cuâ noù:$$

$$n_a = \frac{\tau_s p N_a}{\sqrt{2\pi MRT}} \quad (2.4.3)$$

Ôi_{nh} $\tau_s = \frac{1}{v_{os}} e^{\frac{E_d}{KT}}$ (E_d - na_g l_o ng gia_u hap); N_a - soá Avogadro.

Ha_t b_o hap phu_{ise} oke_d d_{inh} v_{oi} m_{am} tre_a bie_a gi_o a m_{am} v_{oi} neá(hình 2.3.5) co_{ichu} vi $2\pi r_k \sin \theta$ v_{oi} die_n t_{ich}:

$$A^* = 2\pi r_k a_o \sin \theta \quad (2.4.4)$$

Ôi_{nh} a_o - k_{ich} th_o o_c nguye_a t_o ù.

Khi r_oi va_o die_n t_{ich} A^{*}, ha_t se_o khue_ah t_{an} tre_a be_a ma_t neá v_{oi} t_{an} soá nhai_y v_{os} esp(-E_s/KT), ôi_{nh} E_s - na_g l_o ng k_{ich} hoa_f r_oa v_{oi} khue_ah t_{an} be_ama_t. T_i m_oo_i do_{ng} ha_t t_oi la_dich cu_a t_{an} soá nhai_y v_{oi} n_a:

$$\omega = \frac{\tau_s p N_a v_{os} \exp(-E_s/KT)}{\sqrt{2\pi MRT}} \quad (2.4.5)$$

N_i a (2.4.2), (2.4.3), (2.4.4), (2.4.5) va_o (2.4.1) cuo_{acu}ng ta nha_n n_o o_c:

$$N = 2\pi r_k a_o \sin \theta \frac{p N_a}{\sqrt{2\pi MRT}} n_s \exp \left\{ \frac{E_{des} - E_s - \Delta Z_k}{KT} \right\} \quad (2.4.6)$$

T_i (2.4.5) ta tha_g, va_n to_a ta_o m_{am} phu_{ithuo}c ra_{kh} l_oin va_o na_g l_o ng ta_o m_{am}.

Chu_uy_u ra_{ng}, va_n to_a ta_o m_{am} l_oin thi ca_a ta_o ha_t-m_on, ngay ca_a ca_a tru_c vo_{an}h_{on}h h_{inh}. Ng_o o_c la_i, khi va_n to_a ta_o m_{am} be_{uth} ca_a ta_o ha_t-tho_a

2.4.2. Ket tu_i n_{am} va_so_i di chuyen n_{am}

Ta_g tri_o ng va_{ke}tu_{icu}a m_{am} la_{ra}ae tr_o ng to_{ng} qua_t v_{oi} ca_c r_{ae} ne_{am} sau:

- 1- Gi_{am} die_n t_{ich} to_{ang} cong cu_a m_{am} tre_a neá
- 2- Ta_g r_oacao cu_a n_{am} co_e la_i
- 3- Ma_n v_{oi} ma_ttinh the_ho_c x_ac r_{on}h na_o r_outh_{on}h tho_ang tr_oine_a tro_a
- 4- Khi hai o_a r_{ao} co_ron_h h_o ng ra_{kh} k_{ha}nhau ke_atu_j thi n_{am} h_op cha_acu o_acu_{ng} se_o mang h_o ng t_{inh} the_ho_c cu_a o_a r_{ao} l_oin h_{on}.
- 5- Qua_itr_{inh} ke_atu_i h_o ng gio_ag nh_o cha_alo_{ng} v_{oi} o_a r_{ao} h_op nha_a va_otra_o qua s_o i_i bie_a r_oa h_{inh} da_{ng} sau khi ca_c gio_a cha_alo_{ng} chuye_a r_ong. Ne_u r_ou_{nh} bie_t r_ung khi ta_g nhie_t r_oa
- 6- Tr_o o_c khi va_ocha_m va_{kh}o_p nha_a n_{am} di chuye_a tre_a be_ama_t neáva_{co}ithe_{am}mo_{at}aino_i nh_o r_oalinh r_ong - n_{am} cu_a s_i ike_atu_i

Một va
cô che
ruyện kho
lô ô
ng n
ô
ng n
ê
axua
ê
gjai
thíc
hiến t
ô
ng ke
ktui n
ay, va
chung se
n
ô
ng ba
luân theo th
t
isau n
ay:

2.4.2.1. Ostwald ripening (quá trình tăng trööng hait vi tinh theabang nhiệt – kich hoat trong luyen kim khoai).

Trö ô
ng khi ke
ktuj n
oi r
o
i
nhau, va
osa u r
o
i
nhon se
tiep tu
c ta
ng trööng hoa
e “nuo
” ca
oá r
o
i
nhon.

N
é
hie
qua
trình n
ay, chung ta ha
y tinh s
i
phuithuo
c cu
a a
sua
h
oi ba
o
hoa
re
oá r
o
i
nhon theo bain kinh r cu
a no
Gia
i
uo
a r
o
i
nhon (pha thi
2). Khi ca
a ba
ng:

$$\mu_1(p_1, T) = \mu_2(p_2, T)$$

N
b
v
ma
pha
ng (r → ∞), t
t
q(2.3.6) ta coi

$$\mu_1(p, T) = \mu_2(p, T)$$

Do oá r
o
i
kho
ng b
onein, ne
a coi the
vie
t

$$\mu_1(p_1, T) - \mu_1(p, T) = \frac{\delta \mu_1}{\delta p} (p_1 - p) = \nu_c \frac{2\sigma}{r} \quad (2.4.7)$$

Ô
ñ
o
i
nh
du
ng: a) $\frac{\delta \mu_1}{\delta p} = \nu_c$ - the
tíc
nguye
t
t
(dZ = - SdT + Vdp) ne
a $\left(\frac{\delta Z}{\delta p} \right)_T = V$, va
ø

μ_1 la
the
hie
t r
o
ng Z cho 1 hat)

$$b) (p_1 - p) = \frac{2\sigma}{r} - a p \text{ sua
Laplace} \quad (2.3.6)$$

Ne
a xem ra
ng, h
oi tho
ikhí ly
t
t
ô
ng, thi t
t
q(2.2.23) ta rut ra n
ô
c:

$$\mu_2(p_2, T) - \mu_2(p, T) = KT \ln \frac{p_2}{p} \quad (2.4.8)$$

Do 2 ve
trai cu
a (2.4.7) va
q(2.4.8) ba
ng nhau, ne
a ta nha
a n
ô
c:

$$p_2 = p \cdot \exp \left(\frac{2\nu_c \sigma}{rKT} \right) \quad (2.4.9)$$

Hay bie
die
qua no
ng r
o
aha
t:

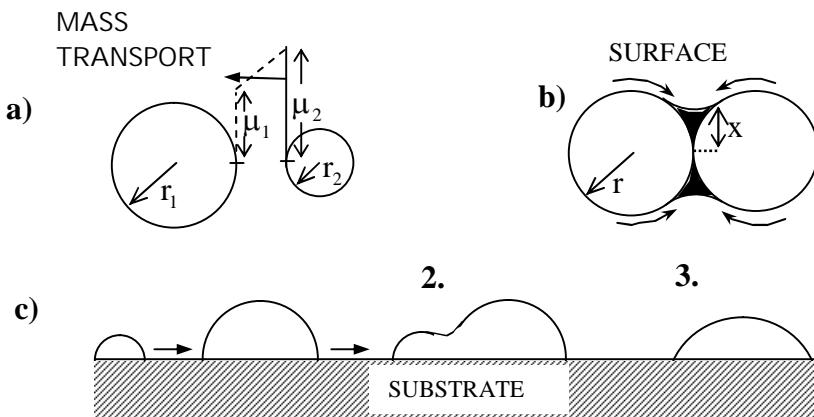
$$C_2 = C_\infty \exp \left(\frac{2\nu_c \sigma}{rKT} \right)$$

N
ai
l
ô
ng C_2 va
øC_\infty coi the
xem nh
no
ng r
o
adatom trong tra
ng thai ca
a ba
ng v
oá r
o
i
nhon coi bain kinh r va
ø
i
ma
pha
ng t
t
ô
ng.

Khi be
ama
oá r
o
i
lo
i (r > 0) nguye
t
t
i
khuy
h
o
ng tho
it ra l
o
n
hon so v
o
i
nguye
t
t
i
tre
a be
ama
pha
ng, v
i C_2 > C_\infty. Ng
i
ô
c la
i, khi be
ama
oá r
o
i
lo
i, (r < 0) thi C_2 < C_\infty.

Nh
o
ng y
t
t
ô
ng r
o
n
gia
n n
ay k
ho
ng ch
a lie
a quan v
o
i
ng Ostwald ripening ma
co
a lie
a quan
r
e
a c
o
che
dung ke
- n
ô
ng k
ha
i
sa
tiep sau. Ba
y gi
o
chung ta r
o
hie
s
i
thie
lap

gradient noòng ròi các adatom naោn giូ à 2 ha៥ nhី treᅃa hình (2.4.1a). Sី iᅃkhueáh tាន cuaᅃ caᅃ adatom rieᅃg leᅃn óᅃc tieᅃa trieaᅃ tᅃ ធមា ròi nhoihòn rោᅃa oᅃa ròi lᅃn hòn, cho rោᅃa khi oᅃa ròi nhoihoaᅃ toaᅃ bieᅃa maᅃ.



Hình 2.4.1: Söi ket tuិ óᅃc nhai do
 a) Ostwald ripening,
 b) Söi dung ket,
 c) Söi di chuyen naim.

Nhី vay cō cheᅃketaᅃtuិnay khoᅃng caᅃn thielaᅃcaᅃ oᅃa ròi phai tieᅃp xuᅃc nhau. Trong moᅃt daᅃy nhieuᅃ oᅃa ròi, ròi nhោᅃng hoᅃc cuᅃa heᅃlaᅃphី cᅃ taᅃp, nhី ng "ripen" seᅃthieᅃlap sᅃ iᅃphaᅃ boᅃkích thiᅃ óᅃc oᅃa ròi óᅃu traᅃng thaiᅃ giaᅃu dᅃi óᅃng, chung bieᅃa ròi theo thôᅃgian. Quaiჩtrinh Ostwald ripening khoᅃng bao giᅃodaᅃn rោᅃa caᅃn baᅃg khi maᅃng rោᅃng taᅃng trᅃi óᅃng, vì sᅃ iᅃphaᅃ boᅃheᅃp cuᅃa kích thiᅃ óᅃc vi tinh theaᅃn óᅃc ròi nhau nhau baᅃg lyᅃithuyeᅃa noi chung khoᅃng quan sat tᅃi óᅃc .

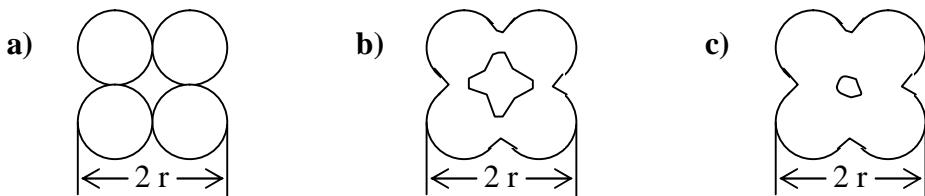
2.4.2.2 Söi dung ket

Dung keᅃlaᅃcô cheᅃketaᅃtuិcuaᅃ oᅃa ròi khi tieᅃp xuᅃc. Cui theaᅃnie à noi baᅃg sᅃ iᅃkieᅃn treᅃa hình (2.4.2), óᅃi ròi miem taisoᅃ iᅃkeᅃtuᅃ theo thôᅃgian xay ra giូ à caᅃc haᅃt. Nhauᅃ tieᅃa caᅃc caᅃu noᅃa rោᅃi óᅃc thaᅃh lap giូ à caᅃc oᅃa ròi (hình 2.4.2a), vaᅃ sau ròi caᅃc caᅃu noᅃalieᅃa tuᅃc day theaᅃn nhី caᅃc nguyeᅃa tᅃi rោᅃi óᅃc chuyeᅃa vaᅃ beᅃa trong miem (hình 2.4.2b). Trong giaᅃi ròi, keᅃ thuic, kích thiᅃ óᅃc loᅃxop giam laᅃm dieᅃn tich toᅃng coᅃng cuᅃa matm treᅃa rោᅃgiam, vì khoᅃng caᅃch trung binh giូ à caᅃc taᅃm cuᅃa caᅃc oᅃa ròi giam (hình 2.4.2c). Lើ tᅃi rោᅃi kieᅃa rោᅃa vᅃi quaiჩtrinh dung keᅃnag laᅃxu hᅃi óᅃng giam toᅃng naᅃng lើ óᅃng treᅃa beᅃmaᅃe cuᅃa heᅃ. Vì rោᅃi lើ óᅃng rោᅃi soᅃacuaᅃ C rោᅃa vᅃi nguyeᅃa tᅃi iᅃ treᅃa beᅃmaᅃe oᅃa ròi loᅃ (r > 0) vᅃi óᅃt quaiჩC rោᅃa vᅃi nguyeᅃa tᅃi iᅃ treᅃa voᅃn loᅃn cuᅃa caᅃu noᅃa (r < 0) neᅃa gradient noòng rោᅃahieuᅃ dung giូ à 2 miem seᅃdaᅃng leᅃa. Sី iᅃtruyen khoᅃl iᅃ óᅃng xay ra hoaᅃe doᅃ theo beᅃmaᅃe oᅃa ròi, xuyeᅃa qua beᅃa trong oᅃa ròi, hoaᅃe qua pha hōi. Taᅃ caᅃc caᅃu quaiჩtrinh ròi rោᅃi laᅃkhueáh tាន, neᅃa vanᅃ toᅃa dung keᅃ taᅃng khi taᅃng nhiet rោᅃadung keᅃ. Tuy nhieᅃa khi nhiet rោᅃadung keᅃtaᅃng quaiჩm iᅃc, thiᅃ seᅃsain sinh mot vaᅃthieuᅃ iᅃng coihaᅃi; ví duitaᅃng kich thiᅃ óᅃc haᅃt cuᅃa vat lieᅃu seᅃanh hᅃi óᅃng rោᅃa rោᅃ beᅃn hay tinh chaᅃquang hoᅃc cuᅃa noi. Vaᅃ rោᅃequan trong laᅃphai tìm tᅃi óᅃc cheᅃròiadung keᅃ thich hōi, rោᅃat tᅃi óᅃc keᅃquaᅃnhanh óᅃnhieᅃ rោᅃvᅃi aᅃ phai.

Trong trᅃi óᅃng hōi dung keᅃ hay keᅃ tuិcuaᅃ 2 hinh caᅃu coᅃibaᅃn Kính r tieᅃp xuᅃc nhau (hình 2.4.1b), lyᅃithuyeᅃa veᅃluyeᅃn kim hoᅃc chᅃi óᅃng toᅃiraᅃg, rោᅃng hoᅃc dung keᅃcoᅃidaᅃng:

$$\frac{X^n}{r^m} = A(T)t$$

Ông ta X laobain kính cau noă A (T) laobang soaphuithuoăc nhanh tăo noikhaic nhau văi cō cheátruyen khoă lăi ông khaic nhau; m,n laocaic haeng soát laothôögian. Cōi 2 cō cheátruyen khoă lăi ông thi ông gaă trong maog: khueáh tăin qua theătich hoaë doç theo beàmaëoá rao.



Hình 2.4.2: Các giai đoạn dung keat.

Nhăvôii khueáh tăin qua theătich n = 5 vaom = 3. Cuiitheă

$$\frac{X^5}{r^2} = \frac{10\pi D_L \sigma v_c t}{KT}$$

có tăo văi khueáh tăin doç theo beàmaen = 7, m = 3:

$$\frac{X^5}{r^3} = \frac{28D_S \sigma v_c^{4/3} t}{KT}$$

Ông D_L vaD_S laobéisoakhueáh tăin maing vaobeàmaë tăi ông iing. Veànguyeå taé, coitheă xai rinh n,m vaonaëg lăi ông kich hoaë tăo văi khueáh tăin baeng thi c' nghieäm, tă oñoi tăoin nhanh tăo ôc cō cheátruyen khoă lăi ông, nhõng thi ông soálieu khoâng rui neaphaå tich. Tuy nhieå coitheălaap heathii c' so sinh ron gian giô à 2 cō cheáneati oñoi tăo in nhanh cō cheánaø troi hon. Ví duj tyisoáthôögian can thiéå neabain kính cau noă X = 0,1r. Khi tăo

$$\frac{t_S}{t_L} = \frac{\pi r D_L}{280 D_S}$$

Tăi ông hóp Au oí 400°C, $D_L/D_S \approx 10^{-13}/10^{-6} = 10^{-7}$; $v_c = 2,57 \cdot 10^{-8} \text{ cm/s}$; $r = 10^{-5} \text{ cm}$ tă oñoi $t_S/t_L = 4,4 \cdot 10^{-7}$. Do tăo khueáh tăin beàmaëse ñieùu kieå sô ikeat tu dung keat. Naêng lăi ông beàmaë vaøcô cheátruyen khoă lăi ông tăo ôc ñieùu kieå baeng khueáh tăin chaé chaé ainh hó ông leå sô ikeat tuikhi caic oá rao tiep xuic nhau, nhõng vain coø nhõ ång lăi c' ñieùu kieå khaic coikhaunaëg ton taïi. Ví duj cō cheadung keat treå khoâng theågiai thich tăo ôc sô i keat tuikim loaï treå beàmaë neåi 77 °K, khi khueáh tăin nguyet tăi coitheåboiqua hay keat tui gia taeng khi aip ñieñ trăi ông leå neaphaing v.v.v...

2.4.2.3. Söidi chuyen ñaim

Cô cheácuoăcuong cuia s ikeătuilaøi idí chuyeå cuia caic ñaim treå beàmaëñea(hình 2.4.1c). Keătuixaÿ ra do va chaïm giò a caic vi tinh theå(hay gioë) khi chuong chuyeå ñoëng hoå loañ. Baèg kinh hieå vi trø ôøg ion coikhaunaêg phaå giai ñeå nguyeå tuirieåg lej ñaócho thaÿ s i idí chuyeå caic ñaim nhòtruøg vaøtam truøg. Kinh hieå vi ñien tuiuøg ching toïraæg, caic vi tinh theåvõi ñi ôøg kinh cõôô - 100 A⁰ coitheadi chuyeå nhì caic thi c thearieåg lej khi nhiet ñoëñeåñucao. Ñbañlinh ñoëng cuia caic haët kim loaï coitheathay ñoë lõin trong caic khí bao quanh khaiç nhau. Ñaim khoåg chæ chuyeå ñoëng tõnh tieå maøcoø chuyeå ñoëng quay.

S i idí chuyeå cuia ñaim ñaóñi ôc quan sat tri c tiep trong nhieu hej ví dui Ag vaøAu treå MoS₂; Au vaøPt treå MgO; Ag vaøPt treå graphite trong heåñi ôc goi laøbaø toaø, tui laøøi ñoëkhoå l i ñoëng vaø lieu phuïkhoåg ñoëå vì phuïmaøg tiep sau tuiøpha hoi ñaóñi ôc ngi ng. S i keătuïtrong heåbaø toaø ñi ôc ñae tri ng baèg s i ñgiam noøng ñoëhaët vaødaêg theåfich trung bình cuia haët, s i iphaå boøkích thi ôc haët cuang thay ñoëå taëg beàngang vaøgiam beàdag cuia lõip phuïtreå ñeå

S i idí chuyeå beàmaë cuia ñaim coïdaëng noin vöi bain kinh ñaiy r ñi ôc xaiy ra vöi heåsoá khuyeåh tain hieå dueng D(r) (cm²/s). Coïvaødaëng D(r) tuyøthuoët vaø moahinh ñi ôc giai thieå cuia s i idí chuyeå ñaim. S i chuyeå ñoëng cuia caic nguyeå tuiøphia ngoaøbieå cuia ñaim; s i thaëg giam dieñ tich vaønaêg l i ñoëng beàmaëtreå caic maëkhaiç nhau cuia vi tinh theåvaøi itri ôt cuia moi boøphañ ñaim vi tinh theåbaëg chuyeå ñoëng leich maëng, laø moahinh ñeåhieå lap D(r). Trong moi tri ôøg hòp D(r) ñeåu coïdaëng:

$$D(r) = \frac{B(T)}{r^s} \exp\left(-\frac{E_c}{kT}\right)$$

Ôññoi B(T) laøhaëg soáphuïthuoët nhiet ñoëvaø laøsoácaic ñanh ñoëxa tui øl ñeå 3. Bieå thi c ching toïraæg, s i idí chuyeå ñaim laøi iкích hoaët nhiet vöi naëg l i ñoëng E_c, coïlieåheåvöi naëg l i ñoëng tuikhueåh tain beàmaë Tuy nhieå, oï ñag thieå soálieu thi c nghiem thich hòp ñeåcoïtheåphaå bieå roøgi a caic cô cheå H i c teåraåkhoøphaå bieå giò a s i idí chuyeå cuia ñaim vöi Ostwald ripening treå cõ söüquan sat s i iphaå boøkích thi ôc cuia haët.

2.5. Söi phat trien cau truc .

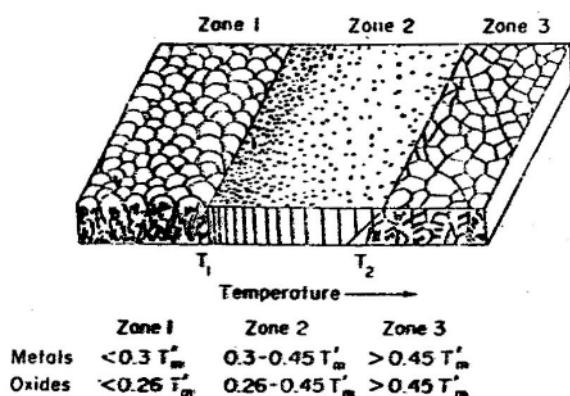
2.5.1. Moahinh cau truc .

S i ilieå keäcuia caic main beàmaëtaëg tri ôøg ñeåhaøh lap maøg lieå tuë, ñoïlaøøi ôc thi i5 - phat triëa caä truc maøg. Quattrinh nay raä quan trong ñeåxaic ñanh caä truc, hình thaü, thi ôøg ñi ôc goi laøi caä truc vaøhinh thaü hoë .

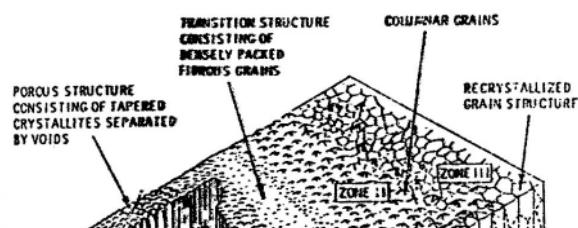
Trong truô̂ng hợp mօ̂g n̄i ô̄c phūi bāg kyō̄thuat bay hoi, nh̄ō nḡō thô̄ng soá̄chui yeá̄ laø̄l) bain chaâ̄ (n̄eá̄ 2) nhiēt n̄ōñeâ̄ trong quâ̄ltrinh laé̄g r̄ōng, 3) vañ toá laé̄g r̄ōng vaø̄ 4) n̄ōðay mօ̂g phūi.

Nḡi ô̄c v̄ōi d̄i t̄r̄oain bāg tr̄i c̄ giaō, s̄i t̄laé̄g r̄ōng khoâ̄ng tieâ̄ treâ̄ l̄op r̄on n̄eâ̄taâ̄ng tr̄i ô̄ng thaøh mօ̂g lieâ̄ tuç. Thay vaø̄ n̄ōi m̄am ba chieu n̄i ô̄c thaøh lap taï̄ caic v̄o trí thuañ l̄ōi treâ̄ beâmaë̄ n̄eá̄ví duïtaï̄ khe n̄i, baäc treâ̄ n̄eâ̄tinh theâ̄m̄on gian, ô̄iñpum̄am̄ phat trieâ̄ mōi phia vaø̄theo chieu day (nh̄ō n̄i ô̄c gōi laø̄i itaê̄g tr̄i ô̄ng theo tang). Khi n̄oðay cuâ̄ chung r̄uñm̄ i c̄ n̄eâ̄caic m̄am xep khít nhau, thi mօ̂g seðaë̄ n̄aù̄ lieâ̄ tuç. N̄oðay trung bình n̄eâ̄thaøh lap mօ̂g lieâ̄ tuç phūithuoë̄ vaø̄ nhiēt n̄oðalaé̄g r̄ōng v̄ aðan toá laé̄g r̄ōng (caûhai n̄eâ̄u ainh h̄i ô̄ng n̄eá̄ r̄oðalinh r̄oðang cuâ̄nguyêâ̄ t̄i ñhaø̄ phui), vaø̄bieá̄ r̄oðat̄i 010A⁰ r̄oða v̄ōi Ni ô̄inhiet r̄oðang i ng tuï 15⁰K t̄eá̄ 1000 A⁰ r̄oða v̄ōi Au ô̄inhiet r̄oðang i ng tuï 600⁰K treâ̄ n̄eâ̄tinh theâ̄NaCl. Nâg laømōi vaá̄ n̄eâphö i tap vì noüphūithuoë̄ vaø̄ nhiēt s̄i t̄kieñc huiyeá̄ nh̄ō toá r̄oðataò m̄am (soâlō ô̄ng m̄am sinh ra trong mōi r̄on v̄o thôðgian), vañ toá taè̄g tr̄i ô̄ng (r̄oðataâ̄g veâkích thô ô̄c hoaë̄ veâkhoa l̄i ô̄ng trong mōi r̄on v̄o thôðgian) vaø̄r̄oðalinh r̄ōng beâmaë̄cuâ̄nguyêâ̄ t̄i laé̄g r̄ōng.

Vì caá̄ truic vaðinh thai hoç cuâ̄ mօ̂g day r̄aðn̄i ô̄c nghieâ̄ c̄i iu roâ̄ng raðr̄oða v̄ōi kim loaï, hôp kim vaøhôp chaâ̄ khoi noing chay. Moâhinh caá̄ truic r̄aù̄ tieâ̄ n̄i ô̄c Movchan vaø̄ Demchischin n̄a ra t̄i ñaæm 1969 (hình 2.5.1) vaø̄sau r̄oði Thorn ton hoaø thieñ t̄i ñaæm 1974 (hình 2.5.2).



Hình 2.5.1



Hình 2.5.2

Moâhình (2.5.1) n_a ra ře moâhình hoai ca  truc cu  ma g, nh_i ng kho g chui y  vu g chuye  cu  moâhình Thornton, vu g T. vu g n y kho g řa ng ke v i quai tr nh la g řo ng cu  kim loa  tinh khie  hay pha  h p kim řon gian, nh_i ng tr ne  quan tro ng řo v i quai tr nh la g řo ng cu  h p cha kho noing chay hoa  h p kim ph i ta p ba g bay h i va  ba g ca c da ng la g řo ng, o i řo lco ia p sua rie g pha n cu  kh  tr  hoa  kh  hoa  tinh, nh_i phu n xa imai ion, ...

N  t i ng ca  truc cu bo  vu g c  b in n i  c tr nh bay tre  h inh 2.5.2, o i řo l T/T_M - ty so  gi i  nhiet řo r ea T v i nhiet řo anoing chay T_M cu  va  lie u ta o ma g . (theo ⁰K)

Vu g I xai  ra khi T/T_M n o i ře a m i  co  the bo  qua s i khue h t n be  ma , khi $\Lambda < a$ trong ph i  ng tr nh (2.2.12). Ca  truc phat tri a nh  tinh the h inh ne  t  omot so  mai n gi i  ha n. N i kho g phai la ca  truc mat  řo kho ma ch  i  nh   ng lo xop  do c gi i  c i  vi tinh the ne , co  řo tro ng va tra n A⁰. Noi cu g ch  i  sai ho ng v i mat  řo l in va i  ng sua d  ca o .

Vu g T cu g xai  ra khi $\Lambda < a$. Trong vu g n y, ainh h   ng cu  s i ba  phai ion řo v i vi ca  truc ma g n i  c chui y ha g řau . Ainh h   ng n y n i  c tha  ro nh a  trong vu g nhiet řo ltha p cu  moâh inh Movchan-Demchischin, o i řo l řo linh řo ng do ainh h   ng cu  nhiet řo l ora  bei  Ô l ra , na g l   ng va xung l   ng cu  nh   ng ha  phai  řa ochuye  sang nh   ng nguye  t  be ma e va nh   ng nguye  t  in a n sa  h n trong ma g ($\sim 0.5A^0$). Khi řo l ch u ng la n gia ta g řo linh řo ng va la n day řae vi ca  truc ma g tho ng qua quai tr nh phu n xa iv  tai  pha  bo . V i va , trong vu g n y ma g co ica  truc s i  bo l cha  kho g co  lo xop  va vo n nh  o ivu g I .

Vu g II xai  ra khi $T/T_M > 0.3$ - T řu l in ře khue h t n be ma e tr ne  co y ng a . Noi la o ca  truc co i co ibie  ha  phai  řa e tr ng la n  ng k nh co i ta g khi T/T_M ta g. Tinh the co i co i sai ho ng tha p h n vu g I va vu g T, va th i  ng co inh i  ma nho i tre  ma g. Ca  truc vu g II cu g co i the xai  ra trong ma g vo n h  h inh, o i řo l bie  co i la o pha ng .

Vuông III, xảy ra khi $T/T_M > 0.5$ - T r_uil_{òn} n_eac_oithe_ăxem nh_ő r_oš no_{ng} v_at lie_u kho_ăc u_a ma_{়g} trong quai_{tr}nh r_ošng. N_hăe tr_o ng cu_a vu_{ng} n_ag la_dính r_ošng h_o ōing nhie_u h_on, ho_aë da_{ng} vi tinh the_ăc_oit_hính r_ošng tr_uc. Be_ama_ে ma_{়g} thi ô_{ng} nhain h_on vu_{ng} II, nh_ő ng bie_a ha_ă co_{it}he_ăph_ăit tri_ęa thao_h khe, rainh.

S_o i_ro_{šng} nhie_u T la_onh th_o ic chuiye_a cu_a ca_a tr_uc. Ma_{়g} ô_{ivu}ng I va_{evu}ng T la_oke_a quai cu_a quai_{tr}nh "ta_ęg tr_o ōing d_{ap} ta_ę". Ô_Uñ_ols_o id_i chuye_a v_at lie_u ha_ă thu_{id}o nhie_u co_{it}he_ăboi qua; trong lu_c r_oil_মog ô_{ivu}ng II va_{evu}ng III la_oke_aqua cu_a quai_{tr}nh nhie_u k_{ich} ho_aë, la_on ha_ă pha_a bo_াla_ই o_{it}re_a ho_aë be_a trong ma_{়g}. Ch_ung ta ha_ę la_n l_o ô_t ba_ৰ lu_an hai che_াno_a ph_ăit tri_ęa ca_a tr_uc n_ag.

2.5.2. S_oi tang tr_ošng d_{ap} ta_ę (Quenched growth)

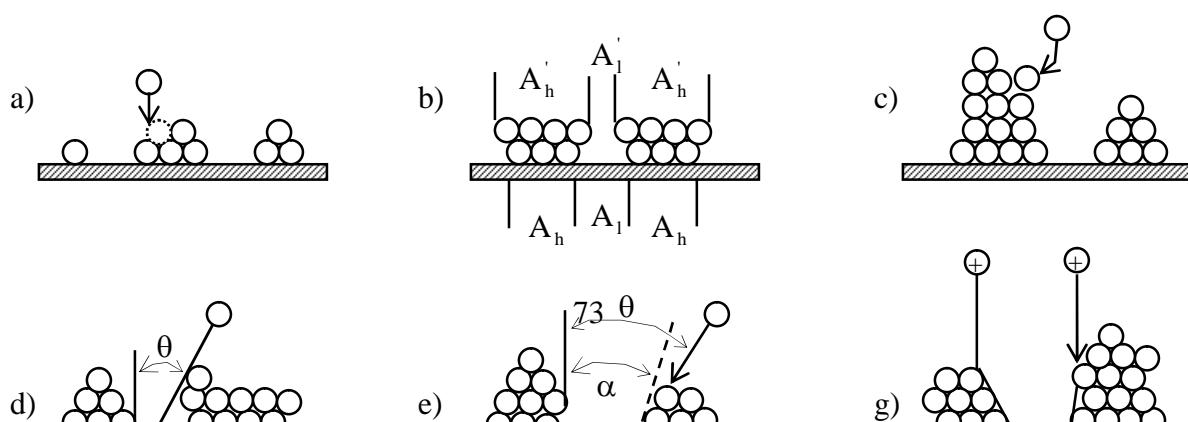
Khi lie_a ke_a r_ošu tie_a cu_a adatom v_oi be_ama_ে ma_{়g} r_uil_{òn} va_ønhie_u r_ošma_{়g} T r_uitha_প, th_ì khue_ah ta_n be_ama_ে kho_ăg r_uitho_{়g}ian n_eaxa_ıy ra tr_o ōic khi l_op nguye_a t_o itie_p theo phu_ı va_ø, t_o ic nguye_a t_o i_{tr}o_নne_a ba_ăr_ošng ta_ই v_otrí ch_ung r_oš a. N_hău r_ošn_o ó_č ng_o ô_øta go_ı la_{øphu}u_ı ma_{়g} "r_ošn_o r_ošo", v_i t_{ính} cha_ă cu_a ma_{়g} phu_ı r_oš ó_č x_aic r_ošn_o ba_ęg h_o ōing r_oš a cu_a h_oi. Co_{it} the_ăngh_ora_ęg, ph_o ô_{ng} pha_ıp phu_ıma_{়g} r_oise_চcho ma_{়g} pha_ıng va_øng nha_ă r_oš e_biet khi h_oi r_ošng nha_ă va_øtr_o ōc giao, v_i du_{iphu}u_ıma_{়g} trong cha_ă kho_ăg cao t_o ɔnguo_ৱ r_{ie}ñ_o va_ø r_ošpha_ıng nh_ő thuy_{it}inh hay ma_ু. Si r_ošn_o ó_č r_ošn_o bo_{়g} ho_aë ho_oc. Tuy nhie_a, ngay ca_akhi hai r_{ie}ñ_o kie_ñ tre_a r_oš ó_č tho_aim_oñ, va_n co_{ihai} s_o i_{ki}ie_ñ luo_a luo_a la_om ma_{়g} gho_{aghe}ava_ø ch_o i_a nhie_u lo_{at}ro_{়g}. N_hil_oø_ৱ i_gho_{aghe}co_{it}h_{ính} tho_g ke_ava_øhie_u i_{ng} t_o i₋che cha_é.

Nguye_a nha_ă cu_a s_o i_gho_{aghe}tho_g ke_ala_oøi i_{tha}ęg gi_ain tho_g ke_acu_a do_g h_oi r_oš a. Hie_u i_{ng} n_ag co_{it}he_ătr_hin_h ba_ęg theo mo_đh_{in}h r_ošn_o gi_ain : nguye_a t_o i_{co}ubain k_{ính} a r_oš a tr_o ōic giao o_ù tra_ęng tha_i o_ù r_ošn_o nh_ő ng tre_a ca_{ic} v_otrí ngau_ı nhie_a cu_a be_ama_ে. Ke_aqua_łla_oh_{in}h tha_i ho_oc cu_a be_ama_ে sau khi phu_ıv_oii so_ňha_ă trung binh \bar{N} , se_oco_łr_oša_ৱca_o trung binh \bar{h} - t_o ic r_ošdag_o ma_{়g} $\bar{h} = a \bar{N}$. Khi \bar{N} r_uil_{òn}, nh_ő r_oš ó_č ch_o i_{ng} minh ba_ęg to_an ho_oc, s_o i_{pha}å bo_াGauss v_oi r_ošale_łch chua_ă la_o

$$\sigma = a \sqrt{\bar{N}} = \sqrt{a \bar{h}}$$

σ ch_o i_{ng} la_oso_াño cu_a r_ošgho_{aghe}ma_{়g}; ho_aë r_ošta_n ma_ñ cu_a h xung quanh \bar{h} . Trong vu_{ng} ta_ęg tr_o ōing I, s_o i_{khue}ah ta_n be_ama_েhoa_ৰ to_an b_oda_ę ta_ę.

T_o i₋che cha_é la_oø_ৱ i_{ki}ie_ñ thi i_hai la_on cho ma_{়g} kho_ăg pha_ıng va_øla_oø lo_{at}ro_{়g} trong ca_a tr_uc co_{it} cu_a vu_{ng} I. N_hahie_a ro_đhie_u i_{ng} n_ag, ch_ung ta ha_ę chuiy_umo_đh_{in}h cu_a nguye_a t_o i_{to}i nh_ő tre_a h_{in}h (2.5.3) .



Hình 2.5.3. Quá trình nguyên trong tóitang tröông dập tắt.

- a) Sô ikeâtuînhan rraô; b) Hieu ìng kich thu ôic hû à hañ; c) Lô ë hut maëbeâ; d) Sô iche chaé nghieâg; e) Hieu ìng tangent; g) Laþ rraÿ loâtroág baëg haët naëg lô òng cao do qia taëq rraôlinh rraong (trai) vaøphuïn xaøphía trô ôic (phaí) .

Nguyễn tốitô khoâng theoâm treâ ñinh cuâ haït khaïc, maññ ôïc xep ñatbeâ cañh, ôïñpixaïc lap ñvâdaølieâ keâoâ ñnh vôi haït laâ cañn gañ nhañ. Nieu ñvâiñ ôïc goï lao "sô ikeâ tuï ñañ ñaò" hình (2.5.3a). Do kich thiô ôïc nguyễn tû ñiañ ã hañ (a>0), keâtuïcoitheâcoicaá truïc loâra nhô ôïhinh (2.5.3b), ôïñpixdieñ tich nhoïbôche chaé khoâng ñôïc phuïmaøg. Coïtrô ông hóp dieñ tich tap hóp hoi taêg tû oA_h ñeá A'_h vaødieñ tich che chaé giam tû oA_1 ñeá A'_1. Ñbuilaøhieu ñing kich thiô ôïc hó ã hañ". Sô iiloâra theân laøsaïn phañm cuâ lôïc hut nguyễn tû hoi ñap vaø maëbeâ cuâ coïnnhô treâ hình (2.5.3c). Nhô vaÿ, ngay caikhi phuïmaøg trôïc giao, caá truïc coï trong vuøg I seõthaøh lap loado che chaé giô ã chuong. Tô ñhinh (2.5.3b) vaø(2.5.3c) ta cuõg thaÿ, sô ikieñ tû ñi che chaé caøg laøn taêg baïc ghoagheà ngoaø ñvâaghoà gheàdo thaêg gian thoåg keâgaÿ neâ.

Khi hối \tilde{n} ap vao theo h \ddot{o} ing nghiêng m \ddot{o} t g \ddot{o} c θ , nh \ddot{o} tre \ddot{a} hình (2.5.3d), thi hieu \ddot{e} i \ddot{e} ng che chae ta \ddot{e} . Th \ddot{o} c \ddot{e} nghiệm vay \ddot{u} thuy \ddot{e} ch \ddot{o} i \ddot{e} ng to \ddot{u} ra \ddot{e} , \tilde{n} o \ddot{a} ng hie \ddot{e} u hình ho \ddot{c} α cu \ddot{a} co \ddot{t} thoai nquye \ddot{e} taé tangent : (hình 2.5.3e)

$$\operatorname{tg}\theta = 2 \operatorname{tg}\alpha$$

$$0 < \theta < \pi/2.$$

Chuiyiraeng, treà kia chuing ta rñaokhaò saiñ rñoäghoagheàrñau tieâ, gaý neâ bôí tính ghoagheà thoág keâtreà maë ñeaphaing hoaø toaø. Khi maøg rñañ ñeá rñoäday naø rñoì thi rñoäghoagheà cuà maøg do nguyeâ nhaâ tû i- che chaé troi hôn, vaøtaï rñoäday rñoüloätroåg baë rñau thaøh laø.

Quá trình gia nãng lõi ống coi theo giảm loát rỗng, do maeng nhân nǎi ôc rỗng nãng tinh tieá cuia haẽ nãng (ion hay nguyên tử ửiie nhiệt). Ion coi theo lao cuia hoi vat lieu phuinhii trong phô ống phap bay hoi hoa quang hay chum nien tu ửiie ion khí trô, nhõ Ar trong quá trình phong nien aá. Nguyên tử ửiie nhiệt coi maẽ trong chum khí rỗng lõi c, trong aé moø laser (laser allation), trong phuimaoø phuin xai

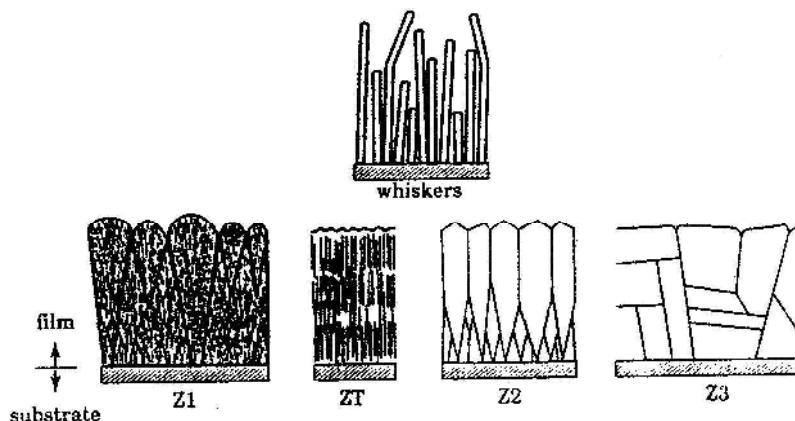
Có bao cõ cheo giảm loát trong sau nãy :

- 1/ N_ba noing r_{òn}h x_ò iido "xung nhiet" khi va ch_am va_ke_à qua_ùla_ùga_ù ne_à s_ò ikhueáh t_an r_{òn}h x_ò i.
 - 2/ N_ba cong qu_è n_{ào} be_ùh_{òn} do va_n to_à l_{òn}.
 - 3/ N_ba linh r_{òn}g cu_à adatom va ch_am cao h_{òn}, va_ùch_ùng co_ùthe_ùch_ùy_ù à r_{òn}g tha_ùng va_ø be_à trong lo_à.
 - 4/ Phu_ùn xa_iph_ùa tr_ò ô_ùc cu_à ca_ùc adatom kha_ùc va_ø lo_ùtro_ùág .
- Hai c_ò che_àsau la_ùchu_ùye_ù va_n ô_ùc minh hoai_ùtre_ùh_{ìn} (2.5.3g). N_ba linh r_{òn}g cu_à adatom va ch_am l_{òn} ñ_éa m_ò ic ñ_éava_n to_à khueáh t_an be_à ma_è ñ_ät ñ_éa va_økhoa_ùng ca_ùc nguye_à t_ò ñ_íva_ùco_ù thi_ù à r_{òn}g na_èg ñ_éat_ùie_ù t_an be_à trong kho_ù. Trong hie_ù ñ_íng phu_ùn xa_iph_ùa tr_ò ô_ùc, ha_ñ na_èg truyen_ùxung l_ù ô_ùng cho adatom, la_ùn cho adatom na_ù t_an xa_iveaph_ùa tr_ò ô_ùc.

2.5.3. S_òi tang trööng bang nhiet kich hoat

Khi nhiet r_òma_ùg T ta_èg ñ_éå_ù > a trong ph_ò ô_ùng tr_{ìn}h (2.2.14) thi qua_ùtr_{ìn}h khueáh t_an be_àma_è se_òtr_òu_ùtha_ùh ye_ù to_àxa_ùc r_{òn}h h_{ìn}h tha_ùh ho_ùc cu_à ma_ùg. Lo_ùtro_ùág se_òn_ù ô_ùc la_ùp ñ_éay ba_ùg adatomkhueáh t_an, va_øma_ùg pha_ùt trien_ù theo ca_ù tr_òuc ha_ñ co_ùt ñ_äæ tr_ò ng cho vu_ùg II .

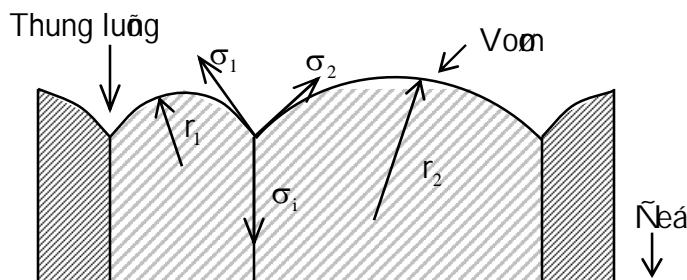
Trong tie_ùdie_ùn ngang, ca_ù tr_òuc ha_ñ tinh the_ùtrong vu_ùg II la_ùca_ù tr_òuc co_ùt. (N_ba v_òi ma_ùg epitaxi va_øvo_ùnh h_{ìn}h trong che_àr_òa T na_ù bie_ùa co_ùt co_ùthe_ùbie_ùa ma_ùg). Ta_ùi tie_ùp gia_ùp ñ_éa ca_ù tr_òuc ha_ñ cu_à ma_ùg ñ_ä tinh the_ùba_ù ñ_éa nh_ò m_àm va_ùta_ùg tr_ò ô_ùng theo h_ò ô_ùng n_í le_ùa nh_ò co_ùt sau khi ke_ùtui_ù V_òi ta_ùg r_òädag_ù, nhie_ù co_ùt m_òu_ùro_ùng tre_ùa s_ò i_ùla_ù chie_ùa cu_à co_ùt kha_ùc, cho ñ_éa k_{hi} n_í ô_ùng k_{ính} co_ùt ñ_äæ g_òu_ùtr_òt_òha_ùn nh_ò n_í ô_ùct r_{ìn}h ba_ùg tre_ùa h_{ìn}h (2.5.4) .



Hình 2.5.4: Ñat_ùc trööng cu_à bo_ùn vung ca_ù tr_òuc trong tie_ùdie_ùn ngang (T/T_M) tang theo h_òô_ùng ZI → ZT → ZII → ZIII (Z_vung)

L_ü i_ù ñ_éeu khie_ù r_òåv_òi ta_ùg tr_ò ô_ùng ha_ñ co_ùt trong vu_ùg II la_ùna_ùg l_ù ô_ùng be_àma_èc_ù i_ù tie_ùa . Mo_ùh_{ìn}h pha_ùt trie_ùtie_ùdie_ùn ngang cu_à ca_ù tr_òuc co_ùt ñ_äng ta_ùg tr_ò ô_ùng n_í ô_ùct tr_{ìn}h ba_ùg tre_ùa h_{ìn}h (2.5.5). Trong mu_ùc tr_ò ô_ùc ch_ùng ta_ù ñ_ätha_ùg ra_ùg, ma_ùg co_ùkhuy_ùnh h_ò ô_ùng pha_ùt trie_ùa gho_ùghe_ùa Khi na_èg l_ù ô_ùng be_àma_è la_ùna_ùg h_ò ô_ùng va_ùkh_ùch thi_ù ô_ùc co_ùt nh_ò s_ò i_ùgho_ùghe_ù ñ_ämo_ùt ca_ùg_ùa ñ_äng, co_ùthe_ùxem nh_ò mai vo_ùn. Ne_à bo_ùqua qua_ùtr_{ìn}h khueáh t_an be_àma_è, nh_ò ñ_äng

màu vòm seđaêg trôi ôing doá hòn do hiếu ôing tò i- che chaé, vađhung luăg giă a chung seđo trôi thađh loâtroág nhă caâ truic trong vuăg I. Trong vuăg II, xu hă ôing rñoi khoâg cođ taic dùng do khueâh tain beâmaë Khueâh tain beâmaë seđaøn cho sô iichuyeâ rñoing cuâ adatom hă ôing veâthung luăg rñoithoaüi i c caâ baèg cuâ σ taï rñoinh treâ hình (2.5.5). Sô iicaâ baèg rñoitô ông tò iisô iicaâ baèg cuâ goá thaán ô ôt (2.3.24). Do lieâ keâtaï bieâ haït luoâ yeâ hòn beâ trong tinh theâneâ ôi rñoiluoâ toï taï sô i c caêg maëtieä giap σ, treâ bieâ giă a hai coâ. Cho neâ ducoisô ikhueâh tain beâmaë, nhă ng maë cuâ coâ khoâg baèg phaing hoaø toaø, thay vaø rñoixuaâh hién mai vòm coibain kinh cong r nhă theânaø rñoâcaic thađh phaïn thaïng rñoing cuâ ($\sigma_1 + \sigma_2$) caâ baèg vòi σ, vaønhô vaÿ rño ông rainh xuaâh hién doic bieâ coâ. Nô ông rainh tò ông tò iicuâg xuaâh hién khi vaât lieâ rña tinh theâñalaïng boing rño ôc uinhiet - nhă rñoobieâ, rñoilaø "rño ông rainh nhiet". Khi coâ taêg theo rño ông kinh, chung muoâ sang baèg rñoing vòm rñoâdiën tich beâmaë cù i tieâ, nhă ng chung giă olaï rño ông rainh nhiet treâ caic meip bieâ .

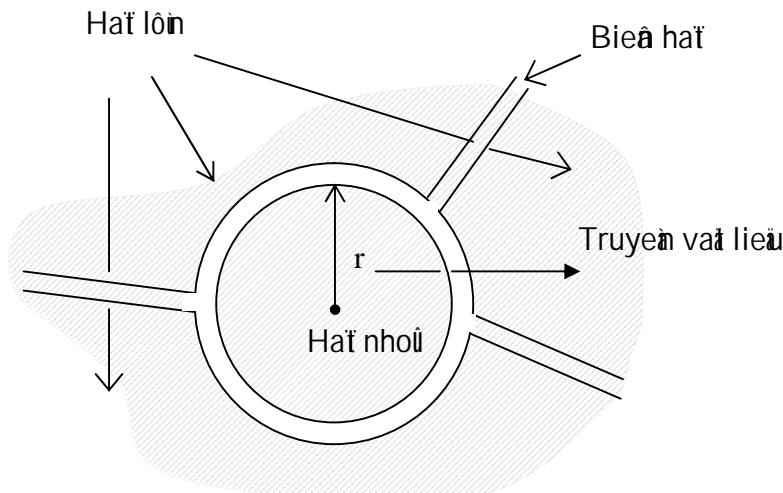


Hình 2.5.5 : Hình daing vaønang lõi ông beâmaë cuâ haït coâ .

Néâthoâimaô lõi c caâ baèg phia beâ treâ hình (2.5.5) sô ikhaim nghiem chüing toïraëg, coâ rño ông kinh beâhôn seôxuaâh hién bain kinh cong beâhôn. Baâ giôødo beâmaë bain kinh cong nhoihôn, neâ noâng rñoâdatom treâ beâmaë rñoitheo (2.4.9) seđon hòn. Lõi rño khieâ naø seđaøn cho doang khueâh tain beâmaë tò ecot nhoiñea coâ lõin hòn, cuoâ cuøg coâ nhoiþoco lai vaøcoi theâhoaø toaø bieâ maâ. Nhă ãng vi ainh tieâdiën ngang cuâ maøg kim loai taêg trôi ông baèg bay hôi hay phuñ xañaminh hoairoðraøg tinh chaâ rñoi cuâng nhă hình ainh minh hoai sô idch chuyeâ tò avuøg moâ hoaë vuøg T sa ng vuøg II .

Khi taêg T_s cao hòn nô a, sô iidi chuyeâ bieâ haït cuâng coitheâxaÿ ra beâ trong khoâ cuâ maøg. Nbi laøcoâg rñoan nung nhiet khoâ trong quai trinh phuñ Hinh (2.5.6) trinh bay tieâ dieñ ngang qua khoâ maøg vaøsong song vòi beâmaë. Haït truihoin rño ôc bao quanh bôi ba haït lõin hòn. Vì bain kinh cong cuâ haït nhoiilaø so vòi bain kinh cong loøn cuâ ba haït lõin, neâ nguyeâ tò i seôtruyen ngang qua bieâ haït ohaït nhoi sang caic haït beâ cañh, vaøcuøg haït nhoi seôbieâ maâ. Nbi chinh laøquaïtrinh taêg trôi ông haït baèg nhiet - kich hoaë xaiÿ ra trong luyen kim khoâ, nhă rño ôc bieâ laø "Oswald ripening". Vañ toá chuyeâ rñoing cuâ bieâ haït tyileavôi exp (- E_a / RT), ôi rño - E_a naëg lõi ông kich hoaë rñoâ vòi sô iichuyeâ rñoing cuâ bieâ haït. Nhă vaÿ, coâ coitheâdieâ tuç taêg theo rño ông kinh ôidü ôi beâmaëtaêg trôi ông

taⁱ nhie^t r^o_ôim^o c^cao T_s, n^hâ^ocho n^h ô^og k^{inh} cu^a ch^ung gaⁿ n^hé^a r^o_ôday ma^og. Khi n^huha^t co^uca^a truc^c r^o^{ang} truc^c cu^a vu^og III.



Hình 2.5.6. Tiết diển mang song song với bêma^t n^he^t trình bay s^oi tang trööing hāt theo mat ben.

Nhⁱ ô^og ba^o lu^{an} tre^a r^o^{ang} v^oi vu^og II ch^ung ta n^högia^uthie^ara^og, σ kho^{ang} phuⁱthuo^c va^o ma^ttinh the^a Thⁱ c^c te^a σ thi ô^og la^oba^a r^o^{ang} h^o öing, ne^a sⁱ ita^og tri öing co^t coitinh lo^c l^o à. Nhⁱ va^y, ngay ca^uma^og n^h ô^c tha^oh lap t^o emain v^oi h^o öing hoa^o toa^o hoa^o r^o^{an}, cu^{ang} co^t theaphat^c tri^a theo h^o öing i^u tie^a tinh theaphat^c khi ta^og r^o^{ang} ma^og. Nhⁱ ô^og co^t n^hu^onh h^o öing ba^og cách nhⁱ ô^og ma^t co^t σ cao se^oma^a va^t lie^a va^odai^c bie^a ma^og. Ngⁱ ô^c laⁱ, co^t n^h ô^og k^{inh} nhoⁱ co^t theaphat^c tri^a thu^{an} l^oï h^on nhⁱ ô^og co^t l^{on}, ne^a σ cu^a noi nhoⁱ h^on. Tra^{ng} thai^c n^hu^onh ô^c goⁱ la^oha^t ta^og tri öing "d^o-thⁱ ô^og".

2.5.4. Textua (Texture)

Textua la^oca^a truc^c cu^a n^ha tinh the^a trong n^huca^c ha^t r^o^{anh} h^o öing i^u tie^a theo moi phⁱ öong na^o r^o^{icu}a kho^{ang} gian .

Textua la^oke^aquaⁱcu^a sⁱ i^{sa}p^e xe^p laⁱ ca^c ha^t tinh theapho^c moi h^o öing i^u tie^a, n^h ô^c goⁱ la^o truc^c r^o^{anh} h^o öing hay truc^c Textua. Ô^ungi^oii haⁿ na^o la^or^onh h^o öing hoa^o r^o^{an} (kho^{ang} Textua), co^t ô^ungi^oii haⁿ kha^c la^or^on tinh theapho^c Textua n^h ô^c xai^c r^o^{anh} de^ada^og ba^og ky^othuat^c tia X. Textua co^ttheapho^c ra tre^a moi hai hoa^o ba chieu^c, Epitaxy la^ophⁱ öong phaip to^anha^a n^hé^a n^hé^a n^hé^a r^o^{anh} Textua ba chieu^c. Epitaxy xai^c ra khi l^oï c^c lie^a ke^a cu^a ma^og tinh theapho^c r^o^{anh} h^o öing cu^{ang} phⁱ öong v^oi l^oï c^c lie^a ke^a cu^a be^ama^t n^hé^ala^o cho na^og l^oï öing be^ama^ttie^p giap^c σ, ra^onhoⁱ ba^og kho^{ang} trong tri öong h^oöp "r^o^{ang} epitaxy", ô^u n^hu^ova^t lie^a ma^og ch^ung la^ova^t lie^a n^hé^a. Trong tri öing h^oöp kha^c, khi kho^{ang} co^t n^hu^onh h^o öing cu^{ang} phⁱ öong nhⁱ va^y, thi ô^og ma^og mo^{ing} n^h ô^c Textua hai chieu^c, ô^u n^hu^oma^tphaing cu^a noi ita^og tri öing i^u tie^a song song v^oi

ma^e pha^{ng} n^eá nh^o ng vaⁿ co^u h^o óng ho^a r^on t^o óng i^{ng} v^oi tr^uc quaytr^o c giao v^oi ma^e pha^{ng} n^eá

Cu^{ng} co^ukhai^{na}êg ta^o ma^og tre^a n^eáh^o ng kho^{ng} textua, vⁱ duⁱkhi ma^og tre^a n^eávo^{an}h^o h^{inh} (nh^o thuy^utinh), hoa^e tre^a n^eála^{ot}inh the^ar^oa xⁱ ìng, hoa^e kⁱch th^o ôi^c ma^ong cu^a n^eára^a k^{ha}i^c kⁱch th^o ôi^c ma^ong cu^a ma^og .

N^a tinh the^aco^utextua se^oma^a tinh r^ong h^o ìng. Vⁱ duⁱma^og ZnO xua^a hieⁿ hieuⁱ ìng a^p n^eien l^oin nha^a do^c tr^uc [0001] - tr^uc na^y t^o óng i^{ng} v^oi ba^c textua l^oin nha^a. Tinh cha^aba^o hoa^d o^{cu}a ma^og n^a tinh the^aferromagnetic nⁱ ôi^c du^og trong r^ong nh^oicu^{ng} ca^a ba^c textua cao .

Nhiet r^ong lⁱ c ho^c mo^atais^o iⁿnh h^o ìng cu^a textua trong tra^{ng} thai^a kho^{ng} epitaxy ba^o hai n^eien kien : 1) na^eg lⁱ ìng be^ama^e la^aba^a r^ong h^o ìng, n^eaco^uma^e i^u tie^a; 2) r^oalinh r^ong cu^a nguye^a t^o i^uadatom r^uil^oin n^eaco^uthe^asa^e x^ep chung va^o be^ama^eco^una^eg lⁱ ìng c^o i^c tie^a .

Vⁱ nh^o òg n^eien kien tre^a de^aho a^{ima}a, ne^a th^o ôi^c quan sat nⁱ ôi^c textua, nh^o ng ba^c cu^a noⁱ th^o ôi^c bie^a r^oal^oin v^oi vat lie^a vaⁿn^eien kien phu^{im}a^og .

Khi ma^og phu^{im}o^{inh}iet r^oat^{ap}, ôiⁿnh^o kho^{ng} hieuⁱ dung ve^ar^oalinh r^ong cu^a adatom hoa^e s^o i^{di} chuye^a cu^a bie^a ha^t, ne^a ma^og phai^a trie^a ho^a r^on. Khi nhiet r^oata^ang r^ong n^eien, nguye^a t^o i^{se}achuye^a r^ong n^eaphai^a trie^a textua. Thanh thoang textua phai^a trie^a t^o ho^a r^on trong giai r^oaⁿ r^oaⁿ tie^a n^eá r^onh h^o ìng ma^{nh} theo ma^{en}a^og lⁱ ìng tha^{ap} song song v^oi be^a ma^ema^og, va^ocuo^acu^{ng} n^eá s^o i^{thay} r^oacu^a textua i^u tie^a khi ma^og day^a tie^a theo. Vⁱ duⁱ s^o i^{thay} r^oaⁿ r^onh h^o ìng cu^a ma^og t^o $\varnothing(111)$ n^eá (100) nⁱ ôi^c quan sat ôi^ma^og Ag sau khi chung r^oaⁿ nⁱ ôi^c r^oadag c^oi 2 μm . T^o óng t^o i^j ma^og Ag v^oi r^oadag 6 μm nⁱ ôi^c phu^{im}ôⁱ 80 $^{\circ}\text{K}$, se^{obie}a r^oat^{textua} t^o $\varnothing(111)$ n^eá (100) khi r^oan^oing noi^{tre}a 300 $^{\circ}\text{K}$.

Tinh the^aho^c sinh r^oaⁿ trong quai^utrinh ta^og t^o óng ma^og cu^{ng} v^oi s^o i^{bie}a r^oacu^a canh tranh gi^o a ma^og na^eg lⁱ ìng be^ama^ema^og vaⁿa^og lⁱ ìng bie^a da^{ng} - ta^aca^{nh} n^eá n^eien r^oat^{textua} v^oi i^{bie}a r^oacu^a noi^{trong} ma^og .

2.6. N^oabaim d^{inh} gi^o n^eá v^oi ma^og.

2.6.1. N^on^h ngh^oa

Ca^a hoⁱ : N^babaim d^{inh} la^{gi}? n^aoⁿ ôi^c tra^ul^ooba^{ng} mo^ahinh va^t lyⁱ hoa^uho^c va^t i^{tie}a ky^o thua^t ... "s^o i^{lie}a ke^ahay c^o ôi^c r^oalie^a ke^agi^o a hai va^t lie^a hoa^e hai va^t the^acu^{ng} nh^o s^o i^{lie}a ke^arie^a le^{it}re^a be^ama^epha^a gi^oi" .

ASTM (American Society for Testing Material) r^onh^o ngh^oa r^oabaim d^{inh} nh^o "tra^{ng} thai^a, ma^otrong r^oihai be^ama^egi^o da^{ng} nhau ba^og lⁱ c hoa^utròcu^a chung, hoa^e ba^og s^o i^{ca}en cha^e c^o ho^c, hoa^e ba^og ca^{nh}hai". Nh^o òg lⁱ c lie^a ke^ana^y ladⁱ c Va n - der - Waal, lⁱ c t^onh n^eien, hoa^e lⁱ c lie^a ke^ahoa^uho^c - nh^o òg lⁱ c na^y r^ong ngang qua ma^epha^a gi^oi. Trong

L^{ón}h vⁱ c^ó nay, co^{ng} b^am d^{ín}h cu^ñg n^óc du^{ng} r^õng ngh^á v^oi r^õab^am d^{ín}h cu^ñ ma^{ng} tre^â r^õea/a^ørong y^üngh^á r^õng - c^ó ô^{ng} r^õab^am d^{ín}h .

Ba^c b^am d^{ín}h phu^{it}huoc va^ø co^{ng} caⁿ thie^a r^õat^ach nguye^a t^o i^hay pha^a t^o i^hra khoⁱ ma^{ng} pha^a gi^oi. Thanh thoang ng^ó o^{ta} pha^a bie^t r^õab^am d^{ín}h c^ó c^ó n^ái co^{uthe}coⁱ n^óc goⁱ la^ño^a b^am d^{ín}h c^ó baⁿ cu^ñ he⁻ noi bie^a dieⁿ gia^utr^o c^ó c^ó n^ái co^{uthe}raⁱ n^óc - v^oi gia^utr^o n^óc ba^æg th^o i^c nghiem^á .

Gia^utr^or^õab^am d^{ín}h n^ó n^óc ba^æg th^o i^c nghiem^á v^ómo^an^óc xai^a r^õnh ba^æg r^õab^am d^{ín}h c^ó baⁿ, ca^c t^ính cha^ñc^ó ho^c cu^ñ ma^{ng} va^øco^a ch^egaⁱ ra trong qua^ñtrinh ta^ch. He^ñth^o i^c gi^o a^ñ r^õab^am d^{ín}h n^ó n^óc ba^æg th^o i^c nghiem^á EA v^oi r^õab^am d^{ín}h c^ó baⁿ BA co^{ida}ng :

$$EA = BA - RS \pm MSE \quad (2.6.1)$$

ô^ñRS - i^ñng sua^ñd^ó c^ó ho^c va^øMSE - sai so^acu^a ph^ó ô^{ng} pha^p n^ó. N^óab^am d^{ín}h c^ó baⁿ th^o i^c ba^æg kho^ang the^axai^a r^õnh ch^ính xai^a vⁱ ra^ag, r^õal^ón cu^ñ sai so^ath^o i^c ba^æg ch^eco^{uthe} i^c l^ó ô^{ng}. So^ath^o i^c nghiem^á r^õab^am d^{ín}h n^óc la^ñ theo r^õn v^òl^ó i^c hay na^ñg l^ó ô^{ng} tre^â mot^a r^õn v^òdieⁿ t^ích be^ama^ñ

Tⁱ ^øquan n^éam n^{hi}et r^õng, co^{ng} b^am d^{ín}h W_A r^õat^ach mot^a r^õn v^òdieⁿ t^ích be^ama^ñ cu^ñ hai pha^a tha^ñ lap ma^{ng}pha^a gi^oi ba^æg :

$$W_A = \sigma_f + \sigma_s - \sigma_i \quad (2.6.2)$$

ô^ñ σ_f va^ø σ_s - na^ñg l^ó ô^{ng} be^ama^ñ cu^ñ ma^{ng} va^øre^aCo^a σ_i na^ñg l^ó ô^{ng} ma^{ng}pha^a gi^oi cu^ñ hai pha^a. Noⁱ chung, to^ang na^ñg l^ó ô^{ng} be^ama^ñtre^â co^{uthe}ad^ó ô^{ng} (co^{ng} hu^t b^am d^{ín}h) hoa^e a^ñ (co^{ng} n^ág : kh^ó i^ñb^am d^{ín}h) .

Tie^p xu^c gi^o a^ñ ca^c vat^a lie^ñ r^õng nha^ñ r^õat^ah lap ma^{ng}pha^a gi^oi, t^o ô^{ng} i^ñng v^oi bie^a ha^t cu^ñ chung (σ_s hoa^e σ_f) hoa^e tha^ñ lap bie^a pha^a (σ_i). Na^ñg l^ó ô^{ng} to^aph^a phu^{it}huoc va^ø ca^c na^ñg l^ó ô^{ng}rie^ang cu^ñ be^ama^ñva^øna^ñg l^ó ô^{ng} tie^pgia^p mo^ñ tha^ñ lap. V^oi na^ñg l^ó ô^{ng} ma^{ng}tie^pgia^p cho tr^o i^c σ_i , l^ó i^c b^am d^{ín}h nho^ñkhi ca^c na^ñg l^ó ô^{ng}be^ama^ñnho^ñ Vⁱ va^ÿ, caⁿ rut^a ra nh^ó ãg ke^alu^an quan tro^ang sau^a n^ág :

L^ó i^c b^am d^{ín}h rie^ang f_{Ad} la^ñon nha^ñkhi ca^c vat^a lie^ñ r^õng nha^ñcoⁱⁿna^ñg l^ó ô^{ng}be^ama^ñcao va^øtie^p xu^c r^õng k^{ín}. Nie^a r^õng i^ñng du^{ng} cho ca^c kim loaⁱ coⁱⁿhiet^a r^õano^ang ch^egaⁱ cao; ba^ñ r^õam be^ama^ñkho^ang b^óbie^a r^õado hie^ñ i^ñng hoa^eho^c t^o oxung quanh .

L^ó i^c b^am d^{ín}h rie^ang f_{Ad} la^ñha^p nha^ñkhi hai vat^a lie^ñ coⁱⁿna^ñg l^ó ô^{ng}be^ama^ñtha^p tie^p xu^c nhau. N^áé bie^t, khi hai vat^a lie^ñ kha^c nhau tha^ñ lap ma^{ng}pha^a gi^oi. Nie^a r^õixai^a ra chui ye^a v^oi vat^a lie^ñ polymer, va^øni^a r^õait^a h^ón la^ñvat^a lie^ñ coica^a truc^apha^a t^o i^ñpo^ax^óing va^ø r^õilco^ais^a ibud^ó omomen n^óipo^a nh^ó polyethylene va^øpolytrafluorethylene .

Na^ñg l^ó ô^{ng} ma^{ng}pha^a gi^oi σ_i ta^ñg khi s^ó i^ñkha^c nhau gi^o a^ñ hai vat^a lie^ñ ta^ñg, nh^ó da^ñng nguye^a t^o i^ñkhoa^ang ca^c nguye^a t^o i^ñva^øna^a tr^o ng lie^ñ ke^a.

Nh^ó va^ÿ, σ_i ta^ñg va^ødo^a r^õu f_{Ad} gia^um theo th^o i^ñto^a i^ñsau^a n^ág :

a) cu øng v at lie ù, b) tha øth la p dung d àch ra é, c) v at lie ù kho âng tron lan n óc v vi ca c da ñg lie â ke ákha c nhau .

Plastic tie p xu c v vi kim loa i la mot v i du i ñe åminh ch òng lie â h òp sau cu øng .

Ne á na èng l ò o èng ma ëpha â gi ói trong he äbam dính ba èg 0, khi ro iv at lie ù ne åñøng nha á v vi v at lie ù ma øg. Ví du j thuy itinh tra ég n óc phu üthuy itinh ma ø ba èg no èng cha í, khi ro i ca ihai be äma ëbie a ma ñva øna èng l ò o èng b am dính rat ne á c ò c ò W A = 2 ç_s. Tr öng h òp nay la øi ito ång h òp ly üt ò o èng, l ò c ò b am dính n óc truyen va ø be â trong ca á ke ála mot . To ång l ò c ò b am dính nhan n óc ne á du øng die ñ tich tie p xu c hi eu du øng A :

$$F_{Ad} = A f_{Ad} \quad (2.6.3)$$

He äthi c gi ó a na èng l ò o èng b am dính W A va øto ång l ò c ò b am dính ch æ co ithe åda ñ ra n óc khi rainh gia üh òp ly ükho âng ca çh x gi ó a be äma ëma øg v vi ne á

$$W_A = \int F_{Ad}(x)dx \quad (2.6.4)$$

Khoa øng ca çh x no i chung la kich thi òc pha â t ü C ò o èng r ø a øbam dính qua ma ëpha â gi ói co ithe åpha â bo äa ñkho âng ba èg pha íng, v i ca á truc cu à be äma ëne åcu èng nh ò cu à be äma ëma øg thi òc òng kho âng r øng nha á. L òp phu ünhie ñ ba à tre á die ñ tich ra ñ ho iva ølo òp r øn pha â t ü nhe ñ ba à tre á be äma ëne åcu èng co ithe åga ñ ne á s ò i übie a r øå r ønh x ò i ücu à c ò o èng r øabam dính. Nh ò va y, r øabam dính n óc xai ñ r ønh ba èg thi òc òngie ñ la øgia ñtròtrung binh qua ma ëpha â gi ói ca ñkha c sa ñ. Mo ñ phu üng phap r ø ma ñha ñ n óc gian ñ r øcu à l ò c ò b am dính tha ø qua l ò c ò Van - der - Waal (~10⁸ dyn.cm⁻²) la ønghi ngô øva ñ óc gian ñthíc ba èg s ò i tie p xu c kho âng r øay r øu ñ i üng sua ñcô ho ç no á, hoa ë i üng sua ñta ñ trung va ø v òtrí, ô ñra ñta tie a ha ñh ta ñch hay lo á.

2.6.2. Ca ñt da ñg lie ù ket

L ò c ò b am dính na ñ gi ó a 0.1 va ø10 eV co ithe åpha â loa i nh ò sau : ha ø phu üva ñ ly ü ha ø phu ü hoa ñho ç .

Trong ha ø phu üva ñ ly ü nguye a t ü ñima øg khi ga ñ nguye a t ü ñe åñia ñ tie a n ou ñse ñòhu ñ, sau r øu la ñ b òñia ñ va øuo ñcu èng d òg la ñ ñitra ñng thai ca á ba èg. L ò c ò hu ñ gi ó a ch üng ba èg l ò c ò Van - der - Waals. (hình 2.2.2)

Thi òc ga ñ nha áva ñie ñ i üng quan tro ñng cu à l ò c ò gi ó a pha â t ü la ñie ñ i üng London gi ó a nguye a t ü ñtrung hoa ñma øg v vi nguye a t ü be äma ëne á Nh ò ñg l ò c ò tain sa ñcô ho ç l ò o èng t ü ñag ñsinh ra do s ò i ütha ñg gian cu à momen r øien gi ó a hai ha ñtrung hoa ø

Hieu ñ tich r øien cu ñng co ithe åpha â loa i nh ò ha ø phu üva ñ ly ü Khi v at lie ù co iai l ò c ò r øien t ü ñra ñkha c nhau lie â h òp v vi nhau, thi se ñtha ñh la p hai l òp r øien tre á ma ëpha â gi ói, va ø ch üng cu ñng go øp pha ñn va ø r øabam dính .

H_ap_h phu_ivat_t ly_u go_p pha_m va_ø r_o_abaim d_{ính} c_ó 0.5 eV. L_ic_t r_o_ùn a_m gi_ò à 10⁴ r_e_a 10⁸ dyn.cm⁻².

S_o i_t ông ta_c gi_ò à nguye_a t_ù ma_øg v_ôii nguye_a t_ù n_eacu_øg n_i ô_c bie_a die_n nh_i h_ap_h phu_i hoai_ho_c va_øco_tthe_alie_a ke_kma_nh khi ca_c r_{ie}_n t_ù b_òd_òch chuye_a hay b_òtrao r_o_a. Trong lie_a ke_khoai_ho_c thu_ùn tuy_ù nh_i lie_a ke_kr_òng hoai_ho_c tr_ò lie_a ke_kion hay lie_a ke_kkim loa_i, th_i l_ic_t lie_a ke_kla_sa_ñma_nh, tuy_ùhuo_c va_ø ba_c truyen_t r_{ie}_n t_ù i_tô 1 eV r_e_a 10 eV.

N_b_av_ôii ma_øpha_a gi_òii tho_ùng th_ù ô_{ng} ch_ù c_ó 10¹⁵ mo_alie_a ke_k/cm². V_i du_ùmo_a lie_a ke_k la_ø1 eV, th_i to_ùng na_øg l_i ô_{ng} la_ø 10¹⁵ eV/cm² hoa_e 1600 ergs/cm². Na_øg l_i ô_{ng} r_o_ùt_ù ô_{ng} n_i ô_{ng} v_ôii na_øg l_i ô_{ng} be_ama_øtie_a bie_a cu_a kim loa_i. L_ic_t lie_a ke_kco_tthe_anha_n n_i ô_c t_ù o_{ne}na_øg l_i ô_{ng} lie_a ke_k ne_a bie_a n_i ô_c s_i ivie_a cu_a no_ùtheo kho_ùng ca_ch. V_i du_ùkho_ùng ca_ch r_o_ù la_ø 5 A⁰, th_i l_ic_t baim d_{ính} rie_ag f_{Ad}= $\frac{(1600 \text{ergs}/\text{cm}^2)}{5.10^{-8} \text{cm}}$ hay ba_øg 3,2.10¹⁰ dynes/cm².

L_yuthuye_a ve_ar_o_abaim d_{ính} kho_ùng phai_t bao gi_òacu_øg phu_ho_p v_ôii th_ù c_t n_ghi_èm. H_inh a_ñh de_atha_ñ nha_ñ la_øma_øpha_a gi_òii kha_c nhau va_øda_ñ t_ù ô_{ng} ta_c ph_òic_t ta_p do be_ama_økho_ùng r_ò_ùng nha_ñ v_i a_øh h_ù ô_{ng} cu_a ca_c ye_a to_ùr_ù ô_c go_i la_øda_ñ k_ích hoa_t va_øda_ñ tr_ò. Ta_ñ k_ích hoa_t bao go_m bie_a ha_t, le_ñ ma_ñ, sai ho_ùng hoa_e ma_øvi tinh the_ao_ùna_øg l_i ô_{ng} t_ù ido kha_c nhau va_øna_øg l_i ô_{ng} k_ích hoa_t kha_c nhau cu_a h_ap_h phu_ho_a ho_c. Ta_ñ tr_ò la_øh_ù ãg vu_øng be_a ma_ø ô_ñno_ùco_ùl_òp phu_hivat_t lie_a kha_c r_e_ñha_ñ phu_ho_a ho_c kho_ùng the_akay ra.

Ph_ù ô_{ng} pha_p r_e_ñda_ñ ta_ñ k_ích hoa_t la_øie_a the_aca_a tr_ùc be_ama_ø. Ta_ñ r_o_ùch_ính la_øca_c v_òtr_í ma_ønguye_a t_ù i_ùch_ù s_i ibie_a r_o_a l_ò_n nha_ñcu_a pha_m l_ò_n lie_a ke_k. De_ahie_a ra_øg, r_o_ùla_øca_c v_òtr_í ho_ùva_ø the_am, ba_c cu_a le_ñxoa_a.

To_m la_i, r_o_abaim d_{ính} la_øhie_a i_ùng v_òmo_ava_øno_ùla_ødo_ùng cu_a l_ic_t cu_a vo_ùcu_øg l_ò_n so_anguye_a t_ù i_ùtrong l_ò_p pha_a gi_òii. V_i va_ø, r_o_abaim d_{ính} be_a ca_nh s_i iphu_ùthuo_c va_ø c_ù ô_{ng} r_o_alie_a ke_k rie_ag le_ñva_øso_alie_a ke_ktre_a mo_anguye_a t_ù i_ù co_a phu_ùthuo_c tr_ù c_t tie_a va_ø so_anguye_a t_ù i_ùr_o_ùtrong l_ò_p pha_a gi_òii. So_añ_òity_ile_ñv_ôii die_n t_ích be_ama_ø hie_a du_ùng cu_a r_e_ñno_ù chung no_ùl_ò_n h_{òn} be_ama_øbie_a kie_a. N_b_abaim d_{ính} ta_øg khi be_ama_øhie_a du_ùng A trong bie_ath_ù c_t (2.6.3) ta_øg.

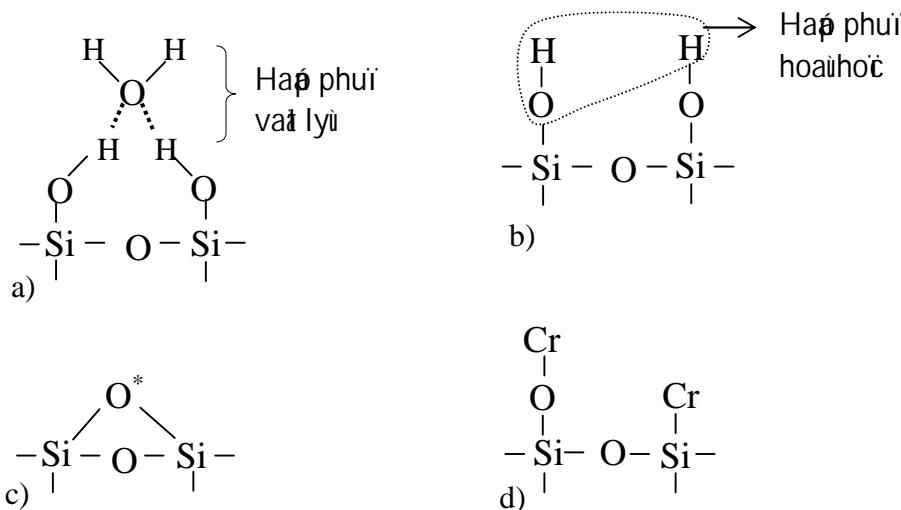
2.6.3. Ca_cth_òng so_ainh h_òo_{ng} le_ñ r_o_abaim d_{ính}

N_b_abaim d_{ính} cu_a ma_øg mo_ang b_òa_ñh h_ù ô_{ng} mo_a so_al_ò_n ca_cth_òng so_aMo_itrong so_ach_ùng la_øvat_t lie_a ma_øg va_øne_a Ca_cth_òng so_aco_ø la_i la_øph_ò ô_{ng} pha_p che_ata_ø; x_ò i_ùly_ù r_e_ñ x_ò i_ùly_ù ma_øg- r_e_ñsau khi phu_h

2.6.3.1. Vat_t lie_a mang va_øne_a

Trong hầu hết các trang ôxít hợp, rôđiêm ôxít thường sains và ôxít phuôi ôxít thường rôđiêm rôđiêm trung cuộn nói Ví dụ lõi choáng phản xạ cuộn thau kính, lõi choáng aê moe cuộn kim loại, hoaé laoé toé hòn rôđiêm đính beàmaé. Vì choáng vật liệu trong môi trường ôxít hợp thì ôxít bò giòi hàn. Nếu rôđiêm đính giòi a cát vật liệu rô ôxít choáng laoé, thì coi theo hoaé thiêñ hoaé thiêñ hòn rôđiêm đính baoé cách boéung môi lõi trung gian (hình 2.6.1).

a) Nếu rôđiêm theo aé chòi oxide (thuý tinh, Ceramic, ...) thì lõi trung gian rô ôxít thường laoé kim loại coi naéng lõi ôxít thường lõi oxide cao, nhõ Cr, Ti, Mo và Ta. Ví dụ Cr seđbám đính rôđiêm treé rôđiêm thuý tinh, nếu dùng phô ôxít phap rôđiêm hay baé phai ion rôđiêm lõi lieá keé quâiaéng Boehm theo sô rôđiêm sau (hình 2.6.1) :



Hình 2.6.1.

Vì naéng lõi ôxít haé phuôi vật lyi cuộn hõi nõ ôxít treé beàmaé thuý tinh rôđiêm bei ($Q_a = 2 \div 6$ Kcal/mol), nếu või rôđiêm aé khoâng 10^{-4} torr ôinhiết rôđiêm phoéng, theo (2.1.12) baoé phuôi cuộn hõi nõ ôxít $\theta \approx 10^{-8}$. Khi rôđiêm hõi nõ ôxít chæ coø lai treé beàmaé rôđiêm ôi daéng haé phuôi hoaé hoé (hình 2.6.1b) või $Q_a = 10 \div 30$ Kcal/mol (0.43 - 1.3 eV). Haé phuôi hoaé hoé H_2O rôđiêm seđgai haé dõ ôi taé rôđiêm nhiệt, hay hieñ dung hõn dõ ôi taé rôđiêm baé p haicuộn ion - rôđiêm lõi lieá keé quâiaéng Boehm (hình 2.6.1c) - tõi laoé lõi cuộn O^* khoâng chia rôđiêm giòi a hai nguyêñ tõi Si vaødeåbò caé rôđiêm lõi lieá keé O^*-Si rôđiêm lõi lieá keé Cr-O vaø Cr-Si (hình 2.6.1d).

Taéñhieá kim loaé trô, ví dụ Au khoâng theåcoi lieá keé rôđiêm või thuý tinh. Au coi lieá keé kim loaé mañh või Cr saéch (khoâng bò oxid hoaé). Nhõ vaøy baé lõi "keo" trung gian coi theå lieá keé Au või rôđiêm thuý tinh, σ_i seđgai vaođaéñ i ôi (2.3.62) hoaé thau. Lõi keo cañ thiêñ rôđiêm baé lõi lieá tuc, noí chung cõi vaođraéñ A⁰.

Nếu maøg kim loaé ngoàø cuøg laoé Cu, thì cañ chuiyihieñ i ñing khueåh tain bieåh haé. Või nhieñ rôđiêm hõn 200°C, Cu coi theåkhueåh tain nhanh qua bi eåh cuộn Cr, ngay caù kim loaé naø laøkhoâng troñ lai rô ôxít. Khi hieñ i ñing rôđiêm xaiy ra, thì rôđiêm đính cuộn maè phaå giòi Cr-SiO₂ seđbám hõi ôxít xaé.

Cu_{ang} co_{inhie}_u he_{atrung} gian nhie_u l_{op} n_{ao}_ñ o_c s_i i_{du}_{ng} nh_o, Ti -Au; Ti-Pd-Au; Ti-Pt-Au. Sau khi co_{il} l_{op} trung gian n_{oi} vie_c phu_{ima}_øg thi_i hai kho_{ang} b_{ocain} tr_{oi} Ne_a ba_øg ca_{ich} na_ø n_{oi} n_{eo}_ñ l_{op} keo kim loa_i b_{ooxide} ho_a, thi_i n_o_ñ ba_{im} d_{inh} cu_a ma_øg kim loa_i ngoa_ø cu_øg se_ðb_o ye_a ri_.

b) Trong quai_{trinh} ta_ø ma_øg ba_øg nhie_i bay h_{oi} ch_u_{ng} ta thi_i o_øg ga_ø hai tr_ø o_øg h_{op} n_{ae} bi_e_t sau :

- 1- Nhie_i ha_p phu_iQ_a va_ønhie_i ng_i ng tu_iQ_c ba_øg nhau : Q_a = Q_c
- 2- Q_a < Q_c.

Trong tr_ø o_øg h_{op} thi_i nha_k ma_øg co_{ithe}_a_øg tr_ø o_øng lie_a tu_c ne_a va_n toá bay h_{oi} t_ø d_o_ñp n_{on} cu_a ma_øg nho_ñhon va_n toá bay h_{oi} phu_icu_a do_øg ha_f n_{ap} le_a n_{ea}Va_n toá bay h_{oi} cu_a lie_a t_ø d_o_ñp n_{on} co_{ithe}_a_ønh theo bie_a thi_i c, t_ø ông t_ø i(2.2.10) :

$$\theta = n_a K_a = \frac{n_a}{\tau_o} \exp\left(-\frac{Q_a}{RT}\right)$$

o_ñn_o_ñn_a- mat_i n_o_ñbe_ama_ø cu_a pha_a t_ø i_u bay h_{oi} $\tau_o \approx 10^{-13}$ sec. Ma_økhac va_n toá bay h_{oi} cu_ag co_{ithe}_a_øic n_{on}h ba_øg a_p sua_aba_ø ho_a h_{oi} n_{ui}n_{ie}_u kien_i ca_a ba_øg gi_i a va_n toá ng_i ng tu_i µ v_o_ñ va_n toá bay h_{oi} θ :

$$t_ø i_c la_ø $\mu = \theta = \frac{f p}{\sqrt{2\pi M K T}}$$$

o_ñn_o_ñ- he_{aso}_ñg_i ng tu_i p- a_p sua_aba_ø ho_a cu_a h_{oi}, t_ø ông i_ung v_o_ñ nhie_i n_o_ñbe_ama_øT. Nh_o va_g, n_{ie}_u kien_i n_{ea}ma_øg ta_øg tr_ø o_øng lie_a tu_c la_ø

$$\mu > \theta$$

$$\text{hay } \frac{f p}{\sqrt{2\pi M K T}} > \frac{n_a}{\tau_o} \exp\left(-\frac{Q_a}{RT}\right)$$

$$T_ø o_ñ N_q n_o_c t_ønh theo n_o_ñng thi_i (2.6.5) la_ømat_i n_o_ñdo_øg pha_a t_ø i_u i_c tie_a n_{ea}tha_øh la_ø ma_øg. Ne_a Q_a = 5 Kcal/mol f = 1, n_a = 10¹⁴ cm⁻², thi_i t_ø (2.6.5) ta co_u N_q = 10²⁴ cm⁻².sec⁻¹. Mat_i n_o_ñdo_øg pha_a t_ø i_uN_q n_{ap} le_a 1cm² be_ama_ø n_{ea}trong 1sec nh_o va_g, thi_i c_øte_i kho_{ang} co_{ukh}ai na_øg. Tho_{ang} thi_i o_øg N_q $\approx 10^{18}$ cm⁻².sec⁻¹ o_ñnhie_i n_o_ñpho_øg, do n_o_ñQ_a ≥ 12 Kcal/mol .$$

Trong tr_ø o_øg h_{op} thi_i hai, khi Q_c > Q_a, ra_øg n_{ae} tr_ø ng n_o_ñ v_o_ñ kim loa_i phai_i i_ung ye_a nh_o Cd, Zn tre_a n_{ea}thu_iy tinh hay tre_a n_{ea}tin_h the_aion nh_o NaCl, hay CaF₂. V_i du_i ma_øg kim loa_i Cd tre_a n_{ea}thu_iy tinh co_uQ_a = 3.5 Kcal/mol va_øQ_c = 28 Kcal/mol. N_{ie}_u n_o_ñco_{ingh}ra_øg, nh_o ng kim loa_i co_{il}lie_a ke_av_o_ñ n_{ea}ca_{ich} n_{ie}_u ra_øg ye_a so v_o_ñ lie_a ke_agi_i a ch_u_{ng}. No_i ca_{ich} khac, nhie_i bay h_{oi} nguye_a t_ø i_ukim loa_i n_o_ñco_{ingh}ra_øg v_o_ñ nhie_i bay h_{oi} cu_a noi_i t_ø o_ñe_ðba_øg ch_{inh} noi_i.

Theo quan tr_inhie_t r_õng, the_áho_a ho_c μ_i la_ogia_utr_{ón}a_ég l_i ô_{ng} bie_a r_õakhi so_áh_t lo_a_i i_bie_a r_õå(xem bie_a th_i c_{1.2.9}). V_i v_ay, $\mu_c \sim Q_a$ [1]. T_i q(2.3.19) :

$$\mu_c - \mu_v = KT \ln \frac{J_v}{J_c},$$

ô_{ng}J_c va_øJ_v _ do_øg ha_t ng_i ng tu_va_ødo_øg ha_t tai_i bay h_{oi} t_o _øgio_t m_am tre_a r_õáKhi $Q_c > Q_a$, co_üng h_{oa} la_ou_c > μ_v hay $J_v > J_c$, t_o c_i la_øo_øg tai_i bay h_{oi} l_øin h_{on} do_øg ng_i ng tui_[2]. Muo_a ta_ø r_õ ô_c m_am trong tr_i ô_{ng} h_{op} n_ag ca_n giam nhie_t r_õáñe_ág_ágiam J_v. Nh_i ng khi r_õu_{ma}o_g se_o co_üda_øg o_a r_õå kho_å mong muo_a. Ph_i ô_{ng} ca_{ch} to_a u la_øu tie_a phu_ümo_t ma_ø g mo_øng va_t cha_åkha_c co_üQ_a r_õu_lo_øin. Ky_ðhuat_i n_ag r_õáñ_á ô_c du_øg, v_i du_íkim lo_a_i ho_a Zn va_øCd tre_a t_o r_õen. Tr_i ô_c khi phu_üZn hoa_e Cd tre_a gia_g ô_ñnhie_t r_õápho_øg, ng_i ô_øta phu_ümo_t l_øip mo_øng trung gian ba_øg kim lo_a_i Ag hay Sn .

2.6.3.2. Tra_éng thai be_àma_t ñe_a

V_i l_i c_i lie_a ke_áho_a ho_c ch_amô_øro_øng va_øA⁰, ne_a ch_amo_t l_øip ta_p cha_ålie_a ke_áye_a cu_ang r_õu_u nga_è ca_n s_i ilie_a ke_ácu_a va_t lie_a ma_øg va_øne_a

Tho_øng thi ô_{ng} be_àma_t r_õau tie_a b_{òn}hie_ñ ba_ø h_{oi} n_o ô_c, da_ø, muo_a ca_c lo_a_i h_{oi} h_o a c_o va_ø CO₂... Nhieu_a cha_åba_ø r_õu_{co}the_åkh_i l_i ba_øg dung mo_a kh_i l_ønh_ø, sau r_õu_{ri} l_i ba_øg n_o ô_c kh_i l_øion, nh_i ng mo_t va_øl_øip r_õn cuo_acu_a va_n co_a la_i. Nh_i ô_{ng} ha_t n_ag se_ðha_p phu_üva_t ly_i ngay ca_üip sua_årie_ag pha_a cu_a ch_ung ra_ñnh_ø.

Co_ümo_t va_øph_i ô_{ng} pha_p kh_i l_ica_c pha_a t_o h_{ap} phu_üva_t ly_itre_a be_àma_t r_õákh_i no_ür_õang ô_{ng} trong buo_øng cha_å kho_å, ô_{ng}r_õu_{no} se_ðkho_åg b_òta_i nhie_ñ ba_ø. N_bå no_üng r_õáñe_ág_áha_p ch_ung, hoa_e ba_ø pha_üch_ung ba_øg ca_c ha_t co_üna_ag l_i ô_{ng} cao. Qua_ütr_inh gia_u ha_p co_üthe_a theo do_øba_øg kho_å pho_åke_a Plasma H₂ se_ðgiam ra_ñnhieu_a oxide va_økh_i l_ich_ung, nh_i H₂O. Plasma O₂ se_ðpha_ñ i_ñng ho_a ho_c v_oi ta_p cha_åh_o i_ñ c_o r_õétha_øh_o lap_i pha_a t_o inhe_üde_øbay h_{oi} nh_i CO₂, H₂O .

Ba_ø pha_ñion co_üna_ag l_i ô_{ng} l_øin h_{on} 100 eV, hoa_e t_o _øchu_ñ ion, hoa_e t_o _øplasma, co_üthe_åkh_i l_i ca_c ha_t be_àma_tba_øg a_ø mo_a phu_ü xai_i Ne_a ba_øg plasma thi the_ápho_ñ r_õien co_üthe_ati 500 ÷ 5000 Volt va_øip sua_åti $10^{-1} \div 10^{-2}$ torr.

[1] Nhie_t ha_p phu_üQ_a co_üthe_åxai_i r_õnh ba_øg ph_i ô_{ng} pha_p nhie_t r_õng l_i c_i ho_c. Khi nhie_t r_õátha_p h_{on} nhie_t r_õå h_{ai}, thi co_üthe_åxem h_{oi} l_øakh_i ly_i ô_{ng}, co_ücha_ålo_ang trong pha ha_p phu_üla_økho_ång ne_a r_õ ô_c. Khi r_õu_{nhie}ha_p phu_üQ_a la_øco_üng ne_a r_õang nhie_t kh_i ha_p thu_i t_o ap sua_åp trong pha kh_i r_õá ap sua_åh_{oi} ba_ø ho_p ° v_i nhie_t r_õácho tr_i ô_c:

$$Q_a = \int_p^{p^o} \frac{RT}{p} dp = RT \ln \frac{p^o}{p}$$

[2] Zn va_øCd co_üthe_åa_øg r_õng tre_a r_õéhu_ñ tinh ba_øg phu_ü xai_ikato_a ne_a va_n to_a la_øg r_õng nho_i v_i ha_t phu_ü xai_iha_t nhie_t bay h_{oi} : ô_ñtra_éng thai_i ion ho_a, va_n to_a l_øin. Ng oa_øra pho_ñ r_õien co_üthe_ånh hu_øng le_a be_àma_t r_õéala_ø de_ðda_øg la_øg r_õng ca_c ha_t phu_ü xai_i(Holland.p.250) .

Ne^a n^ealova^t lie^u daⁿ nⁱeⁿ, thⁱ no^utr^o c^t tie^p la^m kato^d. Ne^a n^ealova^t lie^u caich nⁱeⁿ, thⁱ phaiⁱ n^ao^t trong mieⁿ su^t the^kkato^d cu^a pho^{ng} nⁱeⁿ a^s ba^k thⁱ ô^{ng}. Nⁱeⁿ t^u i^t khi chuye^a n^ong t^u kato^d va^o vu^{ng} plasma co^uv^an to^a l^{òn} se^on^ap le^a be^ama^t n^eac^an phu^uva^dich nⁱeⁿ aⁿ. Dⁱ ôⁱ lⁱ c^t hu^u cu^a nhⁱ ô^{ng} nⁱeⁿ t^uch aⁿ na^y, ion dⁱ ô^{ng} se^oba^a pha^ube^ama^t n^ea Ta^knhie^a se^oco^umo^t pha^m nho^uva^t lie^u la^m kato^d phu^un xai^t Ne^akha^e phu^uc nⁱeⁿ r^ouⁱ kato^d thⁱ ô^{ng} la^m ba^g Al .

Ne^a bu^ung cha^a kho^ung la^c i^c dⁱ ô^{ng} no^an^a thⁱ khⁱ ha^p phu^utre^a tha^o bu^ung se^ogiaⁱ ha^p dⁱ ôⁱ s^o i^ba^e pha^ucu^a ca^c ha^t na^g lⁱ ô^{ng} cao, do r^ouⁱ r^oa^cha^a kho^ung ca^a nⁱ thie^a se^onhanh cho^{ng} r^oa^t dⁱ ô^c .

2.6.3.3. Pho^{ng} pha^p ta^o ma^{ng}

Nhⁱ n^aobie^a t^u da^a, r^oabim dⁱnh cu^a nhie^u ca^p ma^{ng} -n^eanⁱ ô^c phu^uba^g phu^un xai^tra^a l^{òn} h^{òn} khi nha^m n^o ô^c ba^g nhie^t bay h^oi cha^a kho^ung. Nguye^a nha^a cu^a nⁱeⁿ r^ouⁱ la^on^ong na^g cu^a ha^t phu^un xai^tra^a cao, co^uthe^kla^m bie^a the^kbe^ama^t n^ea va^odo r^oulta^{ng} r^oabim dⁱnh qua ma^t pha^a giôⁱ. Sⁱ ibie^a the^kbe^ama^t co^uthe^kdo ôⁱ da^{ng} be^ama^t sa^ch, phu^un xai^t va^os^ain sinh sai ho^ung .

N^ong na^g trung binh cu^a nguye^a t^u ubay h^oi se^kty^ule^av^oi nhie^t r^oanguoⁿ va^on^oigaⁿ ba^g 0.1eV v^oi 1000⁰K. Na^g lⁱ ô^{ng} cu^a chung r^oa^t t^u n^eacu^{ng} ba^g chⁱnh na^g lⁱ ô^{ng} cu^a nguye^a t^u ubay ra t^u onguoⁿ, vⁱ ma^t ma^t na^g lⁱ ô^{ng} do va^ocha^m co^uthe^kbo^uqua. Na^g lⁱ ô^{ng} r^ouse^ama^ttre^a n^eksau mo^t hoa^e hai chu ky^uda^o n^ong ma^{ng} .

Ngⁱ ô^c laⁱ, n^ao^t tr^ong cu^a nguye^a t^u iphu^un xai^tra^a k^ha^c. Trong he^aphu^un xai^t n^eaduy trⁱ pho^{ng} nⁱeⁿ ap sua^a phaiⁱ l^{òn} h^{òn} 10⁻² torr v^oi the^kpho^{ng} nⁱeⁿ co^uva^oKV. Na^g lⁱ ô^{ng} pha^m l^{òn} nguye^a t^u iphu^un xai^tna^m giôⁱ a^s 1eV n^ea 10eV khi r^oøkhoⁱ bia. Tuy nhie^a, khi nguye^a t^u iphu^un xai^tra^a t^u n^eat^hi na^g lⁱ ô^{ng} va^o i^pha^a bo^utheo na^g lⁱ ô^{ng} cu^a chung se^kbie^a r^oå do va^ocha^m v^oi nguye^a t^u ikhⁱ la^m vie^c trong kho^ung gian pho^{ng} nⁱeⁿ .

Trong he^amagnetron, ap sua^a la^m vie^c co^u 10⁻² ÷ 10⁻³ torr, na^g lⁱ ô^{ng} pha^m l^{òn} ha^t phu^un xai^tra^a t^u n^eacoi8eV .

Trong trⁱ ô^{ng} h^op ma^tion, the^kd^och tre^a n^eatha^p nha^a cu^{ng} va^ochu^c eV, va^ona^g lⁱ o^{ng} cu^a ion n^ao^t n^eacu^{ng} chⁱnh ba^g the^kd^och aⁿ r^ouⁱ nhⁱ va^y, ion khⁱ la^m vie^c va^oion nguye^a t^u iphu^un xai^tco^uthe^kaⁿ sa^a va^o be^ama^t la^m bie^a the^kca^a truc va^os^ain sinh sai ho^ung be^a trong. Sⁱ isain sinh sai ho^ung va^otai^t phu^un xai^tbe^ama^t n^ease^ala^m nhoⁱ l^op pha^a giôⁱ - n^o ô^c goⁱ la^oqua^ttrinh gia^khue^ah tain - nhⁱ n^aoba^a lu^an ô^{mu}c trⁱ ô^c.

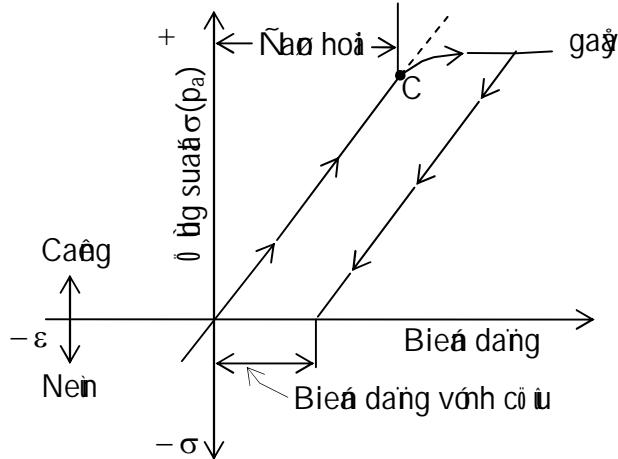
V^oi ap sua^a xai^t r^oøh, co^uthe^knⁱeⁿ ch^anh the^kd^och aⁿ tre^a n^eanⁱnⁱeⁿ ch^anh i^cng sua^a noi theo y^umu^a.

2.7. Ô^{ng} sua^t

Lie^a ke^t tie^p giao^p gi^o a ca^c l^op ma^og v^oi nhau va^ogi^o a ma^og v^oi ne^anh^oc thie^alap ba^{ng} t^o o^{ng} ta^c va^t ly^ucu^og nhⁱ t^o o^{ng} ta^c ho^a ho^c ma^ota^c lu^an o^uca^c mu^c tri^oc. Ma^og va^o ne^aco^the^aga^e v^oi nhau di^u oⁱ tra^{ng} thaiⁱ i^{ng} sua^aneⁱn hay i^{ng} sua^aca^equa liⁱ c^h trye^an cu^a ma^epha^a gi^oiⁱ. I^ug sua^ama^og co^tanh h^o o^{ng} ne^acha^a liⁱ o^{ng} ba^mdⁱnh qua bie^a thiⁱc (2.7.1). I^ug sua^abie^a r^oaroⁱng v^oi ca^cne^akien ta^c ma^og va^ov^oi t^{inh} cha^ava^t ly^ucu^oa va^t lie^a ma^og va^one^a Tr^o o^{ic} khi kha^ts^{at}anh h^o o^{ng} cu^a i^{ng} sua^acu^a ma^og le^a t^{inh} cha^acu^a ch^ung, ta ha^y to^ang quan moⁱ va^oc^os^oivatⁱly^uve^a i^{ng} sua^atrong the^ara^e.

2.7.1 C^os^oivatⁱly^u

T^{inh} cha^ac^o ba^m va^t ly^ucu^oa the^ara^e nⁱ o^{ic} mo^tai^ba^{ng} nⁱ o^{ng} cong bie^ada^{ng} - i^{ng} sua^atre^a hⁱnh (2.7.1) .



Hình 2.7.1. Nⁱac^{tr}ong cu^a s^oi bie^ada^{ng} öing sua^a

Lⁱc^h r^ael^e m^{ot} r^{on} v^ttie^adi^en ngang la^a i^{ng} sua^a σ (N/m² hay Pa), ca^eg khi no^ud^o o^{ng}, va^oneⁱn khi no^ua^an .

I^ug sua^aca^eg do^c theo m^{ot} h^o o^{ng}, ví duⁱx, se^oga^g ne^a m^{ot} s^o i^c ca^eg tron^g va^tlie^a theo h^o o^{ng} r^oiba^{ng} $\varepsilon_x = \Delta x / x$ - nⁱ o^{ic} goⁱ la^aoⁱ bie^ada^{ng}. D^o oⁱ ne^a C, no^ula^an o^{ng}tha^{ng} va^o nⁱ o^{ic} goⁱ la^aoⁱ bie^ada^{ng} r^aoⁱ ho^a. Ne^a C nⁱ o^{ic} xai^c r^{on}h khi r^oalech khoⁱ nⁱ o^{ng}tha^{ng} r^olic^o 0.2%. N^bado^a cu^a mie^a "r^aoⁱ ho^a" la^aoⁱ ve^ano^a i^{ng} cu^a va^tlie^a va^o oⁱ goⁱ la^amodul Young Y. Nhⁱ va^y :

$$\sigma_x = Y \varepsilon_x \text{ hay } \varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{Y} \quad (2.7.1a)$$

Theo định nghĩa: $\sigma_x = F/S = Y \varepsilon_x$. Nếu lực lao động kéo thì $\varepsilon_x > 0$; nếu lực lao động nén thì $\varepsilon_x < 0$. Nhìn vào định luật Hooker mô tả chiều, và nó chính xác là lực $F = k x$. Giả sử tia biến dạng của Y là 10^2 Gpa (10^{11} Pa) rỗng với vật liệu cũng.

Trong miêu tả hoa của rỗng cong tăng suất biến dạng, khi không tăng suất thì vật liệu sẽ trôi về trạng thái ban đầu. Nếu tăng suất rỗng cao hơn nữa C, thì vật liệu sẽ biến dạng để, và nó sẽ co lại sau khi không tăng suất, nhì rỗng chỉ tăng tối đa hình 2.7.1. Cụ thể, ta có $\varepsilon_y = \varepsilon_z = -\frac{\varepsilon_x}{2}$. Khi đó ta có $\varepsilon_y = \varepsilon_z = -\frac{1}{2} \varepsilon_x$. Khi đó ta có $\varepsilon_y = \varepsilon_z = -\frac{1}{2} \varepsilon_x$.

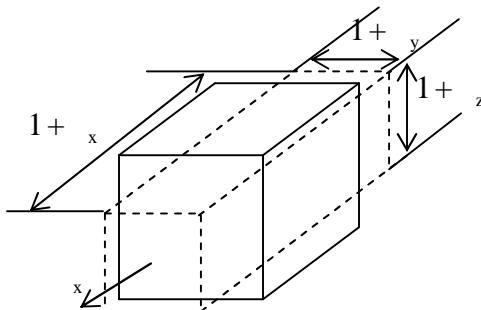
Để suất biến dạng "rỗng trục" được theo cách cho vật liệu bùco lại được theo hống y và z, nhì rỗng chỉ tăng tối đa hình (2.7.1a), rằng $\varepsilon_y = \varepsilon_z$ là đúng. Ba dạng biến dạng này sẽ có biến dạng điện bằng tỷ số Poisson :

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = -\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_x}$$

Nếu theo cách không ta có $\nu = 1/2$.

$$\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = 0, \text{ do } \nu = 1/2.$$

Nhìn vào ông họng cao su, và nó là một hòn trea của v. Tuy nhiên, rỗng với rất nhiều vật liệu có $\nu = 0.3 \pm 0.1$.



Hình 2.7.1a.

Kết quả của sợi biến dạng rỗng trục của khói rỗng và lập phương

Ngoài modul Young hay modul rỗng phẳng tuyế, còn có modul rỗng hoa khi trộn hay modul trộn G biến đổi tăng suất biến dạng :

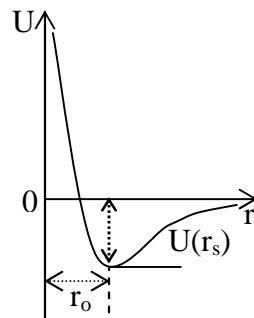
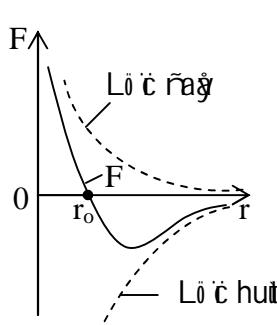
$$\tau = G \gamma \quad (2.7.1b)$$

Trong đó τ - tăng suất biến dạng; γ - rỗng xem xét.

Bây giờ chúng ta hãy khảo sát nhì ông có sợi rỗng của biến dạng theo (2.7.1a) và (2.7.1b). Nhìn chung là định luật Hooker.

Nhì rỗng biến dạng theo lực tăng suất trong vật liệu gồm hai phần chính : lực hút và lực nén (hình 2.7.1b).

Hình 2.7.1b.
Số nỗ lực kết
nguyên tử.



Nếu congoài lối f tại rỗng lõi vật liệu, thì khoảng cách r sẽ hay rỗng:

$$x = (r - r_o) > 0, \text{ nếu } f \text{ là lõi}.$$

$$x = (r - r_o) < 0, \text{ nếu } f \text{ là nén}.$$

Khi không congoài lối f tại rỗng, thì heatrõi và vòtrí cao bằng cuộn: $x = 0$. Nên laobain của bieá daing rao hoà.

Congoài lối f tạo ra nénousi idach chuyêá ($r - r_o$) seđam cho theanag cuộn heathay rỗng từ $\frac{dU}{dr}(r_o)$ rẽa $U(r - r_o)$.

Khai trieá theánag theo cáp soá Taylor :

$$U(r - r_o) = U(r_o) + (r - r_o) \left(\frac{dU}{dr} \right)_{r_o} + \frac{1}{2} (r - r_o)^2 \left(\frac{d^2U}{dr^2} \right)_{r_o} + \Lambda$$

Ở rỗng $U(r_o)$ – naêg lõi ông lõi keé khi $r = r_o$; noilaobain soá

$$\left(\frac{dU}{dr} \right)_{r_o} = 0 \text{ khi } r = r_o.$$

$$\left(\frac{d^2U}{dr^2} \right)_{r_o} = k.$$

k laobain kinh cong cuộn U taí vòtrí $r = r_o$. Gieág hep congoài cong cao tõ ông iing vôi k lõin, vaogieág roang congoài cong thaó - k bei.

$$\text{Tõ rỗng} \quad U(r - r_o) = U(r_o) + \frac{kx^2}{2}$$

$$\text{và} \quad f = \frac{dU(x)}{dx} = kx.$$

Nên laobain luât Hooke : lối f tại dung gaáy ra rao bieádaing tyileáthuan vôi noii f coithealaø iing suaä phai (keé, nein) hoaë iing suaä tiep. x coithealaø bieádaing ε, hoaë rao xeâdach γ. Trong trö ông hòp rao, k laomodul Young ; trong trö ông hòp sau - laomodul trö ôt.

Modul rao hoà và các yeá toáinh hõi ông

Modul rao hoi phap tuyea Y vaømodul tro ôt G laøhai rae tro ng quan tr ong cua biea dang rao hoi, gio ã chung comoä quan hesau :

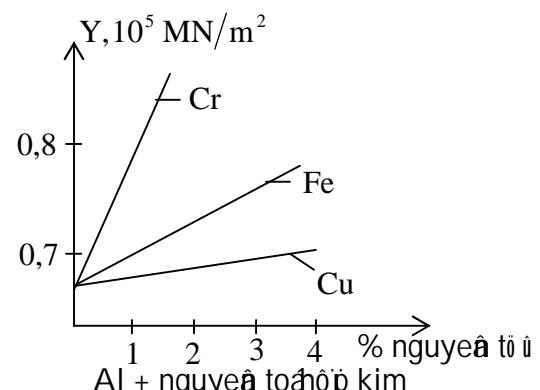
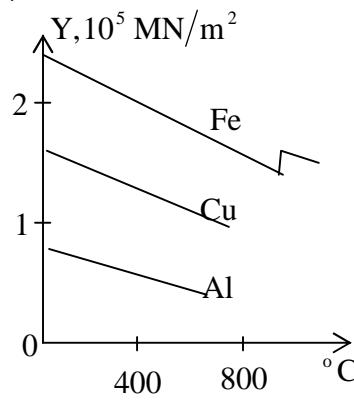
$$Y = 2G(1 + \nu) \quad (2.7.1c)$$

Modul rao hoi Y vaømodul tro ôt G comliea quan rea lo c liea keñnguyea to i nea trong ron tinh theåchung comtinh do ho ong : theo nho g pho ông tinh theåkhac nhau chung comnhuang tro soåkhac nhau. Ví dui Fe, $Y = 1,32 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ theo ho ong [100] vaø $2,77 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ theo ho ong [111]. Sôùdó comsô ikhaic biet rou laøvi lo c liea keñnguyea to i theo ho ong [111] raå manh do cac nguyea to i xep khít nhau, coø -[100]- cac nguyea to i naèn xa nhau, nea liea keñyea.

Trong ra tinh theådo cac hac tinh theåxep theo ho ong mang baåkyønea Y laøning ho ong.

Nho g yea toåanh ho ong lea lo c liea keñnguyea to i nea laøn thay roå modul rao hoi. Nâng chuuynhå laønhiet roå nguyea toåhôp kim vaøcaá trucå mang.

Khi taèg nhiet roå lo c liea keñnguyea to i yea ni vaømodul rao hoi giam. Khi thay roå nhiet roåmancos i thay roåcaá trucå mang, thi modul rao hoi thay roå roå ngot. Ví dui Fe ôí910°C comchuyea biea pha $Fe_\alpha \rightleftharpoons Fe_\gamma$, nea trea ni ôøng cong thay roåcua Y comnhaiy vot (hình 2.7.1b).



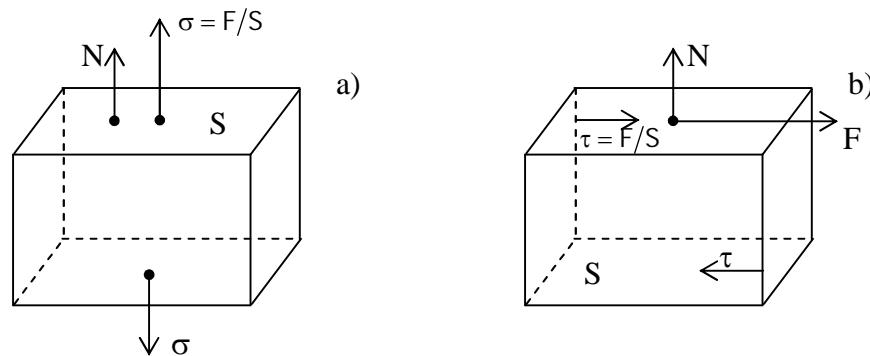
Hình 2.7.1b
Khi commang nguyea toåhôp kim, comtheåcomhai tac dung khac nhau: modul rao hoi taèg hoae giam, vì nguyea toåhôp kim hoaåtan vaø tinh theå(do ôí dang dung doch raé thay theå hay xen kep seðam thay roåhaèg soåmang vado c liea keñnguyea to i Nea sô icommang cua nguyea toåhôp kim taò ra pha thiúhai commodul rao hoi loin hon, thi modul rao hoi cua hop kim loin hon. Trea hình 2.7.1c nea anh ho ong cua Cr, Fe, Cu laøn taèg modul rao hoi cua Al .

Biea dang deø

Biea dang coø gio u la*ï* sau khi khoingoai lo c ro ôc goi laøbiea dang deø. Biea dang deø thióng xaiy ra baæg tro ôt, to i laøs i xeådoch cua to òøg mang nguyea to i song song voi nhau manhoang laøn thay roåcaá trucå tinh theå

Bie^a da^{ng} de^o xai^y ra khi a^p lⁱ c^v va^o r^uil^oin n^ge^ånguye^a t^o id^{ach} chuy^ea t^o o^òtrí ca^a ba^{ng} n^ge^å v^òtrí kha^c. Nh^o va^y ta co^üthe^ånoi ve^l i^c t^ou h^an tre^a mo^t lie^a ke^a ca^a thie^a n^ge^åga^å ne^a bie^a da^{ng} de^o. Tuy nhie^a trong ky^åhuat ng^o o^øta ba^o ve^l i^c tre^a mo^t r^on v^òdien^tch, hoa^e i^{ng} sua^åhon la^o lie^a ke^a

Trong khi lⁱ c^v co^üthe^åbie^a dieⁿ ba^{ng} r^uaiⁱ lⁱ o^{ng} va^o h^oi o^{ng} cu^a noi thi i^{ng} sua^åphaⁱ n^o o^ç bie^a dieⁿ ba^{ng} 4 r^uaiⁱ lⁱ o^{ng}: r^uaiⁱ lⁱ o^{ng} va^o h^oi o^{ng} cu^a lⁱ c^v, dieⁿ t^{ich} cu^a ma^ëma^ætre^a r^ou^l i^c ta^c r^ong va^o h^oi o^{ng} tr^o c^v giao v^oi ma^t. Hai da^{ng} i^{ng} sua^åcô baⁱⁿ n^o o^ç tr^{inh} ba^o tre^a hⁱnh 1.



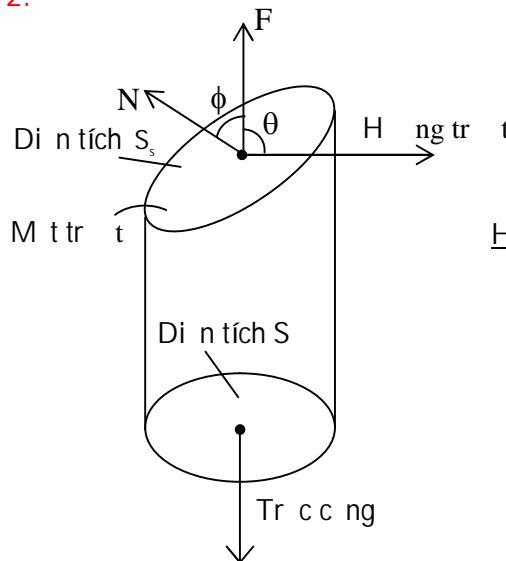
Hình 1: a) Ảnh suât phap; b) Ảnh suât tiep

Ảnh suât phap sinh ra do lⁱ c^v theo h^oi o^{ng} song song v^oi N

Ảnh suât tiep (tr^o o^ñ) sinh ra do lⁱ c^v ta^c r^ong theo h^oi o^{ng} tr^o c^v giao v^oi N.

Ba^kky^oda^{ng} taiⁱ trong na^o co^üthaoh phan t^o o^{ng} i^{ng} v^oi i^{ng} sua^åtiep la^m xe^åd^{ach} nguye^a t^o i^{ng} co^üthe^åta^o ra tr^o o^ñ. Taiⁱ trong ke^o (hoa^e nein) thu^{an} tuy^usinh ra i^{ng} sua^åphaⁱ ch^æ la^m thay r^oåkhoa^{ng} cach nguye^a t^o i^{ng} g^åra bie^a da^{ng} r^oa^o ho^a hoa^e phai^{huy}khⁱ i^{ng} sua^å r^uil^oin. Ne^åla^m v^í du^hay kha^c sat^u hⁱnh 2. Trong hⁱnh nay, o^ñ la^ogo^c gi^o a^o lⁱ c^v F v^oi h^oi o^{ng} tr^o o^ñ, co^ø phi^ø la^ogo^c gi^o a^o lⁱ c^v F v^oi h^oi o^{ng} tr^o c^v giao v^oi ma^t tr^o o^ñ.

Hình 2:



Hình 2:

θ - góc gi^o a^o h^oi o^{ng} tr^o o^ñ va^o h^oi o^{ng} lⁱ c^v F .

φ - góc gi^o a^o N va^o h^oi o^{ng} lⁱ c^v F .

Lực trong hố ở trục ô t $F_s = F \cos \theta$ và diện tích của mặt trục ô t $S_s = \frac{S}{\cos \phi}$. Tогда

$$\frac{F_s}{S_s} = \frac{F}{S} \cos \theta \cos \phi \quad (1a)$$

$$\text{hay } \tau = \tau \cos \theta \cos \phi \quad (1b)$$

ó, τ là lực su t ti p trong hố ng trục t trên m t trục và σ là lực su t pháp. Nhìn ý, khi t ng su t pháp vào n tinh th thì s' gây ng su t trục trên m t trục d c theo hố ng trục. Thành ph n ó c a ng su t c g i là ng su t trục, và có th' gây nén trục n u nó l n.

Giá tr c a ng su t trục, t i ó bi n d ng d o x y ra d c g i là ng su t trục t i h n τ_c . τ_c là h ng s' i v i m i h trục cho trục trong tinh th' cho trục. Khi ó, ng su t pháp t i h n τ_c c n thi t' gây nén bi n d ng d o, theo (1b) :

$$\sigma_c = \frac{\tau_c}{\cos \theta \cos \phi} \quad (2)$$

ó là nh lu t Schmid. Nhìn ý, ng su t σ_c c n thi t' trục b t' u là m t hàm c a h' ng tinh th' so v i h' ng c a l c' t vào trên trục tinh th'. i l' ng c a nó không ph i là m t h ng s' v t li u.

Ví d 1: Tinh th' FCC d' i ng su t pháp $\sigma_c = 1.22 \text{ MPa}$ c' t theo h' ng [110]. Hãy xác nh τ_c c a tinh th' này.

Gi i:

tính τ_c t' ph' ng trình (2), tr' c h' t h' y xác nh $\cos \theta$ và $\cos \phi$.

Trong tinh th' 1 p ph' ng, góc gi' a hai h' ng có th' xác nh b' ng tích vect' i m.

$$N u' \vec{A} = u \vec{i} + v \vec{j} + w \vec{k}$$

$$\vec{B} = u' \vec{i} + v' \vec{j} + w \vec{k}$$

thì $\vec{AB} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$, ó θ là góc gi' a hai vect'. Khi ó, θ có :

$$\cos \theta = \frac{uu' + vv' + ww'}{(u^2 + v^2 + w^2)^{1/2} (u'^2 + v'^2 + w'^2)^{1/2}} \quad (3)$$

Trong tr' ng h' p này, θ là góc gi' a h' ng F[010] v i h' ng trục [110], do ó:

$$\cos \theta = \frac{(0 \times -1) + (1 \times 1) + (0 \times 0)}{1 \times \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

còn ϕ _ góc gi' a h' ng F[010] v i h' ng \perp m t trục (111) _ chính là h' ng [111] :

$$\cos \phi = \frac{(0 \times 1) + (1 \times 1) + (0 \times 1)}{1 \times \sqrt{3}}$$

$$\text{T' ó: } \tau_c = \sigma_c \cos \theta \cos \phi = \frac{1.22 \text{ MPa}}{\sqrt{6}} = 0.5 \text{ MPa}.$$

Ví d 2: T' ng t' ví d 1, ch' khac là ng su t pháp τ_c t' theo h' ng [001].

Gi i:

L' n này, θ là góc gi' a [001] v i [110] còn ϕ là góc gi' a [111] v i [001], n' n :

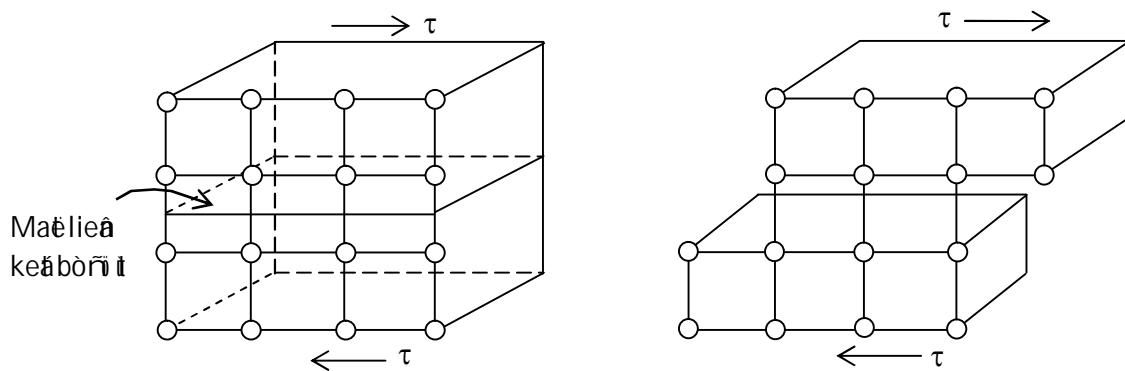
$$\cos \theta = \frac{(0 \times -1) + (0 \times 1) + (1 \times 0)}{1 \times \sqrt{2}} = 0$$

$$\cos \theta = \frac{(1 \times 0) + (1 \times 0) + (1 \times 1)}{\sqrt{3} \times 1} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

T ó: $\tau_c = 0$

Vì $\sin \theta = 0$, $\theta = 90^\circ$. Điều này có nghĩa là, theo hướng [001] sẽ truyền qua mặt trống đối $[\bar{1}10]$, tức là sẽ phản xạ không thành phần ống suông trống naen trong hướng trống.

Mẫu kỵithuyeăńtiań tieă duęg řeăńainh giaořraї lı öing τ_c nı őc giaořthieăraęg, ső iđach chuyeă moř phań tinh theăńoă vói phań kia nı moř khoaňg cách nguyeă tő (hình 2.3). Trong tinh theălyi tő öing, ôiřouňkhoâng coiřkuyeătań cań truc, tańcańcań nguyeă tő űnaen ôimaeň x eâđach řeăń phai tham gia trö őř řořong thôř Quai trinh řoř řoř hoř lı ć řuňlôn řeăńořong thôř cađ nı tańcańcań moř lieă keřangang qua maëtri őř. Mẫu lyithuyeăńnay řořin nhain giaořtrö τ_c ~ Y/10, ôimřoř Y modul řaoř hoř.



Hình 2.3: Số nút xé đứt lệch bieá khi trô ô ũ.

Trong kim lo i, giai tr th c nghi m τ_cnh h n r t nhi u so v i giai tr tinh toan b ng ly thuy t c a tinh th khoang coisai hoang . Giai tr ũieå hinh c a τ_c vegiai tr τ_c lyuthuy t t ng ng c a m t s kim lo i c trinh bày trên b ng 1.

τ_c (Mpa)		
Kim lo i	Th c nghi m	Lý thuy t (Y/10)
Cu	0,49	$10,3 \cdot 10^3$
Ag	0,37	$9,2 \cdot 10^3$
Al	0,78	$7,0 \cdot 10^3$
Fe	27,44	$21,0 \cdot 10^3$
Ti	13,72	$11,0 \cdot 10^3$

B ng 1:

Nhàm tháp của cao tinh theo dõi là để coi sai hoang cao trung. Khi nói trù ôt xay ra không rõ ràng thô thi cao nít ta cao cao moa liea kea nguyeaa tui ngang qua mae tro ôt, vì nhà coi sai hoang chia trong tinh thea

2.7.2. Ứng suất mảng

Vật liệu mảng móng luoâ coi ứng suất hai trục, nhô chung với trục hình 2.7.3, vì chung bù nhau theo hai chiều. Nhô ứng suất biến đổi ứng suất - biến đổi không liên quan với biến đổi (2.7.1). Không lao động ga và biến đổi cao độ với nhau là ứng σ_x/Y , nhô ứng σ_y ga và biến đổi không lao động do với nhau là $-v\sigma_x/Y$, do biến đổi dạng thời gian là σ_{xy} của hai :

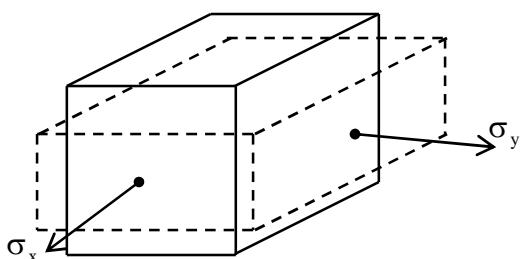
$$\epsilon_x + \epsilon_y = \epsilon_{xy} = \left(\frac{1-v}{Y} \right) \sigma_{xy}, \quad \text{điều biến đổi } \sigma_x = \sigma_y = \sigma_{xy}$$

hay $\sigma_{xy} = \left(\frac{1-v}{Y} \right) \sigma_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{Y}$ (2.7.2)

Điều biến đổi Y - thành thoa ứng rã lực goi là modul rã lực hoa 2 trục. Ứng suất thoa biến đổi (2.7.2) rã lực goi là ứng suất là ứng trục σ_{xy} . Ứng suất là ứng trục này se sinh ra biến đổi dạng theo trục z, trục giao với maếtaeng trục ứng mảng vaen thoai hooke 3 chiều :

$$\epsilon_z = \frac{1}{Y} \{ \sigma_z - v(\sigma_x + \sigma_y) \} \quad \text{span style="float: right;">(2.7.2a)}$$

Biện thoi này se sinh ra ứng (2.7.1) khi boi qua σ_x va σ_y . Cuong coi biến đổi thoi tich tuong tuivoi ϵ_x va ϵ_y .



Hình 2.7.3.

Kết quả biến đổi tensor ứng suất 2 trục của một nón và theo tách khỏi lập phương

Mảng móng chỉ là 2 ứng suất: noi vaengoaï. Ứng suất ngoai sinh ra do kết quả của nó ngoài là lực tác động lên mảng. Khi khung ngoai là lực, thì ứng suất ngoai cũng biến đổi theo. Nhô ứng mảng móng vaen ton tai ứng suất ngay cả khi không có ứng lực ngoài. Không ứng suất noi hay ứng suất đai. Nguồn gốc vaen ton chia thành ứng suất noi là biến ứng cõi học trong mảng.

2.7.2.1. Ứng suất noi

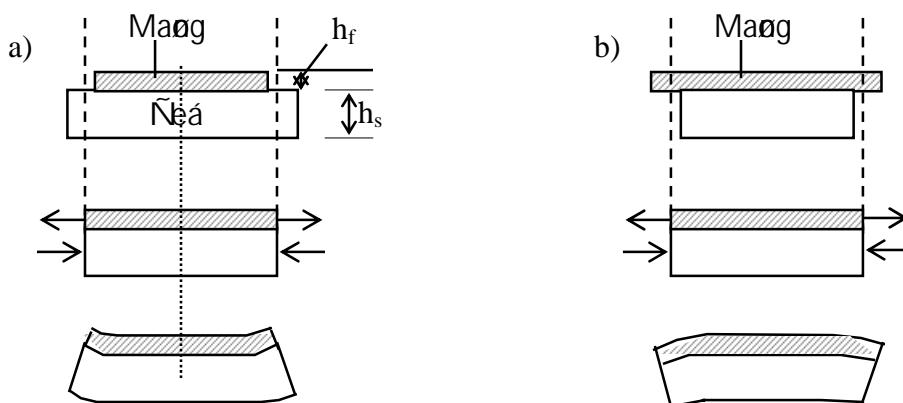
Ứng suất noi dính kết hợp chia ton tai trong cao trục mảng - kết hợp chia, mảng ton tai trong cao vật liệu không nhaadi ôi cao tình huống riêng biệt, nhô xảy ra trong quá trình che daö hay gia công cõi, nhiệt sau khi che daö.

Mô hình ống suau noi phai sinh trong quay trinh phuimang nhoi oic trinh bay trea hinh 2.7.4. Ba cha so ipha boi ống suau nhon theo nam, neaduy tri cau baeng co hoac rong hoai lich F va moment uoc M phai triet tieu trea tieudien ngang mang - nea Nhon vay :

$$F = \int \sigma dA = 0$$

$$M = \int \sigma_y dA = 0$$

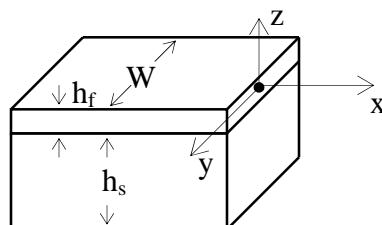
oni A_dien tích tieudien ngang ; M_canh tay rong cua moment .



Hình 2.7.4. a) Mang doi oing suat do caeng ; b) Mang doi oing suat nein do .

Trong tri oog hop thi u nha (hinh 2.7.4a), mang phai triet triet co lai so voi nea mang khoang boga cha vui nea Tuy nhie, khi mang va oenaga cha vui va nhau, thi chung se obbo raeng buoc va kich thi oic be, ti lich laemang va oenaphai coi rong daobaeng nhau. Nh vay, ống suau seophai triet triet nh thoai mang so icau baeng lich : lich caeng phai triet trong mang cau baeng voi lich nein trong nea Tuy nhie, rong khoang phai laen icau baeng co hoac vi cau momen onimep khoang cau baeng. Nea cap mang - neatudo, thi noisecong rong hoai nh chung toa trea hinh, neachoa ng lai so ikhong cau baeng cua momen. Nh vay, ống suau noi cua mang sedam cho neacong lea. Cuong lyiluan tu ong tu j i ống suau noi cua mang sedam cho neacong xuong (hinh 2.7.4b). Khi ống suau caeng rong lon, thi mang seon tig a. Khi ống suau nein rong lon, thi mang seconnep nha, raeng haithap rong dinh trea nea. Ba giachung ta ha giao thiea raeng, $h_f << h_s$. Nba voi mot rong vong rong theo y, cau baeng lich theo huong x, rong thoboi chia soan vaoluong phu ong trinh (2.7.2) :

Hình 2.7.4c.



$$F_f = F_s, \text{ hay } \sigma_f h_f = \sigma_s h_s.$$

$$\text{Hay } \left(\frac{Y}{1-v} \right)_f \varepsilon_f h_f = \left(\frac{Y}{1-v} \right)_s \varepsilon_s h_s.$$

Vì $h_f << h_s$, suy ra $\varepsilon_f >> \varepsilon_s$. (tr_i _ó khi: $Y_s << Y_f$) N_eu _rõi_c _o_{ng} _h_á_c _{ra}_è_g, ch_u_i_y_e_á m_o_i bie_á da_{ng} xu_a_ñ hi_{en} trong ma_øg, va_kch_i th_ó ô_c be_á cu_a ma_øg hoa_ø toa_ø n_ó ô_c xac_h ba_{ng} k_ích th_ó ô_c be_á cu_a _rea

Nh_ó ng ye_á to_áan_ainh h_ü òing le_a i_{ng} sua_ñno_i:

Ch_u_i_{ng} ta ch_æ khai_sit nh_ó ng ye_á to_áan_ainh h_ü òing le_a i_{ng} sua_ñ t_o _øquai_u tr_in_h che_áta_ø. N_bu_i la_boai_j ca_a tr_uc vi mo_åva_øha_ø ba_é phai_i Phai_i òing hoa_øho_c xai_y ra trong quai_utr_in_h phu_üma_øg co_üthe_åsain_ain_a sinh i_{ng} sua_ñkhi ch_u_i_{ng} lie_a tu_c xai_y ra cu_ag m_o i_c _rõ_äd_ö ô_c be_áma_øta_øg tr_i òing. Phai_i òing, ô_c _rõ_äco_übo_åsung val_i lie_a, th_i ca_a tr_uc na_g se_ñsain_ain_a sinh i_{ng} sua_ñne_in. Co_ø phai_i òing, ô_c _rõ_äval_i lie_a b_òloa_i th_i sa_ñsinh i_{ng} sua_ñca_øg. V_i du_j phai_i òing hoa_øho_c kim loa_i, nh_ó Ti_n ô_c phu_ütrong bu_øng cha_a kho_øg xa_a, hoa_ø v_ôi O₂ - kh_i co_ø la_i bo_åsung, co_üthe_å phai_i tri_a i_{ng} sua_ñne_in, do quai_utr_in_h oxide hoa_ødu_i ô_c be_áma_øta_øg. Tra_i la_i p hu_üma_øg - plasma Silicon Nitride (SiN_xH_y) n_ó ô_c du_øg t_o SiH₄ va_øNH₃, th_i phai_i tri_a i_{ng} sua_ñca_øg l_ôin, v_i Si(NH₂)₃ lie_a tu_c _rõ_äbay h_ói NH₃ t_o _øphia_i d_ü ô_c be_áma_øta_øg tr_i òing, nh_ó no_ñng_üng tui_øho_ø ho_c Si₃N₄. (3Si(NH₂)₄ → Si₃N₄ + 8NH₃). Quai_utr_in_h hoa_øho_c _rõ_äcu_ñg co_üthe_åhay _rõ_äi_{ng} sua_ñtrong quai_utr_in_h thi co_øng sau khi phu_üma_øg .

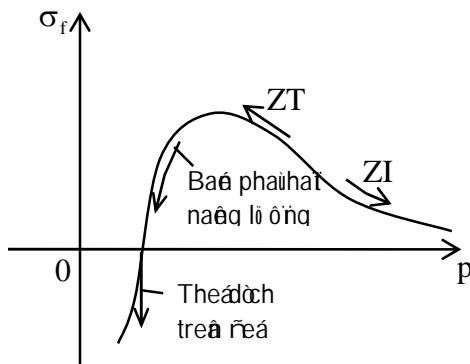
Ca_a tr_uc vi mo_åcu_a ma_øg va_ø i_phat_i tri_a cu_a no_ñtheo th_óøgian d_ü ô_c be_áma_øta_øg tr_i òing co_üthe_åsain_ain_a sinh i_{ng} sua_ñca_øg. Trong so_aca_ic vu_øng ca_a tr_uc _rña_ñ ô_c tr_in_h bag_i tre_a hin_a (2.4.2), ma_øg trong vu_øng I co_ü òing sua_ñno_i v_i i_{ng} sua_ñkho_øg the_åa_øn_ain_agia_ñ _rõ_ädo_ic lo_øtro_øg vi mo_ågi_ñ a_i ca_ic vi tinh the_åne_a. Tuy nh_éle_a, khi ma_øg chuye_a theo h_ü òing ca_a tr_uc bo_ülcha_i vu_øng T hoa_ø vu_øng II, th_i lo_øtro_øg vi mo_åse_ñb_òphai_iv_ôô_c ca_ic ha_ø se_ñke_a tu_id_ü ô_c ta_ic _rõ_äng cu_a l_ü c_hu_ñnguy_éa_i t_o i_ñtre_a bie_á hat_i. Khi _rõ_ä lie_a ke_ñ bie_á da_{ng} - ca_øg phai_i tri_a. _Üng sua_ñca_øg co_üthe_åphai_i tri_a the_ñ khi s_ü i_ñke_ñtinh la_i cu_a val_i lie_a, do s_ü i_ñbo_ülcha_i, nh_ó n_ó ô_c tr_in_h bag_i ô_cmu_ic 2.5 .

Ba_é phai_ibe_áma_øg ba_{ng} ion hay ha_ø trung hoa_øna_øg l_ü òing cao co_üthe_åsain_ain_a sinh i_{ng} sua_ñne_in, do ca_ñ nh_ó ng ha_ø na_g va_ø be_á trong ma_øg va_øo truyen_i _rõ_äng l_ü òing _rõ_äng guy_éa_i t_o i_ñbe_áma_ø. Ch_u_i_{ng} chen va_ø gi_ñ a_i ca_ic nu_ñ ma_øg, e_{ip} buo_ic ca_ic guy_éa_i t_o i_ñla_a ca_in phai_i do_in_hne_in ra ngoa_ø va_øke_a qua_ñcuo_a cu_ag la_øma_øg n_óir_õng. Ba_é phai_ica_ic ha_ø na_øg l_ü òing le_a ma_øg trong quai_utr_in_h phu_üla_øphi_i ô_c phai_ira_ñhieu_i du_øng _rõ_ätrung hoa_ø òing sua_ñca_øg sinh ra do hieu_i òing hoa_øho_c hay ca_a tr_uc vi mo_å Trong nhie_ñ tr_i òog h_óp, no_ñco_üthe_ådu_øng _rõ_äne_i khie_ñ òing sua_ñ.

Hình 2.7.5, tr_in_h bag_i t_{ín} ch_áchung cu_a i_{ng} sua_ñma_øg σ_f theo a_{ip} sua_ñp trong l_ôp phu_üba_{ng} phi_i ô_c phai_i phu_ü xai_i(Thornton, 1986). Chuye_a t_o o_ñvu_øng I _rõ_ä vu_øng T do p giam_i trong phu_ü xai_ise_ñga_ñ ne_a hai hieu_i òing : giam_i s_ü i_ñpha_ata_ñ cu_a go_ic t_oi cu_a h_a t_o phu_üva_øda_øng _rõ_äng na_øg cu_a ha_ø _rõ_ä S_i i_ñchuye_a _rõ_äse_ñla_øm cho òing sua_ñca_øg ta_øg, v_i ca_ic lo_øtro_øg vi

mo_đb_ò phai_v v_oi N_bcao c_ó c_ó r_ãi_i cu_a i_{ng} sua_kca_ég coi lie_a quan r_ea s_ó igia_m T_s/T_m r_õă v_oi nhie_u kim loa_i, v_i i_{ng} sua_knh_oih_on khi ba_in tha_a no_{ib}r_õă no_{ing} o_u T_s/T_m thap_h h_on. Ta_i a_p sua_kp tha_p h_on, i_{ng} sua_k su_t do b_òd_òm ne_in b_oi_i ca_c ha_i na_ég l_ú o_{ng} cao, va_oă v_oi mo_đ so_a va_i lie_u no_{it}r_õith_oh_on i_{ng} sua_kne_in. O_ùng sua_kne_in cu_ag coi the_ñha_i n_i o_ç ba_ég ca_c d_ung the_áđ_och a_ñ tre_a r_ea_égia ta_ég s_óiba_é phai_ucu_a ion na_ég l_ú o_{ng} cao .

Ma_ë du_ña_ðba_ø lu_ñ ve_ñno_i nh_i ng ngu_øm go_á cu_a i_{ng} sua_ko_ùtra_{ng} tha_i phu_ùma_øg thi ô_{ng} ch_ü a n_i o_ç bie_aro_ø va_ora_a nhie_u co_åg tr_{ìn} co_a la_i phai_i thi c_ó hi_ñ trong l_ánh v_i c_ó nag_ü r_ea hie_a va_ñie_u khie_a no_{im}o_đ ca_ch hie_u dung .



Hình 2.7.5.

Tính chất cu_a i_{ng} sua_km_{àng} v_oi ca_c nhie_u kie_n phu_ùma_øg bang phu_ùn xai.
ZI, ZT – v_ung I va_ñung T .

2.7.2.2. Ông sua_knhie_a.

Tho_{ág} thi ô_{ng} ma_øg n_i o_ç che_áta_ø khi nhie_a r_õăñe_á ao, v_i d_ui_T_o va_osau r_õăma_øg se_ñda_nh da_n r_ea nhie_a r_õăpho_øg T. Nh_i va_y, ma_øg co_ñkhuy_ñh h_ü o_{ng} co la_i theo r_õăda_ømo_đ l_ú o_{ng} $\alpha(T - T_o)l_o$, o_uñ_ø α la_øhe_ñso_ági_ñ n_óida_ø $\left(\alpha = \frac{\Delta l}{l_o} \cdot \frac{1}{\Delta T} \right)$. V_i ma_øg n_i o_ç ga_é cha_év_oi r_ea ne_a bie_a da_ñg ca_ég coi da_ñg :

$$\varepsilon = \alpha(T - T_o) \frac{l}{l_o} = \alpha(T - T_o) \quad (2.7.4)$$

v_ao_ñtheo r_õnh lu_ñ Hooke :

$$\sigma = Y\alpha(T - T_o) \quad (2.7.5)$$

B_áy gi_øch_üng ta se_ñkh_áo sat_ü lie_a h_öp ma_øg r_eádi_i o_u ta_c r_õăng cu_a bi e_a r_õănhie_a r_õă ΔT . S_óibie_a da_ñg ma_øg va_ñéat_ü o_{ng} i_{ng} v_oi (2.7.2), coi da_ñg :

$$\varepsilon_f = \alpha_f \Delta T + \left(\frac{1-v}{Y} \right)_f \sigma_f = \alpha_f \Delta T + \left(\frac{1-v}{Y} \right)_f \frac{F_f}{h_f W}; \quad (2.7.6a)$$

$$\varepsilon_s = \alpha_s \Delta T + \left(\frac{1-v}{Y} \right)_s \sigma_s = \alpha_s \Delta T - \left(\frac{1-v}{Y} \right)_s \frac{F_s}{h_s W}; \quad (2.7.6b)$$

Nh_i ng v_i t_ính t_ü o_{ng} th_ích bie_a da_ñg r_õøho_i $\varepsilon_f = \varepsilon_s$, ne_a l_ú c_ó nhie_a F_f ba_ég :

$$F = \frac{W(\alpha_s - \alpha_f)\Delta T}{\left(\frac{1-v}{Y}\right)_f \frac{1}{h_f} + \left(\frac{1-v}{Y}\right)_s \frac{1}{h_s}} \quad (2.7.7)$$

Nếu $h_s \left(\frac{Y}{1-v} \right)_s >> h_f \left(\frac{Y}{1-v} \right)_f$, thì σ ứng suất nhiệt trong m_{àng} lao

$$\sigma_f(T) = \frac{F_f}{h_f W} = (\alpha_s - \alpha_f)\Delta T \left(\frac{Y}{1-v} \right)_f. \quad (2.7.8)$$

$$\text{Điều kiện } \Delta T = (T - T_0)$$

Cần chia y_üida_ü trong bie_a th_ü ic (2.7.8). Nh_ü ũng m_{àng} n_o ũc che_ata_ü ũi_ünhiet n_oac_üao se_üb_ü ũng sua_üne_ün khi n_o ũi_ünhiet n_oapho_üng ($\Delta T < 0$), ne_a $\alpha_s > \alpha_f$. Trong tr_ü ũng h_üp nay ũe_üac_üu_ünhieu_ü h_üon m_{àng}. Ví d_üu_ü ũi_üe_ün nay t_ü ũng ũng với m_{àng} TiC n_o ũc phu_ütre_ü ũe_üat_üep ba_üng ph_ü ũng pha_üp CVD ta_i T₀ = 1000⁰C. V_üi_üc_ü ca_üg_ügia_üitr_ü

$$\alpha_{\text{Steel}} = 11 \cdot 10^{-6} {}^{\circ}\text{K}^{-1} ; \quad \alpha_{\text{TiC}} = 8 \cdot 10^{-6} {}^{\circ}\text{K}^{-1} ;$$

$$v_f = 0.19 \quad Y_{\text{TiC}} = 4,5 \cdot 10^{12} \text{ dyn/cm}^2 (450 \text{ KN/mm}^2)$$

T_ü q(2.7.8) ta_i tính n_o ũc $\sigma_{\text{TiC}} = -1,67 \cdot 10^{10} \text{ dyn/cm}^2 (-1,67 \text{ GPa})$
ta_i T = 0⁰C t_ü ic lao_üm_{àng} co_ü ũng sua_üne_ün .

Phu_üluc I

Trong nhie_üt n_ong l_üc ho_üc co_ü2 ũanh luat c_ü ba_ün th_ü ũng n_o ũc du_üng nhieu_ü nha_ü

Ñ_ünh luat th_ü1.

Tra_üng thai_ü v_üomo_üca_ü ba_üng c_üu_ü he_ün_ü ũc ũn_üae tr_ü ng b_üo_ü ũn_üai l_ü ũng U (n_o ũc go_üi la_ümo_üna_üg), no_üco_üut_ünh cha_üsau :

Nếu he_üla_üco_üđap :

$$U = \text{const.} \quad (I.1)$$

Nếu he_ü ũng ta_ic v_üi_üc he_ükha_üc th_ü bie_a ũn_üno_ü na_üg c_üu_ü he_ükhi chuye_a t_ü ũtra_üng thai_ü nay sang tra_üng thai_ü kha_üc co_üda_üng :

$dU = \partial Q - \partial W$ (I.2)
 Ôi^{nh} W_{co} g^o i^{nh} t^h i^c hi^{en} b^o i^{nh} he^o do ca^c tho^{ng} so^{ng} o^{ng} bie^a r^o a^o Q_l i^{nh} o^{ng} nhie^t ma^o he^{an} han^h i^{nh} o^{ng}.
 Bie^a thi^c (I.2) bie^a dieⁿ r^o m^h luat ba^o toa^o na^g i^{nh} o^{ng}.

N^hinh luat thoi²

Tra^{ng} thaiⁱ v^o mo^{ac}a^a ba^og cu^a he^a coⁱ the^a n^h i^c r^o a^o triⁿ g b^o i^{nh} r^o a^o i^{nh} S (i^{nh} o^{ng} goⁱ la^o entropy), noⁱ coⁱ tinh cha^ssau:

1. V^oi s^o i^{nh} bie^a r^o a^o vo^{ac}u^og nhoⁱ ba^a ky^ocu^a tra^{ng} thaiⁱ, khi he^a ha^p thuⁱnhie^t ∂Q , thi entropy cu^a noⁱ se^bbie^a r^o a^o moⁱ r^o a^o i^{nh} :

$$dS = \partial Q/T \quad (I.3)$$

Ôi^{nh} T_{nhi^et} r^o a^o t^{uy}et r^o a^o cu^a he^a

2. Trong quai^u trinh ba^a ky^okhi he^a coⁱlap, nhie^t chuye^a t^o o^{ng} tra^{ng} thaiⁱ nay sang tra^{ng} thaiⁱ kha^c, entropy cu^a noⁱ coⁱ khuynh h^o o^{ng} ta^g :

$$dS \geq 0 \quad (I.4)$$

Ôi^{nh} da^a = xai^c r^o m^h tinh cha^ssau ba^og cu^a he^a coⁱ da^a > _ cho kha^una^g thie^a lap r^o ieu kien ca^a ba^og cu^a he^a nhie^t r^o ieu kha^c nhau.

Cac ham nhie^t n^ho^{ng}

N^h a ∂Q t^o q(I.3) va^o (I.2) ta nhanⁱ i^{nh} o^{ng}:

$$dU = TdS - \partial W \quad (I.5)$$

N^huⁱla^ophi^o o^{ng} trinh nhie^t r^o ieu to^{ng} quat nha^a i^{nh} o^{ng} ruit ra t^o \varnothing r^o m^h luat thoi¹ va^othoi².

Ne^a khaⁱo^{ng} saⁱt he^anhie^t r^o ieu coⁱca^c tho^{ng} so^ar^oa^o triⁿ Y (i^{nh} i^c suy r^o ieu, nh^o a^o sua^a p, c^o o^{ng} r^o a^o t^o o^{ng} H, c^o o^{ng} r^o a^o r^o ieu triⁿ E, s^o i^c ca^og ma^o ngoa^a σ ...), x (toaiⁱr^o a^osuy r^o ieu, nh^o the^atich V, momen t^o M, veⁱ t^o pha^a c^o i^c \mathcal{P} , dieⁿ tich Σ ...) va^oT (nhie^t r^o a^o), thi co^ag i^{nh} o^{ng} thoi^c hi^{en}:

$$\partial W = Ydx$$

Khi r^o i^{nh} phi^o o^{ng} trinh (I.5)

$$dU = TdS - Ydx \quad (I.6)$$

Phi^o o^{ng} trinh (I.6) coⁱ5 r^o a^o i^{nh} o^{ng} bie^a thie^a T, Y, x, U, S xai^c r^o m^h tra^{ng} thaiⁱ cu^a he^a Ne^a 2 trong ca^c r^o a^o i^{nh} o^{ng} nay la^obie^a so^ar^oa^o lap, thi (I.6) se^och^o i^{nh} 3 r^o a^o i^{nh} ch^o a bie^a N^ha^a xai^c r^o m^h ch^ung, ngoa^aphi^o o^{ng} trinh (I.6) can^o coⁱthe^a 2 phi^o o^{ng} trinh r^o a^o lap kha^c:

- 1) Phi^o o^{ng} trinh tra^{ng} thaiⁱ [¹]: $f(T, x, Y) = 0$ (I.7)

- 2) Phi^o o^{ng} trinh bie^a dieⁿ noi^a na^g theo nhie^t r^o a^o:

$$U + U(T, x_0) \quad (I.8)$$

Ôi^{nh} x₀_giaⁱtr^ocho triⁿ o^{ng} cu^a toaiⁱr^o a^osuy r^o ieu.

[¹] Phi^o o^{ng} trinh tra^{ng} thaiⁱ la^ophi^o o^{ng} trinh ch^o phuⁱthuo^c va^o tho^{ng} so^ar^oa^o va^ouo^a cu^a tra^{ng} thaiⁱ, ch^o i^c kho^ang phuⁱthuo^c i^{nh} o^{ng} i^{nh} khi chuye^a t^o o^{ng} tra^{ng} thaiⁱ nay sang tra^{ng} thaiⁱ kha^c.

Nhⁱ v^ay, khi \tilde{m} obie \tilde{a} c \tilde{a} c ph^o ông trình (I.6), (I.7) v^a(I.8) thⁱ co \tilde{u} the \tilde{a} x \tilde{a} c \tilde{r} òn \tilde{h} ta \tilde{a} ca \tilde{u} t \tilde{h} cha \tilde{a} n \tilde{h} ie \tilde{t} r^ong cu \tilde{a} he \tilde{a}

Cu \tilde{o} ng co \tilde{u} the \tilde{a} x \tilde{a} c \tilde{r} òn \tilde{h} ta \tilde{a} ca \tilde{u} t \tilde{h} cha \tilde{a} n \tilde{h} ie \tilde{t} r^ong cu \tilde{a} he \tilde{a} khi \tilde{m} obie \tilde{a} m^ot trong ca \tilde{c} ha \tilde{m}
r^oa \tilde{e} trⁱ ng sau r^ong :

$$\text{noi na}\tilde{e}g U = U(S,x)$$

$$\text{Enthalpy } H = H(S,Y)$$

$$\text{Na}\tilde{e}g lⁱ o^{ng} tⁱ ido F = F(T,x)$$

$$\text{The}\tilde{a}n \tilde{h} ie \tilde{t} r^ong Gibbs Z = Z(T,Y)$$

Ch^on ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng na \tilde{y} hay ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng kha \tilde{c} tuy \tilde{d} huoc v^ao sⁱ lⁱ à ch^on tho \tilde{a} g so \tilde{a} nh \tilde{a} lap cu \tilde{a} he \tilde{a}

L^ay r^oa \tilde{e} ha \tilde{m} ha \tilde{m} so \tilde{a} nh \tilde{a} e^t trⁱ ng theo 2 tho \tilde{a} g so \tilde{a} nh \tilde{a} lap cu \tilde{a} he \tilde{a} ta se \tilde{c} co \tilde{u} hai ph^o ông trình r^oc \tilde{a} lap nhau. Hai ph^o ông trình na \tilde{y} cu \tilde{o} ng v^oi ph^o ông trình (I.6) r^oiv^othe \tilde{a} bie \tilde{a} ta \tilde{a} ca \tilde{u} t \tilde{h} cha \tilde{a} n \tilde{h} ie \tilde{t} r^ong cu \tilde{a} he \tilde{a} . Nhⁱ v^ay, ha \tilde{m} tra \tilde{a} ng thai \tilde{a} nⁱ ô \tilde{c} go \tilde{c} la \tilde{h} ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng, ne \tilde{a} tⁱ m^ou \tilde{h} ay tⁱ o \tilde{c} r^oa \tilde{e} ha \tilde{m} cu \tilde{a} noi co \tilde{u} the \tilde{a} bie \tilde{a} die \tilde{c} n tⁱ ô \tilde{c} minh t \tilde{h} inh cha \tilde{a} n \tilde{h} ie \tilde{t} r^ong cu \tilde{a} he \tilde{a}

Tⁱ \tilde{h} bie \tilde{a} so \tilde{a} ch^o i \tilde{a} trong ph^o ông trình (I.6) co \tilde{u} the \tilde{a} co \tilde{u} 10 ca \tilde{c} lie \tilde{a} h^op kha \tilde{c} nhau : UT, US, Ux, UY, TS, xS, YS, YT, Yx, Tx, nhⁱ ng ch^oco \tilde{u} 4 trong ch^ung tⁱ ô \tilde{c} ng v^oi ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng tre \tilde{a} . Da \tilde{n} g ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng co \tilde{u} the \tilde{a} nh \tilde{a} nⁱ ô \tilde{c} hoa \tilde{e} ba \tilde{e} ng thⁱ c \tilde{h} nghiem, hoa \tilde{e} rut \tilde{h} ra tⁱ o \tilde{c} y \tilde{u} thuye \tilde{a} r^ong ho \tilde{c} pha \tilde{a} tⁱ i \tilde{c} u \tilde{a} ng nhⁱ ca \tilde{c} ph^o ông trình tra \tilde{a} ng thai \tilde{a} .

V^etrai \tilde{u} cu \tilde{a} (I.6) la \tilde{v} i pha \tilde{a} to \tilde{a} pha \tilde{a} cu \tilde{a} U theo S v^ao \tilde{x} . Vⁱ v^ay, U = U(S,x) la \tilde{m} ot \tilde{h} ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng. Ne \tilde{a} 2 tho \tilde{a} g so \tilde{a} nh \tilde{a} lap cu \tilde{a} he \tilde{a} la \tilde{c} s v^ao \tilde{Y} , thⁱ noi na $\tilde{e}g$ U la \tilde{v} i kho \tilde{a} g pha \tilde{a} la \tilde{h} ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng. Ha \tilde{y} t \tilde{h} m ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng cu \tilde{a} ch^ung. Muo \tilde{a} v^ay, ta \tilde{c} ong the \tilde{a} n so \tilde{a} ha \tilde{u} g d(Yx) cho 2 ve \tilde{a} cu \tilde{a} (I.6) :

$$dU + d(Yx) = TdS - Ydx + d(Yx)$$

$$\text{hay } d(U + Yx) = dH = TdS + xdY \quad (I.9)$$

$$\text{ô}i\text{r}o\text{u}H = U + Yx.$$

N^bilal \tilde{h} ha \tilde{m} Enthalpy.

Ne \tilde{a} 2 tho \tilde{a} g so \tilde{a} nh \tilde{a} lap la \tilde{t} T v^ao \tilde{x} thⁱ ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng la \tilde{m} na $\tilde{e}g$ lⁱ o^{ng} tⁱ ido F. Tⁱ \tilde{a} so \tilde{a} ha \tilde{u} g d(TS) cho 2 ve \tilde{a} cu \tilde{a} (I.6) ta \tilde{c} o \tilde{u} :

$$dU - d(TS) = TdS - Ydx - d(TS)$$

$$\text{hay } d(U-TS) = dF = -SdT - Ydx \quad (I.10)$$

$$\text{ô}i\text{r}o\text{u} F = U - TS$$

Go \tilde{c} F la \tilde{m} na $\tilde{e}g$ lⁱ o^{ng} tⁱ ido vⁱ trong quai \tilde{t} rinh r^oa \tilde{e} ng nhⁱet, co \tilde{u} ng thⁱ c \tilde{h} ien \tilde{h} kho \tilde{a} g pha \tilde{a} giam no \tilde{a} na $\tilde{e}g$ U (nhⁱ trong quai \tilde{t} rinh r^oa \tilde{e} ng nhⁱet : $\partial Q = 0$) ma \tilde{d} o giam ha \tilde{m} F na \tilde{y} . Thⁱ c \tilde{h} v^ay, khi T = const thⁱ (I.10) co \tilde{u} da \tilde{u} ng:

$$Ydx = -dF \quad (I.11)$$

Ne \tilde{a} 2 tho \tilde{a} g so \tilde{a} nh \tilde{a} lap la \tilde{t} T v^ao \tilde{Y} , thⁱ ha \tilde{m} r^oa \tilde{e} trⁱ ng la \tilde{h} the \tilde{a} n \tilde{h} ie \tilde{t} r^ong Gibbs. No \tilde{a} co \tilde{u} the \tilde{a} rut \tilde{h} ra tⁱ o \tilde{c} phi \tilde{a} ô \tilde{c} ng trình (I.6), hay r^on gian \tilde{h} on \tilde{a} tⁱ o \tilde{c} (I.10), co \tilde{u} ng the \tilde{a} n so \tilde{a} ha \tilde{u} g d(Yx) cho ca \tilde{c} hai ve \tilde{a} cu \tilde{a} (I.10), ta \tilde{c} o \tilde{u} :

$$\begin{aligned} dF + d(Yx) &= -SdT - Ydx + d(Yx) \\ \text{hay } d(F + Yx) &= d(U - TS + Yx) = dZ = -SdT + xdy \\ \hat{o}n\hat{t}o\hat{n} Z &= U - TS + Yx. \end{aligned} \quad (I.12)$$

Chú ý rằng, khi ứng dụng biến đổi tổng quát cho các ham số riêng, cần tính daú trong soáhàng biến đổi công ∂W . Cùn ròid ông, neá heáthó c hiến công cho ngoai vật, vaøm neá ngoai vật thi c hiến công cho heá

Neá heácoïc thôang soád $Y = p$, $x = V$, $\partial W = pdV$, thi : (I.13)

$$\begin{array}{ll} dU = TdS - pdV & U = U(S, V) \\ dH = TdS + Vdp & H = U + pV \\ dF = -SdT - pdV & F = U - TS \\ dZ = -SdT + Vdp & Z = U - TS + pV \end{array}$$

Nhiều kien canh baeng nhiet rong

Phô ông trình có bañnh nhiet rong ròd với các quatrình caâ baeng (khoâng thoâng keâ coïkhai naeng cho ta thieâlap rieu kien toang quat cuâ heâcaâ baeng nhiet rong).

1. Heácoâlap, ($U = \text{const}$, $x = \text{const}$). Phô ông trình có bañnh (I.6) với rieu kien chia caâ baeng (I.5) coi:

$$TdS > dU + Ydx \quad (I.14)$$

Với $U = \text{const}$ vaøx = const, cho :

$$TdS > 0$$

tõi entropy cuâ heácoâlap trong quatrình khoâng tinh taêng. Khi nhô ãng quatrình này ngô ng vaøchyeâ vaø caâ baeng, thi entropy cuâ heâseõñat rneá giatròci c rai. Kyihiểu entropy cuâ heâ trong traeng thai khoâng caâ baeng laøS, coø trong traeng thai caâ baeng laøS₀ vaøhiểu cuâ chung laøS - S₀ = ΔS. Chung ta coi theâ viêñ rieu kien caâ baeng toang quat cuâ heácoâlap nhô laørieñ kien cõi c rai cuâ entropy dô ôi dañg :

$$\Delta S < 0 \text{ hay } \partial S = 0, \partial^2 S < 0 \quad (I.15)$$

2. Naeng lô ông tõido ($T = \text{const}$, $x = \text{const}$)

Phô ông trình (I.14) với các biến soântap T vaøx coi:

$$dF < -SdT - Ydx \quad (I.16)$$

Nbâvõi heâranging nhiet vaøkhoâng sain sinh công beâ ngoâthi :

$$dF < 0$$

tõi laønaeng lô ông tõido giam vaøcoïci c tieâ khi caâ baeng toang quat :

$$\Delta F_n > 0 \text{ hay } \partial F = 0, \partial^2 F > 0 \quad (I.17)$$

3. Theânhiet rong Gibbs

Phô ông trình (I.14) với các biến soântap T vaøY coi:

$$dZ < SdT - Vdp$$

Khi nhiet rong vaøi c suy rong laøhaeng soâthi :

$$dZ < 0$$

t_o i_c la_dhe_ánhie_t r_õng Gibbs giam va_cco_ci_c t_{ie}_á khi ca_a ba_èg to_ång qu_åt :

$$\Delta Z > 0 \text{ hay } \partial Z = 0, \partial^2 Z > 0 \quad (\text{I.18})$$

Cu_ång ch_üng minh t_o ông t_o itre_å, ta nha_m r_õ ô_c :

- Vô_i S = const, Y = const, enthalpy co_ci_c t_{ie}_á khi ca_a ba_èg :

$$\Delta H > 0 \text{ hay } \partial H = 0, \partial^2 H > 0 \quad (\text{I.19})$$

- Vô_i S = const, x = const, no_i na_èg co_ci_c t_{ie}_á khi ca_a ba_èg :

$$\Delta U > 0 \text{ hay } \partial U = 0, \partial^2 U > 0 \quad (\text{I.20})$$

Ch_ün ph_ö ông tr_{ìn}h na_y hay ph_ö ông tr_{ìn}h kha_c r_õéanghie_a c_ò i_u s_ò i_ca_a ba_èg cu_a he_ä tuy_ø thu_øc va_ø tho_ång so_ãæ tr_ø ng cu_a he_ä:

Ne_a $\partial Q = 0$ th_i dS = 0; S = S_{max}

- S, x = const th_i dU = 0; U = U_{min}

- S, Y = const th_i dH = 0; H = H_{min}

- T, x = const th_i dF = 0; F = F_{min}

- T, Y = const th_i dZ = 0, Z = Z_{min}.

To_m la_i, ca_c the_ánhie_t r_õng luo_a luo_a giam trong mo_i qua_åtr_{ìn}h ba_k thu_øn ngh_åch xai_y ra trong he_åva_co_cgia_ùtr_òc_i t_{ie}_á khi he_åca_a ba_èg.

www.mientayvn.com