



1. c i m c a laser r n:

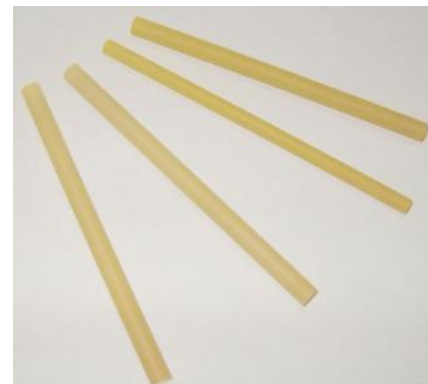


Vì laser thu tinh là m t b ph n c a laser r n nên ây, chúng ta s kh o sát các tính ch t và c ch c a laser r n, qua ó, chúng ta s làm rõ h n v laser th y tinh

- Laser r n là lo i laser mà môi tr ãng ho t tính c a nó là ch t r n. Ch t r n có th là n tinh th , ho c ch t vô nh hình (th y tinh). Trong laser r n, ngh ch o n ng th ãng c th c hi n nh ng m c n ng l ãng c a nguyên t ho c ion c a t p ch t.
- t o ngh ch o n ng trong laser r n, ng i ta dung b m quang h c, là ph ãng pháp chi u ánh sang c a ph h p th c c i vào thanh ho t ch t t o tích lu ch y u cho m c laser trên và do ó t o n ãng o l n.

2. Ho t ch t c a laser r n:

- Th ãng là i n môi d ãng tinh th ho c vô nh hình có d ãng hình tr ãn, u thanh c ph m t l p m t l p i n môi m b o h s ph n x c n thi t cho song laser.
- Ho t ch t có hai thành ph n: ch t n n và ch t kích ho t.
 - ❖ Ch t n n là ch t không tham gia tr c ti p vào nh ãng quá trình t o b c x laser. ch t n n là thu tinh Ba ho c m t s lo i thu



tính khác. Trong ch t n n có ch a các nguyên t ho c ion c a ch t kích ho t.

Ch t n n trong laser r n t c nh ng u i m sau:

- + B n ch c v c h c và hóa h c m b o b n c a môi tr ng ho t tính
- + D ch t o về ph ng di n công ngh và s n xu t hang lo t
- + ng nh t quang h c cao m b o tiêu hao nh và h s ph m ch t bu ng c ng h ng l n
- + Trong su t v i b c x b m và b c x laser.
- + B n v ng v nhi t ch u c b c x b m l n và b c x Laser l n.
- + Cho phép gia công c khí và gia công quang h c (hình d ng, ánh bóng, mài mòn.....)

Ch t n n trong laser ng i ta th ng dùng là tinh th ki m th có thành ph n H_2WO_4 , $H_2M_0O_4$, HF, ho c c bi t là $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG)

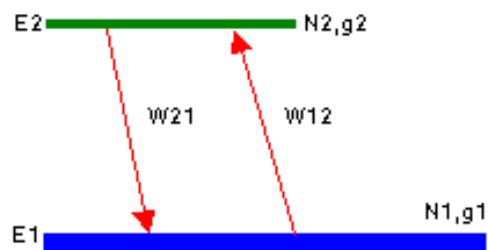
i v i laser thu tinh có ch t n n là thu tinh có nh c i m là b n v nhi t kém và công su t b m ng ng khá l n.

- ❖ Ch t kích ho t, th ng có t l r t nh ch kho ng vài ph n tr m so v i ch t n n. th ng dùng là nh ng nguyên t hi m nh Crôm, Urani, trong laser thu tinh, ch t kích ho t th ng dùng là Neodym.

3. C ch t o ngh ch o n ng trong laser r n:

Quá trình t o ngh ch o n ng gi a các m c c a Laser ch y u là quá trình d ch chuy n và khi phân tích i u ki n t o m t o l n th ng ng i ta ch xét nh ng tr ng thái u và tr ng thái cu i c a nh ng d ch chuy n c b n. Do ó tu thu c vào s tr ng thái mà chúng ta có h hai m c, h ba m c ho ch b n m c.

a) H tr ng thái hai m c:



H 2 m c

H hai m c là h n gi n nh t, g m m c c b n và m c kích thích. Khi môi tr ng d c chi u sang thì có th có ba quá trình quang h c làm h t chuy n tr ng thái:

+ h p th b c x b m t ng ng v i t n s d ch chuy n mà v n t c c a quá trình là:

$${}_bB_{12}N_1$$

Trong ó: ${}_b$ là m t b c x b m

+ b c x kích thích v i v n t c c a quá trình là:

$${}_bB_{21}N_2$$

+ b c x t phát c a tr ng thái kích thích v i v n t c:

$${}_{21}N_2$$

Trong ó ${}_{21}$ là xác su t c a quá trình b c x t phát

Cân b ng v n t c c a t t c các quá trình:

$${}_bB_{12}N_1 = {}_bB_{21}N_2 + {}_{21}N_2$$

Vì h hai m c nên h t ch t n t i m t trong hai tr ng thái ó nên có th thi t l p i u k ên b o toàn h t:

$$N_1 + N_2 = N$$

Gi i h :

$${}_bB_{12}N_1 = ({}_bB_{21} + {}_{21})N_2$$

$$N_1 + N_2 = N$$

Ta c:

$$N_1 = \left(\frac{\gamma_{21} + \rho_b B_{21}}{\gamma_{21} + 2\rho_b B_{21}} \right) N \quad \text{và} \quad N_2 = \left(\frac{\rho_b B_{21}}{\gamma_{21} + 2\rho_b B_{21}} \right) N$$

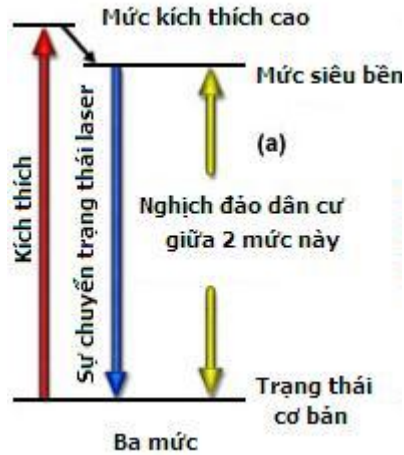
Khi tr ng thái n nh tr ng thái c thi t l p thì t c thay i m t b ng không, $d(N)/dt=0$

$$\Delta N = \frac{N}{1 + 2\tau_{sp} B_{12} \rho_b}$$

- ❖ Khi môi tr ng không c kích thích (${}_b = 0$) t t c các h t t n t i tr ng thái i. Khi t ng m t b c x b m lên n ng m c l gi m đ n và n ng m c 2 l i t ng đ n. trong tr ng h p t i h n t c là khi m t b c x b m ${}_b =$ thì n ng c a hai tr ng thái s b ng nhau ($N=0$), hay $N_1=N_2=N/2$. Do ó h 2 m c n u

dùng bơm quang học thì không thể thực hiện được và không thể có được Laser.

b) Hình trạng thái ba mức:



Vì hình ba mức thì hình phương trình sẽ là:

$$\begin{cases} \rho_b B_{13} N_1 - [\rho_b B_{31} + (\gamma_{31} + \gamma_{32})] N_3 = 0 \\ \gamma_{32} N_3 - \gamma_{21} N_2 = 0 \\ N_1 + N_2 + N_3 = N \end{cases}$$

Giải hệ phương trình để tìm nghiệm của trạng thái ổn định

$$N_1 = \left[\frac{\gamma_{21} (\gamma_{31} + \gamma_{32} + \rho_b B_{31})}{\gamma_{21} (\gamma_{32} + \gamma_{31}) + 2\gamma_{21} + \gamma_{32}} \rho_b B_{31} \right] N$$

$$N_2 = \left[\frac{\gamma_{32} \rho_b B_{31}}{\gamma_{21} (\gamma_{32} + \gamma_{31}) + 2\gamma_{21} + \gamma_{32}} \rho_b B_{31} \right] N$$

$$N_3 = \left[\frac{\gamma_{21} \rho_b B_{31}}{\gamma_{21} (\gamma_{32} + \gamma_{31}) + 2\gamma_{21} + \gamma_{32}} \rho_b B_{31} \right] N$$

Một của ba trạng thái N_1, N_2, N_3 sẽ phụ thuộc vào mật độ bơm và chúng ta biểu diễn trên hình 2

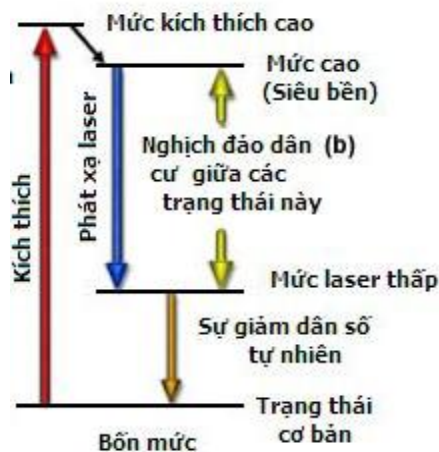
Như vậy khi chúng ta bơm ($\rho_b = 0$) thì các trạng thái tập trung ở trạng thái dưới. Khi mật độ bơm tăng lên thì mức trên và mức trung gian tích lũy. Tích lũy của trạng thái cao hơn và trạng thái trên sẽ tỉ lệ với giá trị:

$$N_1' = N_3' = \left[\frac{\gamma_{21}}{2\gamma_{21} + \gamma_{32}} \right] N$$

N_1 và N_3 tr ng thái t i h n ó s nh h n $\frac{1}{2}n$ ng t ng c ng t c
: $N_1' = N_3' < N/2$

- N u xác su t d ch chuy n $\rho_b B_{32} > \rho_b B_{21}$ thì n ng m c 2 s 1 nh n n ng m c 1 t c là hình thành m t o l n gi a m c 2 và m c 1
- V i h ba m c, mu n cho m t b m ng ng nh thì 21 ph i nh t c là th i gian s ng c a m c 2 ph i l n. v y m c 2 ph i là m c siêu b n
- Có s chuy n nhanh t m c 3 xu ng n c 2. K t qu m t o l n m c 2 và m c 1 laser phát ra gi a m c 2 và m c 1

c) **H tr ng thái b n m c:**



B m quang h c s chuy n t tr ng thái 1 lên tr ng thái 4. H ph ng trình c v i t:

$$\begin{cases} \rho_b B_{14} N_1 - [\rho_b B_{41} + \nu_4] N_4 = 0 \\ \gamma_{43} N_4 - \gamma_3 N_3 = 0 \\ N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = N \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên ta được :

$$N_1 = \left[\frac{Y + \gamma_2 \gamma_3 B_{41} \rho_b}{Y + Z B_{41} \rho_b} \right] N$$

$$N_2 = \left[\frac{(\gamma_{42} \gamma_3 + \gamma_{32} \gamma_{42}) B_{41} \rho_b}{Y + Z B_{41} \rho_b} \right] N$$

$$N_3 = \left[\frac{\gamma_{43} \gamma_2 B_{41} \rho_b}{Y + Z B_{41} \rho_b} \right] N$$

$$N_4 = \left[\frac{\gamma_2 \gamma_3 B_{41} \rho_b}{Y + Z B_{41} \rho_b} \right] N$$

Nh v y, khi ch a b m thì t t c các h t n m tr ng thái 1. Khi b t ng lên thì n ng c a các h t kích thích s t ng lên, còn s h t tr ng thái 1 l i gi m i. Khi m t b m r t l n thì n ng c a nh ng m c kích thích s t i h n.

$$N_1' = \lim_{\rho_b \rightarrow \infty} N_1 = \lim_{\rho_b \rightarrow \infty} N_4 = \gamma_2 \gamma_3 \frac{N}{Z}$$

$$N_2' = \lim_{\rho_b \rightarrow \infty} N_2 = (\gamma_3 \gamma_{42} + \gamma_{32} \gamma_{43}) \frac{N}{Z}$$

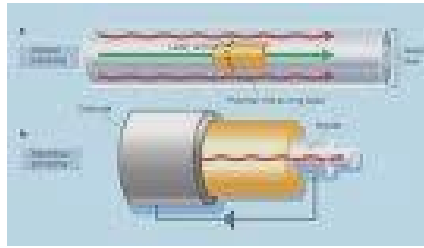
$$N_3' = \lim_{\rho_b \rightarrow \infty} N_3 = \gamma_3 \gamma_{42} \frac{N}{Z}$$

- V i i u ki n $N_3' > N_2'$: $\gamma_{43} > (\gamma_{32} \gamma_{42} + \gamma_{32} \gamma_{43})$ thì n ng m c 3 s l nh n n ng c a m c hai và do ó, d ch chuy n m c 3 2 s có ngh ch o n ng .
- Trong s 4 m c, n ng c a m c 3 s luôn l nh n n ng c a m c hai và m c 3 \rightarrow 2 s có m t o l n. Nh v y m c 3 ph i là m c siêu b n, có th i gian s ng lâu nh t.
- M t o l n c thành l p m c 3 và 2 laser phát ra gi a m c 3 và 2 trong s 4 m c, khi b m nh nh t thì N_3 ã l nh n N_2 r i, nh v y t o m t o l n trong s b n m c thì ch c n công su t b m nh và ây là m t thu n l i h n i v i s b a m c

4. Ngu n b c x và h th ng b m quang h c:

Trong laser r n nói chung và laser thu tinh nói riêng t o m t o l n, ng i ta dùng b m quang h c, dùng b c x chi u vào ho t ch t. Các h t trong ho t ch t s h p th b c x b m và chuy n lên tr ng thái kích thích.

Các ngu n b m quang h c th ng dùng là: òn b m (òn Xenon, òn h i thu ngân phóng i n h quang), h th ng ph n x h i t ánh sáng vào ho t ch t.

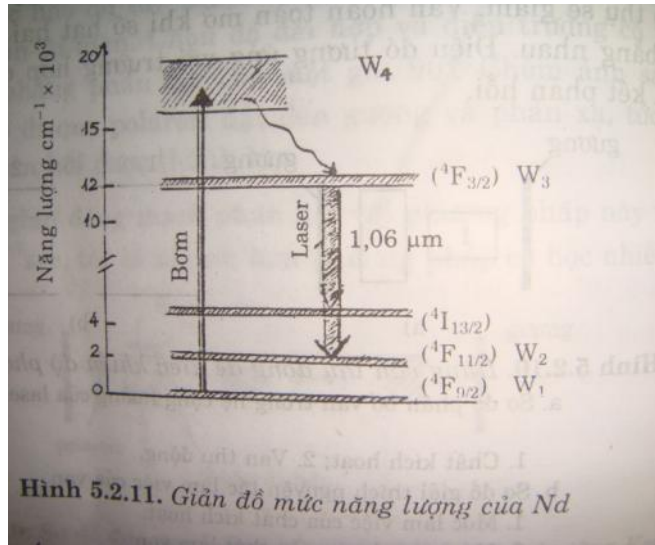


5. Laser thu tinh:



- Loại laser này là một loại laser khá phổ biến.
- Laser thu tinh hoá học có chất nền là thủy tinh Ba(59%SiO₂, 25%BaO, 15%K₂O, 1%Sb₂O₃), ion hoá học là Nd⁺³
- Nghề chuyên ngành thực hiện theo số 4 mức nên công suất bình thường, đây là một ưu điểm của laser loại này
- Laser thu tinh năng lượng cao trong một xung hiện nay có thể tới 1 Jun hoặc lớn hơn. Thanh thu tinh laser khi có dài tới gần 1met, ống kính d=20÷30mm.

Ghi nhận các năng lượng của Nd trình bày trên hình



Hình 5.2.11. Giản đồ mức năng lượng của Nd

Mức $^4F_{3/2}$ là mức siêu bền. Thời gian sống của mức này trong tinh thể Ba b là 0,56-3sec và trong Nd_2O_3 là 2%. Mức $^4F_{11/2}$ nằm cao hơn trạng thái bền khoảng 2000cm^{-1} , vì vậy chúng không tích tụ. Điều kiện để đạt được tới mức này là chuyển từ $^4F_{3/2}$ - $^4F_{11/2}$ nhiệt phòng. Laser sẽ phát ra giữa hai mức này.

6. Đặc trưng của laser thu tinh:

- Thời gian tinh có thể chế tạo theo kích thước và hình dáng tùy ý, do đó laser tinh có thể cho công suất rất cao
- Cấu trúc tinh thể không cần tiếp xúc điện cực và xung quanh ion-hoạt hóa nên phổ bức xạ của laser tinh rất hẹp
- Nhiệt độ phòng (300oK) và công suất ngưỡng bơm là 1370 watt thì laser tinh Nd cho công suất phát bức xạ $1,06\mu\text{m}$ là 10 watt.

