

## PHÁT X NHI T I N T

### II/ NG D NG C A PHÁT X NHI T I N T :

Nh chúng ta ã bi t, phát x nhi t i n t là ngu n cung c p i n t ch y u trong các òn i n t và các thi t b k thu t. Khi khoa h c càng phát tri n thì các ngu n phát x nhi t i n t càng c c i t i n và ng d ng r ng rãi h n trong k thu t i n t , ch ng h n nh trong kính hi n vi i n t giúp ta bi t c c u trúc b m t c a v t li u, phân tích t ng ph n thành ph n hóa h c và c u trúc tinh th c a m u, hay trong k thu t quang kh c lithography. Trong ph n này chúng tôi xin trình bày m t vài khái ni m c ng nh n i dung mà chúng ta v n d ng khi trình bày chi ti t v ng d ng c a ngu n phát x nhi t i n t trong kính hi n vi i n t SEM và trong k thu t lithography.

#### II.1.S T NG T QUANG - C

M t trong nh ng nguyên lý c b n c a quang h c là nguyên lý Fermat. Theo nguyên lý này, khi ánh sáng lan truy n t i m A n i m B thì trong t t c các qu o có th nó s truy n theo qu o nào mà th i gian c n thi t i h t qu o là c c tr . Nguyên lý ó c bi u di n d ng toán h c nh sau:

$$\delta \left( \int_A^B dt \right) = \delta \int_A^B \frac{ds}{v} = \delta \left( \int_A^B n ds \right) = 0 \quad (2.1)$$

V i v: v n t c lan truy n ánh sáng trong môi tr ng có chi t su t n, n c tính b i công th c  $n=c/v$  , c: v n t c lan truy n ánh sáng trong chân không.

Trong cơ học cổ điển có nguyên lý tác dụng tối thiểu, biểu thức biến phân tương ứng toán học sau

$$\delta \left( \int_A^B W_d dt \right) = \delta \left( \int_A^B \frac{mv^2}{2} dt \right) = 0 \quad (2.2)$$

ở đó,  $W_d$ : Lagrangian,  $v$ : vận tốc

Giả thiết electron chuyển động vào vùng có điện thế  $U$  thì vận tốc ban đầu có điện thế  $U=0$ , vận tốc ban đầu  $v=0$ , theo nguyên lý bảo toàn năng lượng ta có:

$$\frac{mv^2}{2} = eU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2e}{m}} U \quad (2.3)$$

Thay biểu thức (2.2) ta có:

$$\delta \left( \int_A^B \frac{mv^2}{2} dt \right) = \delta \left( \int_A^B \frac{mv^2}{2} \frac{ds}{v} \right) = \delta \left( \int_A^B \frac{mv}{2} ds \right) = \delta \left( \int_A^B v ds \right) = 0 \quad (2.4)$$

Thay (2.3) vào (2.4) ta có

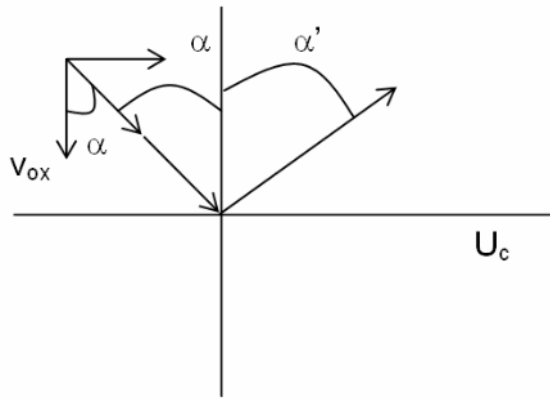
$$\delta \left( \int_A^B \sqrt{U} ds \right) = 0 \quad (2.5)$$

So sánh (2.1) với (2.5) ta thấy hai biểu thức trên hoàn toàn tương đương nhau, từ đây chúng ta thấy rằng có thể xem quang học cổ điển tích hợp vào trong trường hợp đặc biệt của quang học sóng. Điều này có nghĩa là tia sáng lan truyền qua môi trường xác định: có đóng vai trò như chất dẫn sóng. Ta gọi đó là sóng quang học.

Từ đó ta có nguyên lý quang học cổ điển của chùm tia mang tính:

1. nh luật truyền thẳng: Trong vùng có điện trường không đổi, hạt tích điện chuyển động thẳng (vì  $v$  mà  $U = \text{const}$ ).
2. nh luật phản xạ: Khi chùm hạt tích điện phản xạ trên mặt điện trường thì góc phản xạ bằng góc tới.

Ta xét điều kiện phản xạ chùm electron: chùm electron có vận tốc ban đầu  $v_0$  vào mặt bên mặt kim loại có điện trường âm  $U_c$ . Electron tới bên mặt kim loại thì vận tốc electron thay đổi như sau: vị trí vuông góc với bên mặt kim loại.



Hình 2.1. Hình ảnh phản xạ tia điện.

$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ , do đó điều kiện trên có thể viết là

$$\frac{m}{2} v_0^2 \cos^2 \alpha \geq eU_c \quad (2.6)$$

Vì  $\frac{mv_0^2}{2} = eU_0$ ,  $\frac{mv_0^2}{2} \cos^2 \alpha = eU_0 \cos^2 \alpha = eU_0 (1 - \sin^2 \alpha)$

Nên điều kiện electron tới bên mặt kim loại là  $|eU_0| (1 - \sin^2 \alpha) \geq |eU_c|$

Hay  $\sin \alpha \leq \sqrt{1 - \frac{|U_c|}{|U_0|}}$

Ngược lại, điều kiện chùm tia phản xạ trở lại là:  $\Rightarrow \sin \alpha \geq \sqrt{1 - \frac{|U_c|}{|U_0|}}$

3. nh luật khúc xạ: Khi hạt tích điện chuyển động từ vùng có thế  $U_1$  sang vùng có thế  $U_2$ , hướng chuyển động và vận tốc thay đổi và xác định bằng luật khúc xạ:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_1}}$$

Hình thức khúc xạ chùm hạt tích điện này là do sự tác động của lực điện trường tĩnh điện trường phân cách giữa hai vùng có điện thế khác nhau làm thay đổi thành phần  $v_{\perp}$  (vuông góc với mặt phân cách) của vận tốc.

Đối với phân cách hạt tích điện chịu tác động của lực điện trường hướng theo trục y. Vì vậy thành phần vận tốc thay đổi, thành phần vận tốc  $v_{//}$  không đổi  $v_{1x}=v_{2x}$  hay  $v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$

$$\text{Suy ra } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_1}}$$

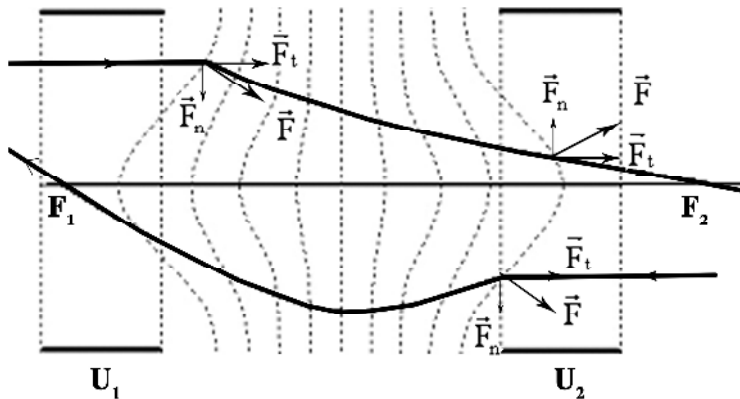
Trong đó là chiết suất quang điện. Khi  $U_1 < U_2$  - trường tăng, góc khúc xạ nhỏ hơn góc tới, tia khúc xạ lệch về pháp tuyến và trường có tác động hội tụ. Ngược lại, khi  $U_1 > U_2$  - trường giảm, góc khúc xạ lớn hơn góc tới, tia khúc xạ lệch xa pháp tuyến hơn và trường có tác động phân kỳ.

Khi electron chuyển động trong trường chúng chịu tác động của lực, lực này phụ thuộc vào điện tích của hạt, điện trường và hướng của vận tốc hạt mang điện. Do đó, trong trường hợp trường không có sự thay đổi trong quang học: trường là môi trường đồng nhất, còn điện trường là môi trường không đồng nhất.

## II.2. QUẢN LÝ CÁC ELECTRON TRONG TỌA ĐỘ, ĐIỆN TRƯỜNG

Thường thì các dụng cụ hay phân tích chùm điện tử, toàn bộ các điện trường không đồng nhất hay từ trường không đồng nhất có ích nhất.

### A. Chuyển động của electron trong điện trường:



Phương trình chuyển động của electron trong điện trường không đồng nhất:  $U(r) = U(-r)$  trong hệ tọa độ:

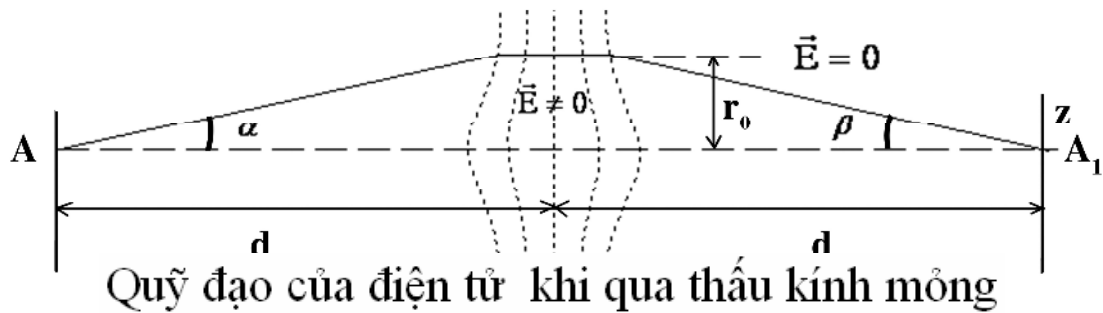
$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = -eE_r = -s \frac{\partial U}{\partial r}$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -eE_z = -s \frac{\partial U}{\partial z}$$

Theo nguyên lý bảo toàn năng lượng và biến đổi toán học, ta thu được phương trình sau:

$$\frac{d^2 r}{dz^2} + \frac{U'_0(z)}{2U_0(z)} \frac{dr}{dz} + \frac{U''_0(z)}{4\sqrt{U_0(z)}} r = 0$$

Dùng công thức trên ta giải bài toán trong trường hợp mặt thấu kính thin và mỏng và yếu. Thấu kính thin và mỏng và yếu khi vùng không gian trong thấu kính có là hình phẳng, trong vùng đó giá trị các hằng số không thay đổi. Xác định, ta xét mặt chùm tia tới từ A cách khe thấu kính một khoảng  $d$  và làm thành vị trí của mặt góc  $\alpha$ , khi đi qua thấu kính chùm tia bị khúc xạ và cắt trục thấu kính tại điểm  $A_1$ , khoảng cách như hình vẽ sau:



Các góc  $\alpha, \beta$  như trên. Phương trình quỹ đạo trên có thể viết dạng như sau:

$$\frac{d}{dz} \left( \sqrt{U_0(z)} \frac{dr}{dz} \right) = - \frac{U_0''(z)}{4\sqrt{U_0(z)}} r(z)$$

Tích phân theo  $z$  từ A đến  $A_1$ , ta có:

$$\sqrt{U_0(z)} \frac{dr}{dz} \Big|_A - \sqrt{U_0(z)} \frac{dr}{dz} \Big|_{A_1} = - \frac{1}{4} \int_A^{A_1} \frac{U_0''(z)}{\sqrt{U_0(z)}} r(z) dz$$

Vì hàm số dưới tích phân khác không trong một vùng rất hẹp, trong đó  $r$  thay đổi rất ít so với  $r_0$ . Khi đó ta thay các biểu thức sau vào biểu thức trên:

$$\left. \frac{dr}{dz} \right|_A = \frac{r_0}{d} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\left. \frac{dr}{dz} \right|_{A_1} = -\frac{r_0}{d} = \operatorname{tg} \beta$$

$$\frac{r_0}{d} \sqrt{U_A} - \frac{r_0}{d} \sqrt{U_{A_1}} = -\frac{r_0}{4} \int_A^{A_1} \frac{U_0''(z)}{\sqrt{U_0(z)}} dz$$

- Nếu  $d = f_2$  (chùm electron song song) và  $d_1 = f_2$ , ta có thể tính tiêu cự phía:

$$\frac{1}{f_2} = -\frac{r_0}{4\sqrt{U_{A_1}}} \int_A^{A_1} \frac{U_0''(z)}{\sqrt{U_0(z)}} dz$$

- Nếu  $d_1 = d$  ta tính tiêu cự trái:

$$\frac{1}{f_1} = -\frac{r_0}{4\sqrt{U_A}} \int_A^{A_1} \frac{U_0''(z)}{\sqrt{U_0(z)}} dz$$

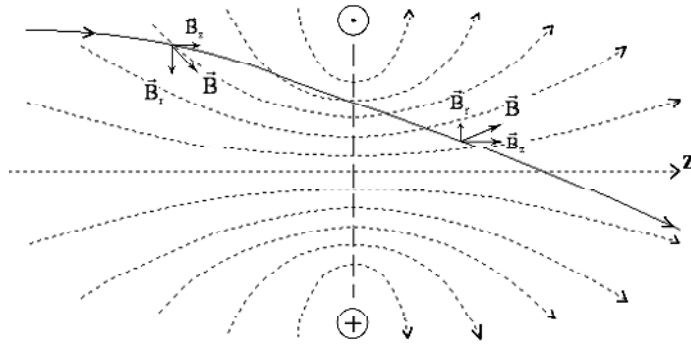
Ta thay r và f<sub>1</sub> và f<sub>2</sub> phụ thuộc vào d vào hàm bậc hai

- Nếu  $U > 0$  thì  $f > 0$ , thấu kính hội tụ.
- Nếu  $U < 0$  thì  $f < 0$ , thấu kính phân kỳ.

## 2. Chuyển động của electron trong trường:

Ta xét chuyển động của electron có vận tốc ban đầu  $v_0$  trong trường của cuộn dây ngắn, xem như thấu kính mỏng.

Trường không đều nên có trục hội tụ minh họa bằng hình



Phương trình chuyển động:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = -e \left[ \mathbf{r} \times \frac{\mathbf{r}}{r} \right]$$

Phương trình Maxwell:  $\text{div } \mathbf{B} = 0$

$$\text{Hay } \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r B_r) + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0$$

Tính gần đúng phương trình quỹ đạo của electron:

$$\frac{d^2 r}{dz^2} + \frac{e}{m} \frac{B_{z0}^2(z)}{8U_0} r = 0$$

Đây là phương trình cơ bản của thấu kính từ. Lý tích phân phương trình trên r để giải tích vị trí và vận tốc hạt thấu kính từ hiện tại tính các tiêu cực của thấu kính từ. Tiêu cực của thấu kính từ:

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{8U_0} \int_{-\infty}^{\infty} B_{z0}^2(z) dz$$

Công thức trên cho thấy f luôn luôn dương, do đó thấu kính từ là thấu kính hội tụ.



## **II.3. KÍNH HIỂN VI ĐIỆN QUÉT –SEM**

### ***II.1.1. LỊCH SỬ VÀ KÍNH HIỂN VI ĐIỆN QUÉT SEM***

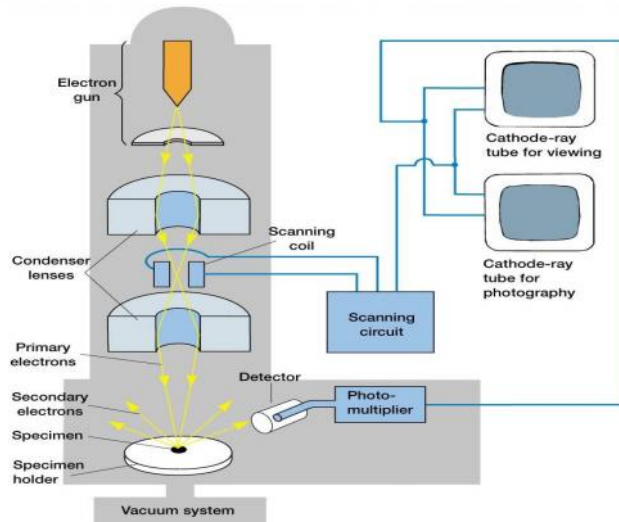
Kính hiển vi điện quét, SEM (Scanning Electron Microscope), là một kính hiển vi điện có thể tạo ra những hình ảnh phân giải cao của bề mặt mẫu vật bằng cách dùng một chùm điện tử quét trên bề mặt mẫu. Việc tạo ra những ảnh và vật thể thực hiện thông qua việc ghi nhận và phân tích các bức xạ phát ra do tương tác của chùm điện tử với bề mặt mẫu vật. Dùng kính hiển vi điện chúng ta có thể biết được cấu trúc tinh thể của những bề mặt mẫu vật.

Kính hiển vi điện SEM đầu tiên được phát triển bởi nhà vật lý người Nga Zworykin (1889- 1982) vào năm 1942. Năm 1948 C. W. Oatley (1904- 1996) phát triển kính hiển vi điện quét trên mô hình này với chùm điện tử có phân giải đến  $500 \text{ \AA}$ . Tuy nhiên, kính hiển vi điện quét thế hệ đầu tiên được sản xuất vào năm 1965 bởi Cambridge Scientific Instrument Mark I.

### ***II.1.2. CỤTỐCẢ KÍNH HIỂN VI ĐIỆN QUÉT SEM:***

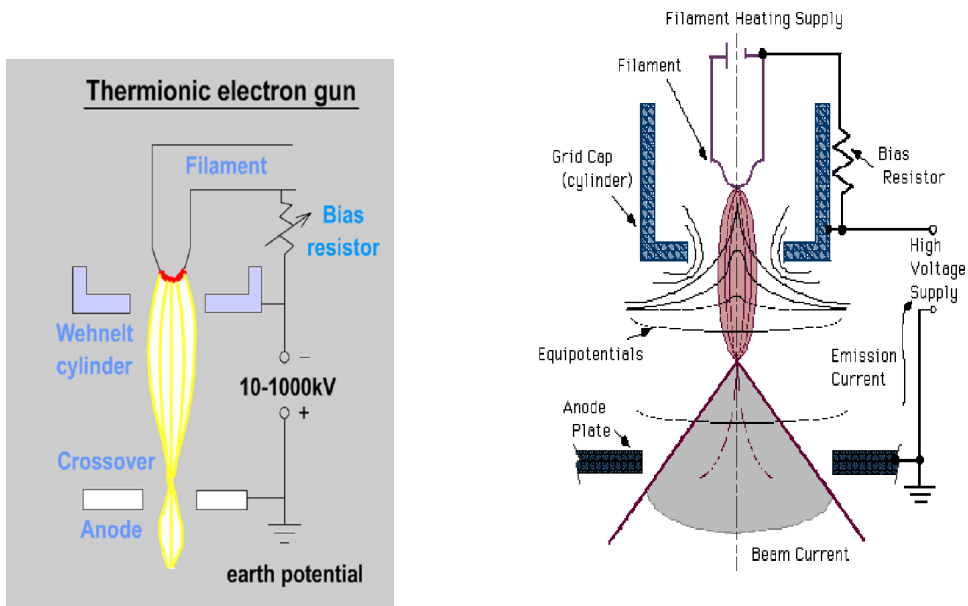
Kính hiển vi điện quét có các bộ phận sau:

- Nguồn phát điện tử (súng phóng điện tử).
- Hệ thống kính tụ.
- Hệ thống gia tốc.
- Hệ thống thu nhận ảnh.



**Hình 2.1. S c u t o kính hi n vi SEM**

**1. Súng i n t :**



**Hình 2.2. S súng i n t**

Súng phóng i n t t o ra chùm i n t v i kích th c i m nh , n ng l ng có th i u ch nh c và tán s c nh . Súng i n t c dùng trong SEM có

nhiệt độ cao. Nó có thể hoạt động theo cách phát xạ nhiệt, phát xạ nhiệt hồng ngoại hoặc kết hợp phát xạ nhiệt và phát xạ nhiệt. Các phát xạ nhiệt hồng ngoại không cần nhiệt độ cao do có bước sóng cao. Các dòng trong các phát xạ nhiệt rất lớn nên tạo ra ánh sáng cao. Kích thước hạt của các phát xạ nhiệt nên phóng xạ lớn. Các phát xạ nhiệt hồng ngoại trong môi trường chân không siêu cao, nên giá thành rất cao. Phát xạ nhiệt thì yêu cầu môi trường chân không không quá khắc khe. Phần này chỉ trình bày ngắn gọn về các phát xạ nhiệt.

Súng điện tử có ba phần: súng, hình trụ Wehnelt, bản anode. Trong đó, súng có các loại như W, tungsten,  $\text{LaB}_6$ . Trụ này gọi là súng tungsten, hay Wofram, trong đó súng tungsten có đường kính 70 nm do giá thành của nó thấp, và môi trường chùm tia nhỏ. Súng Wofram tạo nên điện tử gần như thể phát xạ nhiệt từ đầu dây hình xoắn ốc, trong môi trường chân không không quá khắc khe. Tuy nhiên, nguồn này cho hiệu suất thấp do thông số nguồn không tốt. Hiện nay người ta thường sử dụng súng phóng điện tử có điện áp nung nóng cao ở trạng thái  $\text{LaB}_6$ . Bán kính của đầu súng là 5. Đây là bảng so sánh các thông số của các nguồn.

	Units	Tungsten	LaB <sub>6</sub>	FEG (cold)	FEG (thermal)	FEG (Schottky)
<b>Work Function</b>	eV	4.5	2.4	4.5	-	-
<b>Operating Temperature</b>	K	2700	1700	300	-	1750
<b>Current Density</b>	A/m <sup>2</sup>	5*10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>10</sup>	-	-
<b>Crossover Size</b>	μ m	50	10	<0.005	<0.005	0.015- 0.030
<b>Brightness</b>	A/cm <sup>2</sup> sr	10 <sup>5</sup>	5 × 10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
<b>Energy Spread</b>	eV	3	1.5	0.3	1	0.3-1.0
<b>Stability</b>	%/hr	<1	<1	5	5	~1
<b>Vacuum</b>	PA	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-8</sup>
<b>Lifetime</b>	hr	100	500	>1000	>1000	>1000

## B ng 2.1 Comparison of Electron Sources at 20kV

Nguyên lý ho t ng c a súng phóng i n t :

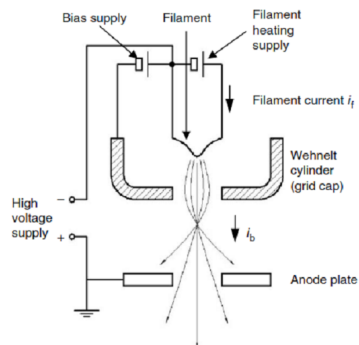


FIGURE 1.8. Schematic of the self-biased thermionic tungsten electron gun. (The effect of the negative bias of the Wehnelt cylinder on the electron trajectory is shown.)

Nguồn phát x nhiệt điện cực bên trong hình trụ Wehnelt và các  
 tấm đồng nhôm mạ vonfram. Sợi tungsten có đường kính khoảng 100  $\mu$ m.  
 Nó được nung nóng nhiệt độ khoảng 2800K, bằng cách áp dòng (*filament  
 current*). Một thay thế trong khoảng 0.1 -30 kV gia tăng tungsten và khi  
 hình trụ có thể bằng cách cung cấp điện áp vào. Điện áp phát ra từ  
 filament sẽ giảm dần là điện áp Wehnelt có tác dụng như một thấu  
 kính điện, và tăng dần để tập trung, và có tác dụng như hình chụm tia  
 chùm điện chụm theo một phía nhất định. Khi anode được đặt vào,  
 điện trường gia tăng và anode hút và gia tăng electron từ anode. Đường kính  
 chùm tia gần anode khoảng 10-50  $\mu$ m.

**2/ Hệ thống kính điện**

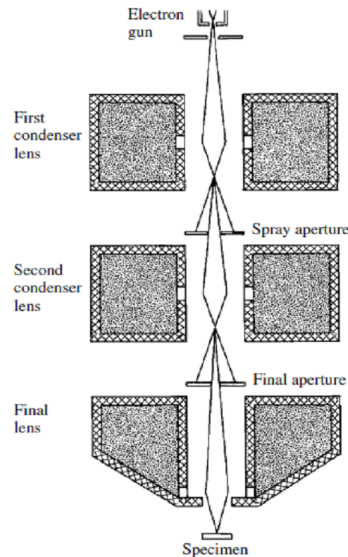


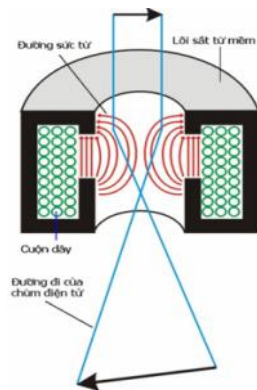
Fig. 3.4. A schematic diagram of a three-lens probe-forming column as used  
 in SEMs etc.: lenses produce a demagnified image of the electron source;  
 aperture diaphragms intercept the unwanted part of the beam.

Hệ thống kính điện có tác dụng tập trung chùm điện và các phát ra khi súng  
 phóng điện và kích thước của chùm tia. Tùy vào  
 ứng dụng, yêu cầu về phân giải, bán kính mà người ta chọn bao nhiêu thấu  
 kính điện. Có thể là hai, ba, hoặc nhiều hơn.

Trong hệ thống kính hiển vi ta chia làm hai loại là thấu kính sáng và vật kính.

- Thấu kính sáng (*Condenser lens*) dùng hội tụ chùm tia sau khi phát ra từ súng điện hay là biến chùm tia thành chùm tia song song với trục của thấu kính. Một khi thấu sáng thì thành kính hội tụ và tiêu cự của chùm điện thì trên kính.
- Vật kính (*object lens*) thành dùng hội tụ chùm điện vào mẫu trên bề mặt mẫu giúp hội tụ tia. Vì vậy kích thước kính giúp ta giảm kính của chùm điện lên bề mặt mẫu và chiếu phân giải hình thu được.

Thấu kính thành chất là một nam châm điện, có cấu trúc là một cuộn dây quấn trên lõi làm bằng vật liệu từ tính. Hai cực của từ trường quay luân phiên. Tâm hai cực có một lỗ cho chùm điện đi qua. Khe thấu kính tách 2 cực, tia điện tác động làm hội tụ chùm tia. Vị trí tiêu cự có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi dòng thấu kính sáng. Một khi thấu sáng thì thành kính hội tụ và tiêu cự của chùm điện thì trên kính. Vì cuộn dây mang dòng điện nên nó tỏa nhiệt và đòi hỏi phải làm lạnh (bằng nước hoặc Nitơ lỏng).



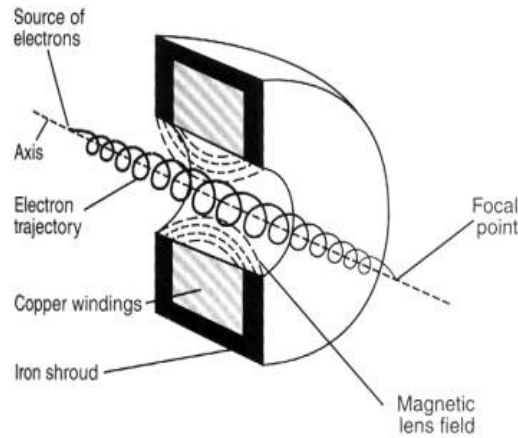
**Hình 2.4: Cấu tạo của thấu kính**

Thấu kính điện từ được dựa trên nguyên lý lệch tia electron trong từ trường dài tác động của lực Lorentz. Quá trình chuyển động của electron trong từ trường:

Lý tích phân và giải phương trình này ta thu được công thức xác định bán kính quang học và tiêu cự của thấu kính

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{8U_0} \int_{-\infty}^{\infty} B_{z0}^2(z) dz \quad \text{và} \quad r = \frac{\left[ 2m_e \times E \left( 1 + \frac{E}{2E_0} \right) \right]^{1/2}}{eB}$$

Trong đó:  $E$ : năng lượng electron đi thẳng  $V$ ;  $E_0$ : Năng lượng nghỉ;  $B$ : Cường độ từ trường.

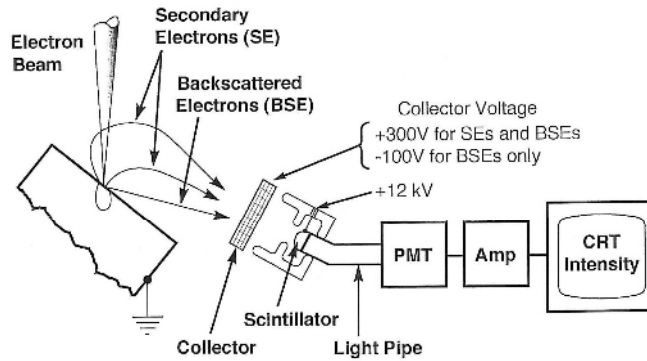


**Hình 2.5: Sơ đồ truyền qua của electron qua thấu kính từ**

Như vậy có thể hiểu khi electron qua thấu kính bằng cách lệch tia electron phân bố của từ trường B trong khe từ để cho electron chuyển động giống như khúc xạ ánh sáng trong thấu kính quang học.

### 3.Hệ thống thu nhận và truyền

Khi ánh sáng tác động vào vật, sẽ có các bức xạ phát ra có hình ảnh in tán xạ trên phim, in trên giấy... Thông qua việc ghi nhận và xử lý tín hiệu sẽ cho ta thông tin về vật.



**Figure 2.4.** Diagram showing backscattered and secondary electron collection of these signals by the Everhart-Thornley (E-T) detector.

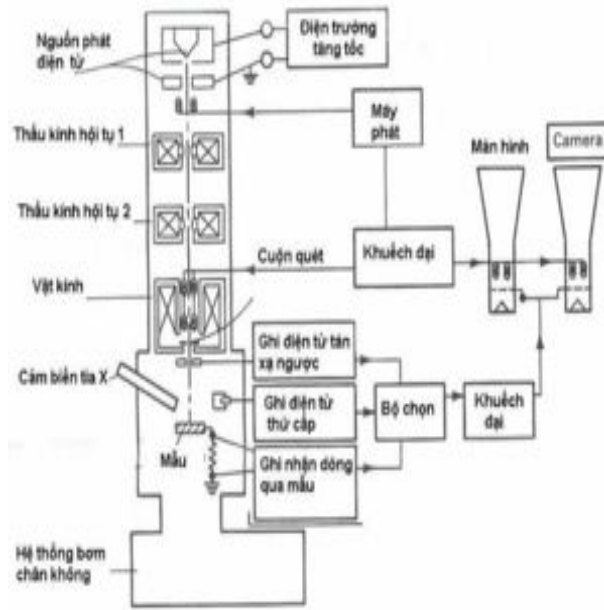
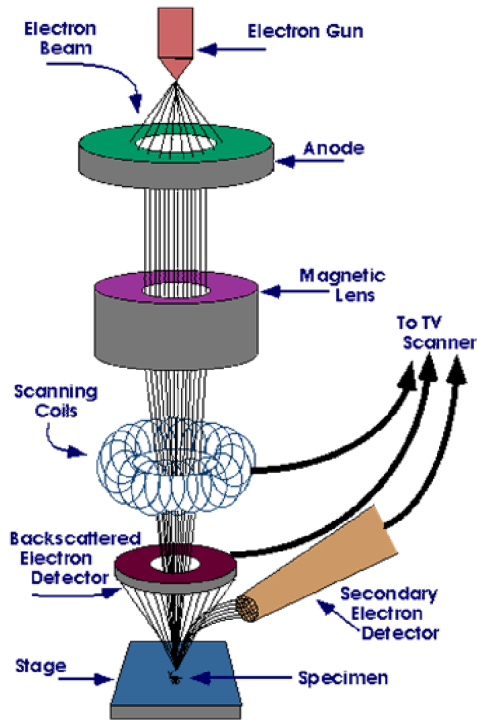
### II.1.3. NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA KÍNH HIỂN VI ĐIỆN TỬ SEM

Điện tử kính hiển vi điện tử quét (SEM) có tác dụng như một thấu kính điện tử, vật thể cần quan sát có tác dụng như một chùm điện tử chuyển động theo một phương nhất định. Sau đó các điện tử anode và collector. Sau đó chùm điện tử đi qua thấu kính và chiếu thành chùm điện tử hẹp (có vài  $A^0$  đến vài nanomet), sau đó quét trên bề mặt mẫu như các cuộn quét điện tử. Khi điện tử tương tác với bề mặt mẫu, sẽ có các bức xạ phát ra, sự kiện trong SEM và các phép phân tích đặc trưng thông qua việc phân tích các bức xạ này. Các bức xạ chủ yếu gồm:

+ **điện tử tán xạ ngược đàn hồi:** Khi chùm điện tử đập vào mẫu, nhiều điện tử bị tán xạ đàn hồi và không mang năng lượng của chúng.

+ **điện tử tán xạ ngược không đàn hồi:** Khi chùm điện tử đập vào mẫu và bị tán xạ ngược lại với các năng lượng khác nhau. Sự tán xạ này phụ thuộc vào thành phần hóa học của mẫu, do đó điện tử tán xạ ngược rất hữu ích cho phân tích vật thể thành phần hóa học. Ngoài ra, điện tử tán xạ ngược có thể dùng ghi nhận hình ảnh điện tử tán xạ ngược, giúp cho phân tích cấu trúc tinh thể (chụp ảnh nhiễu xạ điện tử).





**Hình 2.6:** *S k h i c a k í n h h i n v i i n t*

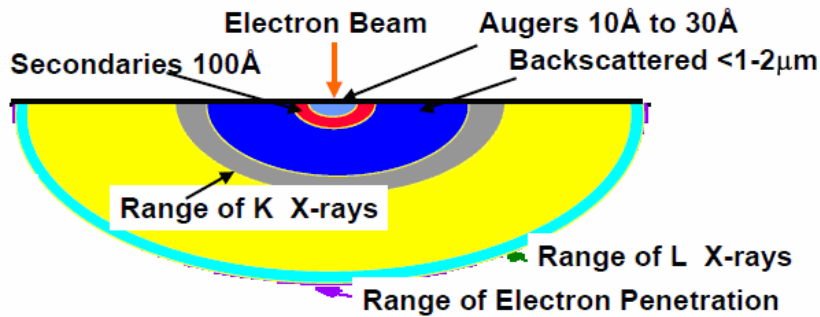
+ *i n t t h c p*: Đây là ch ghi nh thông d ng nh t c a k í n h h i n v i i n t quét, chùm i n t t h c p có n ng l ng th p (th ng nh h n 50 eV) c ghi nh n b ng ng nhân quang nh p nhảy. Vì chúng có n ng l ng th p nên ch y u là các i n t phát ra t b m t m u v i sâu ch vài nanomet, do v y chúng t o ra nh hai chi u c a b m t m u. Các i n t t h c p này c detector thu và m. Càng nhi u i n t t h c p thì nh i m càng sáng.

**II.1.4. S T O N H C A K Í N H H I N V I I N T S E M:**

Kính hi n vi i n t S E M cho ta thông tin m u thông qua các hình nh c hi n th . Có nhi u y u t nh h ng n các thông s c a nh thu c nh phân gi i, hi n t ng quang sai, h ng t m u, v trí t detector, ng kính u dò i n t ,... Vì v y, vi c c i thi n các y u t nh h ng n ch t l ng nh là m t nhi m v c t ra i v i các kính hi n vi i n t nh m t o ra các kính hi n vi i n t có phân gi i cao h n và kh c ph c c hi n t ng quang sai.

a/ **Th tích t ng tác m u** (Specimen Interaction Volume): Là ph n th tích bên trong m u có x y ra t ng tác v i chùm i n t . Th tích t ng tác m u ph thu c

- S nguyên t c a v t li u
- Th ho t ng c a chùm i n t
- Góc t i c a chùm i n t .



Hình 2.7: Specimen Interaction Volume

b/ **phân gi i c a kính hi n vi SEM**

phân gi i c a SEM ph thu c vào kích th c c a ch m i n t p vào m u. Thông th ng, kích th c ch m i n t l n h n kích th c nguyên t , do ó SEM không phân tích c c p nguyên t . Trong các máy SEM, phân gi i kho ng 20 nm. Các kính SEM hi n i có phân gi i trong kho ng 1nm-10nm

Có nhi u y u t nh h ng n phân gi i c a kính SEM, ch ng h n nh th gia t c, dòng dò  $I_p$  (probe current), ng kính chùm  $d_p$ ,

Công th c Abbe v phân gi i:

$$d = 0.612 \lambda / n \sin \alpha$$

d: phân gi i.

$n$ : chỉ số khúc xạ của môi trường và thấu kính

$\alpha$ : nửa góc khuy (rad).

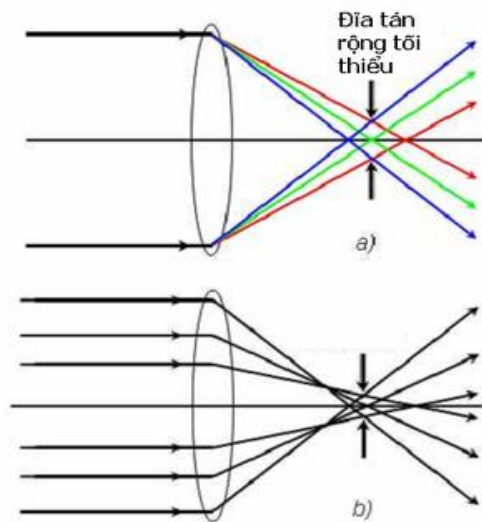
Chỉ thị phân giải vì chúng ta làm tăng số lượng SE detector, ta hiểu rằng sẽ có nét càng góp phần tăng phân giải của ảnh thu được. Tuy nhiên, nếu quá, ta có thể thấy hình ảnh các thông số hình ảnh như kính chòm mắt, dùng kính hiển vi chòm mắt khi nhìn và giải thích cách làm việc.

### c/ Tổng hợp:

Một thông số quan trọng khác là tổng hợp giải hai vùng. Đó là chất lượng của hai điểm khác nhau trên 1 nh. Tổng hợp có hai loại là tổng hợp hình học và tổng hợp toàn phần. Chỉ thị tổng hợp phân giải có thể tăng kích thước chòm mắt.

### d/ Hiện tượng quang sai (Optical Aberration):

Hiện tượng quang sai là hiện tượng sai lệch hình ảnh qua dụng cụ quang học. Quang sai có hai dạng phổ biến là cầu sai và sắc sai.



**Hình 2.8** : Hai loại quang sai, sai lệch (a): chùm tia có bước sóng khác nhau do đó chùm tia song song không hội tụ tại một điểm mà tạo thành một dải, sai lệch (b): chùm tia càng xa trục chính càng bị lệch.

+ **Hội tụ sai lệch**: chùm tia có bước sóng khác nhau do đó chùm tia song song không hội tụ tại một điểm mà tạo thành một dải. Sai lệch liên quan đến sự lệch lệch trong bước sóng của chùm tia mang đi. Một chùm tia mang đi chuyển động song song với trục chính có nhiều bước sóng khác nhau, hay nói cách khác là do mỗi tia mang đi có vận tốc khác nhau. Do đó, các sóng có bước sóng khác nhau sẽ hội tụ tại các tiêu điểm khác nhau, tạo ra một dải nhiễu xạ trên một phẳng tiêu (hiệu ứng) của thấu kính, thay vì là chùm tia song song hội tụ tại một điểm như nguyên lý của quang hình học.

$$d_{\min} = C_c \alpha \cdot \Delta E / E_0$$

+ **Hội tụ sai lệch**: Sai lệch là độ quang sai chỉ có trong các thấu kính do sự phân bố trọng tâm không hoàn hảo. Sự lệch lệch hoàn hảo này dẫn đến việc các chùm tia xa trục chính sẽ hội tụ kém hơn so với các chùm tia gần trục chính và do đó tạo ra một dải nhiễu xạ thay vì hội tụ tại một điểm.

$$d_{\min} = 0.5 C_s a^3$$

**Cách khắc phục**:

Hội tụ sai lệch quang sai và sai lệch như những tính chất của ánh sáng và vì vậy loại bỏ quang sai thì rất khó. Người ta cố gắng nghiên cứu hình học của thấu kính để giảm quang sai là một nhu cầu và hiệu quả của hội tụ sai lệch quang sai. Có nhiều nghiên cứu về các thiết bị như: Scherzer (1947), Gabor (1942-43), Zworykin cùng các đồng nghiệp (1945), Steptier (1966). Sai lệch có thể khắc phục bằng cách dùng thấu kính có tiêu cự ngắn. Tiêu cự ngắn nhất nên có thể xác định về giá trị trọng tâm của nó. Ngoài ra người ta có thể giảm sai lệch bằng cách dùng một thấu

trong hình thức kính hiển vi góc tia electron truyền quang học. Công có nhược cách hiển vi sai trên nguyên tắc là làm cho nguồn năng lượng điện phiếm. Do đó một trong những cách hiển vi sai là ngụy tạo dùng nguồn phát điện có kho năng lượng nhỏ. Thế thì mức năng lượng nhỏ trong kho (0.3- 1.5 eV) và mức tiêu là ngụy tạo phần tử của chùm điện có mức năng lượng là 0.2 eV.

## II.1.5. ƯU VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA SEM

### a/ Ưu điểm:

Kính hiển vi điện SEM đang ngày càng phổ biến trong phòng thí nghiệm do nó có các ưu điểm sau:

- Phân tích mà không cần phá hủy mẫu vật.
- Hoạt động chân không thấp.
- Thao tác dễ dàng khi nghiên cứu hình ảnh rỗng như so với TEM khi cần cho nó trở lại sử dụng.
- Tốc độ thu dữ liệu nhanh.
- Việc chuẩn bị mẫu đơn giản.
- Giá thành của SEM thấp hơn rất nhiều so với TEM.

### b/ Nhược điểm:

Bên cạnh những ưu điểm thì SEM cũng có những hạn chế sau:

- Mẫu phân tích phải được chế tạo.
- Kích thước mẫu đặt vào phân tích rất nhỏ (khoảng 10cm-40mm).