

Th c m c xin liên h : thanhnam1910_2006@yahoo.com

I H C QU C GIA TP H CHÍ MINH
TR NG I H C KHOA H C T NHIÊN
2010

PHÁT X QUANG I N T

GVHD:

PGS.TS LÊ V NHI U

NHÓM TH C HI N:

HU NH LÊ THÙY TRANG

ÀO VÂN THÚY

TP H CHÍ MINH

www.mientayvn.com

A. LÝ THUYẾT PHÁT X QUANG I N T

I. Hi n t ng phát x quang i n t

1. L ch s v hi u ng quang i n

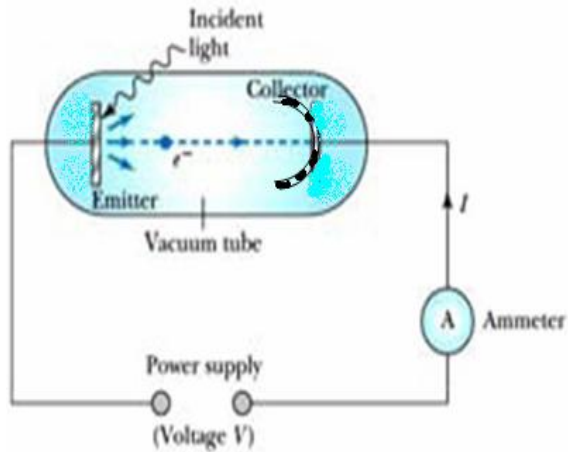
_ N m 1839, Alexandre Edmond Becquerel l n u tiên quan sát th y hi u ng quang i n x y ra v i m t i n c c c nhúng trong dung d ch d n i n c chi u sáng.

_ N m 1887, Heinrich Hertz quan sát th y hi u ng quang i n ngoài i v i các kim lo i (c ng là n m ông th c hi n thí nghi m phát và thu sóng i n t). Sau ó Aleksandr Grigorievich Stoletov (1839-1896) ã ti n hành nghiên c u m t cách t m và xây d ng nên các nh lu t quang i n.

_M t trong các công trình c a Albert Einstein xu t b n trên t p chí Annal der Physik ã lý gi i m t cách thành công hi u ng quang i n c ng nh các nh lu t quang i n đ a trên mô hình h t ánh sáng, theo Thuy t l ng t v a c công b vào n m 1900 c a Max Planck. Các công trình này ã đ n n s công nh n v b n ch t h t c a ánh sáng, và s phát tri n c a lý thuy t l ng tính sóng - h t c a ánh sáng.

2. Hi n t ng quang đ i n:

a. Hi n t ng



Khi một thông lượng bức xạ chiếu tới bề mặt cathode thì một phần của nó bị phản xạ, một phần xuyên sâu vào bên trong vật thể và chúng bị hấp thụ. Bức xạ hấp thụ này có thể:

_ Làm xuất hiện những hạt electron mới: electron trong vùng dẫn và lỗ trống trong vùng hóa trị làm tăng số electron. Hiện tượng này gọi là hiện tượng quang dẫn (hiện tượng quang điện).

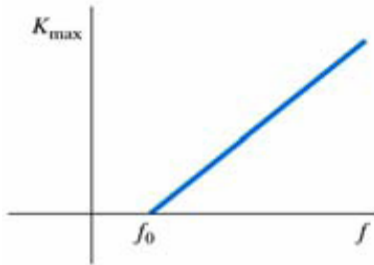
Hiện tượng quang dẫn đặc biệt xuất hiện ở vật chất bán dẫn và chất cách điện, làm thay đổi số electron của chúng. Và hiện tượng quang dẫn không xuất hiện trong kim loại vì trong kim loại đã có rất nhiều electron tự do.

_ Làm xuất hiện những electron có năng lượng lớn vượt qua rào thế trên bề mặt vật thể và phát xạ ra ngoài. Hiện tượng này gọi là hiện tượng quang điện ngoài hay phát xạ quang điện.

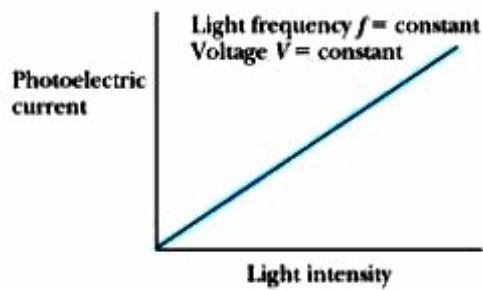
Kết quả thu được từ việc nghiên cứu phát xạ quang điện bằng thực nghiệm:

Th c m c xin liên h : thanhnam1910_2006@yahoo.com

_S ph thu c vào t n s c a ánh sáng t i: ng n ng ph thu c tuy n tính vào t n s ánh sáng t i



_S ph thu c c a dòng vào c ng : Dòng quang i n t ng tuy n tính v i c ng ánh sáng t i.

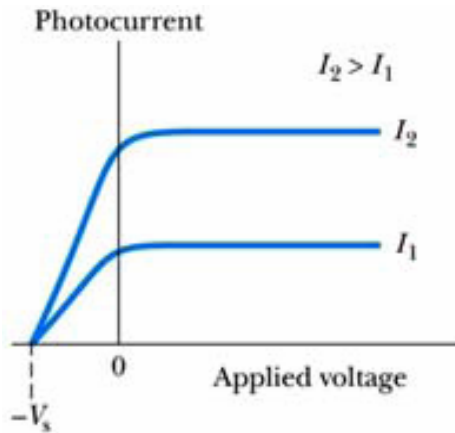


_S ph thu c c a dòng quang i n vào i n th áp: V_s :th hãm $\Rightarrow I=0$

+Th hãm t l v i ng n ng c c i c a quang i n t : $K_{\max} = eV_s$

+Th hãm không i khi c ng dòng thay i \Rightarrow ng n ng c a quang i n t

không ph thu c c ng t i



_ S ph thu c vào th i gian: i n t h p th và phát x photon m t cách t c th i

T vi c nghiên c u phát x quang i n t b ng th c nghi m ã thành l p hai nh lu t c b n sau:

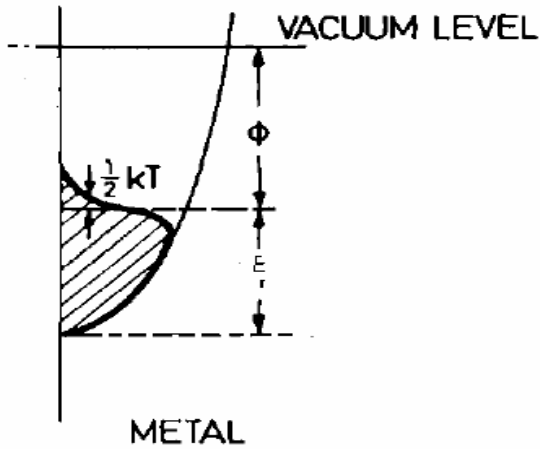
_ nh lu t Stoletov: Dòng quang i n t (trong ch bão hoà) t l thu n v i dòng b c x p lên cathode: $i \sim I$

_ nh lu t Einstein: n ng l ng c c i c a quang i n t t l thu n v i t n s b c x và không ph thu c vào c ng c a nó:

$$\left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{max} = a + bv$$

II. S phát x quang i n t i v i kim lo i

1. Kh o sát nh lu t Einstein



T i 0 K, trong kim lo i, các i n t n m d i ho c m c n n g l n g Fermi. T i T > 0K thì n n g l n g c a i n t trong kim lo i nh n thêm m t n n g l n g do kích thích nhi t:

+ W

v i : n n g l n g Fermi, W : n n g l n g kích thích nhi t.

Khi chi u chùm b c x n n g l n g h n b m t kim lo i thì i n t s h p th photon. Sau khi h p th , n n g l n g i n t là:

$$W = \epsilon + W + h\nu$$

Khi xung l c c a i n t h n g n b m t kim lo i, thì sau khi h p th photon, i n t s b t ra kh i b m t kim lo i. Trên ng i n b m t ó i n t b m t mát m t n n g l n g W do t n g tác v i v t ch t bên trong kim lo i, và thoát ra kh i b m t kim lo i, i n t ph i v t qua rào th W_0 . Do v y sau khi thoát ra kh i kim lo i, n g n n g c a i n t b n g:

$$\frac{mv^2}{2} = \epsilon + h\nu + \delta W - W_0 - \Delta W = h\nu + \delta W - \Delta W - \Phi_0$$

Φ_0 : công thoát ngoài

N u không có s m t mát n n g l n g do t n g tác gi a i n t v i v t ch t bên trong kim lo i ($W = 0$) và không tính n n g l n g kích thích nhi t ($T = 0K$) thì n g n n g c a i n t l n nh t:

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\max} = h\nu - \Phi_0$$

Là phương trình Einstein

Nhận xét:

Sự phụ thuộc vào tần số của ánh sáng tím:

Vận tốc của quang điện chỉ phụ thuộc vào tần số của bức xạ chiếu tới mà không phụ thuộc vào cường độ ánh sáng tím.

– Nếu $\nu < \nu_0$: hiệu quang điện không xảy ra.

– Nếu $\nu - \nu_0 = 0$ hay $\nu_0 = \nu_0/h$: gọi là biên độ của hiệu quang điện, đây là tần số nhỏ nhất mà tế bào quang điện có hiệu quang điện

Do đó công thức Einstein có viết lại là:

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{max} = h(\nu - \nu_0)$$

Sự phụ thuộc vào cường độ ánh sáng tím:

Dòng quang điện tỉ lệ với cường độ ánh sáng tím (khi tần số của ánh sáng tím lớn hơn tần số photon thì số quang điện hay cường độ dòng quang điện tăng)

Sự phụ thuộc thời gian của phát xạ quang điện: khoảng thời gian mà điện

tích tụ photon rời phát xạ ra khi bắt đầu tính bằng cách xem như điện tích của photon sau khi photon đi mất khoảng bằng kích thước của tế bào quang điện, do đó thời gian hấp thụ photon là t_{abs} photon:

$$t_{abs} = \frac{10^{-14}m}{3.10^8m/s} = \frac{1}{3} 10^{-22}s$$

Như vậy, ta thấy điện tích photon mất cách tế bào. Phù hợp với thực nghiệm.

– Hiệu ứng quang điện của nhôm Einstein:

Hiệu ứng Einstein chỉ xảy ra khi tần số ánh sáng tím $\sim \nu_0 \div 1.5 \nu_0$ và $T = 0K$ (tức khi $W = 0$)

Khi $T = 0K$ phương trình Einstein không còn nghiệm đúng, ν_0 không còn là tần số biên vì khi nhiệt độ tăng W tăng nên ν_0 sẽ giảm. Tuy nhiên khi $T > 0K$ thì ngược lại

lên làm (kính phòng) thì internet có năng lượng hơn rất nhiều, do đó số internet có vận tốc lớn hơn $v > v_{\max}$ sau khi thoát ra khỏi kim loại là rất nhiều.

2. Tính toán mật độ dòng phát xạ

tính toán mật độ dòng phát xạ rất phức tạp, phức tạp ngay quy tắc mà tôi sẽ nêu sau:

_ Số phân bố theo năng lượng của các electron internet sau khi hấp thụ photon.

_ Xác suất hấp thụ photon của internet phụ thuộc vào vận tốc, vận tốc của electron năng lượng của nó.

_ Xác suất internet hấp thụ photon trên bề mặt kim loại và số mật độ electron trên năng lượng của chúng.

_ Xác định hệ số truyền qua của internet kích thích qua rào thế trên bề mặt kim loại i....

Quy tắc như vậy này, Fowler đã xây dựng lý thuyết xuất phát từ những giả thuyết tiên nghiệm sau những khác biệt với thực tế đang diễn ra:

_ Trường thái của internet trong kim loại có biểu diễn bằng lý thuyết internet theo Sommerfield.

_ Lý thuyết của xây dựng cho vận tốc điện tử gần biên ($\sim 0 \div 1.5 \cdot 0$). Như vậy, dòng quang điện chỉ giảm nhẹ đi một lượng nhỏ của mức Fermi. Do vậy yếu tố của những electron không phụ thuộc nhiều vào năng lượng internet và có thể xem là hằng số. Vì vậy xác suất hấp thụ photon P_{ca} internet bất kỳ là như nhau.

_ Hệ số truyền qua D của xác định:

$$D = 0 \text{ khi } W_x < W_0$$

$$D = 0 \text{ khi } W_x \geq W_0$$

_ Quang internet kích thích trong một lớp dày trên bề mặt kim loại có độ dày cỡ quãng đường tự do trung bình.

Như vậy, theo lý thuyết của Flower, những electron khí trên lớp bề mặt kim loại khi chiếu sáng bởi ánh sáng có tần số giảm hai loại:

+ Loại thứ nhất: internet thông thường của mức Fermi, nhiệt độ của các internet này không thể thoát ra khỏi kim loại.

+ Lợi ích hai: các điện tử kích thích bị ion hóa.

Nhưng điện tử này có thể thoát ra khỏi kim loại khi bị kích thích bởi một năng lượng $W_x > W_0$. Do đó sự phân bố năng lượng của các điện tử hấp thụ photon theo năng lượng của nó có sự chênh lệch với điện tử khí thông thường ngay cả khi chuyển về phía trạng thái năng lượng thấp.

Điện tử có năng lượng W_x khi hấp thụ photon thì năng lượng của điện tử tăng lên một lượng $h\nu$, vì vậy tại năng lượng W_0 một lượng $W_0 - h\nu$.

Vậy số điện tử có năng lượng W_x trong $W_x + dW_x$ trên một đơn vị diện tích bề mặt kim loại trong thời gian $1s$ là:

$$dN = \frac{4\pi mkT}{h^3} \ln\left(1 + e^{\frac{\epsilon - W_x}{kT}}\right) dW_x$$

Giá trị t (xác suất) giảm điện tử khí kích thích bởi photon trên bề mặt kim loại với một điện tử khí thông thường (là hằng số).

Vậy quang điện tử thoát ra trên một đơn vị diện tích bề mặt kim loại trong thời gian $1s$ là:

$$N_{\Phi} = \alpha \frac{4\pi mkT}{h^3} \int_{(W_0 - h\nu)}^{\infty} \ln\left(1 + e^{\frac{\epsilon - W_x}{kT}}\right) dW_x$$

tính toán tích phân này, ta dựa vào biến số mới:

$$t = \frac{\epsilon - W_x}{kT}$$

Và khi đó

$$x = \frac{h(\nu - \nu_0)}{kT} = \frac{\epsilon - (W_0 - h\nu)}{kT}$$

Vậy phương trình trở về với:

$$N_{\Phi} = \alpha \frac{4\pi mk^2}{h^3} T^2 \int_{-\infty}^x \ln(1 + e^t) dt$$

Hàm

s

$$f(x) = \int_{-\infty}^x \ln(1 + e^t) dt$$

Có thể tra bảng hoặc viết dưới dạng sau:

$$f(x) = e^x - \frac{e^{2x}}{2^2} + \frac{e^{3x}}{3^3} - \dots = - \sum (-1)^n \frac{e^{nx}}{n^2} \text{ khi } x \leq 0$$

$$\text{và } f(x) = \frac{\pi^2}{6} + \frac{x^2}{2} - \left(e^{-x} - \frac{e^{-2x}}{2^2} + \dots \right) = \frac{\pi^2}{6} + \frac{x^2}{2} - \sum (-1)^n \frac{e^{-nx}}{n^2} \text{ khi } x \geq 0$$

$$f(0) = \frac{\pi^2}{12} \text{ khi } x = 0$$

Do đó, mật độ dòng quang điện có dạng:

$$j_{\Phi} = eN_{\Phi} = \alpha A_0 T^2 f(x) = \alpha A_0 T^2 f\left[\frac{h(\nu - \nu_0)}{kT}\right]$$

Vì A_0 là hằng số nhiệt điện Sommerfield

$$A_0 = \frac{4\pi m k^2 e}{h^3}$$

Nhận xét kết quả :

- Khi $x = 0$ (và $x = 1$) thì:

$$x = -\frac{h\nu_0}{kT} = -\frac{\Phi_0}{kT} < 0$$

Mật độ dòng quang điện có dạng:

$$j = A_0 T^2 e^{-\frac{\Phi_0}{kT}}$$

Vậy, phương trình này trùng với phương trình mật độ dòng phát xạ nhiệt điện, dòng điện phát ra là do phát xạ nhiệt điện.

— Khi T = 0 K

+ Với $x < 0$; $x \rightarrow -\infty$, mật độ dòng phát xạ: $j = 0$.

Điều này cho thấy nghiệm đúng với thuyết Einstein, khi tần số ánh sáng thấp hơn tần số biên thì không xảy ra hiện tượng quang điện.

+ Với $x > 0$; $x \rightarrow \infty$. mật độ dòng phát xạ quang điện có dạng:

$$j_{\Phi} = \frac{1}{2} \frac{\alpha A_0 h^2}{k^2} (v - v_0)^2$$

X y ra hi n t ng phát x quang i n t , và ng c tr ng ph có d ng parabol.

_ Khi T > 0K

+ V i = 0 và x = 0, m t dòng phát x :

$$j_{\Phi} = \alpha A_0 T^2 \frac{\pi^2}{12}$$

Tr ng h p này mâu thu n v i d ng Einstein, m t dòng phát x >0 là do chuy n ng nhi t i n t . Lúc này 0 không còn là t n s biên n a, vì khi T t ng thì 0 bi n i theo T.

+ V i > 0 và x >> 1; f(x) = $\frac{x^2}{6} + \frac{x^2}{2}$. Do ó:

$$j_{\Phi} = \alpha A_0 T^2 \left(\frac{x^2}{2} + \frac{\pi^2}{6} \right) = \frac{\alpha A_0}{2} \left[\frac{h^2 (v - v_0)^2}{k^2} + \frac{\pi^2}{3} T^2 \right]$$

T bi u th c ta th y s h ng th nh tr t l n h n so v i s h ng th hai, ngay c khi (- 0) 100A⁰, vì v y j ph thu c r t ít vào T.

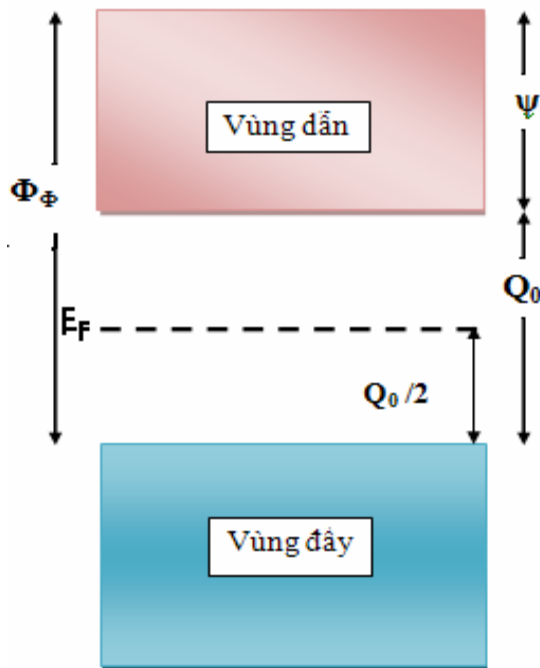
+ V i < 0 và x << -1 ; f(x) e^x, do ó m t dòng phát x :

$$j_{\Phi} = \alpha A_0 T^2$$

Tr ng h p này m t dòng phát x trùng v i m t dòng phát x nhi t i n t , s h p th n ng l ng photon t ng ng s gi m công thoát m t i l ng h . Do v y tr ng h p này s úng n u n u W₀ - h >> kT

III. S phát x quang i n t i v i ch t bán đ n và ch t cách i n.

1. Ch t cách i n và ch t bán đ n tinh khi t



C u trúc vùng n ng l ng c a bán d n tinh

khi t và ch t cách i n $T=0\text{ K}$

Khi $T = 0\text{K}$, thì vùng d n s tr ng r ng, các i n t t p trung vùng hóa tr . i u ki n i n t vùng l p y h p th photon và phát x ; h + Q_0 t c i n t mu n thoát ra kh i b m t bán d n tinh khi t ho c ch t cách i n thì ph i n ng l ng h p th ph i l n h n ho c b ng t ng n ng l ng vùng c m Q_0 và công thoát ngoài .

T n s biên c a phát x quang i n t trong tr ng h p này:

$h_0 = \dots + Q_0$ v i g i là công thoát quang i n t t c là n ng l ng c c t i u c n cung c p m t i n t vùng l p y có th tách ra kh i b m t chất bán d n tinh khi t và ch t cách i n.

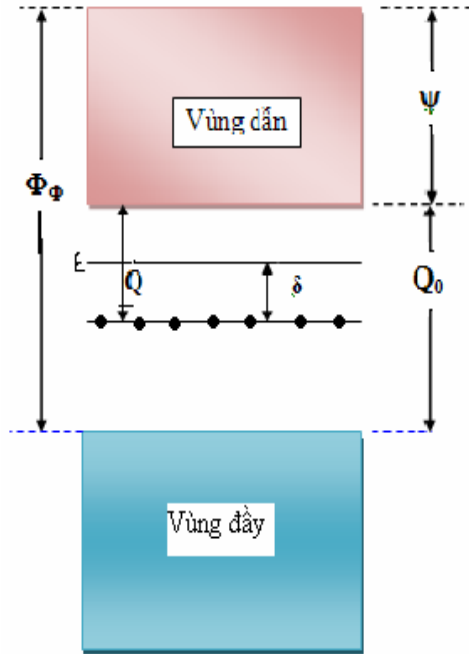
M i liên h gi a công thoát nhi t i n t và công thoát quang i n t :

$$\text{Công thoát nhi t i n t : } W_0 - \dots = + Q_0/2 = \dots - Q_0/2$$

Nh v y ta có th xác nh r ng vùng c m b ng cách : xác nh h_0 b ng cách o dòng phát x nhi t, còn xác nh b ng cách o t n s biên. Ph ng pháp này cho k t qu khá trùng nhau v i các ph ng pháp khác.

2. Bán d n có t p ch t

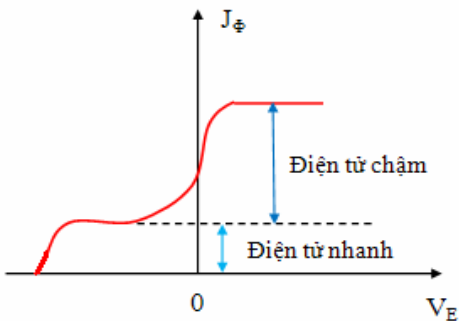
a. Bán d n lo i n



Trong bán d n lo i n, khi nhi t th p (kho ng nhi t phòng), n ng nguyên t t p ch t l n thì i n t s t p trung trên các m c t p ch t donor và trong vùng hóa tr . M c n ng l ng Fermi n m gi a m c t p ch t donor và vùng d n, cách m c t p ch t donor m t kho ng $Q/2$ nên x y ra hi n t ng phát x quang i n t thì t n s biên c a b c x chi u t i c xác nh:

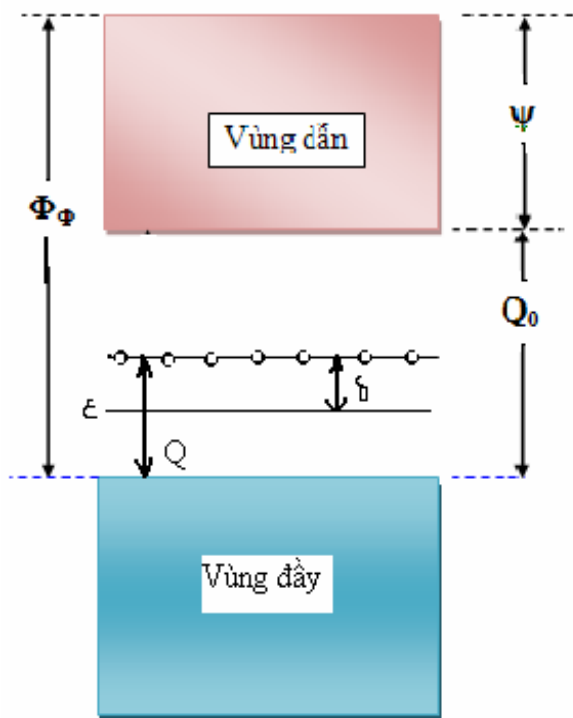
$$h_0 = \dots + Q$$

H th c liên h gi a h_0 và Q_0 : $h_0 = \dots$. N u nhi t th p thì : $h_0 = \dots - Q/2$



Khi xảy ra hiện tượng phát xạ quang điện bán dẫn loại n thì bán dẫn phát xạ quang điện xảy ra vì các điện tử tạp chất donor, nhưng mức năng lượng của chúng không trùng nhau và chỉ một vùng rất nhỏ, do đó dòng quang điện xuất hiện khi $\phi_0 = (\phi + Q)/h$ và nhờ vậy các điện tử tạp chất, sau đó đi vào vùng tiếp xúc donor là các điện tử trong vùng tiếp xúc, nên các điện tử tạp chất này cao hơn rất nhiều so với vùng tiếp xúc, khi $t \text{ số } t = (\phi + Q_0)/h$ thì các điện tử trong vùng tiếp xúc bắt đầu phát xạ quang điện, vì vậy như bắt đầu, nên cường độ phát xạ xuất hiện theo công thức 2. Vì vậy các điện tử thoát ra khi bán dẫn vùng tiếp xúc sẽ không còn nữa ở vùng tiếp xúc, do đó cường độ volt-ampe có dạng bậc.

b. Bán dẫn loại p



trạng thái thặng, không bị ion hóa nhưng mức tiếp xúc acceptor không chứa điện tử, các điện tử trong vùng tiếp xúc, thì phần mức năng lượng Fermi một khoảng $Q/2$. Do vậy muốn có hiện tượng phát xạ quang điện thì tần số biên:

$$h \nu_0 = \phi + Q_0$$

Hệ thức liên hệ giữa ϕ_0 và ν_0 : $\phi_0 = h \nu_0 - Q_0$

IV. Yêu cầu photocathode

Một photocathode tốt yêu cầu cần có lớp thoát (nhựa = s quang i n t / s h) l n và công thoát quang i n t nhỏ . Tuy nhiên m i lo i photocathode có nh ng u và nh c i m riêng, đ a vào ó ng i ta ng đ ng nó vào nh ng m c ích s đ ng phù h p, và tìm cách c i thi n nó c m t photocathode t t nh t, có kh n ng đ ng r ng rãi. Photocathode th ng dùng làm sensor óán nh n ánh sáng.

1. Photocathode kim lo i

Photocathode kim lo i có lớp thoát r t nh và biên quang i n t c a t t c kim lo i (tr kim lo i ki m) u n m trong vùng t ngo i hay biên vùng ánh sáng tím. Photocathode có u i m l n là: nh y c a nó luôn luôn không i và nhi t đ th ng phát x nhi t i n t hoàn toàn không x y ra. Do ó nó ch dùng khi c n có photocathode có nh y l n vùng t ngo i. hay làm cathode nhân quang i n t .

2. Photocathode b ng ch t cách i n

i v i ch t cách i n do r ng vùng c m r t l n, nên t n s biên quang i n t luôn n m r t xa vùng t ngo i. Vì v y ng i ta th ng không s d ng lo i photocathode này.

3. Photocathode bán d n

i v i photocathode bán d n u i m c a nó là:

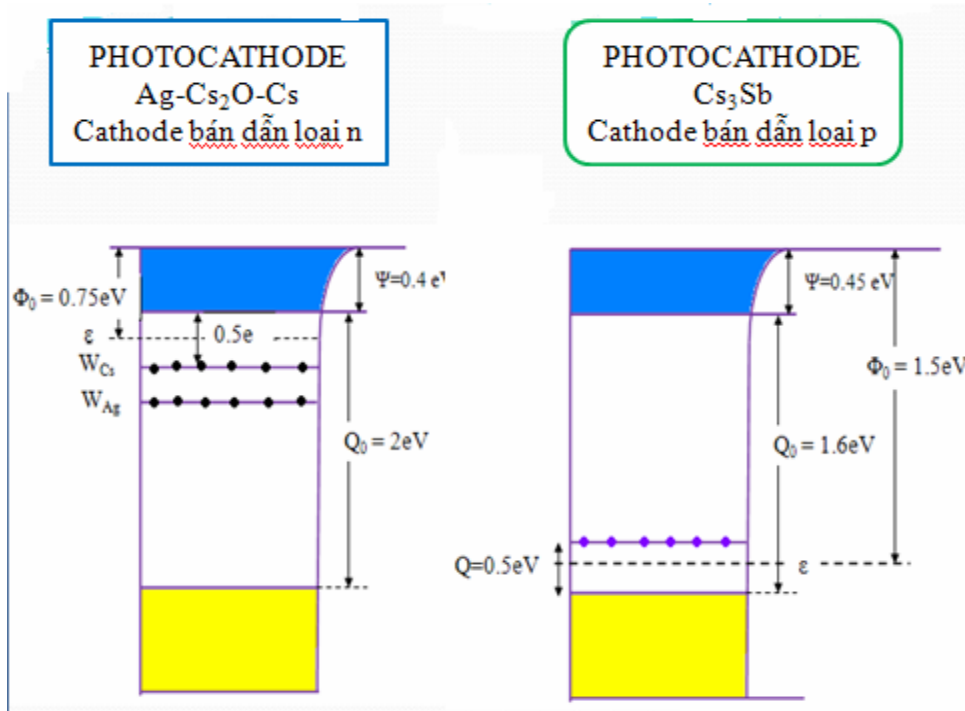
_H p th quang i n l n, và l n nh t i v i quang i n t thoát ra t vùng y vì s i n t trong vùng y luôn luôn l n h n vùng t p ch t.

_N ng l ng c a các i n t không b m t mát nhi u khi i n b m t cathode do các i n t d n i n có n ng nh nên m t mát n ng l ng do t ng tác gi a chúng không l n l m.

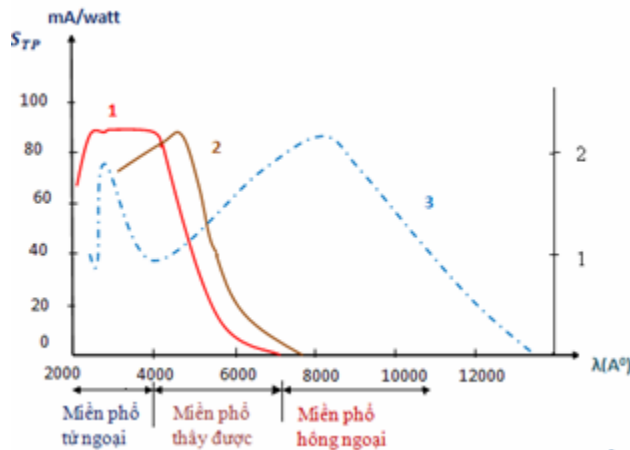
Photocathode bán d n lo i n ho c t t c các photocathode bán d n có vùng c m không l n l m thì c tr ng ph n m trong vùng ánh sáng nhìn th y.

Vì m t photocathode tốt yêu c u thì không nh ng l ng t thoát l n mà còn c n gi m công thoát quang i n t , mu n v y ng i ta c n ph lên trên m t cathode m t l p m ng n nguyên t . th a m n t t c yêu c u trên ng i ch t o ra lo i phtocathode bán d n ph c t p. Lo i photocathode đ ng đ ng r ng rãi trong k thu t ngày nay là Ag-Cs₂O-Cs và Cs₃Sb.

Gi n n ng l ng c a hai lo i photocathode.



c tr ng ph c a photocathode



Độ nhạy tích phân:

$$S_{TP} = \frac{I}{F} = \frac{\gamma \lambda}{12.3} \quad (\text{mA/Watt})$$

$$\gamma = \frac{I/e}{F/h\nu}$$

1. Cs₃Sb không trong suốt
2. Cs₃Sb trong suốt
3. Ag-Cs₂O-Cs (theo tỷ lệ xích bên phải)

a. Photocathode Ag-Cs₂O-Cs

Ch t cách i n Cs₂O ch a các nguyên t th a Cs và Ag t p ch t donor. Phát x quang i n t v i b c sóng 7500 ÷ 8500A⁰ liên quan n d ch chuy n i n t t m c t p ch t Cs, còn c c i vùng sóng ng n v i t p ch t Ag.

c tr ng ph kéo dài v phía b c sóng l n:

_ Biên quang i n ₀ l n h n 12000-14000A⁰ (0.87 ÷ 1eV)

_ C c i th nh t(_{max} 3500A⁰): 0.01, S_{TP} 2mA/Watt, l n.

_ C c i th 2 (_{max} 8000 ÷ 8500A⁰) nh y ph trong vùng h ng ngo i (lo i cathode phát x duy nh t có nh y l n trong vùng h ng ngo i.

M t dòng nhi t l n 10⁻¹³ ÷ 10⁻¹¹ A/cm² (nhi t phòng)

b. Photocathode Cs₃Sb

Do s phá v h p th c c a m ng b i s xu t hi n nguyên t th a Sb. c tr ng ph :

_ B c sóng biên quang i n ₀ 6200 ÷ 7000A⁰ (1.7 ÷ 2eV):nh s phát x t m c t p ch t acceptor

_ T i m i n c c i (_{max} 4200 ÷ 4500A⁰): r t l n (0.25 ÷ 0.3),, nh y tích phân t kho ng 60 ÷ 100mA/Watt, do d phát x quang i n t vùng hóa tr .

M t dòng nhi t t ng i nh 10⁻¹⁶ ÷ 10⁻¹⁵ A/cm²

Th c m c xin liên h : thanhnam1910_2006@yahoo.com

www.mientayvn.com

**B. NG D NG HI N T NG PHÁT
X QUANG I N**

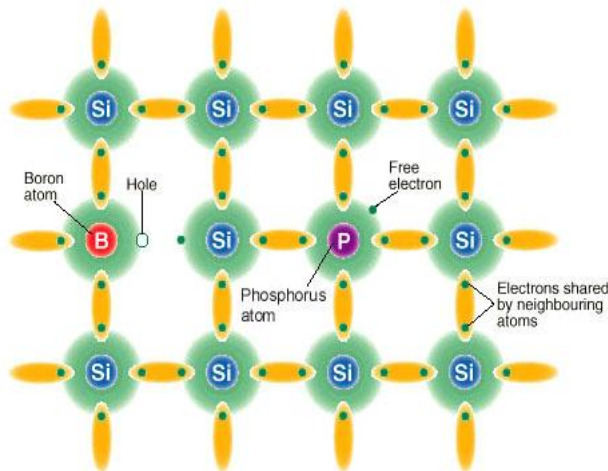
I. Pin n ng l ng m t tr i:

Pin n ng l ng m t tr i (hay **pin quang i n**, **t bào quang i n**), là thi t b bán d n ch a l ng l n các diod p-n, du i s hi n di n c a ánh sáng m t tr i có kh n ng t o ra dòng i n s d ng c. S chuy n i này g i là hi u ng quang i n.

Các pin n ng l ng m t tr i có nhi u ng d ng. Chúng c bi t thích h p cho các vùng mà i n n ng trong m ng l i ch a v n t i, các v tinh quay xung quanh qu o trái t, máy tính c m tay, các máy i n tho i c m tay t xa, thi t b b m n c... Pin n ng l ng m t tr i (t o thành các module hay các t m n ng l ng m t tr i) xu t hi n trên nóc các tòa nhà n i chúng có th k t n i v i b chuy n i c a m ng l i i n.

L ch s

Hi u ng quang i n c phát hi n u tiên n m 1839 b i nhà v t lý Pháp Alexandre Edmond Becquerel. Tuy nhiên cho n 1883 m t pin n ng l ng m i c t o thành, b i Charles Fritts, ông ph l ên m ch bán d n selen m t l p c c m ng vàng t o nên m ch n i. Thi t b ch có hi u su t 1%, Russell Ohl xem là ng i t o ra pin n ng l ng m t tr i u tiên n m 1946. Sven Ason Berglund ã có ph ng pháp liên quan n v i c t ng kh n ng c m nh n ánh sáng c a pin.



1. Pin m t tr i a trên công ngh

Silicon:

a. N n t ng

tìm hi u v pin m t tr i, thì c n m t ít lý thuy t n n t ng v v t lý ch t bán d n.

n gi n, miêu t sau ây ch gi i h n

ho t ng c a m t pin n ng l ng tinh th silic.

Thư cảm xin liên hệ : thanhnam1910_2006@yahoo.com

Silic thuộc nhóm IV, tức là có 4 [electron](#) lớp ngoài cùng. Silic có thể kết hợp với silicon khác tạo nên chuỗi liên kết. Carbon có 2 loại chuỗi liên kết silicon, dạng thù hình (không có trật tự sắp xếp) và tinh thể (các nguyên tử sắp xếp theo trật tự dây không gian 3 chiều). Pin năng lượng mặt trời phổ biến nhất dùng dạng tinh thể silicon.

Silic là [chất bán dẫn](#). Tức là thành phần silic, tỉ lệ tạp chất nhỏ, electron có thể thoát ra, và mật độ tạp chất nhỏ khác thì không thoát ra. Các tạp chất nhỏ không thoát ra phép này xem là tạp chất. Lý thuyết này dựa trên theo thuyết [cấu trúc vùng năng lượng](#).

[Nhiệt độ](#) phòng, Silic nguyên chất có [tính dẫn điện](#) kém. Trong cấu trúc tinh thể, vị trí thích hợp nhất là [mức năng lượng Fermi](#) trong tạp chất. Tạo ra silic có tính dẫn điện tốt hơn, có thể thêm vào một lượng nhỏ các nguyên tử nhóm III hay V trong [băng tải hoàn hóa học](#). Các [nguyên tử](#) này chỉ chiếm vị trí của nguyên tử silic trong [mạng tinh thể](#), và liên kết với các nguyên tử silic bên cạnh tạo thành là một silic. Tuy nhiên các phân tử nhóm III có 3 electron ngoài cùng và nguyên tử nhóm V có 5 electron ngoài cùng, vì thế nên có chỗ trống trong mạng tinh thể có electron còn chỗ trống thì thiếu electron. Vì thế các electron thừa hay thiếu electron (gọi là lỗ trống) không tham gia vào các kết nối mạng tinh thể. Chúng có thể tự do di chuyển trong khi tinh thể. Silic kết hợp với nguyên tử nhóm III ([nhôm](#) hay [gali](#)) gọi là loại [bán dẫn p](#) bởi vì năng lượng chủ yếu mang điện tích dương (positive), trong khi phần kết hợp với các nguyên tử nhóm V ([phốt pho](#), [asen](#)) gọi là [bán dẫn n](#) vì mang năng lượng âm (negative). Lưu ý rằng hai loại n và p có năng lượng trung hòa, tức là chúng có cùng năng lượng dương và âm, loại bán dẫn n, loại âm có thể di chuyển xung quanh, tạo thành các [clivip](#) lỗ trống.

b. Vật lý và hiệu suất

Nhiệm vụ vật lý khác nhau của thí nghiệm cho pin mặt trời. Và hai tiêu chuẩn, hiệu suất và giá cả.

Thư cảm ơn xin liên hệ : thanhnam1910_2006@yahoo.com

Hiệu suất là tỷ lệ của năng lượng ánh sáng mặt trời. Vào buổi trưa mặt trời trong, ánh sáng mặt trời có cường độ khoảng 1000 W/m^2 . Trong đó 10% hiệu suất của 1 [module](#) 1 m^2 cung cấp năng lượng khoảng 100 W. hiệu suất của pin mặt trời thay đổi từ 6% tới pin mặt trời làm từ silic không thù hình, và có thể lên đến 30% hay cao hơn nữa, sản phẩm pin có hiệu suất nghiên cứu trong phòng thí nghiệm.

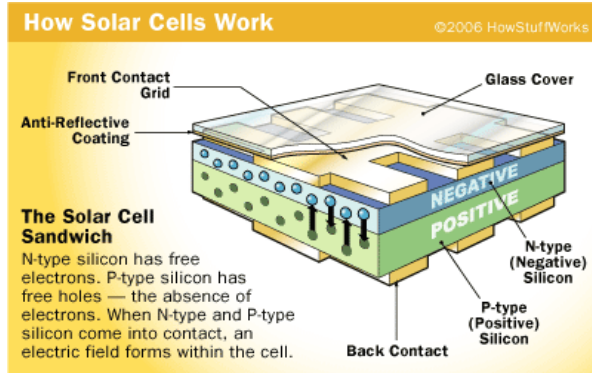
Có nhiều cách nói về giá của hệ thống điện, là tính toán chi phí trên từng kilowatt giờ ([kWh](#)). Hiệu suất của pin mặt trời kết hợp với [bcx](#) là yếu tố quyết định trong giá thành. Nói chung hiệu suất của toàn hệ thống là tầm quan trọng của nó. Đó nên là những đặc điểm của pin tích hợp năng lượng, nên nên chọn nên mức hiệu suất của inverter; trong các phương tiện di chuyển, hệ thống [c quy](#) sản phẩm lưu trữ năng lượng không sản phẩm hiệu suất. Các pin năng lượng thông minh và hệ thống công nghệ có hiệu suất từ 5% đến 15%. Giá của điện 50 Eurocent/kWh ([Trung Âu](#)) xuống tới 25 eurocent/kWh trong vùng có ánh sáng mặt trời nhiều.

Cho tôi biết chi tiết về vật liệu chủ yếu cho pin mặt trời (và cho các thiết bị bán dẫn) là các [silic tinh thể](#). Pin mặt trời tinh thể silic chia ra thành 3 loại:

- Mặt tinh thể hay bán tinh thể module sản xuất dựa trên [quá trình Czochralski](#). Những tinh thể loại này có hiệu suất tới 16%. Chúng thường có các tấm điện cực trên các thiết bị hình dạng, các tấm điện này có các mặt trời góc nghiêng của các module.
- Mặt tinh thể làm từ các thiết bị ức-ức của silic nung chảy trên nền làm nguội và làm rắn. Các pin này thường có các tấm tinh thể, tuy nhiên hiệu suất kém hơn. Tuy nhiên chúng có thể tạo thành các tấm vuông che phủ bề mặt nhiều hơn những tinh thể bù lại cho hiệu suất thấp của nó.
- Điện silic từ các mảnh phim mỏng của silic nóng chảy và có cấu trúc của tinh thể, Loại này thường có hiệu suất thấp nhất, tuy nhiên loại này rẻ nhất trong các loại vì không cần phải tinh chế silicon.

Công ngh trên là s n su t t m, nói cách khác, các l ai trên có dày 300 um t o thành và x p l i t o nên module.

c. S chuy n i ánh sáng



Khi m t photon ch m vào m nh silic, m t trong hai i u sau s x y ra:

- Photon truy n tr c xuyên qua m nh silic. i u này th ng x y ra khi n ng l ng c a

photon th p h n n ng l ng a các h t electron lên m c n ng l ng cao h n.

- N ng l ng c a photon c h p th b i silic. i u này th ng x y ra khi n ng l ng c a photon l n h n n ng l ng a electron lên m c n ng l ng cao h n.

Khi photon c h p th , n ng l ng c a nó c truy n n các h t electron trong màng tinh th. Thông th ng các electron này l p ngoài cùng, và th ng c k t dính v i các nguyên t lân c n vì th không th di chuy n xa. Khi electron c kích thích, tr thành d n i n, các electron này có th t do di chuy n trong bán d n. Khi ó nguyên t s thi u l electron và ó g i là "l tr ng". L tr ng này t o i u ki n cho các electron c a nguyên t bên c nh di chuy n n i n vào "l tr ng", và i u này t o ra l tr ng cho nguyên t lân c n có "l tr ng". C ti p t c nh v y "l tr ng" di chuy n xuyên su t m ch bán d n.

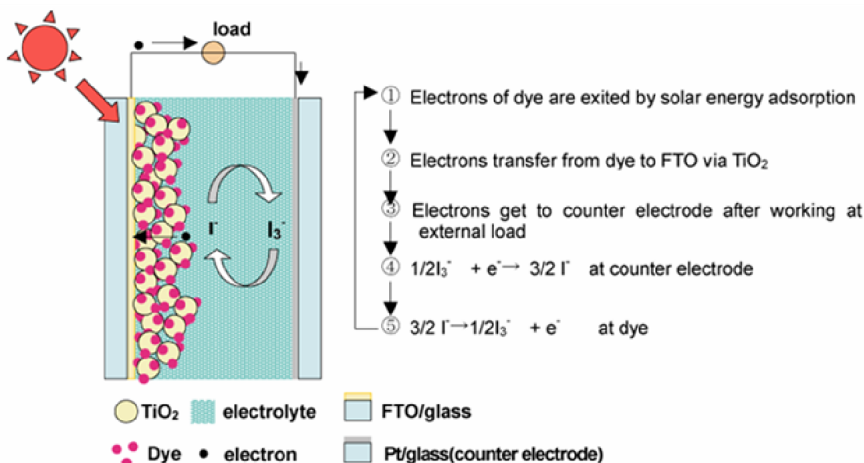
M t photon ch c n có n ng l ng l n h n n ng lu ng kích thích electron l p ngoài cùng d n i n. Tuy nhiên, nhi t c a m t tr i th ng t ng ng 6000°K, vì th nên ph n l n n ng l ng m t tr i u c h p th b i silic. Tuy nhiên h u h t n ng

l ng m t tr i chuy n i thành n ng l ng nhi t nhi u h n là n ng l ng i n s d ng c.

2. Pin m t tr i thu c nhu m:

Trong th i bu i kinh t khó kh n hi n nay chi phí cho n ng l ng trong ó là i n nh h ng n chi phí c a s n xu t c ng nh i v i cu c s ng c a m i ng i. i n l c v n tí p t c h m h e òi t ng giá v i lý do b l trong khi l i yêu c u trích 1000 t làm qu khen th ng cho NV trong ngành. Do ó nhu c u tìm ki m m t ngu n n ng l ng thay th ã phát sinh trong m i chúng ta. Pin m t tr i là m t gi i pháp m i ng i th ng nh c n nh ng v i giá thành hi n t i thì v n còn là s xa s (nghe âu ph i s d ng nh ng h n 20 n m m i kh u tr h t chi phí). N m 1991, giáo s hóa h c Michael Grätzel t i École Polytechnique Fédérale in Lausanne, Switzerland nghiên c u v s quang h p nhân t o (Artificial photosynthesis), ông phát minh ra m t ki u solar cell m i. Nó s d ng m t thu c nhu m ch a ruthenium ho t ng gi ng nh chlorophyll trong lá cây h p th ánh sáng và gi i phóng electron. Các electron c thu b i m t màng film b ng Titanium dioxide (TiO₂) và sinh ra dòng i n. T ó các nhà s n xu t ch m t lo i cell g i là dye solar cell v i chi phí ch b ng 1/10 so v i công ngh silicon. Dye solar cell có th c in trên các t m film polymer ho c trên các t m ki ng d n i n (conductive glass).

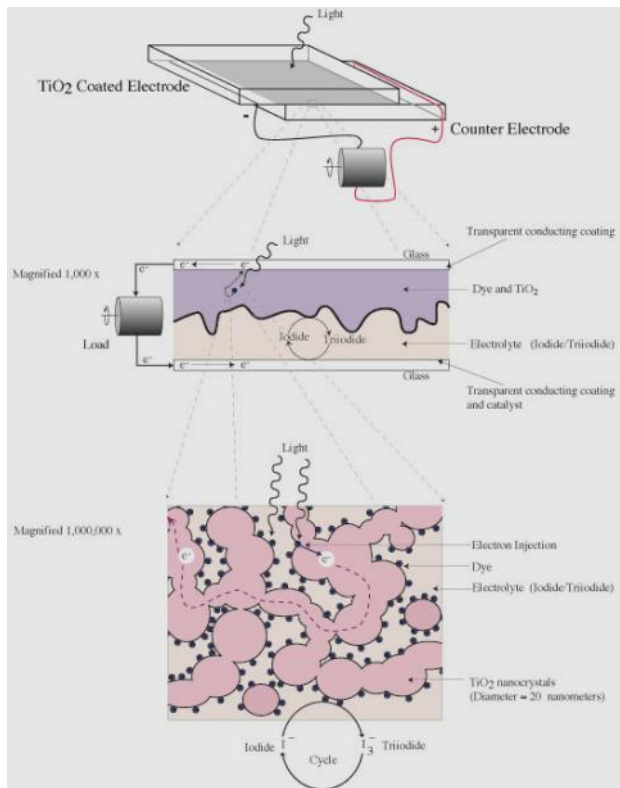
Nguyên lý ho t ng



C u t o c a cell bao g m: 1 l p kính ho c film có th d n i n (FTO: fluorine doped tin oxide film/conductive glass) tí p theo là 1 p TiO₂, 1 p ch t nhu m dye (ch a ruthenium), 1 p ch t i n phân (iodide/triiodide),

m t l p g i là counter electrode b ng b ch kim Pt ho t graphite, và

l p cu i cùng c ng là FTO/glass



- Khi ánh sáng chiếu vào electron l p như m dye c gi i phóng.

- Electron c TiO₂ h p th và chuy n vào l p kính/FTO

- Electron s ch y qua t i t o thành dòng i n và tr v l p counter electrode

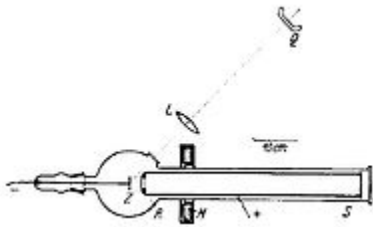
- T i counter electrode x y ra quá trình trao i electron c a ch t i n phân

II. Kính hiển vi phát xạ electron quang i n:

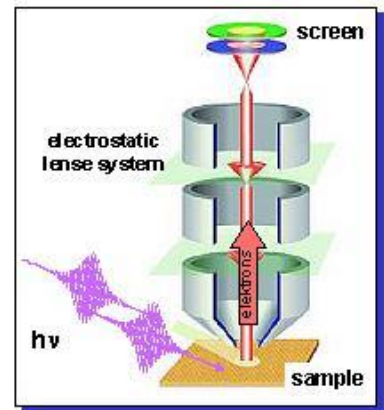
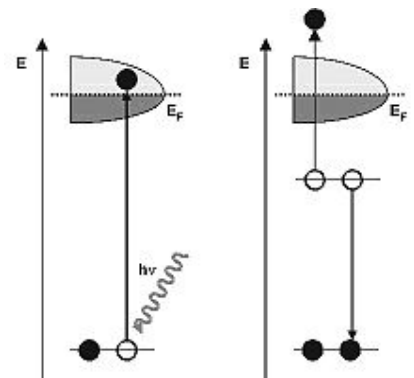
PEEM s d ng m c phát xạ c a các i n t trên m t vùng nào ó t o ra s t ng ph n c a b c nh. Trong máy PEEM, ng i ta th ng s d ng ngu n tia UV ho c là tia X kích thích các e phát xạ . PEEM o b ng cách thu gom các i n t phát xạ th c p

I. L c s :

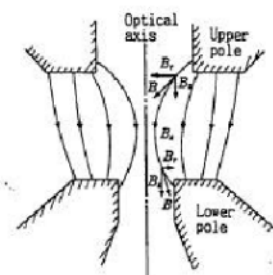
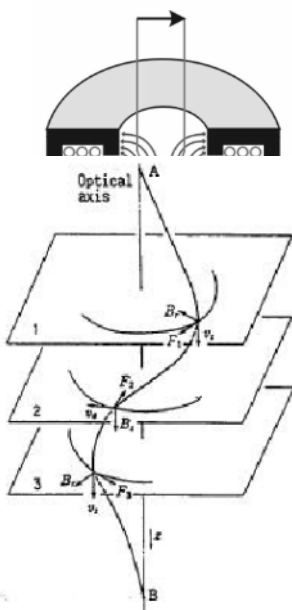
Vào n m 1933, Bruche công b b c nh c a catot c kích thích phát xạ quang i n t b ng tia UV. 2 ng s là H.Mahl và J.Pohl.Bruche ã phác th o l i cái máy . Và máy c a Bruche vào n m 1933 c xem là máy PEEM u tiên.



Cách làm việc của PEEM dựa vào hiệu ứng quang điện ngoài. Khi ta chiếu tia UV hoặc tia X vào bề mặt vật chất, các điện tử các lớp sâu bên trong bị kích thích và chuyển lên các mức trên lớp tiếp theo, do xu hướng trở về trạng thái nên các điện tử lớp cao hơn này xu hướng chuyển xuống, năng lượng chuyển mức của điện tử này không bức xạ ra ngoài mà chuyển cho các điện tử cùng phân lớp. Nếu các điện tử này năng lượng thoát ra khỏi bề mặt vật chất. Quá trình ngược lại là quá trình Auger, thì các dòng điện tử phát ra có năng lượng thấp. Một số điện tử có năng lượng âm xuyên qua bề mặt vật chất và đi vào vùng chân không của PEEM để các năng lượng khác nhau. Chùm điện tử thoát ra này sẽ gia tốc nhờ hệ thống điện tử trước khi ném máy thu, nhờ hệ thống này mà các hình ảnh thu được phóng đại lên hàng ngàn lần.



2. Hệ thống thấu kính (Condenser, Objective, Projector Lens):



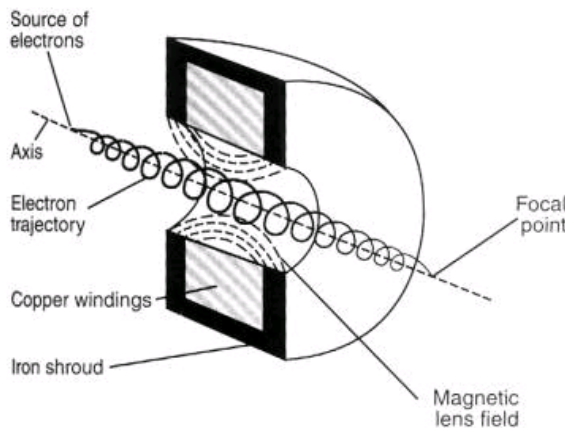
Các thấu kính trong PEEM là các thấu kính hoạt động dựa trên tác động của từ trường đối với chuyển động của chùm electron hay còn gọi là thấu kính từ. Về cấu tạo thấu kính hoạt tử. Thấu kính từ có cấu tạo bao gồm một

cuốn dây đồng qua bề mặt trong một hộp kim loại thuận từ để giữ đã có thể ra ngoài nhằm mục đích tạo ra các từ trường có độ đồng nhất cao như hình bên.

Với sự phân bố của các từ trường có độ đồng nhất cao như hình trên electron sẽ chịu tác dụng của lực Lorenz:

$$\vec{F} = e(\vec{v} \times \vec{H})$$

Với
đồng
Ke
tái



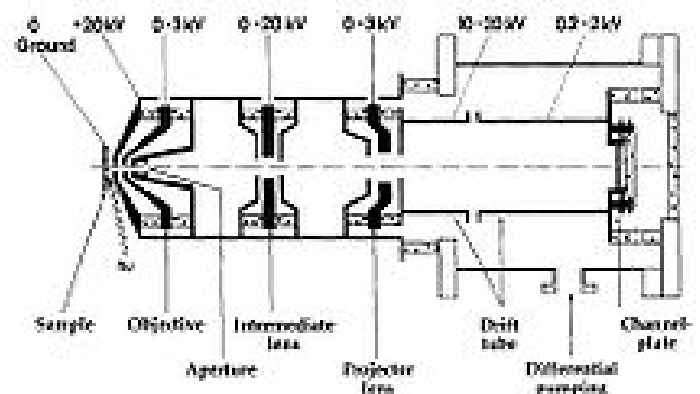
chiều của lực từ có mô tả như hình

quả là chùm electron sẽ hội tụ tại diện của thấu kính

Sau đây ta sẽ khảo sát vai trò của từng loại thấu kính trong cấu trúc của PEEM.

Hệ thấu kính khuếch đại:

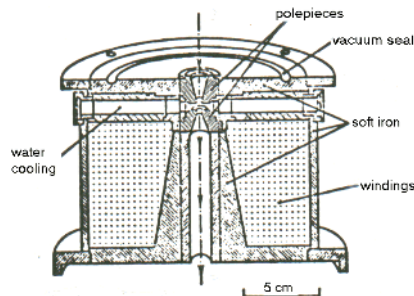
Hệ khuếch đại này bao gồm các loại thấu kính: vật kính (Objective Lens), thấu kính trung gian (Intermediate Lens) và thấu kính phóng ảnh (Projector Lens). Trong đó vật kính quyết định độ phân giải và độ đồng nhất của ảnh, các thấu kính còn



lại rông vai trođkhueáh rãĩ rãđhuan lờĩ cho vieđ quan sát vađghi ảnh.

Vađ kính (Objective Lens):

Trong caic loaĩ thađ kính, vađ kính coitieđ cõ ingađ nhađ vađcoikhaĩnađg khueáh rãĩ tõ đ 20X rãđ 50X .



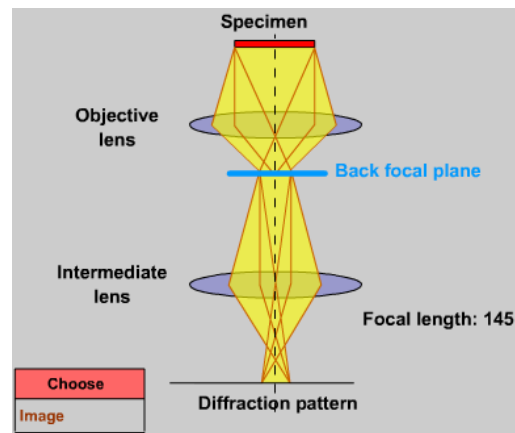
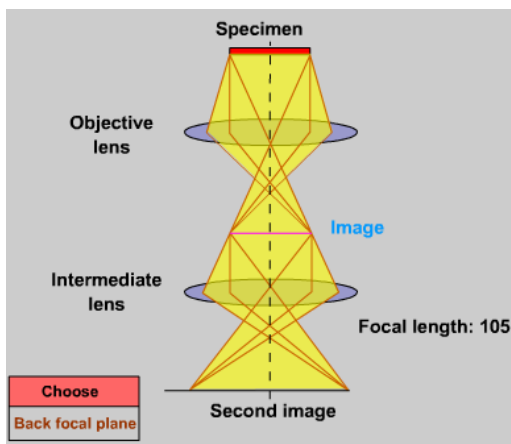
Thođg thõ đđg maũ vađ rĩ đĩ rãđ ngay tại tieđ dien vađ của thađ kính rãđtađ ra ảnh khueáh rãĩ, beđ canh rĩđchuan tia rĩ ra khoĩ vađ kính gaĩn nhõ song song seđlađn giam quang sai của ảnh. Cuđg nhõ thađ kính coitieđ cõ ingađ rãđlađn giam hieĩn tõ đĩng sađ sai (Chromatic abberation) vađcaũ sai (Spherical abberation). Do caic loaĩ maũ vađ rĩ đĩ cheđđo coĩbeđđay rãđnhõĩ(rãđelectron coĩtheđrueĩn qua rĩ đĩ) neđ daĩ rãđ hieĩn tõ đĩng nhieũ xai hĩnh thađh tại tieđ dien ảnh của vađ kính (tã seđbađ rãđ hieĩn tõ đĩng nađg chi tieđ hõn trong phaĩn tađ ảnh).

Nãbeđ đĩ đĩ vađ kính lađkhaĩ rãđvađ kính vớĩ nhieĩn vuĩloaĩ boĩnhõ đĩg electron coĩgoĩc taĩn xai lờĩn sau khi rĩ qua maũ. Neđ khoĩg coĩkhaĩ rãđ nhõ đĩg electron coĩ goĩc taĩn xai lờĩn seđtaĩc rĩđĩng leđ ảnh vađđo ra ảnh neđ bõnhoãđVớĩ vieđ rĩ a vađ khaĩ rãđ ảnh thu rĩ đĩ seđcoĩ rãđ tõ đĩng phaĩn cao hõn, nhõ đĩg vuđg nađ của maũ taĩn xai electron nhieũ hõn thì seđtaĩ hõn. Thođg thõ đđg khaĩ rãđ coĩ rĩ đĩg kính ~25-75µm, coĩdaĩng rãđ xõ ĩng trođ gaĩn nhõ hoãđ haĩb vađ rĩ đĩg giõ đĩsach mođ caĩch heđ số ĩc caĩ thaĩn. Nĩ đĩg kính của khaĩ rãđcađg nhõĩthĩ rãđ tõ đĩng phaĩn của ảnh cađg cao. Tuy nhieđ neđ rĩ đĩg kính quaĩ

nhoithì ngay rìa của khẩu độ sẽ có các pha bởi chùm electron, làm cho vùng rìa trong của khẩu độ có tích điện và do đó làm nhiễu loạn quỹ đạo của electron dẫn đến giảm chất lượng ảnh.

Thấu kính trung gian:

Thấu kính trung gian dùng để khuếch đại ảnh tạo bởi vật kính. Có hai cách sử dụng, cách thứ nhất nếu đặt ảnh tạo bởi vật kính ngay tại tiêu diện vật của thấu kính trung gian thì ta sẽ thu được ảnh khuếch đại. Cách thứ hai nếu ta đặt sao cho tiêu diện ảnh của vật kính trùng với tiêu diện vật của thấu kính trung gian thì ta sẽ thu được ảnh nhiều và khuếch đại.



Thấu kính phóng ảnh (Projector Lens):

Bằng cách thay đổi tiêu cự của thấu kính phóng ảnh và các thấu kính trung gian, ảnh của mẫu vật có thể được khuếch đại từ hàng trăm cho đến hàng chục ngàn lần. Ảnh này sẽ được ghi lại trên film, màn hình phát quang hoặc CCD...

3. Nguyên lý tạo ảnh:

Năng suất giải (Resolution) trên ảnh của PEEM phụ thuộc chủ yếu vào độ tương phản (contrast) chứ không phải năng suất phân li (Resolving power) như trong kính hiển vi

thông số. Trong đó, I_0 là cường độ phản xạ của chùm electron. I_b là cường độ phản xạ của chùm electron. Nếu $I_0 > I_b$ thì phản xạ là phản xạ khuếch đại, nếu $I_0 < I_b$ thì phản xạ là phản xạ suy giảm.

$$\% \text{Tỷ lệ phản xạ} = \frac{I_0 - I_b}{I_b} 100\%$$

I_0 : Cường độ của phản xạ khuếch đại

I_b : Cường độ của phản xạ suy giảm

Tổng phản xạ Biên độ (Amplitude Contrast):

Số lượng photon của chùm electron tới theo góc phản xạ và mật độ photon tới tại mỗi điểm trên màn, phản xạ của chùm electron tới màn sẽ phát xạ electron ở góc môđôn. Do đó các electron sẽ nhiễu xạ thành các chùm tia, dẫn đến cường độ phản xạ ánh sáng của nhiễu xạ sẽ thấp. Ngược lại phản xạ của chùm electron tới màn sẽ phát xạ electron ở góc môđôn và có cường độ phản xạ cao.

Nếu nhiễu xạ phản xạ Biên độ có thể được hai cách: 1- Nhiễu xạ gia tốc chùm electron. 2- Nhiễu xạ kích thước của hạt nhỏ. Nếu nhiễu xạ phản xạ thì có thể giảm gia tốc và thu hẹp kích thước của hạt nhỏ, tuy nhiên nếu giảm gia tốc quá nhanh sẽ dẫn đến hiện tượng quang sai (cụ thể là sai lệch -Chromatic Aberration) làm giảm độ phân giải của ảnh. Khi kích thước của hạt nhỏ giảm sẽ hạn chế nhiễu xạ hiện tượng quang sai, trong đó có các electron tới ở góc môđôn dẫn đến làm tăng nhiễu xạ phản xạ, tuy nhiên nếu giảm kích thước của hạt nhỏ xuống quá nhỏ ($< 20 \mu\text{m}$) thì hiện tượng nhiễu xạ sẽ xuất hiện, bề mặt nhiễu xạ sẽ hiện tại của hạt nhỏ cũng làm nhiễu xạ quá nhỏ của electron và kết quả là làm giảm độ phân giải của ảnh.

Tổng phân Pha:

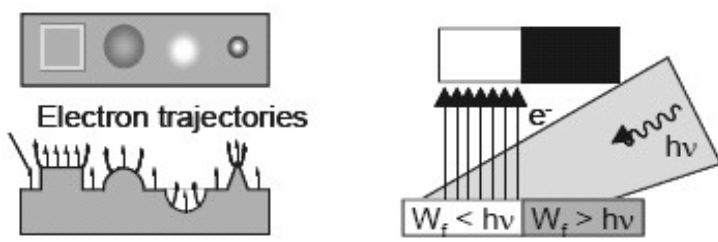
Số ít của electron có thể là rất nhiều hoặc rất ít. Nếu số ít của electron có thể là rất nhiều hoặc rất ít thì sự giao thoa của các sóng điện từ sẽ khác nhau trên ảnh thì nó sẽ gọi là tổng phân Pha. Tổng phân Pha trên ảnh của PEEM nó sẽ tạo ra là do sự giao thoa của chùm electron bị tán xạ với chùm electron không bị tán xạ. Nếu ảnh của mẫu sau khi qua vật kính thì độ nhiễu tại vị trí tạo ảnh (tính toán tổng nhiễu xạ kính quang) thì ta sẽ thu được ảnh nhiễu xạ, nghĩa là không còn hiện tượng nhiễu xạ. Tuy nhiên nếu ta nhiễu xạ tại vị trí khác đi thì ảnh của vật kính thì do tại vị trí này các chùm tia tán xạ sẽ giao thoa với nhau và tạo nên ảnh nhiễu xạ. Do vậy nếu ta nhiễu xạ kính trung gian sao cho ảnh của mẫu qua vật kính nằm ngay tại tiêu điểm của thấu kính trung gian thì ta sẽ thu được ảnh nhiễu xạ rất rõ ràng, còn nếu ta bố trí sao cho tiêu điểm của thấu kính trung gian trùng với tiêu điểm ảnh của vật kính thì ta sẽ thu được ảnh nhiễu xạ rất rõ ràng. Sự giao thoa giữa các chùm sóng electron sẽ tạo nên các vân giao thoa và tạo nên các vân nhiễu xạ tại các bề mặt của mẫu (bề mặt hình thành do sự thay đổi vị trí ngoài và ngoài, mặt ngoài là nhiễu xạ...).

4. Nguyên lý:

Khi chiếu chùm tia tới mẫu nào đó, mẫu này sẽ có một tiêu điểm và vật kính.

a. Khi chiếu chùm tia tới mẫu:

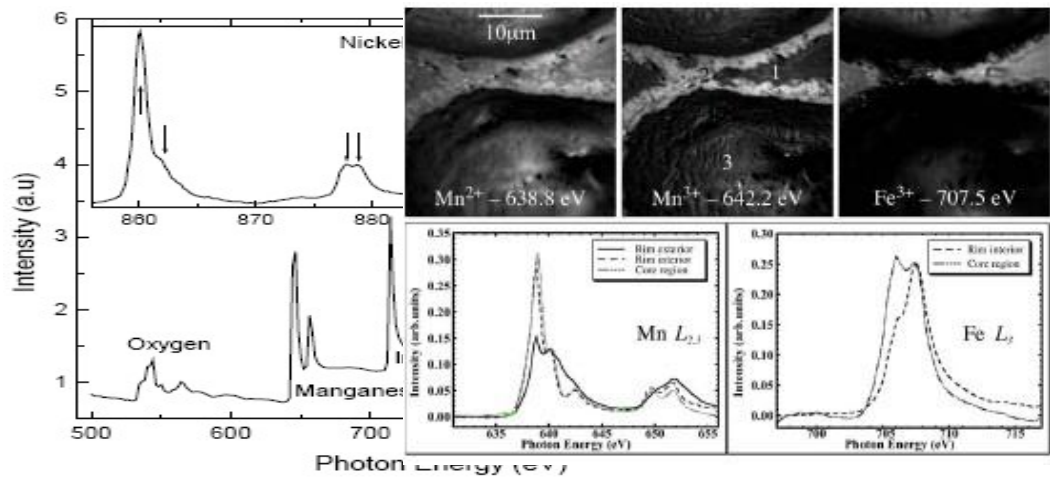
Khi chiếu chùm tia tới mẫu (thông số đường kính chùm tia X). Theo hình ảnh nhiễu xạ ngoài, các nhiễu xạ kích thích phát xạ ngoài. Do ảnh của mẫu khác nhau nên hình ảnh nhiễu xạ sẽ khác nhau và chùm nhiễu xạ sẽ khác nhau, do đó sẽ có một hình ảnh nhiễu xạ xung quanh. Ngược lại, vì nhiễu xạ vùng



lõm, chùm i n t phát x s t l i, do ó các i n t i qua kh u nhi u h n nên c ng l n h n. ng d ng này c th hi n hình bên.

b. Xác nh các ch t(v t li u n i n) có trong m u:

M i ch t nh t nh có m t c c i phát x i n t r i e n g i v i h i n t ng quang i n ngoài. Ph phát x i n t c a m t s ch t c th hi n hình bên



Ng i ta khảo sát trong m u có nh ng ch t nào b ng cách chiếu vào m u chùm tia có b c sóng thay i t vùng h ng ngo i tia X. Khi n c c i phát x i n t c a ch t nào, thì ch t ó s phát x i n t m nh. K t qu là cho nh sang m nh h n nh ng vùng l n c n. Nh v y, không nh ng ng i ta xác nh c ch t ó là gì d a vào nh phát x i n t m nh mà còn xác nh c s phân b c a ch t ó trên b m t m u.

Hình bên là t ng ph n ng v i Mn^{2+} , Mn^{3+} và Fe^{3+} .

c. Xác nh s nh h ng Mômen t trên b m t m u:

xác nh s nh h ng Mômen t trên b m t m u, ng i ta chi u tia X phân c c tròn(XMCD) ho c ánh s ánh phân c c th ng(XMLD) vào m u. Tia phân c c c a tia X s t ng tác v i các i n t ã có nh h ng momen t riêng. Do s t ng tác này, nên ng v i m i s nh h ng momen t c a các i n t s cho ra c ng phát x i n t khác nhau, do ó th hi n s t ng ph n khác nhau trên b m t m u nh n c

