

www.mientay.vn.com

SEMINAR



LINH KIÊN ĐIỆN TỬ NANO

GVHD: PGS.TS.TR NG KIM HI U

HVTH: LÊ NGUY N B O TH

PHÙNG V N H NG

LÊ DUY NH T



N I DUNG

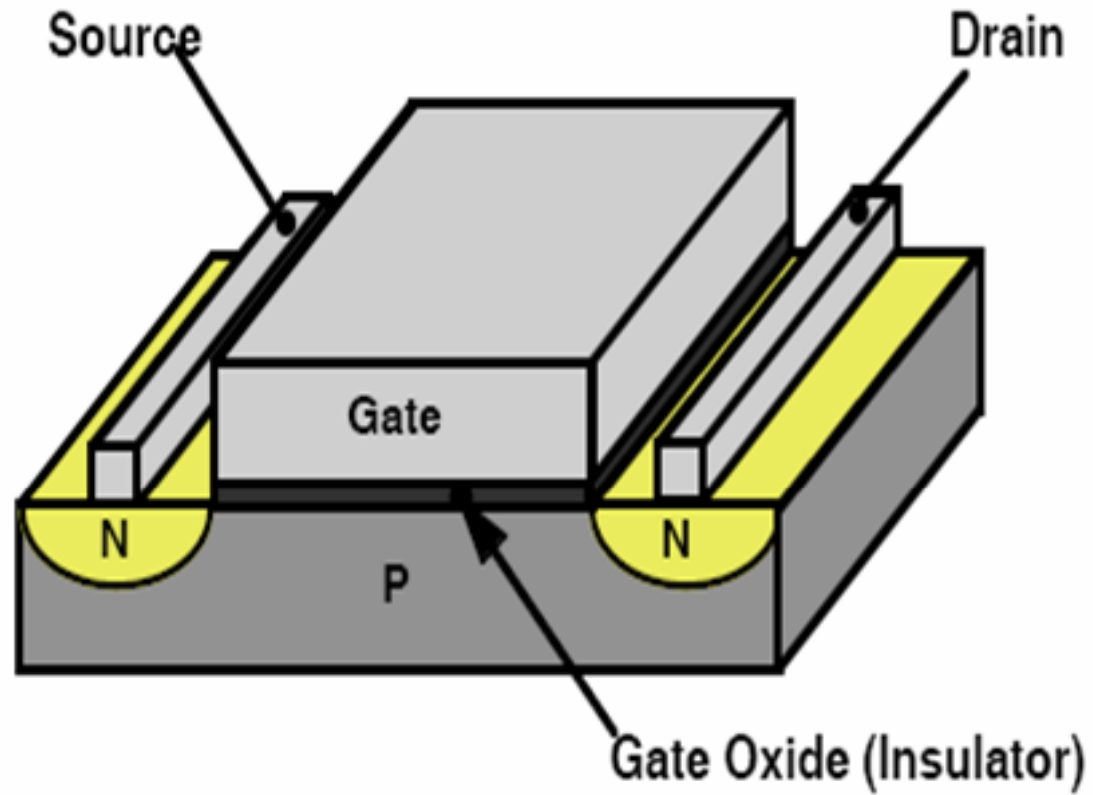
❖ TRANSISTOR VI ̣ I N T

- C u t o và ho t ̣ ng c a transistor tr ̣ ng (FET)
- Nh ̣ ng tr ̣ ng i ̣ thu nh ̣ FET

❖ LINH KI ̣ N ̣ I N T ̣ NANO

- Gi ̣ m kích th ̣ c linh ki ̣ n bán d ̣ n kh ̣ i - ̣ ng nano cacbon và nh ̣ ng ̣ ng d ̣ ng
- Linh ki ̣ n ̣ i n t ̣ nano hi ̣ u ̣ ng l ̣ ng t ̣
- Linh ki ̣ n ̣ i n t ̣ nano hi ̣ u ̣ ng spin (spintronic)

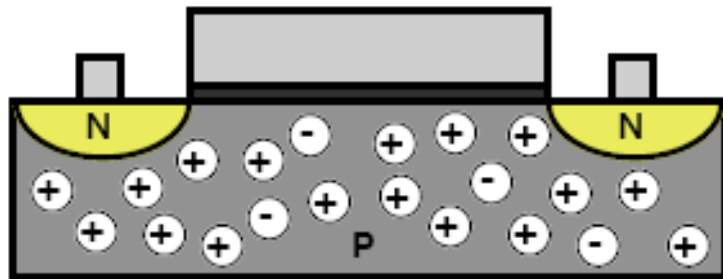
TRANSISTOR VI I N T



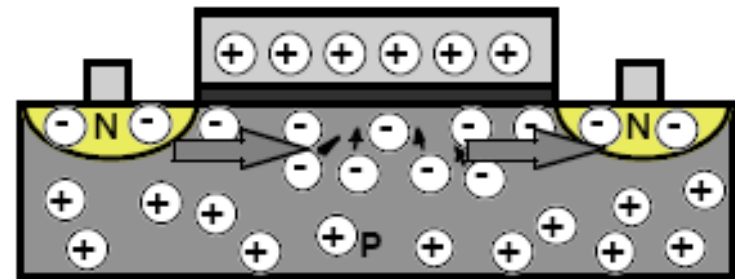
C u t o transistor tr ing FET

TRANSISTOR VI I N T

Ho t ng c a transistor tr ng FET



Th c c c ng b ng 0
Không có dòng i n t t ngu n
n máng – transistor óng



T ng th c c c ng
Có dòng i n t t ngu n
n máng – transistor m

áp ng hai vai trò: Linh ki n hai tr ng thái
Khuy ch i



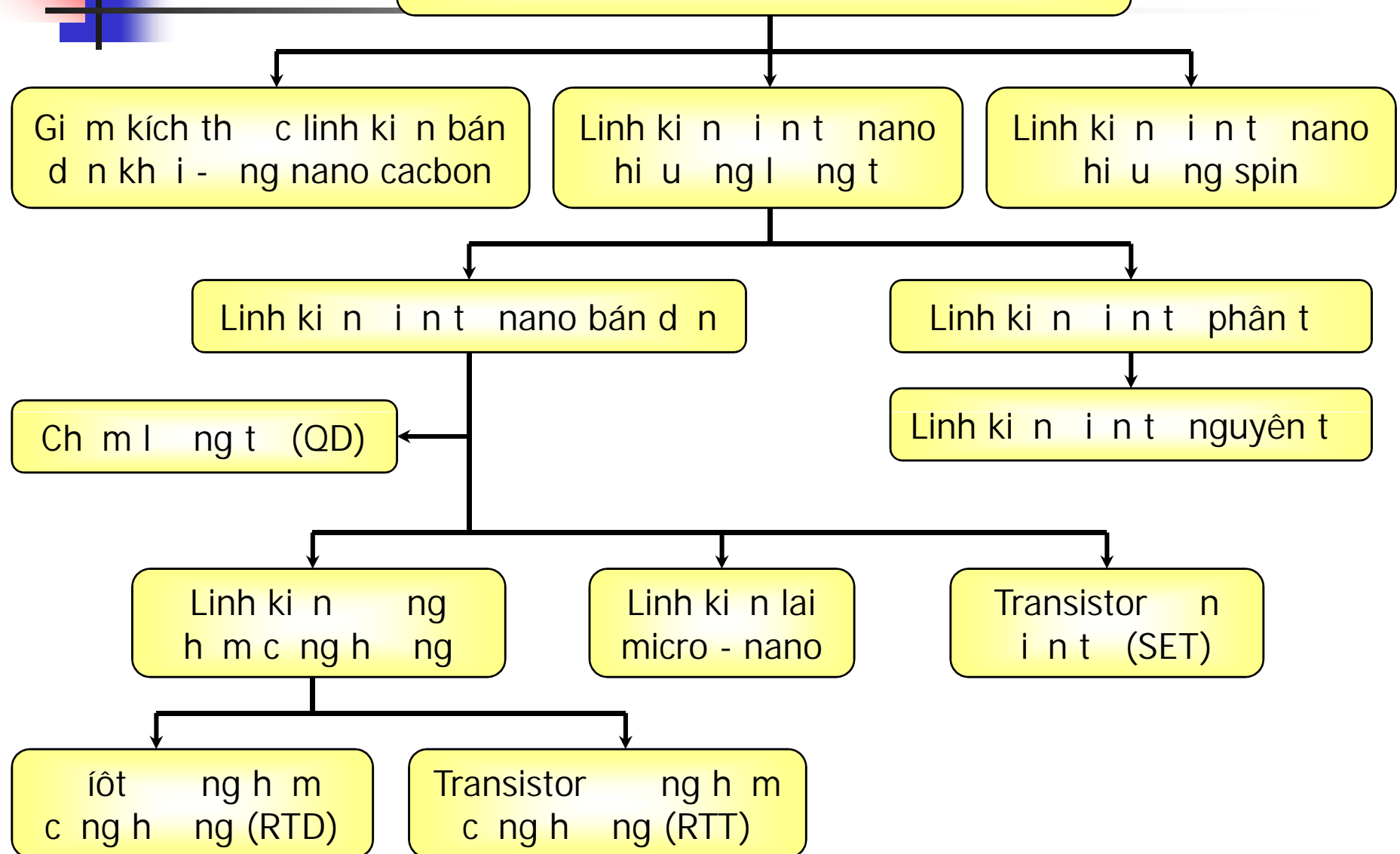
TRANSISTOR VI I N T

NH NG TR NG I THU NH FET:

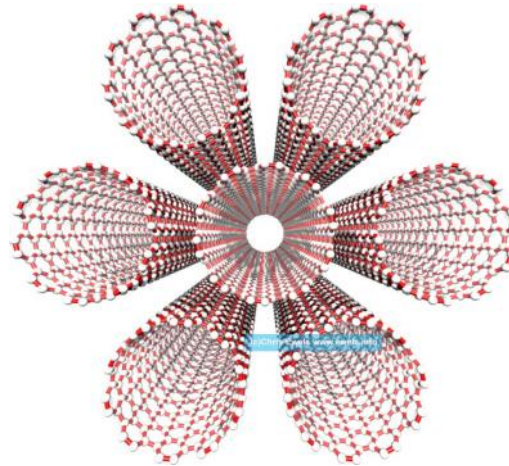
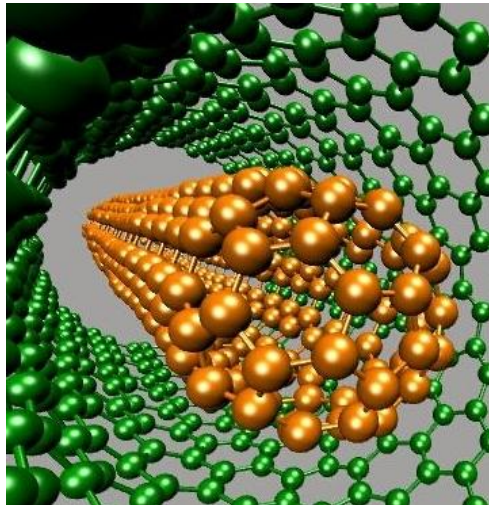
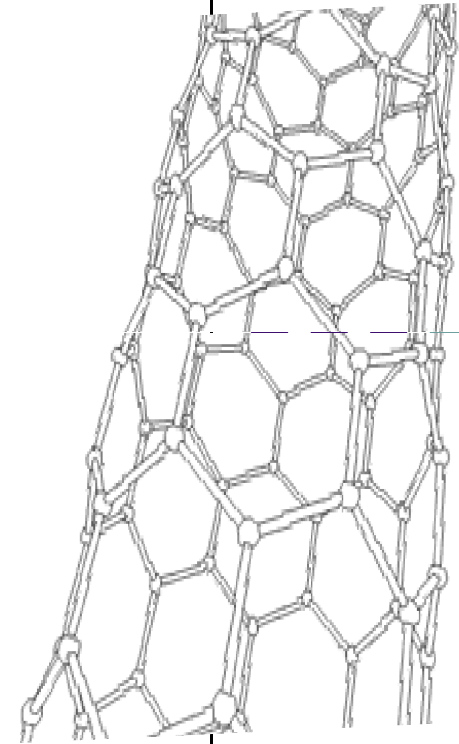
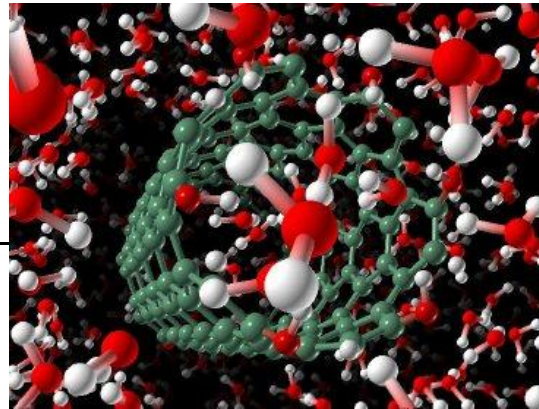
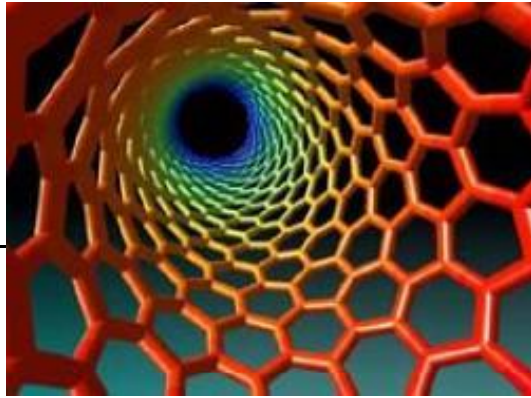
- i n tr ng cao, t o n n " á n h th ng th á c I " làm h ng linh ki n
- Tiêu tán nhi t
- Nh ng tính ch t gi m kh i
- S co l i c a vùng nghèo => s xuyên h m c a i n t t ngu n n máng
- S co l i c a l p oxit d i c ng => s xuyên h m c a i n t t c ng n máng
- Tr ng i v kinh t , c ba n m giá thành nhà máy ch t o chip t ng lên g p ôi => s b t c v kinh t

=> C n m t cu c cách m ng, tìm nh ng linh ki n i n t và công ngh ch t o m i: linh ki n i n t nano

LINH KIỆN N I N T NANO



NG NANO CARBON

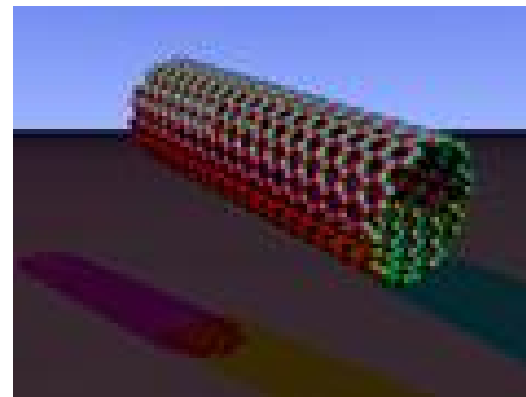
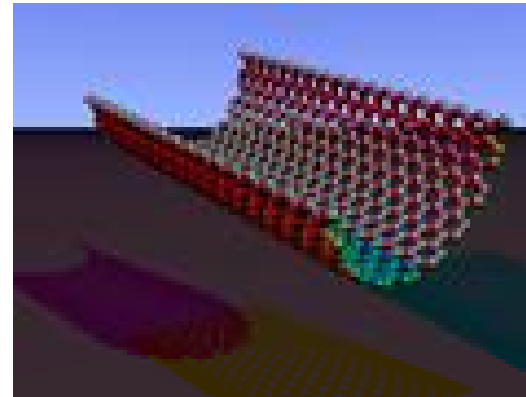


NG NANO CARBON



Gi i thi u:

ng nano carbon do Sumio Lijima c a phòng thí nghi m Nec Tdukuba phát hi n vào n m 1991. CNT có th xem nh m t d i b ng c t t m t ph ng grafit (c g i là graphen) và c cu n thành hình tr li n r ng.



Phân loại ống nano carbon



Có hai loại ống nano carbon:

- Ống nano đơn tường (SWNT)
- Ống nano đa tường (MWNT) bao gồm nhiều hình trụ lồng nhau.

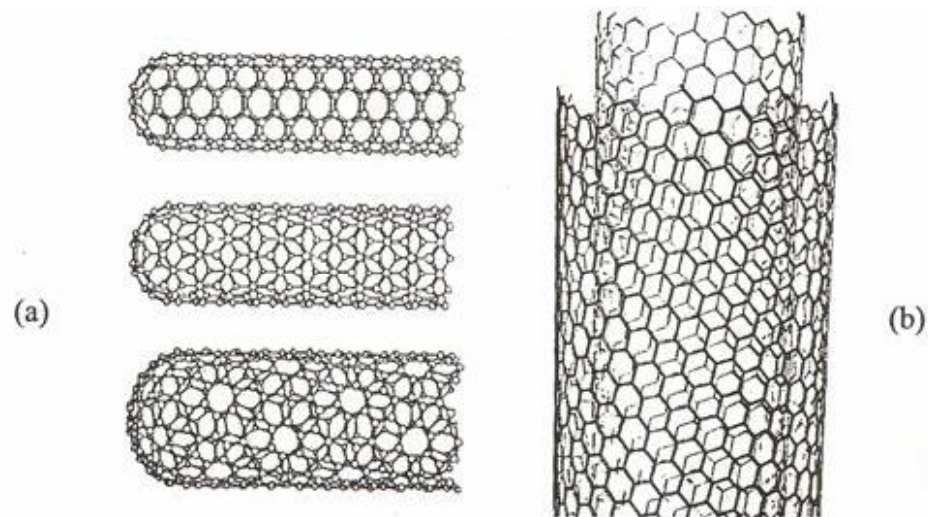
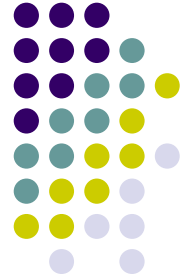


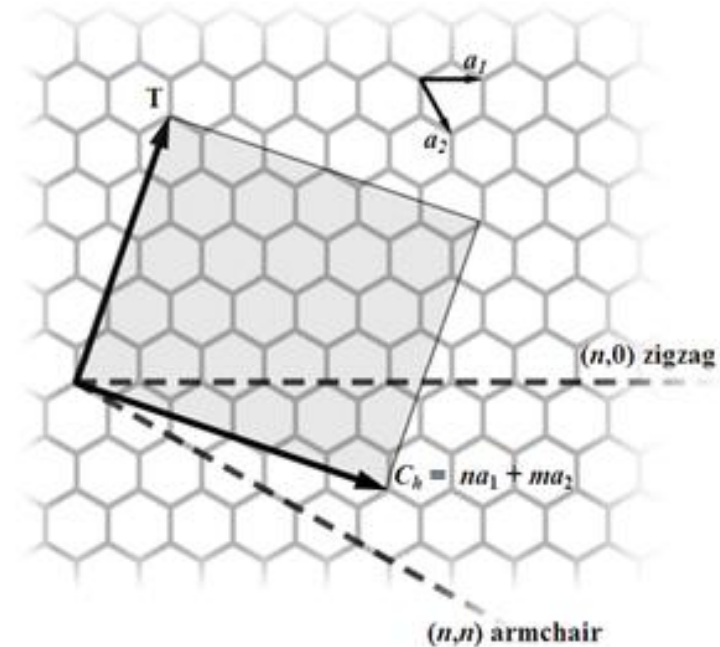
Figure: Graphics showing types of carbon nanotubes (a) SWNT (b) MWNT.

2. Cấu trúc hình học của ống nano carbon



- Cấu trúc của CNT có thể mô tả bằng vectơ chu vi hay vectơ Ch. Ch biểu thị định hướng chu vi toàn phần của ống. Nó có xác định bằng
$$C_h = na_1 + ma_2$$

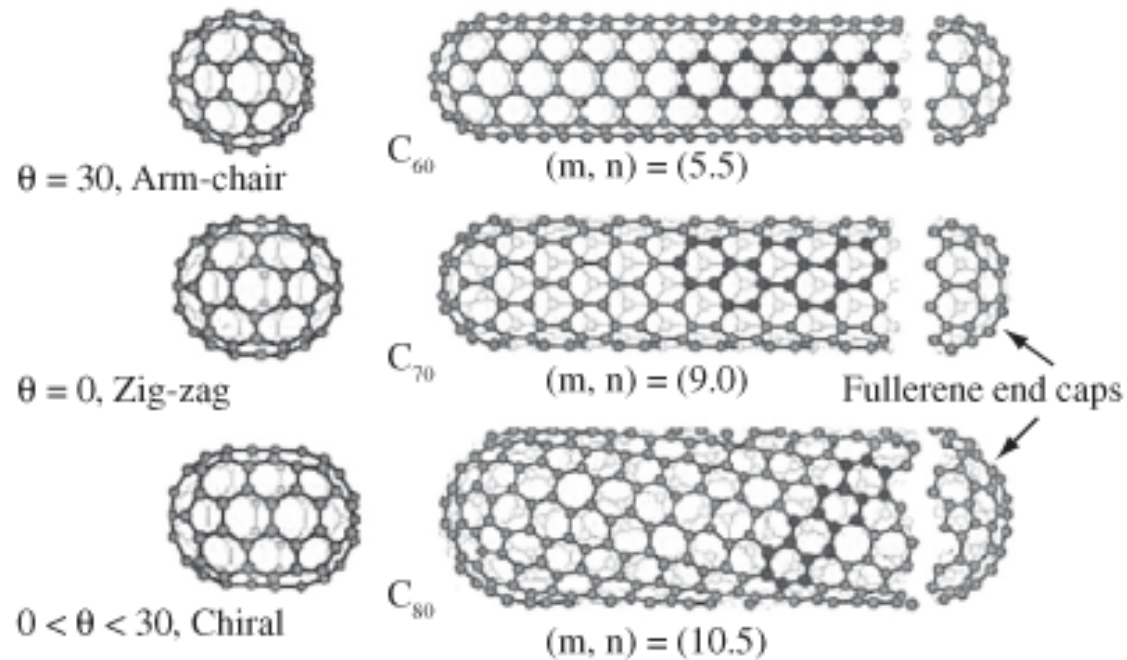
Với: a_1 và a_2 là vectơ nền trong mạng sáu cạnh, n và m là những số nguyên. Ch chính là cái gì là góc Ch là góc giữa C_h và a_1 .





Cấu trúc của các dạng nano carbon khác nhau phụ thuộc vào giá trị của n, m :

- $m=n$: góc $\theta = 30^\circ$: cấu trúc ghế bành (“armchair”)
- $m=0$ hoặc $n=0$: $\theta = 0^\circ$ cấu trúc hình zigzag (“zigzag”)
- * $n \neq m$: $0 < \theta < 30^\circ$ cấu trúc khác (“chiral”)



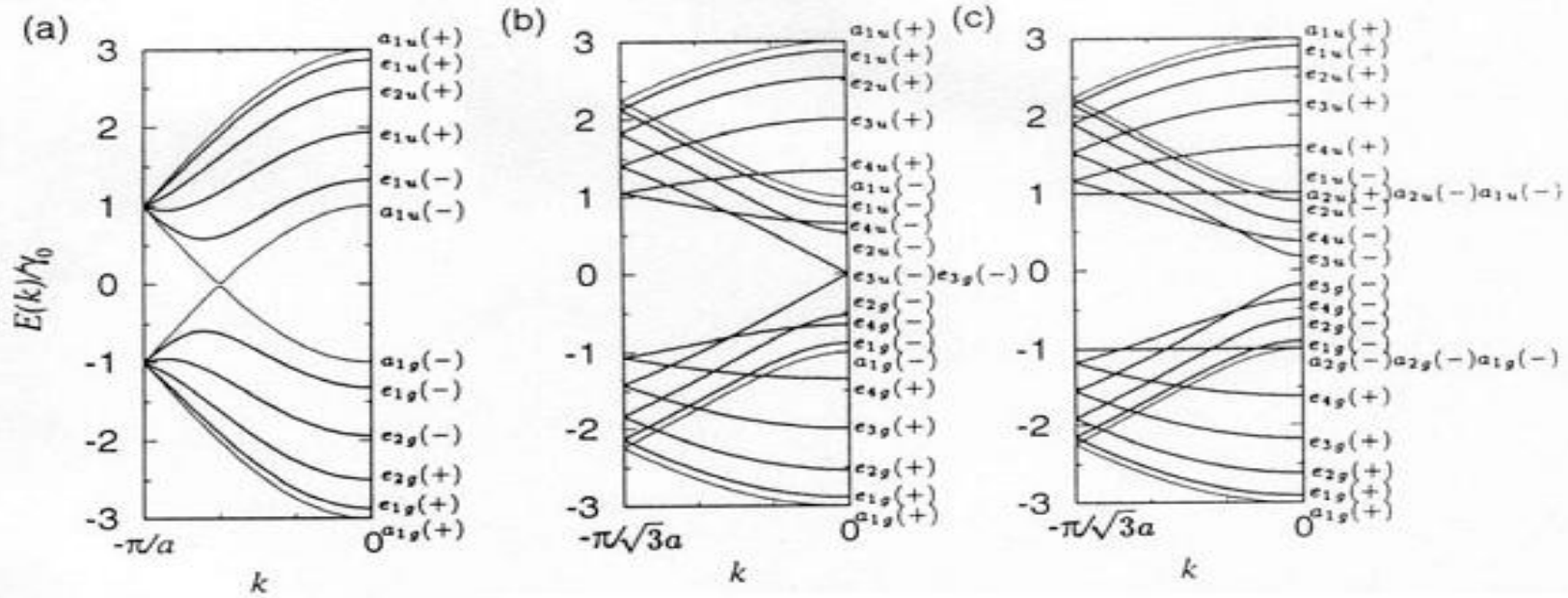
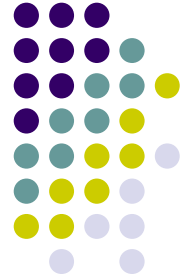


FIGURE 12. One-dimensional energy dispersion relations for (a) armchair (5,5) tubules, (b) zigzag (9,0) tubules, and (c) zigzag (10,0) tubules labeled by the irreducible representations of the point group $D_{(2n+1)d}$ at $k=0$. The A -bands are non-degenerate and the E -bands are doubly degenerate at a general k -point [128,134,135].

Gi n n ng l ng c a ng Nano Carbon

Tính chất



✚ Tính bán dẫn:

CNT là vật liệu carbon và bán dẫn như đã được phát hiện. Bán dẫn này là do liên kết hóa trị sp^2 giữa nguyên tử carbon.

✚ Tính dẫn điện

Nói chung, tính chất bán dẫn hay kim loại của CNT phụ thuộc vào bán kính vectơ C và do đó, phụ thuộc vào bán kính và m . Tính kim loại xuất hiện khi:

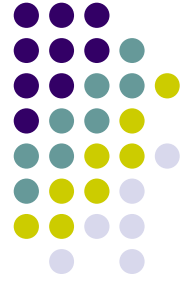
$$n - m = 3q \quad (q: \text{m số nguyên})$$

Nếu: $n - m \neq 3q$ các ống nano carbon có tính bán dẫn

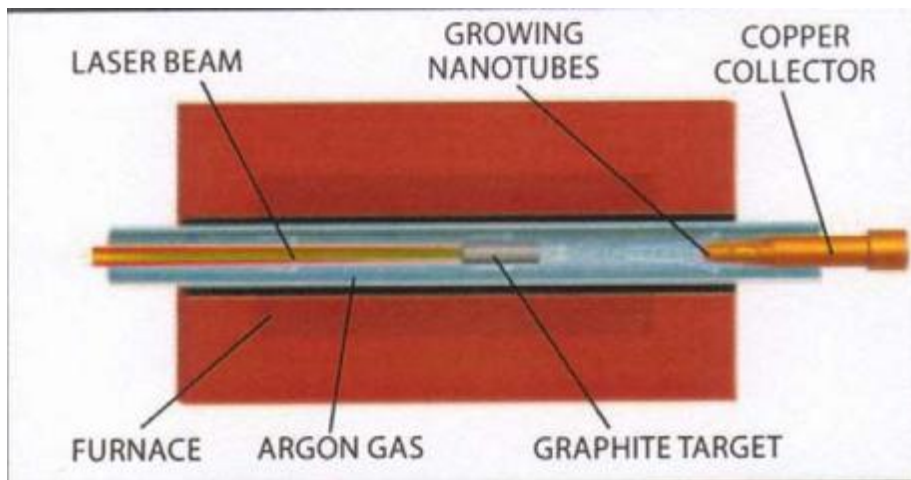
✚ Tính dẫn nhiệt

CNT là chất dẫn nhiệt rất tốt nếu xét theo chiều dọc theo ống như nó là chất cách nhiệt nếu xét theo chiều ngang vị trí của ống.

Các phương pháp tổng hợp nano carbon



- Phóng điện hồ quang
- Bức xạ laser
- Lắng đọng bay hơi hóa học
- Kỹ thuật lắng đọng chùm tia điện tử

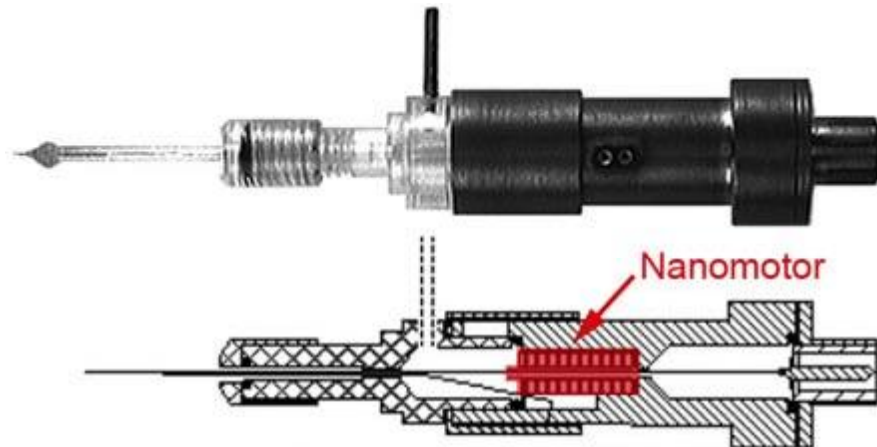


ng d ng

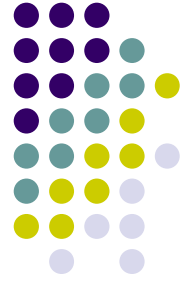
Trong h th ng c i n



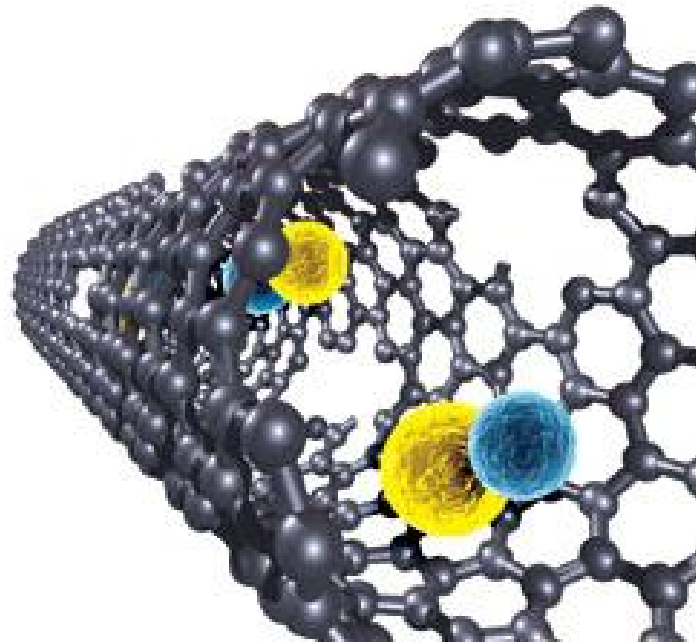
Nanomotor



A Nanomotor inside of a Patch Clamp Head:



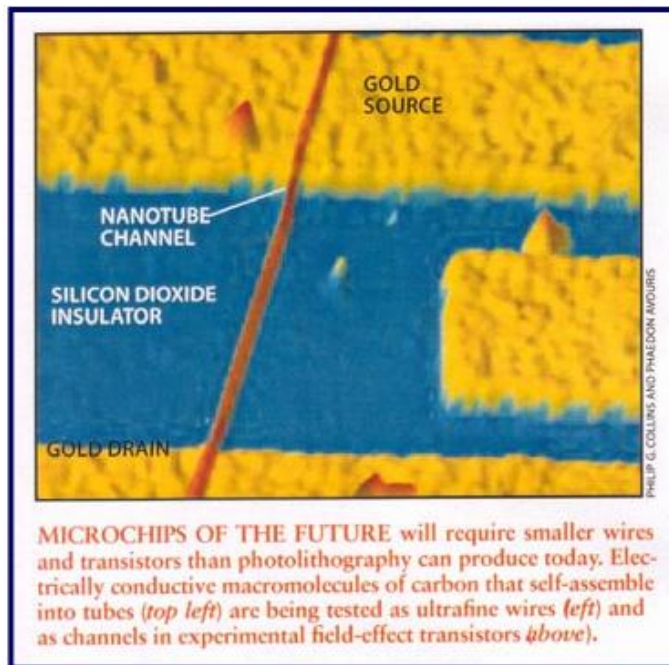
- Trong sinh học (di truyền học)
- Trong hóa học



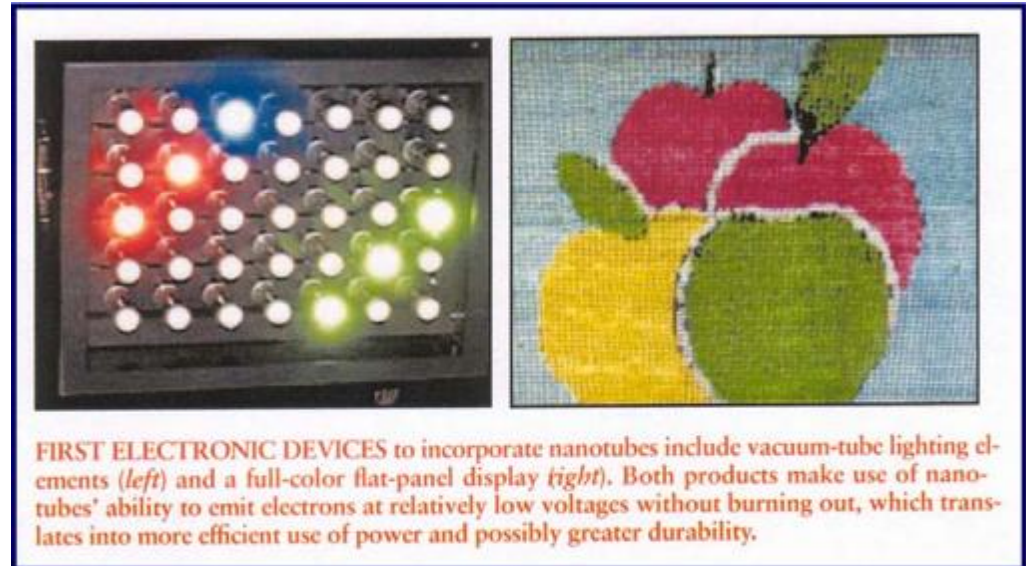


ng d ng

- Trong i n t



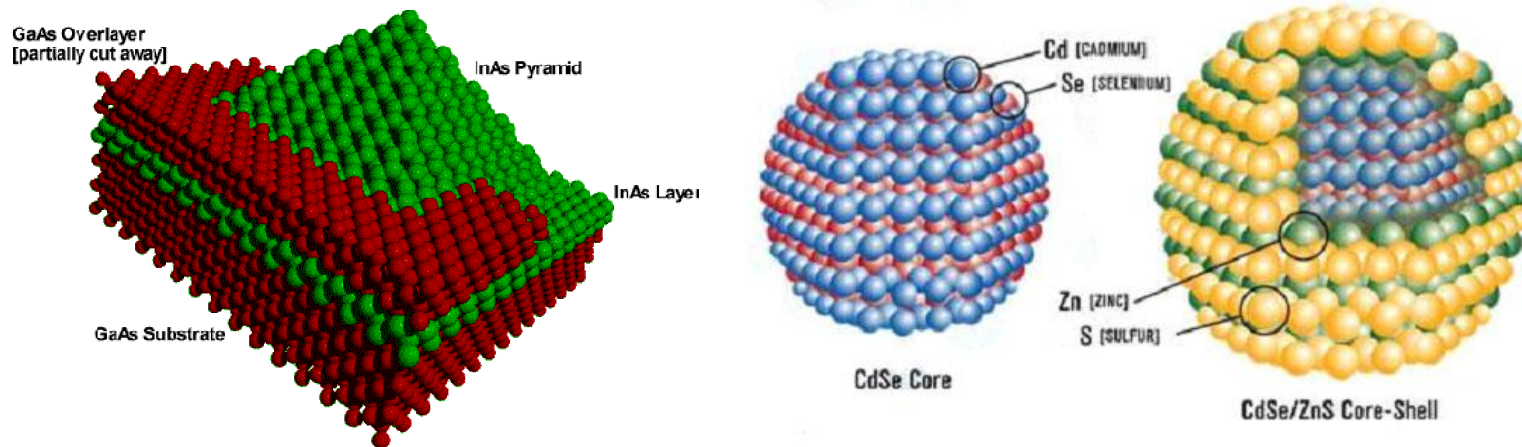
Field Effect Transistors

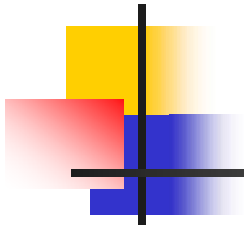


Field Emission Displays

QUANTUM DOT (Chấm lượng tử)

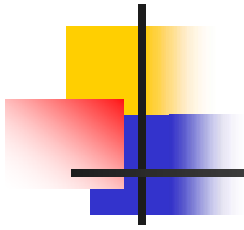
Quantum dots (QDs) là những tinh thể nano bán dẫn với kích thước cỡ 2-10 nm, chúng hình thành các hợp chất CdSe, ZnS, ... Mỗi QD có thể chứa từ 100-1000 nguyên tử.



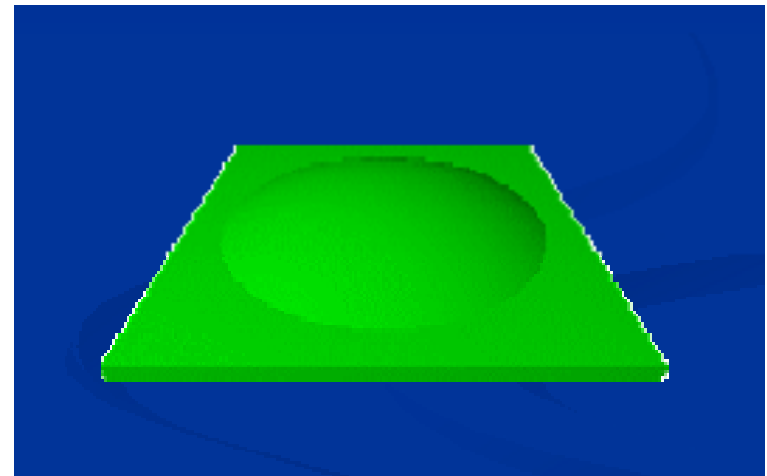


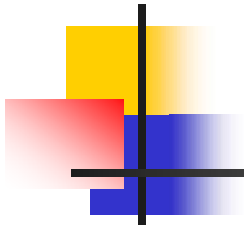
S hình thành

- QD hình thành khi nh ng màng bán dẫn m ng b cong xu ng b i áp su t o thành do s khác nhau v c u trúc m ng gi a màng bán dẫn v i v t li u nó phát tri n trên ó.



- Các khác nhau
khu vực mặt vài phần
trên và kích thước
màng ảnh tạo ra áp
suất trong mặt tiếp
màng lỏng phần
lên áp suất nên sâu
nhất trong
đường.

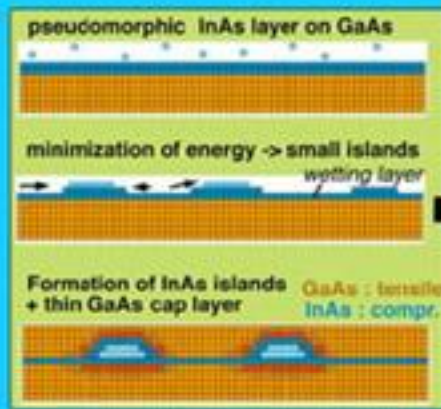




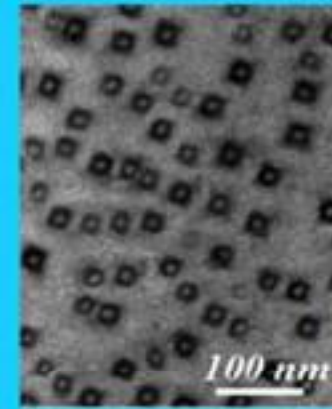
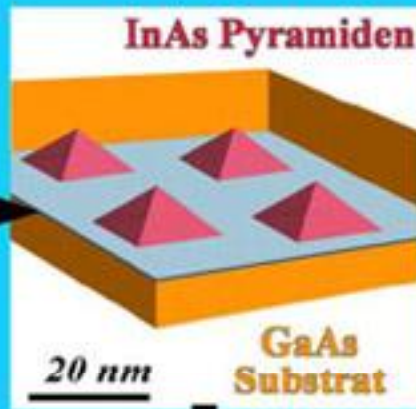
- Khi các l p m i c t lên, nh ng áp su t này s làm cho l p màng tr c ó tách ra thành các ch m và bung ra theo h ng th 3 thoát kh i áp su t, h n là là ti p t c phát tri n ch ng l i l c c n theo hai h ng.

getting smaller and smaller...

Quantum dots of semiconducting materials

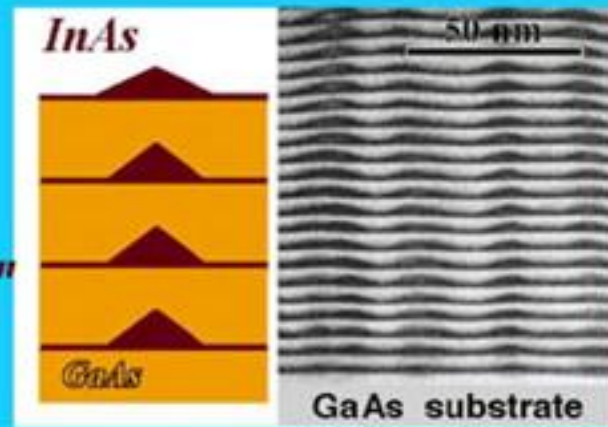


growth process

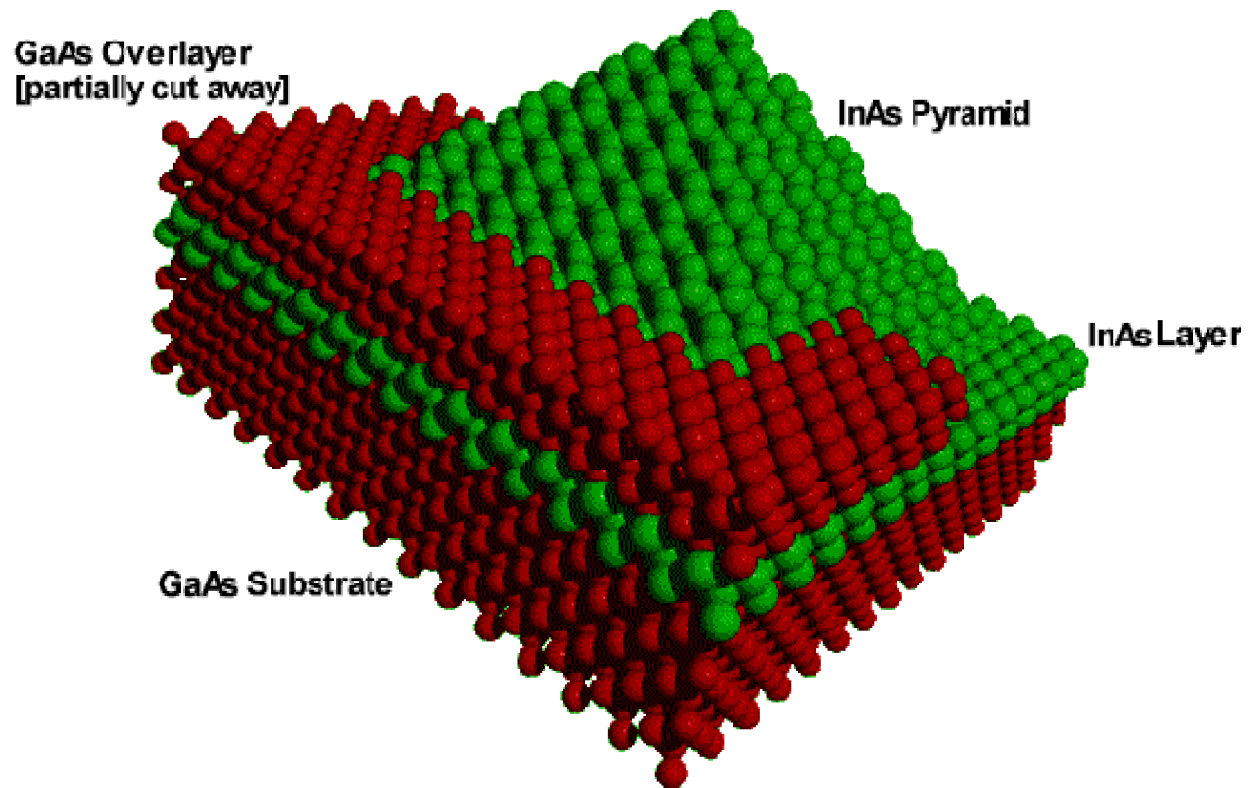
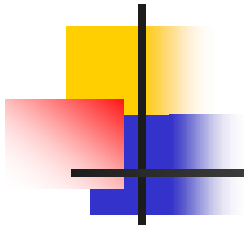


TEM image

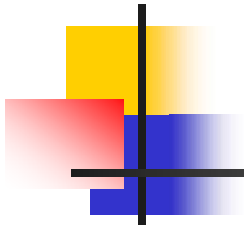
"self-organization"



lasing



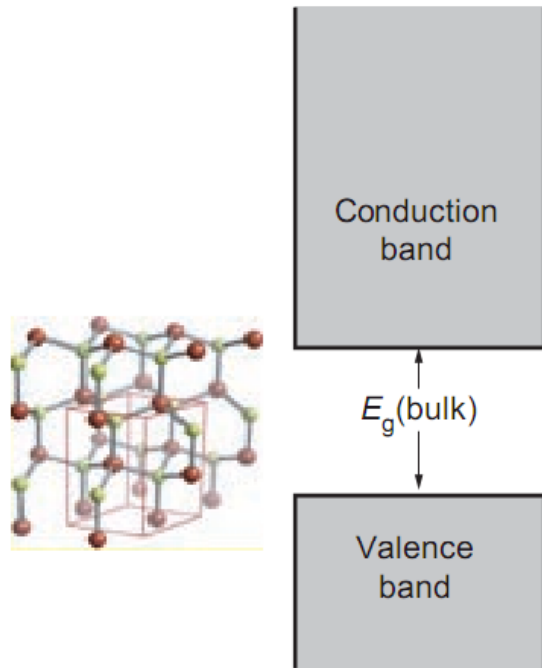
Hình nh 3 chi u c a QD InAs



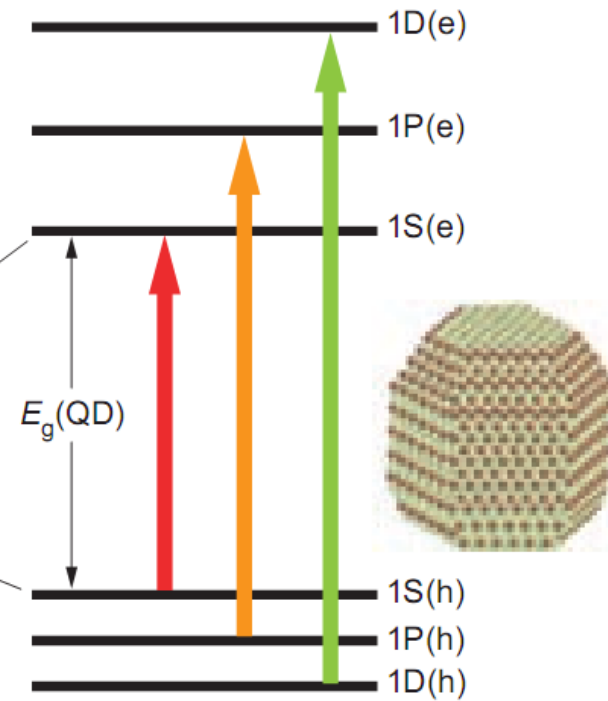
Đặc tính quang học của QD

- Năng lượng vùng cấm của QD không liên tục mà bị lượng tử hóa do hiệu ứng giam hãm lượng tử (quantum confinement)

(a) CdSe Bulk Semiconductor



(b) CdSe Quantum Dot (QD)



(c)

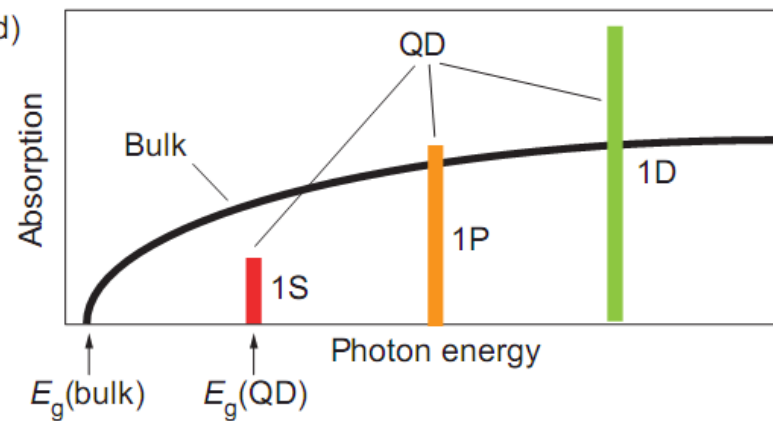
$$E_g(\text{QD}) \approx E_{g0} + \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m_{eh} R^2}$$

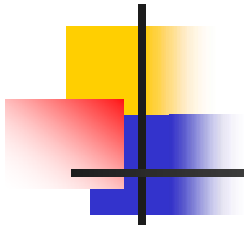
$$m_{eh} = \frac{m_e m_h}{m_e + m_h}$$

m_e = effective electron mass

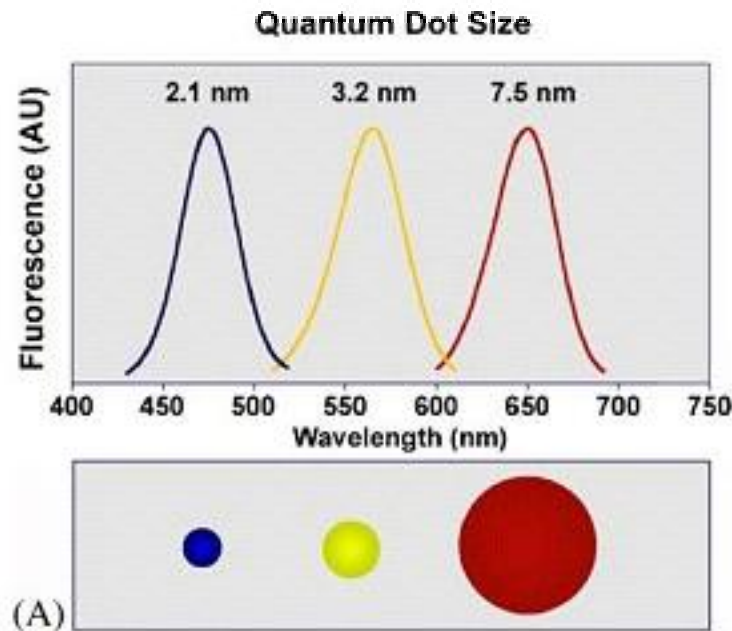
m_h = effective hole mass

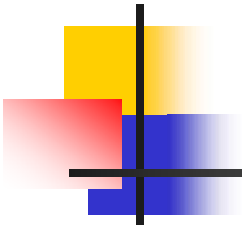
(d)



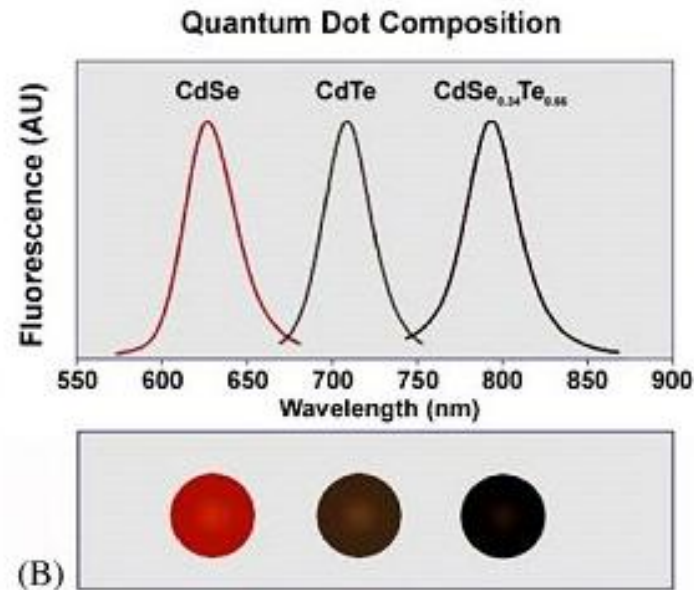


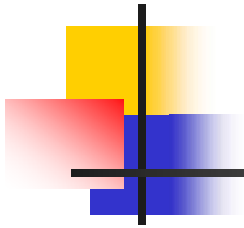
QD càng lớn (năng lượng thấp) thì phổ hấp thụ quang của nó càng rộng và ngược lại, QD càng nhỏ thì phổ hấp thụ quang càng xanh. Năng lượng vùng cấm quyết định năng lượng (và vì thế màu sắc) của phổ hấp thụ quang



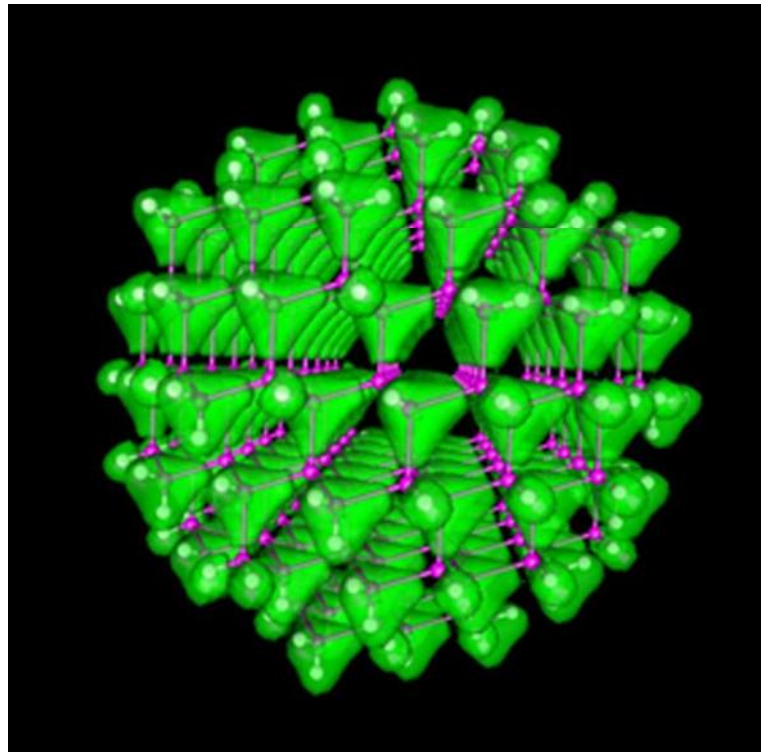


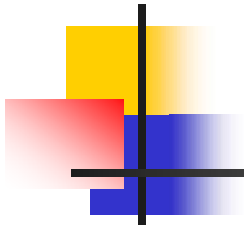
- Ngoài ra phổ huỳnh quang của QD còn phụ thuộc vào vật liệu cấu tạo QD.





■ i v i QD, m t electron ch y u n m
g n b m t.



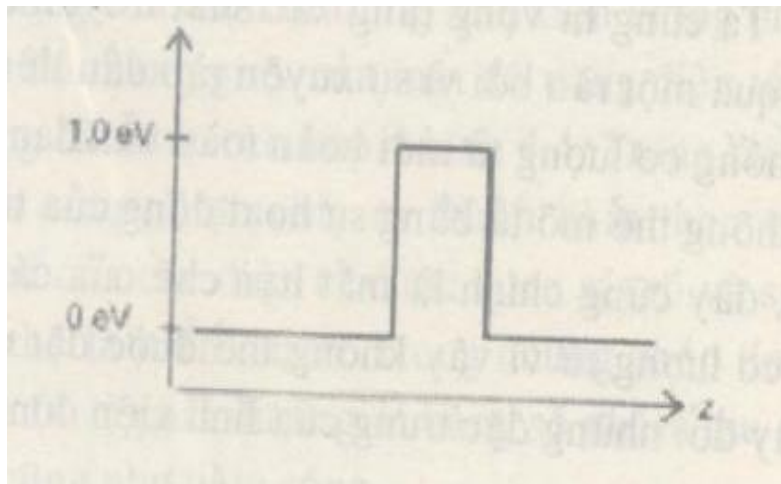


ứng dụng

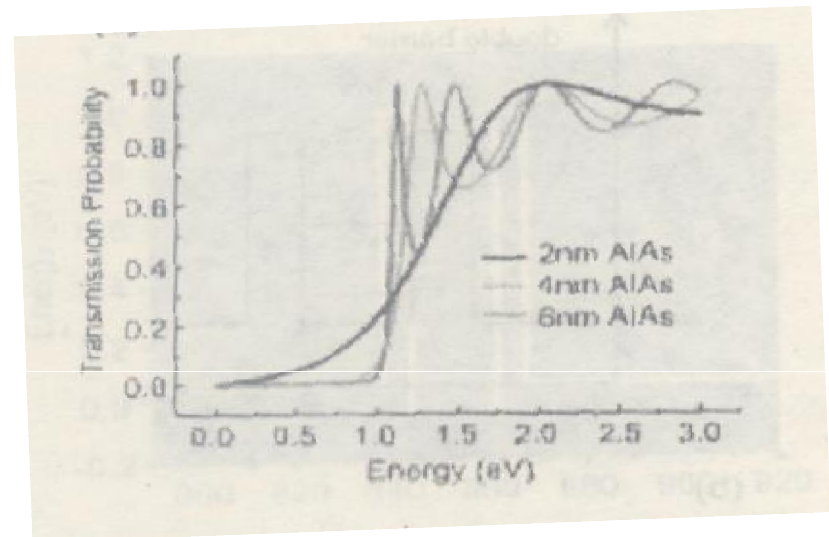
- Trong lĩnh vực y-sinh học: kiểm tra DNA, chụp hình 3D trong các sinh vật.
- Trong lĩnh vực hóa học
- Trong viễn thông: các linh kiện quang, quang viễn thông

HIỆN TƯỢNG XUYÊN HẠM CƯỜNG NGHIÊN

Hiện tượng xuyên hầm qua rào năng:



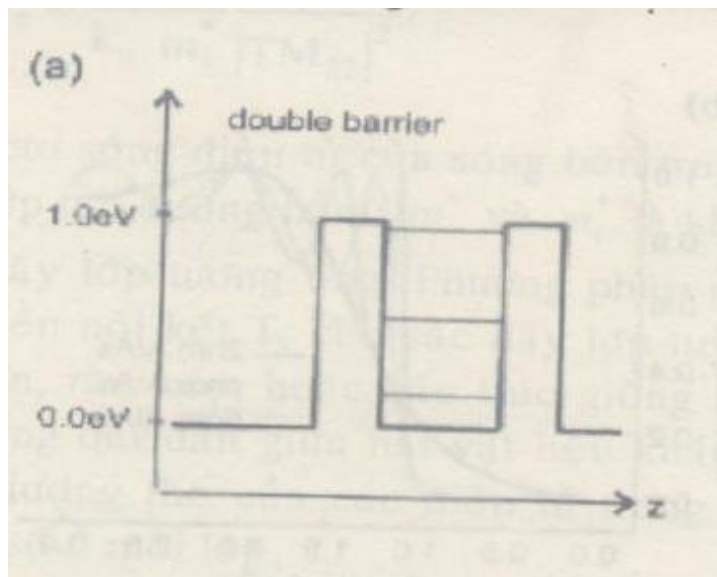
thế năng lượng dãi rào năng
n AlAs g n trong GaAs



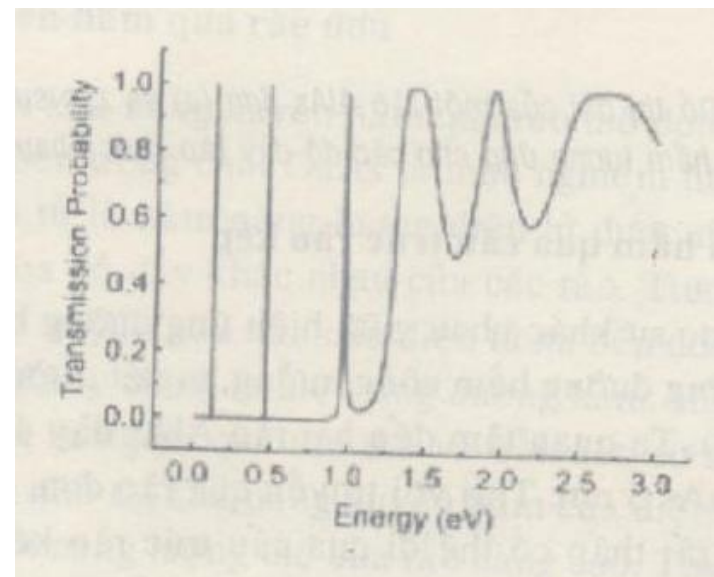
Xác suất xuyên hầm năng lượng
các dày rào khác nhau

HÌNH ẢNH XUYÊN HẠT MẸC NG HẠT NG

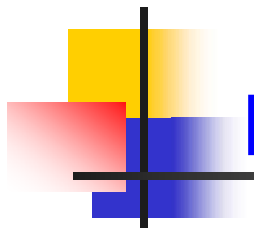
Hình ảnh xuyên hạt m qua rào kép:



th n ng l ñ ng d i rào kép AlAs g n trong GaAs

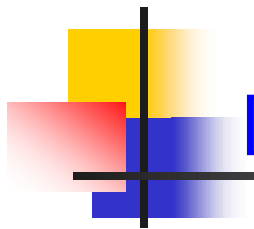


Xác su t xuyên h m ñ ng v í rào dày 4nm và gi ñ ng 5nm



HIỆN TƯỢNG XUYÊN HẠM CƯỜNG HÓA NG

Hiện tượng xuyên hầm càng mạnh là hiện tượng khi một điện trở cao tiếp xúc, nhưng ngược lại nó cũng có thể xảy ra ở một điện trở thấp nếu nó có một rào thế trong hệ thống thì sẽ vượt qua rào thế xác suất tăng, ngược lại thì sẽ không thể vượt qua rào thế.

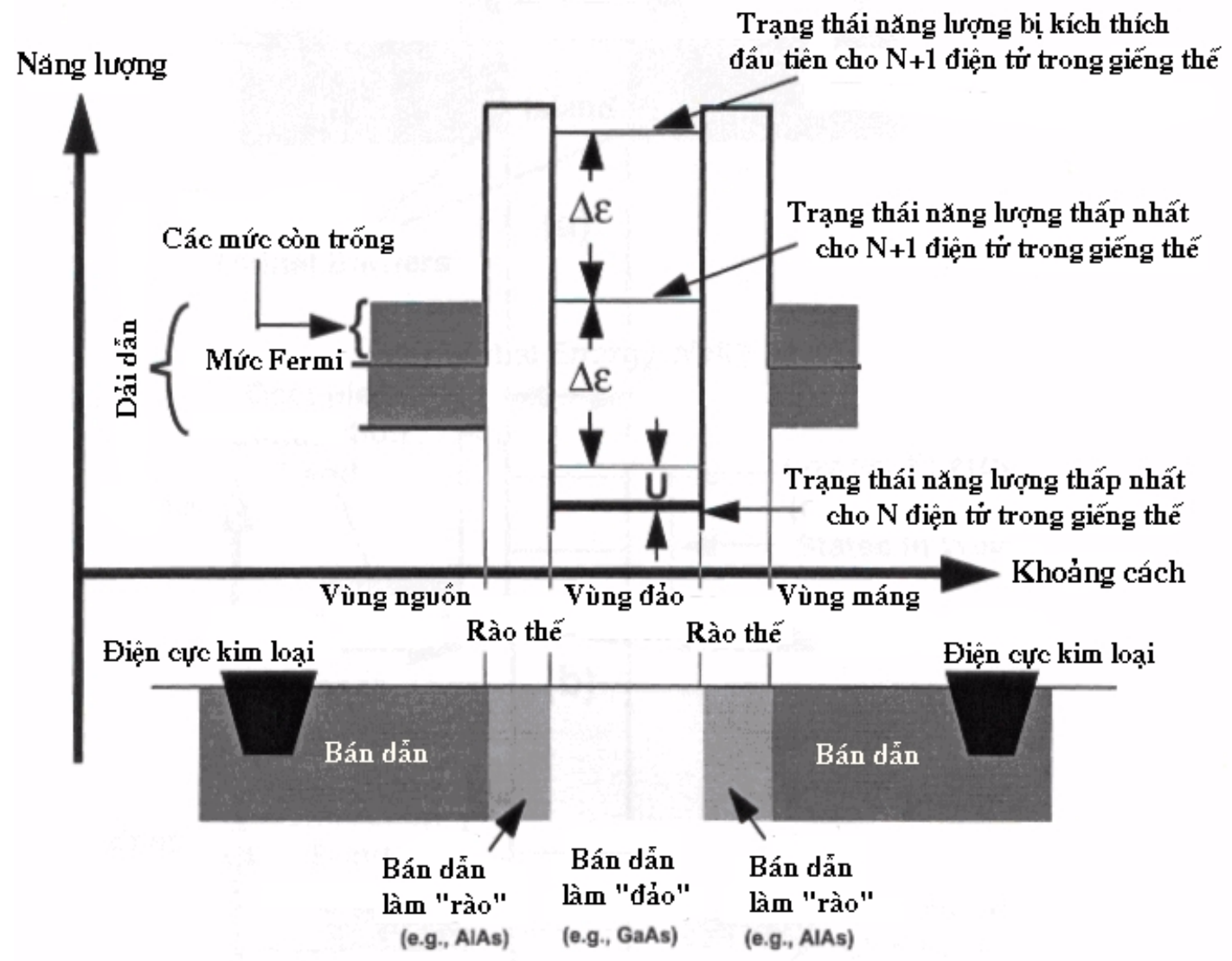


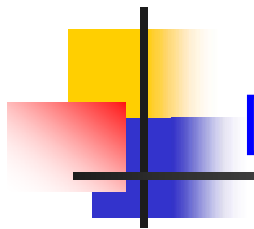
DIOD

NG H M C NG H

NG (RTD)

C u t o





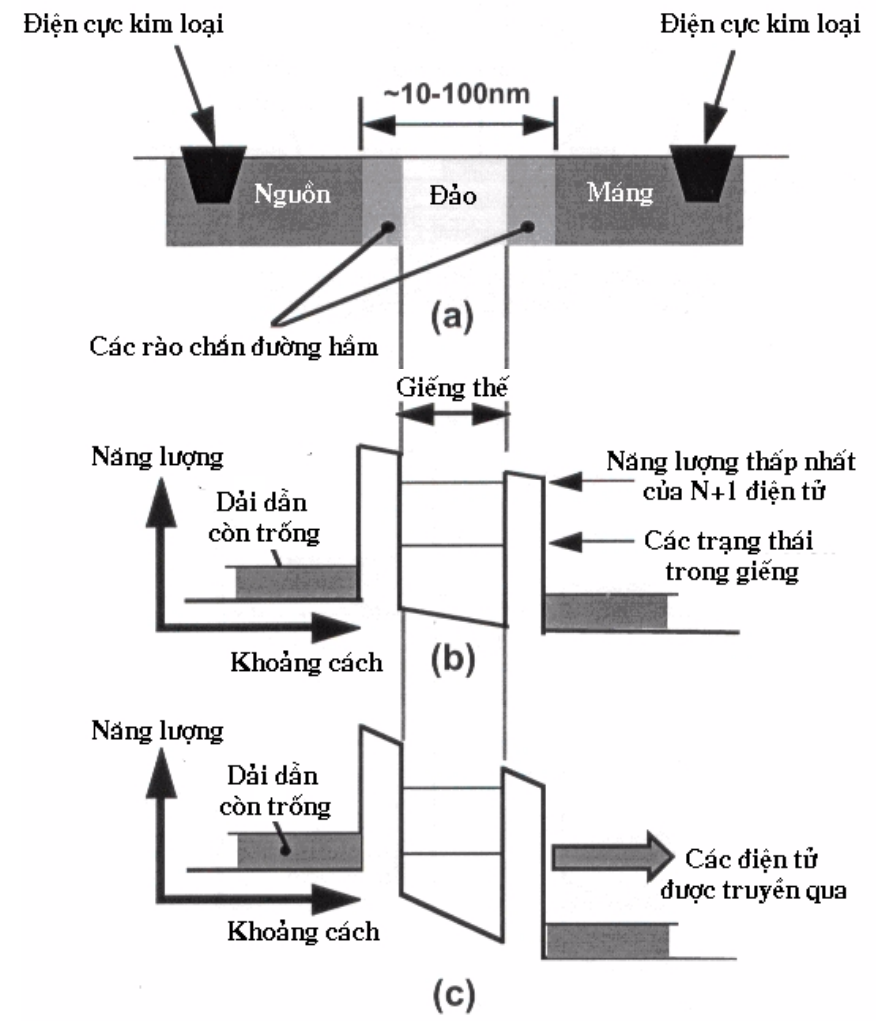
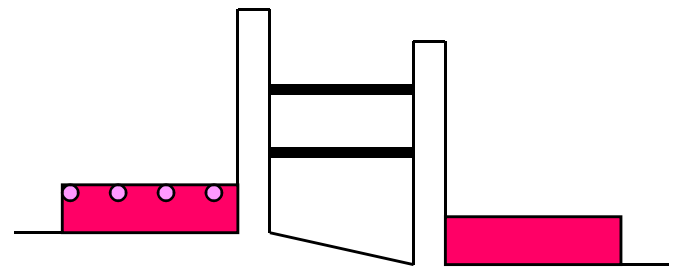
DIOD

NG H M C NG H

NG (RTD)

C u t o

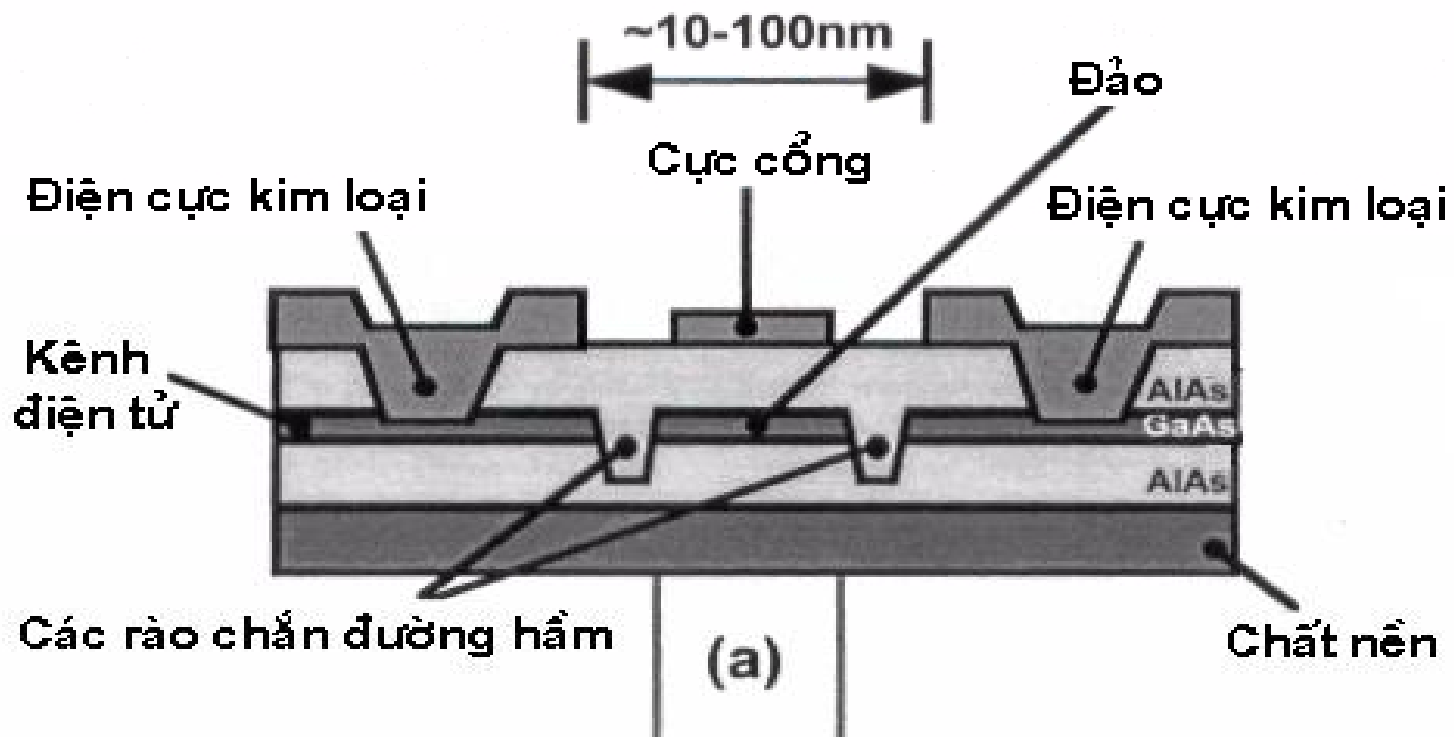
Nguyên t c ho t ng

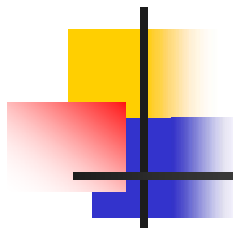


TRANSISTOR NG H M

C NG H NG (RTT)

C u t o

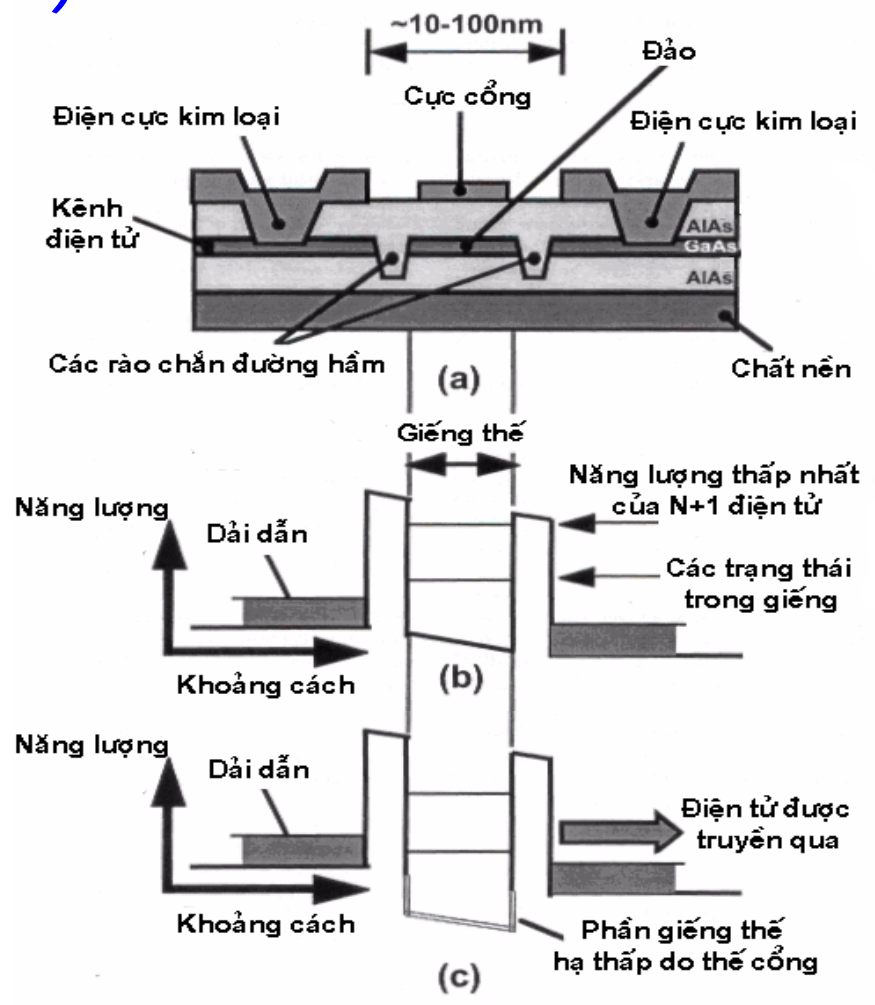
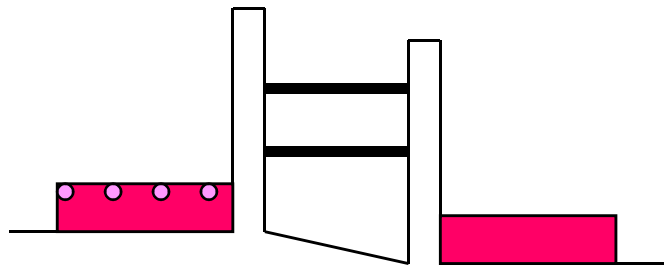




TRANSISTOR NG H M

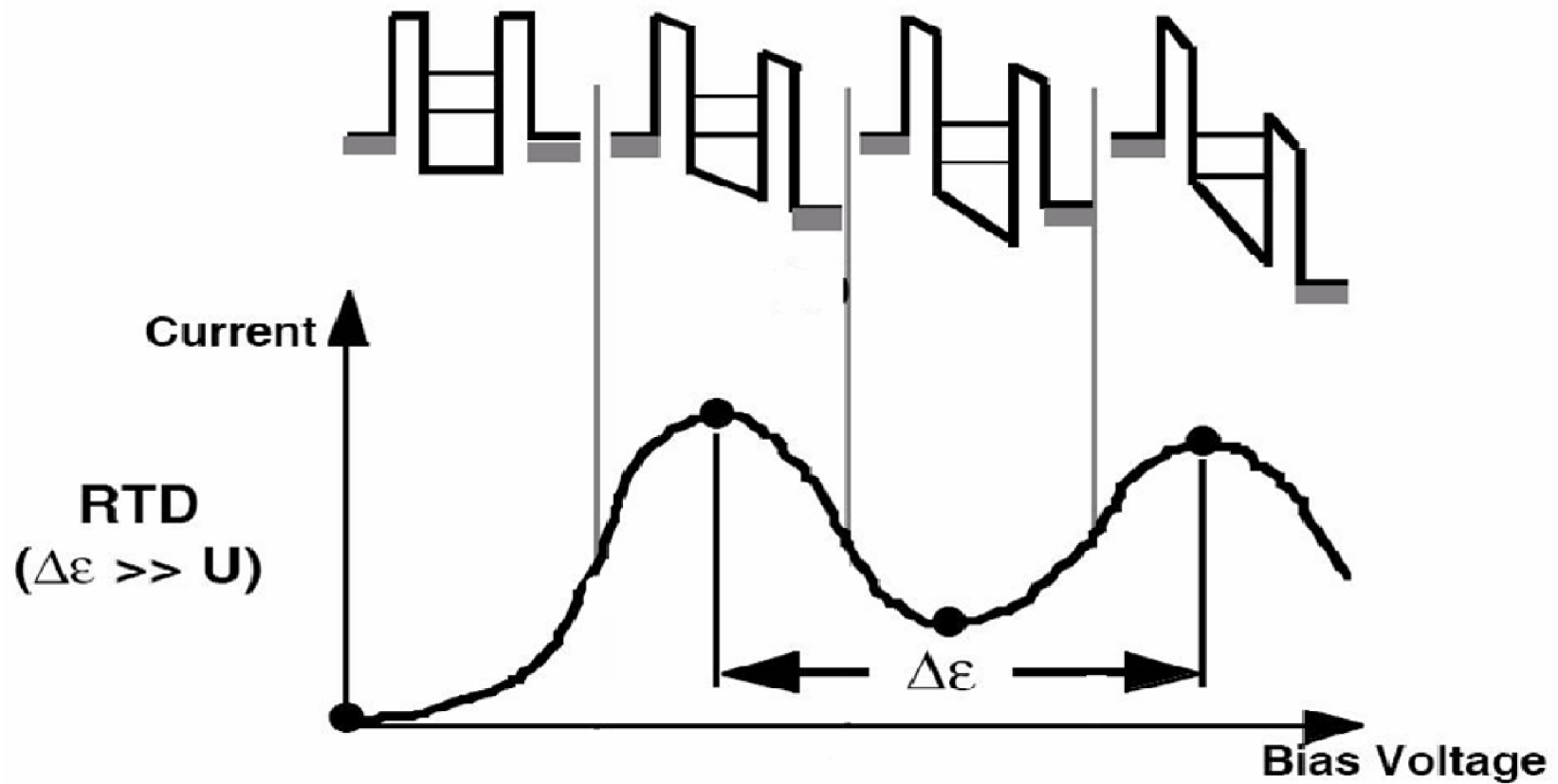
C NG H NG (RTT)

C u t o
Nguyên t c h o t ã ng



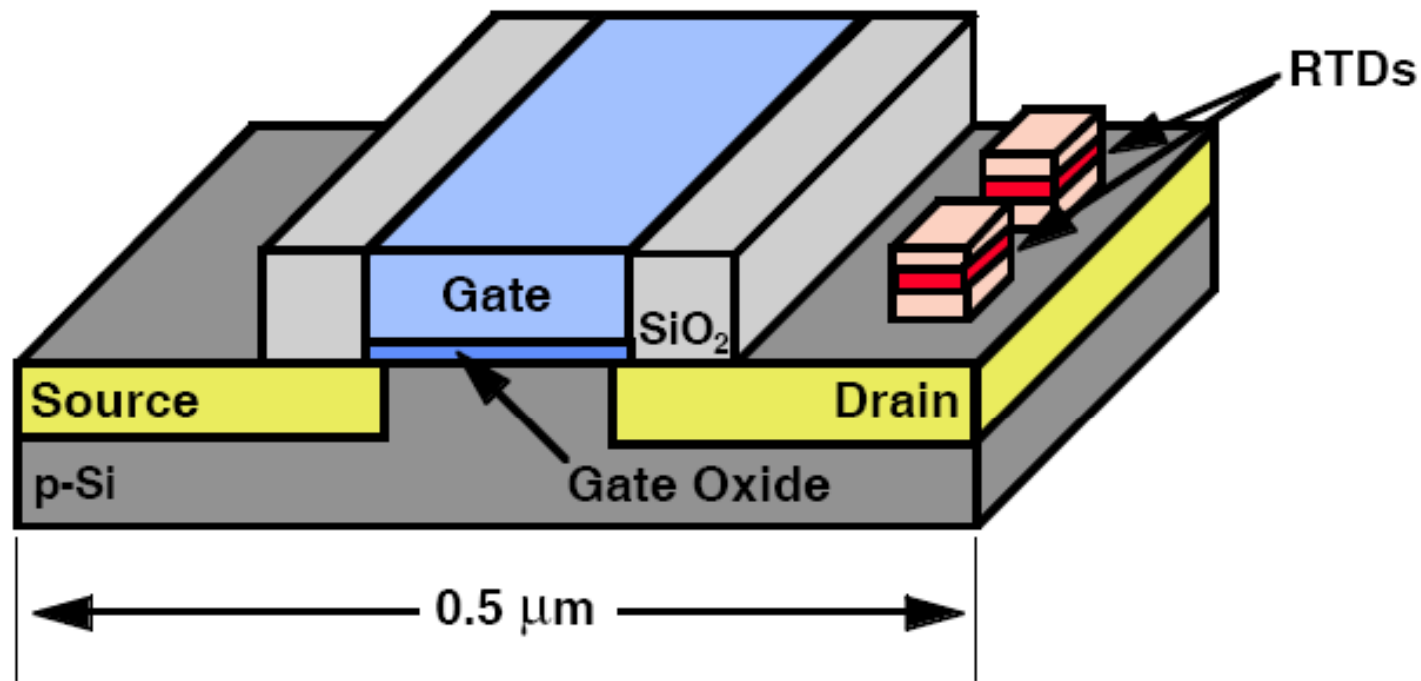
TRANSISTOR NG H M

C NG H NG (RTT)



=>M ra h ng nghiên c u m i: linh ki n i n t a tr ng thá i, có m t ch c n ng logic cao h n nh ng ít linh ki n h n, ít to nhi t h n.

LINH KIỆN LẠI MICRO - NANO



Các RTD có kích thước nano được gắn trên các nguôn hoặc các máng của transistor truyền làm thành truyền thái logic của transistor truyền.

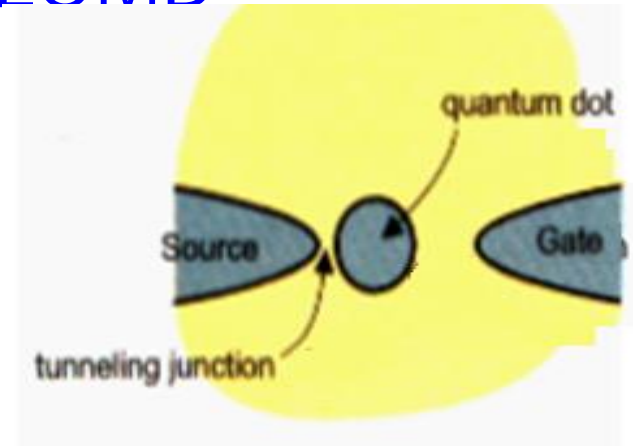
H P N I N T -

HI U NG KHOÁ COULOMB

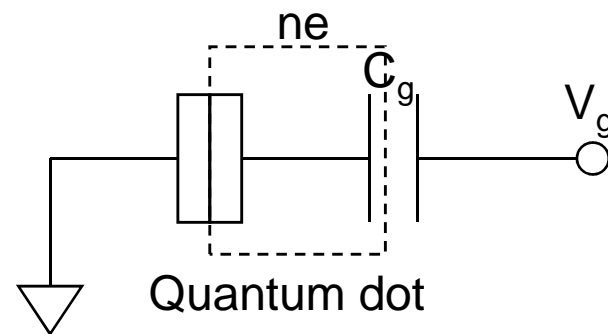
Khi kích thước giảm, năng lượng n p W_e giảm
liên tục

Khi năng lượng n p W_e liên
hệ năng lượng nhiệt kT ,

điện tử hai mức
bằng nhau, không có
xuyên hầm vào hoặc
ra khỏi, số điện tử
trong mức giảm
giống như là khóa
Coulomb.



Cut off point



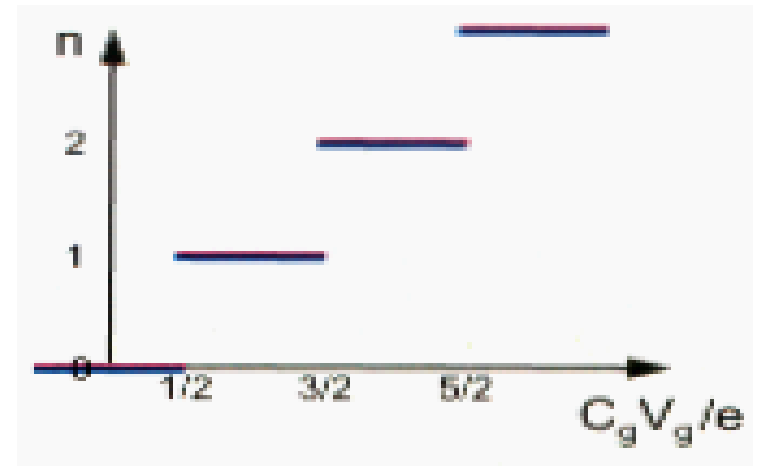
Measurement

H P N I N T -

HI U NG KHOÁ COULOMB

Khi t ng i n th c a
i n c c c ng n m t
giá tr nh t nh, m t e b
hút vào ch m l ng t ,
ti p t c t ng i n th , s
có thêm e khác b hút
vào.

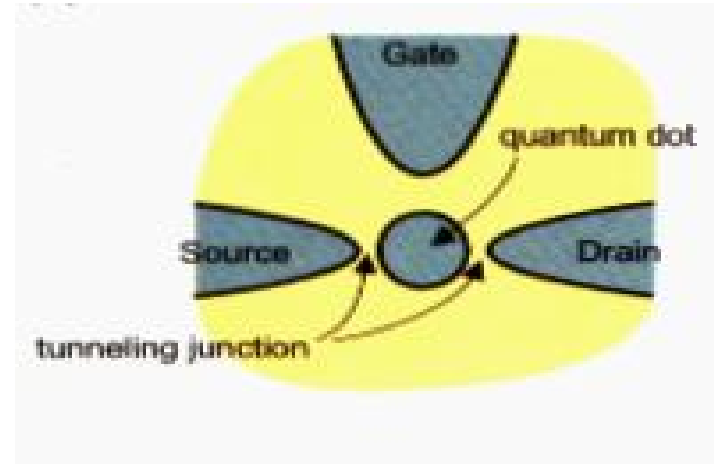
Ta có th i u khi n s
i n t trong ch m
l ng t b ng i n th
c c c ng.



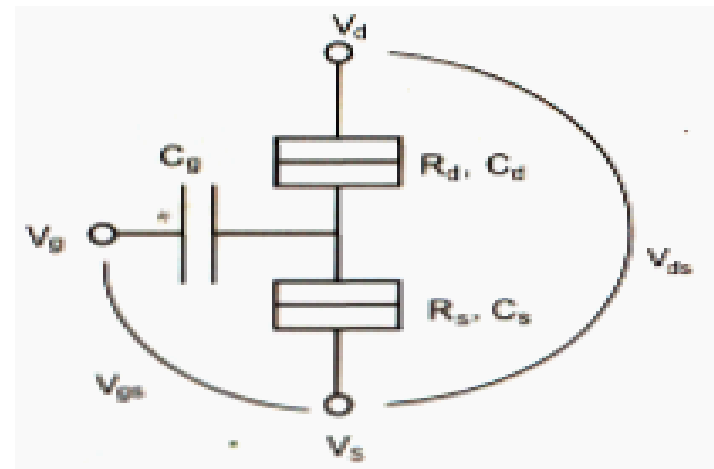
S e b hút vào ph thu c
vào i n th c c c ng

TRANSISTOR N I N T (SET)

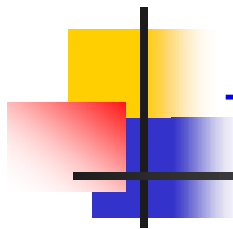
Bằng cách điều chỉnh
 vị trí của các
 nguyên, các máng và
 các cổng, ta có thể
 điều khiển cho từng
 điện tử các nguyên tử
 chuyển động rời rạc
 từ các máng như
 hiệu ứng khóa
 Coulomb



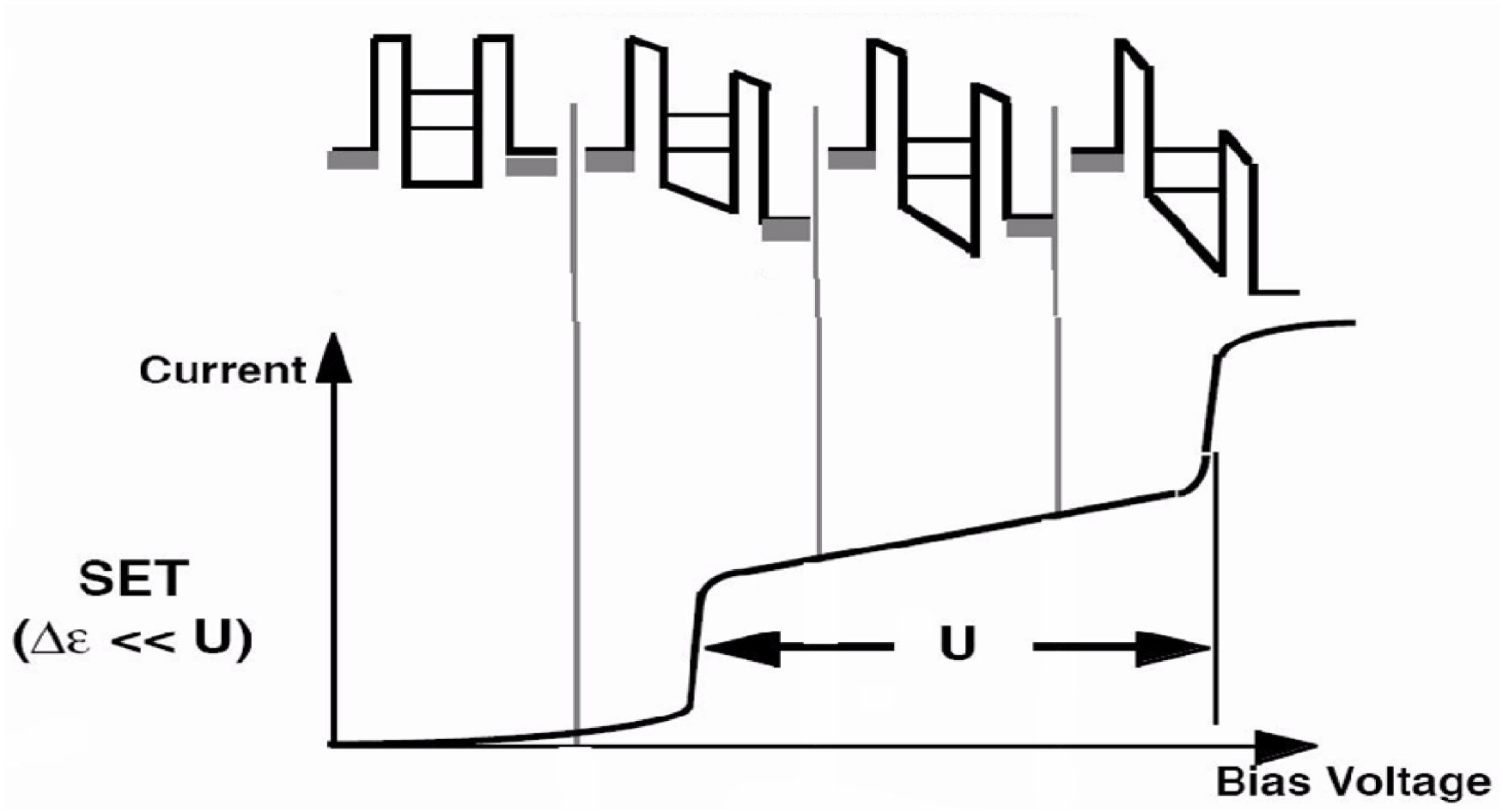
Cấu tạo transistor n i n t (SET)



Mạch transistor



TRANSISTOR N I N T (SET)





U I M VÀ H N CH C A LINH KI N I N T NANO BÁN D N

u i m:

Tiêu t n công su t th p

Gi m kích th c t t

T c r t nhanh

Nh c i m:

Dòng thung l ng, các linh ki n không óng hoàn toàn

Nh y v i th ng giáng c a th vào

Ho t ng nhi t th p

i n tích n n nh h ng n ho t ng c a linh ki n

Dòng xuyên h m c c nh y v i r ng rào th (theo hàm m)

Khó ch t o linh ki n m t cách ng nh t và chính xác