



## Quantum dot

### Khái niệm

Quantum dot [6-10] là một hạt nhỏ, kích thước cỡ nm (10-9m), có thể chứa từ 1-1000 electron. Người ta có thể điều khiển cấu tạo, kích thước, hình dáng của quantum dot, và số lượng các electron bên trong nó, cũng như điều khiển sự tương tác giữa các quantum dot một cách chính xác nhờ sử dụng các kỹ thuật tiên tiến của công nghệ chế tạo nano. Trong quantum dot, electron bị giam giữ theo cả ba chiều gần giống như các nguyên tử và do đó quantum dot thường được gọi là nguyên tử nhân tạo, siêu nguyên tử hay nguyên tử quantum dot.

### Tính chất

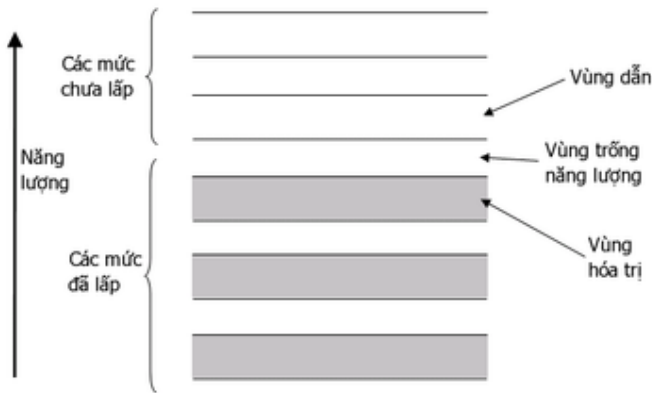
Giống như nguyên tử, các mức năng lượng trong quantum dot bị lượng tử hoá hoàn toàn. Tuy nhiên, quantum dot có ưu điểm nổi bật so với nguyên tử là có thể thay đổi kích thước, hình dạng, cũng như số lượng electron trong nó. Và do đó, với quantum dot, ta có thể mô phỏng toàn bộ bảng hệ thống tuần hoàn.

Điện trở của quantum dot tuân theo công thức Landaur:  $R = h/Ne2i$  (với  $i$  là số mức năng lượng trong quantum dot).

Quantum dot có nhiều tính chất quang học kì lạ: quantum dot hấp thụ ánh sáng rồi lại nhanh chóng phát xạ nhưng với màu sắc khác... Vì kích thước bé nên chỉ điều chỉnh kích thước một chút thì khả năng hấp thụ và phát xạ ánh sáng của quantum dot đã biến đổi khá rõ. Bởi vậy nên quantum dot có độ nhạy và khả năng phát quang cao hơn nhiều so với các vật liệu chế tạo ra nó. Ngoài tính chất là có thể điều chỉnh được độ đa dạng của màu sắc phát xạ, quantum dot còn có thể được chế tạo sao cho có một quang phổ tối ưu với nhiều màu sắc mà ta muốn có. Ta có thể điều chỉnh để quantum dot có thể hấp thụ ánh sáng cho tr ước trong một dải phổ rộng, do đó chỉ cần dùng những nguồn sáng đơn giản, rẻ tiền như đèn, laser, LED... để làm nguồn kích thích cho quantum dot. Ngược lại, bằng một từ trường thích hợp, ta lại có thể điều khiển quantum dot chỉ hấp thụ và phát xạ ánh sáng trong một dải phổ rất hẹp.

## Vùng năng lượng trong chất bán dẫn

Tính chất điện của các vật liệu rắn có thể được giải thích nhờ [lý thuyết vùng năng lượng](#). Như ta biết, [điện tử](#) tồn tại trong [nguyên tử](#) trên những mức năng lượng gián đoạn (các [trạng thái rời rạc](#)). Nhưng trong chất rắn, khi mà các nguyên tử kết hợp với nhau thành các khối, thì các mức năng lượng này b ộ phận lên nhau, và trở thành các vùng năng lượng và sẽ có ba vùng chính.



Cấu trúc năng lượng của điện tử trong mạng nguyên tử của chất bán dẫn. Vùng hóa trị lấp đầy, trong khi vùng dẫn trống. Mức năng lượng Fermi nằm vùng trống năng lượng.

- Vùng hóa trị (Valence band): Là vùng có năng lượng thấp nhất theo thang năng lượng, là vùng mà điện tử liên kết mạnh với nguyên tử và không linh động.
- Vùng dẫn (Conduction band): Vùng có mức năng lượng cao nhất, là vùng mà điện tử linh động (như các điện tử do) và điện tử vùng này là điện tử dẫn, có nghĩa là chất có khả năng dẫn điện khi có điện tử tự do trên vùng dẫn. Tính dẫn điện tăng khi mật độ điện tử trên vùng dẫn tăng.
- Vùng cấm (Forbidden band): Là vùng nằm giữa vùng hóa trị và vùng dẫn, không có mức năng lượng nào do đó điện tử không thể tồn tại trên vùng cấm. Nếu bán dẫn pha tạp, có thể xuất hiện các mức năng lượng trong vùng cấm (mức pha tạp). Khoảng cách giữa hai vùng dẫn và vùng hóa trị gọi là rãnh vùng cấm, hay năng lượng vùng cấm (Band Gap). Tùy theo rãnh vùng cấm lớn hay nhỏ mà chất có thể là dẫn điện hoặc không dẫn điện.

Như vậy, tính dẫn điện của các chất rắn và tính chất của chất bán dẫn có thể lý giải một cách ngắn gọn như lý thuyết vùng năng lượng như sau:

- Kim loại có vùng dẫn và vùng hóa trị chồng lên nhau (không có vùng cấm) do đó luôn luôn có điện tử trên vùng dẫn vì thế mà kim loại luôn luôn dẫn điện.
- Các chất bán dẫn có vùng cấm có mật độ rất nhỏ. Không tuy nhiên (ở 0 K), mức Fermi nằm giữa vùng cấm, có nghĩa là tất cả các điện tử tự do vùng hóa trị, do đó chất bán dẫn không dẫn điện. Khi tăng nhiệt độ, các điện tử sinh ra có năng lượng nhiệt ( $k_B T$  với  $k_B$  là hằng số Boltzmann) nhúng năng lượng này cho điện tử vượt qua vùng cấm nên điện tử vào vùng hóa trị. Khi tăng nhiệt độ nhiều, số có mật độ điện tử nhúng năng lượng lớn hơn năng lượng vùng cấm và nó sẽ nhảy lên vùng dẫn và chất rắn trở thành dẫn điện. Khi nhiệt độ càng tăng lên, mật độ điện tử trên vùng dẫn sẽ càng tăng lên, do đó, tính dẫn điện của chất bán dẫn tăng dần theo định luật (hay định luật Arrhenius mô tả theo nhiệt độ). Một cách gần đúng, có thể viết phương thức của định luật chất bán dẫn vào nhiệt độ như sau:

$$R = R_0 \exp\left(\frac{\Delta E_g}{2k_B T}\right)$$

Thư cảm xin chào bạn đến từ: [www.myyagy.com/mientay](http://www.myyagy.com/mientay)

Với  $R_0$  là hằng số,  $E_g$  là rãnh vùng cấm. Ngoài ra, tính dẫn của chất bán dẫn có thể thay đổi nhờ các kích thích năng lượng khác, ví dụ như ánh sáng. Khi chiếu sáng, các điện tử hấp thụ năng lượng từ [photon](#), và có thể nhảy lên vùng dẫn nếu năng lượng lớn. Đây chính là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi tính chất của chất bán dẫn dưới tác động của [ánh sáng](#) (quang-bán dẫn).

## [s a] Bán dẫn pha tạp

Chất bán dẫn loại p (hay dùng nghĩa tiếng Việt là bán dẫn âm) có thành phần là các nguyên tố thuộc nhóm III, dẫn đến thiếu hụt các lỗ trống (viết tắt cho chữ tiếng Anh 'positive', nghĩa là dương).

Chất bán dẫn loại n (bán dẫn âm - Negative) có thành phần là các nguyên tố thuộc nhóm V, các nguyên tố này dùng 4 electron tạo liên kết và một [electron](#) lười ngoài liên kết liên lạc với nhân, đây chính là các electron dẫn chính.

Có thể gợi ý thích một cách ngắn gọn về bán dẫn pha tạp như vào lý thuyết vùng năng lượng như sau: Khi pha tạp, sự xuất hiện các mức pha tạp nằm trong vùng cấm, chính các mức này khi nhận đủ năng lượng chuyển lên vùng dẫn hoặc lỗ trống để dàng di chuyển xuống vùng hóa trị tạo nên tính dẫn của vật liệu. Vì thế, chất pha tạp với hàm lượng rất nhỏ cũng làm thay đổi tính chất dẫn của chất bán dẫn.