

Dòng điện trong chất khí, chân không, chất bán dẫn

I. Lý thuyết

1. Dòng điện trong chất khí

a. Chất khí là môi trường cách điện

Trong điều kiện thường chất khí không dẫn điện bởi các phân tử khí đều nằm trong trạng thái trung hòa về điện. Do đó, trong chất khí không có hạt tải điện hay chất khí là điện môi.

b. Sự dẫn điện của chất khí trong điều kiện thường

- Trong chất khí cũng có nhưng rất ít các hạt tải điện.
- Khi dùng ngọn đèn ga để đốt nóng chất khí hoặc chiếu vào chất khí chùm bức xạ tử ngoại thì trong chất khí xuất hiện các hạt tải điện. Khi đó chất khí có khả năng dẫn điện.

c. Bản chất dòng điện trong chất khí

- Dòng điện trong chất khí là dòng chuyển dời có hướng của các ion dương (+) theo chiều điện trường và các ion âm (-), các electron sẽ chuyển động ngược chiều điện trường. Các hạt tải điện này do chất khí bị ion hóa sinh ra.
- Quá trình dẫn điện không tự lực của chất khí xảy ra khi ta phải dùng các tác nhân ion hóa từ bên ngoài (ngọn lửa ga (nhiệt độ cao), tia tử ngoại của đèn thủy ngân...) để tạo ra hạt tải điện trong chất khí.
- Khi dùng nguồn điện áp lớn để tạo ra sự phóng điện qua chất khí, ta thấy có hiện tượng nhân số hạt tải điện.

d. Ứng dụng của dòng điện trong chất khí

- Quá trình phóng điện tự lực trong chất khí là quá trình phóng điện vẫn tiếp tục giữ được khi không còn tác nhân ion hóa tác động từ bên ngoài.
- Tia lửa điện là quá trình phóng điện tự lực hình thành trong chất khí khi có điện trường đủ mạnh để làm ion hóa chất khí. Tia lửa điện được ứng dụng trong động cơ xăng để đốt xilanh, cụ thể là đối hỗn hợp xăng và không khí.





- Hồ quang điện là quá trình phóng điện tự lực hình thành khi dòng điện qua chất khí có thể giữ được nhiệt độ cao của catôt để nó phát được electron bằng hiện tượng phát xạ nhiệt điện tử. Hồ quang điện rất hữu ích khi sử dụng trong quá trình luyện thép, hàn điện, nấu chảy vật liệu, làm đèn chiếu sáng,...

2. Dòng điện trong chân không

a. Bản chất dòng điện trong chân không

- Chân không chỉ dẫn điện nếu ta đưa các electron vào trong đó.
- Dòng điện trong chân không là dòng chuyển dời có hướng của các electron.

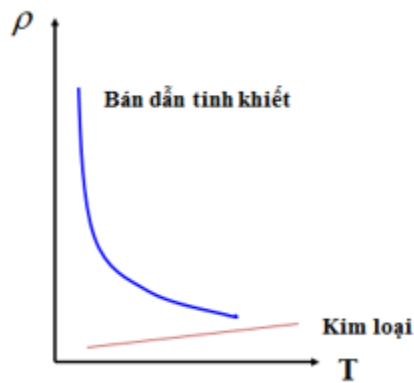
b. Tia catot

- Tia Catot là một dòng các electron phát ra từ ca tât, có năng lượng lớn và bay tự do trong không gian, được sinh ra khi phóng điện qua chất khí ở áp suất thấp. Nó cũng có thể được tạo ra bằng một súng electron.
- Tia Ca tât có khả năng làm huỳnh quang các chất và bị làm lệch bằng điện trường và từ trường. Nó được dùng trong đèn hình và ống phóng điện tử.
- Diot chân không với catôt nóng đỏ có tính chỉnh lưu.
- Ứng dụng của dòng điện trong chân không
 - + Làm ống phóng điện tử và đèn hình, đây là ứng dụng phổ biến nhất.
 - + Sản xuất đèn chân không
 - + Chuẩn đoán bệnh trong y học (tia X)

3. Dòng điện trong chất bán dẫn

a. Chất bán dẫn và tính chất

- Chất bán dẫn là vật liệu trung gian giữa chất cách điện và chất dẫn điện. Chất bán dẫn hoạt động như chất cách điện ở nhiệt độ thấp và hoạt động như một chất dẫn điện ở nhiệt độ cao.
- Nhóm vật liệu bán dẫn tiêu biểu là silic và gecmani.
- Những biểu hiện quan trọng đầu tiên của chất bán dẫn:
 - + Ở nhiệt độ thấp, điện trở suất của chất bán dẫn siêu tinh khiết rất lớn. Khi nhiệt độ tăng, điện trở suất giảm nhanh, hệ số nhiệt điện trở có giá trị âm.
 - + Điện trở suất của chất bán dẫn giảm rất mạnh khi pha một ít tạp chất.
 - + Điện trở của bán dẫn giảm đáng kể khi bị chiếu sáng hoặc bị tác dụng của các tác nhân ion hóa khác.



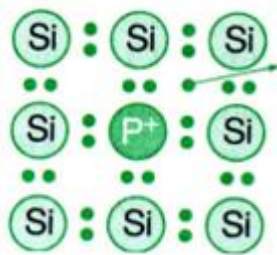
+ Điện trở suất của kim loại và bán dẫn tinh khiết phụ thuộc khác nhau vào nhiệt độ.

b. Hạt tải điện trong chất bán dẫn. Bán dẫn loại n và bán dẫn loại p

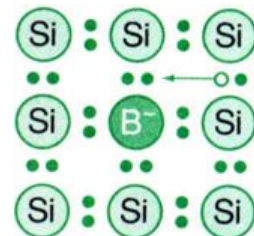
- Chất bán dẫn có hai loại hạt tải điện là electron và lỗ trống.
- Dòng điện trong chất bán dẫn là dòng các electron dẫn chuyển động ngược chiều điện trường và dòng các lỗ trống chuyển động cùng chiều điện trường.

* Tạp chất cho (đônô) và tạp chất nhận (axepô)

- Khi pha tạp chất là những nguyên tố có năm electron hóa trị vào trong tinh thể silic thì mỗi nguyên tử tạp chất này cho tinh thể một electron dẫn. Ta gọi chúng là tạp chất cho hay đônô. Bán dẫn có pha đônô là bán dẫn loại n, hạt tải điện chủ yếu là electron.



- Khi pha tạp chất là những nguyên tố có ba electron hóa trị vào trong tinh thể silic thì mỗi nguyên tử tạp chất này nhận một electron liên kết và sinh ra một lỗ trống nên được gọi là tạp chất nhận hay axepô. Bán dẫn có pha axepô là bán dẫn loại p, hạt tải điện chủ yếu là các lỗ trống.



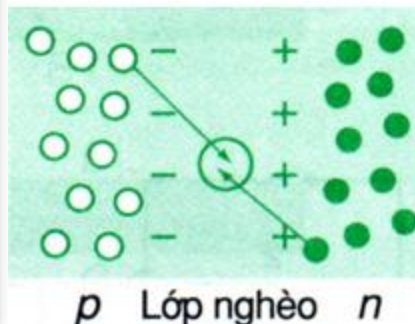
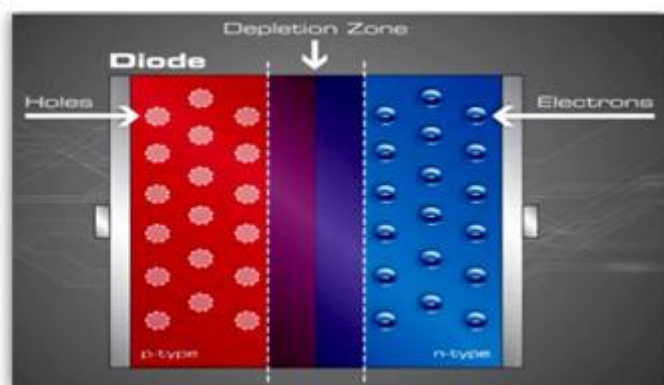
c. Lớp chuyển tiếp p – n

Lớp chuyển tiếp p – n là chỗ tiếp xúc của miền mang tính dẫn p và miền mang tính dẫn n được tạo ra trên một tinh thể bán dẫn.

* **Lớp nghèo**

Tại lớp chuyển tiếp p – n: electron tự do và lỗ trống trà trộn vào nhau.

- Khi electron gặp lỗ trống (nơi liên kết thiếu electron), nó sẽ nối lại liên kết và một cặp electron – lỗ trống sẽ biến mất.
- Ở lớp chuyển tiếp p – n sẽ hình thành một lớp không có hạt tải điện được gọi là lớp nghèo.



- Ở lớp chuyển tiếp p – n: về phía bán dẫn n có các ion donor tích điện dương, về phía bán dẫn p có các ion acceptor tích điện âm.
- Điện trở của lớp nghèo rất lớn.

* Dòng điện chạy qua lớp nghèo

- Nếu đặt một điện trường có chiều hướng từ bán dẫn p sang bán dẫn n thì:
 - + Lỗ trống trong bán dẫn p sẽ chạy theo cùng chiều điện trường vào lớp nghèo.
 - + Electron trong bán dẫn n sẽ chạy ngược chiều điện trường vào lớp nghèo

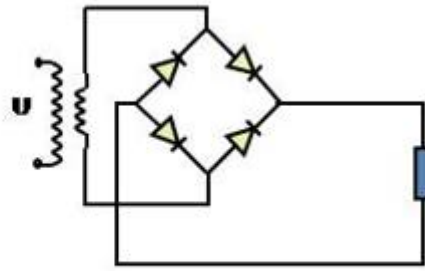


- Quy ước:
 - + Chiều dòng điện qua lớp nghèo từ p sang n (chiều thuận).
 - + Chiều dòng điện không qua lớp nghèo từ p sang n (chiều ngược).

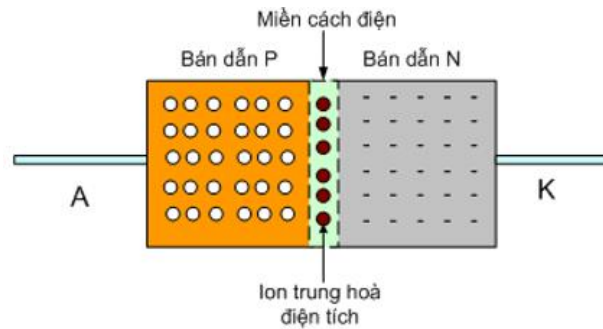
* Hiện tượng phun hạt tải điện

- Khi dòng điện đi qua lớp chuyển tiếp p – n theo chiều thuận, các hạt tải điện đi vào lớp nghèo có thể đi tiếp sang miền đối diện. Ta nói có hiện tượng phun hạt tải điện từ miền này sang miền khác.
- Các hạt tải điện không thể đi xa quá 0,1 mm vì cả hai miền p và n lúc này đều có electron và lỗ trống nên chúng dễ gặp nhau và biến mất từng cặp.

d. Điốt bán dẫn và mạch chỉnh lưu dùng điốt bán dẫn

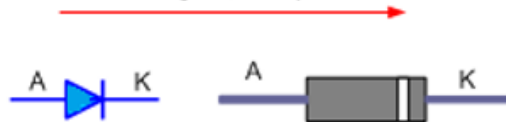


- Khi có được hai chất bán dẫn loại p và n, nếu ghép hai chất bán dẫn theo một tiếp giáp p – n ta được một điốt bán dẫn.

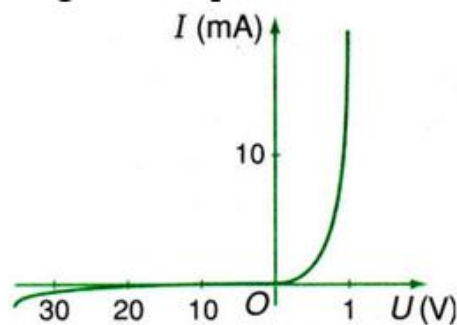


- Tại bề mặt tiếp xúc, các điện tử dư thừa trong bán dẫn n khuếch tán sang vùng bán dẫn p để lấp vào các lỗ trống tạo thành lớp ion trung hòa điện, lớp này là miền cách điện.

Chiều dòng điện đi qua Diode

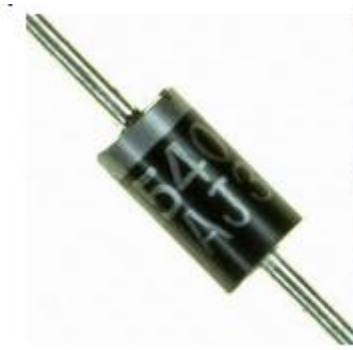


Chiều dòng điện đi qua điốt và kí hiệu điốt

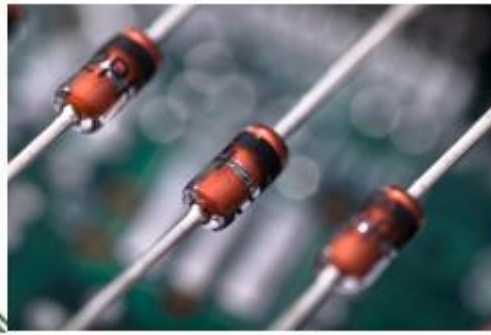


Đặc tuyến vôn – ampe của điốt bán dẫn

- Nhận biết một số điốt bán dẫn:



Điôt chỉnh lưu



Điôt ổn áp



Điôt phát quang



Điôt xung

e. Tranzito lưỡng cực n – p – n. Cấu tạo và nguyên lí hoạt động

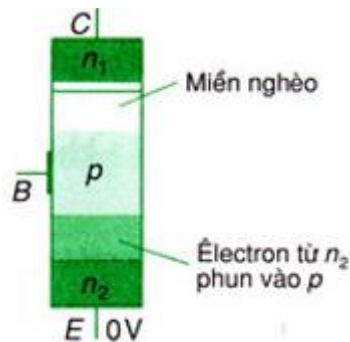
* Hiệu ứng tranzito

- Xét tinh thể bán dẫn $n_1 - p - n_2$, các điện cực B, C, E.

Mật độ electron ở $n_2 \gg$ mật độ lỗ trống ở p.

U_{BE} điện áp thuận, U_{CE} lớn (10V)

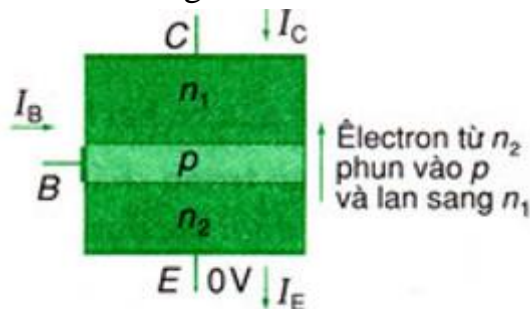
+ Khi miền p rất dày, n_1 và n_2 cách xa nhau:



• Lớp $n_1 - p$ phân cực ngược, R_{CB} lớn.

• Lớp $p - n_2$ phân cực thuận, electron phun từ n_2 sang p, không tới được lớp $p - n_1$; không ảnh hưởng tới R_{CB} .

- Khi miền p rất mỏng, n_1 và n_2 rất gần nhau:



Electron từ n_2 phun vào p và lan sang n_1 làm cho R_{CB} giảm đáng kể.

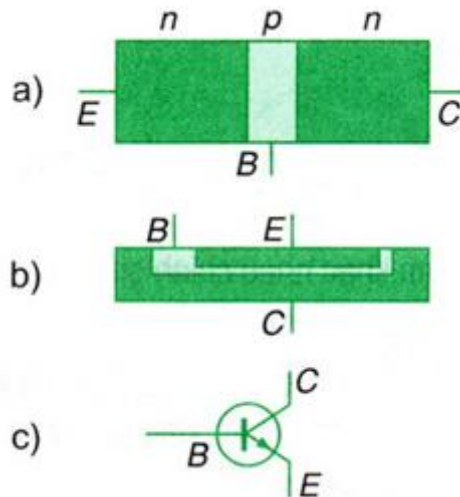
⇒ Hiệu ứng dòng điện chạy từ B sang E làm thay đổi điện trở R_{CB} gọi là hiệu ứng tranzito

*** Tranzito lưỡng cực n – p – n**

- Tinh thể bán dẫn được pha tạp để tạo ra một miền p rất mỏng kẹp giữa hai miền n1 và n2 gọi là tranzito lưỡng cực n – p – n.

- Tranzito có ba cực:

- + Cực góp hay collector, kí hiệu là C.
- + Cực đáy hay cực gốc hoặc bazơ, kí hiệu là B.
- + Cực phát hay emitter, kí hiệu là E.

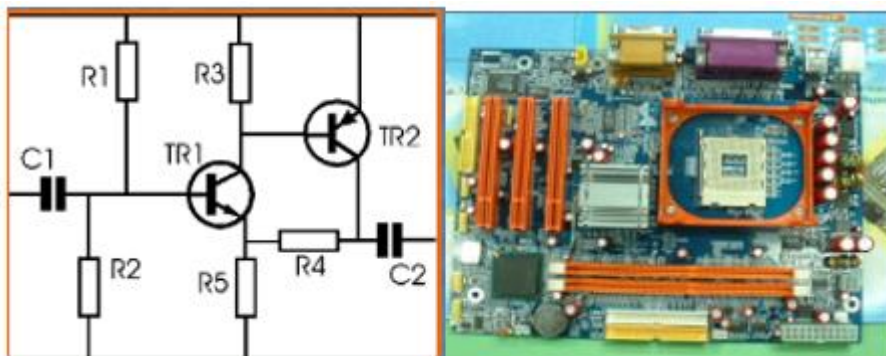


a - Mô hình

b - Cấu trúc thực

c – Kí hiệu của tranzito n – p - n

- Ứng dụng: lắp mạch khuếch đại và khóa điện tử



II. Các dạng bài tập