

Giáo trình Điện tử cơ bản

Cơ bản về bán dẫn

Mục lục

- 1 Các khái niệm cơ bản về bán dẫn
 - 1.1 Bản chất dòng điện trong chất bán dẫn
 - 1.2 Bán dẫn tạp chất và bản chất dòng điện
 - 1.3 Điốt bán dẫn- Phân tử một mặt ghép p-n
 - 1.3.1 Phân cực thuận
 - 1.3.2 Phân cực ngược
 - 1.3.3 Đánh thủng
 - 1.4 Lý thuyết về điốt
 - 1.4.1 Phân loại điốt
 - 1.4.2 Cách kiểm tra Điốt
 - 1.4.3 Một số loại Điốt thông dụng
- 2 Bán dẫn nhiều lớp

- 2.1 Transistor
 - 2.1.1 Hai loại transistor cơ bản
 - 2.1.2 I. Transistor lưỡng cực (BJT)
 - 2.1.2.1 Đọc xong phần này bạn nên có thể:
 - 2.1.2.2 I.1 Transistor chưa phân cực
 - 2.1.2.3 I.1 Transistor đã phân cực
 - 2.1.3 II. Transistor hiệu ứng trường (FET)
 - 2.1.4 Cách kiểm tra transistor
 - 2.1.5 Một số ứng dụng của Transistor
- 2.2 Thyristor
- 3 Tóm tắt chương
- 4 Câu hỏi tự đánh giá
- 5 Tài liệu tham khảo
 - 5.1 Bản quyền

Các khái niệm cơ bản về bán dẫn

Trong quá trình phân loại vật chất đối với quá trình dẫn điện, người ta chia các vật liệu ra thành ba loại. Đó chính là các vật liệu dẫn điện (như kim loại) và các vật liệu không dẫn điện/cách điện và loại thứ ba là các vật liệu bán dẫn. Các vật liệu dẫn điện là các vật liệu cho phép các dòng điện truyền qua còn các vật liệu cách điện hay không dẫn điện là các vật liệu không cho dòng điện truyền qua.

Chất bán dẫn chủ yếu được cấu tạo từ các nguyên tử có 4 electron lớp ngoài trong cấu trúc nguyên tử của chúng. Như vậy, về bản chất, các chất bán dẫn có 4 electron lớp ngoài cùng mà đặc trưng là 2 chất bán dẫn Ge và Si.

Ở dạng rắn, các nguyên tử cấu tạo nên chất bán dẫn được sắp xếp theo một cấu trúc có thứ tự mà chúng ta gọi là dạng tinh thể. Mỗi nguyên tử chia sẻ các electron của chúng với các nguyên tử ngay cạnh để tạo nên một cấu trúc bền vững có 8 electron lớp ngoài cho nguyên tử nằm tại vị trí trung tâm. Như vậy, mỗi nguyên tử xung quanh nguyên tử trung tâm sẽ chia sẻ 1 electron với nguyên tử trung tâm để tạo thành một cấu trúc bền vững có 8 electron lớp ngoài (đối với nguyên tử trung tâm). Như vậy có thể nói, liên kết giữa nguyên tử trung tâm với 4 nguyên tử xung quanh sẽ dựa trên chủ yếu 4 liên kết hóa trị. Dưới tác dụng của nhiệt, các nguyên tử sẽ tạo ra các dao động xung quanh vị trí cân bằng và tại một giá trị xác định nào đó, nhiệt độ có thể phá vỡ các liên kết hóa trị và tạo ra các electron tự do. Tại vị trí của các electron tự do vừa bứt ra sẽ thiếu 1 electron và trở thành các lỗ trống. Lỗ trống này có xu hướng nhận thêm 1 electron nhằm tạo lại sự cân bằng.

Bản chất dòng điện trong chất bán dẫn

Như đã nói ở trên, trong cấu trúc vật liệu của bản thân chất bán dẫn, dưới tác dụng của nhiệt độ môi trường cũng luôn tồn tại hai dạng điện tích. Một là điện tích âm

do electron và hai là điện tích dương do lỗ trống tạo ra. Dưới tác dụng của điện trường, các electron có xu hướng di chuyển về phía phía có năng lượng điện tích cao hơn. Do đó, lúc này, trong bản chất chất bán dẫn sẽ có 2 thành phần cân bằng. Một là electron tự do bứt ra khỏi liên kết hóa trị và hai là lỗ trống sinh ra do electron bứt ra. Electron bứt ra khỏi cấu trúc tinh thể sẽ di chuyển về phía điện trường có điện thế lớn. Đồng thời, lỗ trống cũng có xu hướng hút các electron ở xung quanh để điền đầy và đi về phía điện trường có điện thế nhỏ hơn. Như vậy, bản chất dòng điện trong chất bán dẫn được sinh ra bởi 2 dòng chuyển dời: dòng chuyển dời của các electron tự do và dòng chuyển dời của các lỗ trống. Các electron và các lỗ trống thường được gọi chung với một cái tên là hạt mang điện bởi chúng mang năng lượng điện tích dịch chuyển từ điểm này đến điểm khác.

Bán dẫn tạp chất và bản chất dòng điện

Như đã biết, bán dẫn tạp chất được tạo ra bởi việc cung cấp các chất tạp chất thuộc nhóm 3 và nhóm 5 bảng tuần hoàn Mendeleev đưa vào trong cấu trúc tinh thể chất bán dẫn thuần.

Để tăng số lượng các electron tự do, thông thường, người ta thêm các tạp chất thuộc nhóm 5 trong bảng tuần hoàn Medeleev vào. Khi đó, các thành phần tạp chất này sẽ tham gia xây dựng cấu trúc tinh thể của vật chất. Tương tự như giải thích về phần cấu tạo nguyên tử, khi 1 nguyên tử tạp chất đứng cạnh các nguyên tử bán dẫn thuần thì chúng cũng sẽ chia sẻ 1 electron với nguyên tử bán dẫn thuần, do đó sẽ còn 4 electron tại lớp ngoài cùng phân tử. Trong số 4 electron này chỉ có 3 electron tiếp tục tham gia tạo mạng tinh thể và 1 electron sẽ có xu hướng tách ra và trở thành các electron tự do. Do đó, khi so sánh với cấu trúc mạng tinh thể bán dẫn thuần, cấu trúc bán dẫn tạp chất loại này có nhiều các electron tự do hơn. Loại bán dẫn tạp chất này được gọi là bán dẫn loại n (n bản chất tiếng Anh là negative chỉ đặc trưng bản chất của việc thừa electron). Như vậy trong bán dẫn loại n sẽ tồn

tại 2 loại hạt mang điện. Hạt đa số chính là các electron tự do tích điện âm và hạt thiểu số là các lỗ trống (mang điện tích dương).

Tương tự nhưng với hướng ngược lại, người ta thêm tạp chất thuộc nhóm 3 trong bảng tuần hoàn Mendeleev vào trong cấu trúc tinh thể chất bán dẫn thuần. Các thành phần tạp chất này cũng tham gia xây dựng cấu trúc tinh thể của chất bán dẫn, nhưng do chỉ có 3 electron lớp ngoài nên trong cấu trúc nguyên tử sẽ có một vị trí không có electron tham gia xây dựng các liên kết. Các vị trí thiếu này vô hình chung đã tạo nên các lỗ trống. Do đó, trong cấu trúc tinh thể của loại bán dẫn tạp chất này sẽ có nhiều vị trí khuyết electron hơn hay còn gọi là các lỗ trống hơn. Loại bán dẫn này được gọi là bán dẫn loại p (p đặc trưng cho từ positive). Hạt đa số chính là các lỗ trống và hạt thiểu số sẽ là các electron. Tóm lại, bán dẫn loại n có nhiều electron tự do hơn và bán dẫn loại p có nhiều lỗ trống hơn. Do đó, n có khả năng cho electron và p có khả năng nhận electron.

Điốt bán dẫn- Phần tử một mặt ghép p-n

Trong công nghệ chế tạo phần tử 1 mặt ghép p-n, người ta thực hiện pha trộn hai loại bán dẫn tạp chất lên trên một phiến đế tinh thể bán dẫn thuần với một bên là bán dẫn loại p và 1 bên là bán dẫn loại n. Do lực hút lẫn nhau, các electron tự do bên phía bán dẫn loại n có xu hướng khuếch tán theo mọi hướng. Một vài electron tự do khuếch tán vượt qua bề mặt ghép p-n. Khi một electron tự do của bán dẫn loại n đi vào vùng của bán dẫn loại p, nó trở thành hạt thiểu số. Do có một lượng lớn các lỗ trống nên các electron này sẽ nhanh chóng liên kết với lỗ trống để tinh thể trở về trạng thái cân bằng và đồng thời làm lỗ trống biến mất.

Mỗi lần một electron khuếch tán vượt qua vùng tiếp giáp thì nó tạo ra một cặp các ion. Khi một electron rời khỏi miền n thì nó để lại cho cấu trúc nguyên tử tạp chất một (thuộc nhóm 5 bảng tuần hoàn Mendeleev) sang trạng thái mới, trạng thái thiếu một electron. Nguyên tử tạp chất lúc này lại trở thành 1 ion dương. Nhưng

đồng thời, khi đi sang miền p và kết hợp với một lỗ trống thì nó vô hình đã làm nguyên tử tạp chất (thuộc nhóm 3 bảng tuần hoàn Medeleep) trở thành ion âm.

Quá trình này diễn ra liên tục và làm cho vùng tiếp xúc của chất bán dẫn lần lượt có ngày càng nhiều cặp ion dương và âm tương ứng ở miền n và miền p. Các cặp ion này sau khi hình thành sẽ tạo nên một vùng tại miền tiếp xúc bán dẫn mà ta gọi là miền tiếp xúc, có điện trường ngược lại với chiều khuếch tán tự nhiên của các electron tự do và các lỗ trống. Quá trình khuếch tán sẽ dừng khi số lượng các cặp ion sinh ra đủ lớn để cản trở sự khuếch tán tự do của các electron từ n sang p.

Như vậy, ký hiệu âm và dương tại miền tiếp xúc p-n chính là ký hiệu của các cặp ion sinh ra trong quá trình khuếch tán.

Phân cực thuận

Phân cực ngược

Đánh thủng

Lý thuyết về điốt

Phân loại điốt

Cách kiểm tra Điốt

Để kiểm tra một điốt còn khả năng hoạt động hay không, chúng ta có thể sử dụng các đồng hồ đo, đặt chế độ đo điện trở để đo khả năng dẫn dòng điện hay hạn chế dòng điện của điốt. Thông qua đó, chúng ta sẽ biết được điốt còn khả năng sử dụng hay không.

Chú ý:

- Đối với một số loại Ohm kế cũ, dòng hoặc áp của Ohm kế có thể phá hủy 1 số loại diode sử dụng trong các mạch tần số cao.
- Giá trị của thang đo Ohm để xác định khả năng hoạt động của diode thường để khoảng vài trăm KiloOhm.
- Với các đồng hồ Digital Multimeter có chức năng kiểm tra diode, ta có thể sử dụng chức năng này để kiểm tra.

Một số loại Điốt thông dụng

Bán dẫn nhiều lớp

Transistor

Tín hiệu radio hay vô tuyến thu được từ ăng-ten yếu đến mức nó không đủ để chạy một cái loa hay một đèn điện tử ở tivi. Đây là lý do chúng ta phải khuếch đại tín hiệu yếu để nó có đủ năng lượng để trở nên hữu dụng. Trước năm 1951, ống chân không là thiết bị chính dùng trong việc khuếch đại các tín hiệu yếu. Mặc dù khuếch đại khá tốt, nhưng ống chân không lại có một số nhược điểm. Thứ nhất, nó có một sợi nung bên trong, nó đòi hỏi năng lượng 1 W hoặc hơn. Thứ hai, nó chỉ sống được vài nghìn giờ, trước khi sợi nung hỏng. Thứ ba, nó tốn nhiều không gian. Thứ tư, nó tỏa nhiệt, làm tăng nhiệt độ của các thiết bị điện tử.

Năm 1951, Shockley đã phát minh ra tranzitor có mặt tiếp giáp đầu tiên, một dụng cụ bán dẫn có khả năng khuếch đại các tín hiệu radio và vô tuyến. Các ưu điểm của tranzito khắc phục được các khuyết điểm của ống chân không. Thứ nhất, nó không có sợi nung hay vật làm nóng nào, do đó nó cần ít năng lượng hơn. Thứ hai, do nó là dụng cụ bán dẫn nên có thể sống vô hạn định. Thứ ba, do nó rất nhỏ nên cần ít không gian. Thứ tư, do nó sinh ra ít nhiệt hơn, vì vậy nhiệt độ của các thiết bị điện tử sẽ thấp hơn.