

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình “**Điện tử cơ bản**” là một trong những giáo trình môn học đào tạo chuyên ngành nghề kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí được biên soạn theo nội dung chương trình khung được Sở Lao động Thương binh Xã hội Hà Nội và Trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội phê duyệt. giáo trình này giới thiệu một số nội dung cơ bản về lý thuyết vật liệu, linh kiện và dụng cụ bán dẫn thông dụng sử dụng trong các thiết bị điện tử nhằm giúp học sinh nắm được công dụng, tính năng kỹ thuật, nguyên tắc làm việc để làm cơ sở hiểu biết áp dụng trong quá trình tiếp thu các môn lý thuyết và thực hành.

Khi biên soạn, nhóm biên soạn đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo, nội dung lý thuyết và thực hành được biên soạn gắn với nhu cầu thực tế trong sản xuất đồng thời có tính thực tiễn cao.

Tài liệu được chia làm 3 chương:

Chương 1: Các khái niệm cơ bản

Chương 2: Linh kiện thụ động

Chương 3: Linh kiện bán dẫn

Mỗi chương ngoài phần lý thuyết cơ bản còn bổ sung thêm các ví dụ minh họa và các hình ảnh linh kiện ngoài thực tế giúp cho học sinh sinh viên nắm rõ hơn về các loại linh kiện điện tử này.

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tùy theo yêu cầu cũng như khoa học và công nghệ phát triển có thể điều chỉnh thời gian và bổ sung những kiến thức mới cho phù hợp.

Dù đã rất cố gắng tuy nhiên tài liệu không thể tránh khỏi những sai sót. Rất mong sự góp ý chân thành của quý đọc giả để giúp tài liệu ngày càng hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến góp ý xin được gửi về Khoa Điện – điện tử, tin học trường trung cấp nghề tổng hợp Hà Nội.

Hà Nội, ngày tháng năm 2024

Tham gia biên soạn

Nhóm tác giả

MỤC LỤC

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN	1
LỜI GIỚI THIỆU	3
MỤC LỤC	5
CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC	7
CHƯƠNG 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN	9
1. Vật liệu dẫn điện	9
1.1. Khái niệm	9
1.2. Đặc tính kỹ thuật của vật liệu dẫn điện	10
1.3. Một số loại vật liệu dẫn điện thông dụng	11
2. Vật liệu cách điện	12
2.1. Khái niệm	12
2.2. Đặc tính kỹ thuật của vật liệu cách điện:	13
2.3. Một số loại vật liệu cách điện thông dụng	14
3. Vật liệu bán dẫn	16
3.1. Khái niệm chất bán dẫn	16
3.2. Chất bán dẫn thuần	16
3.3. Chất bán dẫn loại N	16
3.4. Chất bán dẫn loại P	17
3.5. Một số vật liệu bán dẫn thông dụng	17
CHƯƠNG 2: LINH KIỆN THỤ ĐỘNG	19
1. Điện trở	19
1.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo	19
1.2. Cách mắc điện trở	24
1.3. Cách đọc giá trị điện trở	24
1.4. Đo, kiểm tra giá trị điện trở	27
2. Tụ điện	27
2.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo	27
2.2. Cách mắc tụ điện	30
2.3. Cách đọc giá trị tụ điện	30
2.4. Đo, kiểm tra tụ điện	31
3. Cuộn cảm	33
3.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo	33
3.2. Cách mắc cuộn cảm	35

3.3. Cách đọc giá trị cuộn cảm.....	36
3.4. Đo, kiểm tra cuộn cảm	36
CHƯƠNG 3: LINH KIỆN BÁN DẪN	37
1. Đi ốt (Diode)	37
1.1. Cấu tạo, ký hiệu.....	37
1.2. Nguyên lý làm việc	40
1.3. Đo và kiểm tra.....	41
2. Transistor lưỡng cực (BJT)	41
2.1. Cấu tạo, ký hiệu.....	41
2.2. Nguyên lý làm việc	43
2.3. Đo và kiểm tra.....	44
3. Transistor trường (MOSFET)	45
3.1. Cấu Tạo, ký hiệu	45
3.2. Nguyên lý làm việc	45
3.3. Đo và kiểm tra.....	47
4. IGBT.....	49
4.1. Cấu Tạo, ký hiệu	49
4.2. Nguyên lý làm việc	50
4.3. Đo và kiểm tra.....	50
TÀI LIỆU THAM KHẢO	53

CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC

ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

Tên môn học: Điện tử cơ bản

Mã môn học: MH 14

Thời gian thực hiện môn học: 30 giờ (Lý thuyết: 15 giờ; Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập: 12 giờ; Kiểm tra: 3 giờ)

VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT MÔN HỌC:

- Vị trí:

Môn học này có ý nghĩa bổ trợ các kiến thức cần thiết về lĩnh vực điện tử cho học sinh ngành điện, làm cơ sở để tiếp thu các môn học mô đun khác, và được học sau khi học sinh được trang bị kiến thức về đo lường điện.

- Tính chất:

Là môn học kỹ thuật cơ sở, thuộc các mô đun đào tạo nghề bắt buộc.

MỤC TIÊU MÔN HỌC:

- Kiến thức:

Giải thích và phân tích được cấu tạo nguyên lý các linh kiện điện tử thông dụng.

- Kỹ năng:

+ Nhận dạng được chính xác ký hiệu của từng linh kiện, đọc chính xác trị số của chúng.

+ Đo và kiểm tra được các linh kiện điện tử thông dụng.

- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:

+ Rèn luyện tính kiên trì, cẩn thận, chính xác và tính kỷ luật cao.

+ Có ý thức bảo quản, giữ gìn sắp xếp đồ dùng học tập gọn gàng, ngăn nắp.

NỘI DUNG MÔN HỌC:

CHƯƠNG 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Mã Chương: MH 14 – 01

Giới thiệu:

Vật liệu dẫn điện có vai trò quan trọng trong đời sống và sản xuất dùng làm dây dẫn điện, kết cấu dẫn điện của các máy điện. Xong bên cạnh vật liệu dẫn điện thì các loại vật liệu cách điện cũng có vai trò hết sức quan trọng dùng làm các chi tiết cách điện của các máy điện như chân đế, vỏ máy...

Trong thời đại công nghệ số nhu cầu sử dụng các thiết bị điện tử như laptop, điện thoại,... tăng cao đột biến, cũng chính vì điều này mà số lượng các thiết bị điện tử được sản xuất ra nhiều hơn bao giờ hết và hậu quả là chip bán dẫn – một bộ phận vô cùng quan trọng ở các thiết bị điện tử đang thiếu hụt trầm trọng. Theo ước tính của Công ty tư vấn Alix Partners (Mỹ), việc thiếu hụt chip đã khiến nhiều nhà sản xuất ô tô lớn của thế giới như Daimler, General Motors hay Ford Motor phải cắt giảm sản xuất. Như vậy Chip bán dẫn có vai trò cực kỳ quan trọng trong nền kinh tế mà thành phần cấu thành nên Chip bán dẫn là các chất bán dẫn silicium và Germanium sẽ được tìm hiểu trong chương này.

Mục tiêu:

- Phân tích được tính chất của vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, và vật liệu bán dẫn
- Trình bày được các ứng dụng vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, và vật liệu bán dẫn trong thực tế
- Rèn luyện tính kiên trì, cẩn thận, chính xác, tính kỷ luật cao, có ý thức bảo quản, giữ gìn sắp xếp đồ dùng học tập gọn gàng, ngăn nắp.

Nội dung chính:

1. Vật liệu dẫn điện

1.1. Khái niệm

Vật liệu dẫn điện là các vật chất có tính dẫn điện, chúng cho phép dòng điện đi qua. Giải thích trên cơ sở lý thuyết vật liệu thì các vật chất này có mang điện tích(electron) tự do. Các electron này sẽ di chuyển theo hướng nhất định dưới tác động của dòng điện tại một điều kiện nhiệt độ nhất định.

Một số bộ phận được sản xuất bằng vật liệu dẫn điện trong các đồ dùng điện phổ biến hiện nay: lõi dây điện, chột phích cắm, cầu chì, dây tóc bóng đèn, bếp điện, nồi cơm điện

Có thể phân chia vật liệu dẫn điện thành 3 loại chính dựa vào điều kiện hoạt động đó là:

- Vật liệu dẫn điện thể rắn: gồm các kim loại và hợp kim và được chia thành 2 loại là dẫn điện cao và có điện trở cao. Những loại vật liệu có khả năng

dẫn điện cao được dùng để làm dây dẫn, cáp điện... Còn những loại có điện trở cao được dùng làm dụng cụ đốt nóng như bóng đèn, biến trở...

- Vật liệu dẫn điện ở thể lỏng: gồm các kim loại nóng chảy và các dung dịch điện phân. Bởi ở điều kiện nhiệt độ cao kim loại sẽ nóng chảy trừ thủy ngân có nhiệt độ nóng chảy là 39 độ C. Do vậy kim loại lỏng chỉ có thủy ngân được dùng trong kỹ thuật.

- Vật liệu dẫn điện ở thể khí: chỉ tồn tại trong những điều kiện nhất định có thể khí. Do đó không được ứng dụng nhiều như 2 loại vật liệu dẫn điện ở thể rắn và lỏng.

1.2. Đặc tính kỹ thuật của vật liệu dẫn điện

- Tính dẫn điện

Các vật liệu dẫn điện đều có khả năng dẫn điện tốt. Để đánh giá khả năng dẫn điện cần dựa vào các thông số điện trở, điện dẫn, điện trở suất, hệ số nhiệt trở. Một số vật liệu dẫn điện tốt có thể kể đến như bạc, đồng, vàng, nhôm, sắt...

- Tính dẫn nhiệt

Thông thường khi đốt nóng hoặc truyền lạnh vật liệu dẫn điện sẽ có thêm tính dẫn nhiệt tốt, dễ nóng chảy ở nhiệt độ cao. Những loại dễ nguội hoặc dễ nóng nhanh sẽ có khả năng dẫn nhiệt tốt còn những loại lâu nguội, cần thời gian đốt nóng lâu sẽ có tính dẫn nhiệt kém.

- Tính giãn nở nhiệt

Khi bị đốt nóng ở nhiệt độ cao các vật liệu dẫn điện sẽ bị giãn ra, khi làm lạnh thì sẽ bị co lại. Do vậy khi sử dụng để xây dựng trong các công trình cần tạo một khe hở nhỏ để đảm bảo an toàn.

- Tính nhiễm từ

Một số vật liệu dẫn điện có khả năng nhiễm từ cao là sắt và hợp kim của sắt tuy nhiên cần đặt trong từ trường mới có tính nhiễm từ. Ngoài ra, còn có niken, coban và những kim loại khác không có tính nhiễm từ.

- Tính nóng chảy

Vật liệu dẫn điện khi bị đốt nóng ở nhiệt độ thích hợp sẽ bị nóng chảy. Đây cũng chính là lợi thế giúp chúng có thể tạo hình, tạo khuôn dễ dàng và có thể tái sử dụng để tiết kiệm chi phí.

- Tính chống ăn mòn

Vật liệu dẫn điện có khả năng chống ăn mòn tốt ở nhiệt độ cao và nhiệt độ bình thường. Do đó chúng sẽ không bị ăn mòn bởi oxy hoặc hơi nước. Một số loại vật liệu chống ăn mòn tốt có thể kể đến là đồng, nhôm ...

- Tính chất cơ học

Ngoài các tính chất trên các vật liệu dẫn điện còn có các tính chất như khả năng chịu nén tốt, chịu kéo, chịu bẻ gãy, chịu xoắn...

1.3. Một số loại vật liệu dẫn điện thông dụng

- Đồng (Cu)

Đồng được xem là vật liệu dẫn điện tốt nhất trong các loại vật liệu nên được dùng nhiều trong ngành kỹ thuật điện: trong kết cấu máy điện, máy biến thế, dây tải điện, trang thiết bị điện.... Bởi đặc tính có điện dẫn suất lớn, nhiệt dẫn suất lớn, sức bền cơ khí cao, chống va đập, chống ăn mòn khí quyển tốt, làm việc tốt trong điều kiện thời tiết xấu và có tính đàn hồi cao.



Hình 1.1. Đồng

- Nhôm (Al)

Nhôm là vật liệu dẫn điện thứ 2 sau đồng cũng được ứng dụng trong kỹ thuật điện: dây cáp điện, tụ điện, roto của động cơ điện, đầu nối giắc cắm, dây dẫn điện ở đường dây truyền tải. Nhôm có màu trắng bạc, là kim loại mềm, dễ dát mỏng, gia công, dễ kéo sợi, dễ bị phá hủy trong môi trường có muối và chống ăn mòn tốt. Tuy nhiên nhôm có nhược điểm là sức bền cơ khí kém, khó hàn nối.



Hình 1.2. Nhôm

- Chì (Pb)

Chì là vật liệu dẫn điện có màu tro sáng ngả xanh da trời với đặc tính mềm dẻo, dẫn điện tốt ở điều kiện nhiệt độ thấp. Dễ hòa tan trong acid, sức bền cao với điều kiện khắc nghiệt, không bị tác dụng bởi muối, dễ dát mỏng. Tuy nhiên nêu bay hơi chì rất độc hại. Do đó được ứng dụng làm lớp bảo vệ cáp điện để chống ẩm, chế tạo tấm bản cực acquy điện, đường dây dẫn điện, chì hàn...

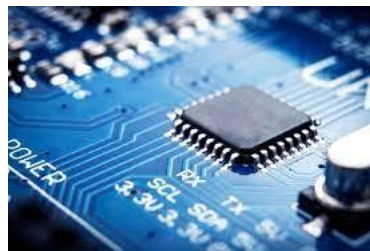


Hình 1.3. Chì hàn 63% thiếc (Sn) và 37% chì (Pb)

- Vàng

Vàng là một nguyên tố kim loại dẫn điện tốt. Nó có khả năng dẫn điện cao hơn so với các chất liệu như đồng, nhôm, thép... Sự dẫn điện của vàng xuất phát từ cấu trúc nguyên tử của nó, trong đó các electron tự do có thể di chuyển dễ dàng giữa các nguyên tử

Vàng được góp mặt trong nhiều ứng dụng nhiều trong lĩnh vực điện tử như sản xuất IC và các thiết bị điện tử khác. Tuy nhiên, vì giá thành cao nên vàng ít được sử dụng



Hình 1.4. Vàng

2. Vật liệu cách điện

2.1. Khái niệm

Chất cách điện là một đối tượng hoặc loại vật liệu chống lại hoặc không cho phép dòng điện chạy qua chúng. Chất cách điện có điện trở suất rất lớn (khoảng $10^6 - 10^{15} \Omega m$). Chất cách điện không cho phép dòng điện đi qua do sự liên kết các nguyên tử trong chất cách điện rất mạnh và bền vững khiến các electron không có khả năng di chuyển từ nguyên tử này sang nguyên tử khác.

Chất cách điện thường được dùng để chế tạo các vật cách điện, các bộ phận cách điện trong các dụng cụ điện giúp ngăn chặn dòng điện, đảm bảo độ an toàn cho người sử dụng

Có thể phân chia vật liệu cách điện thành 3 loại chính dựa vào điều kiện hoạt động đó là:

Cách điện thể rắn

Vật liệu cách điện ở thể rắn được biết đến là những loại vật liệu có hằng số điện môi cao. Các loại vật liệu ở thể rắn thường được phân loại thành từng nhóm cụ thể:

- Chất cách điện hữu cơ thiên nhiên: Lụa, vải, giấy.
- Chất cách điện vô cơ: Xi măng, cát, đá, sợi thủy tinh, mica.
- Chất dẻo tổng hợp: Cao su, nhựa (tổng hợp).
- Men, sơn cách điện.

Trong những loại kể trên thì mica được đánh giá là loại vật liệu cách điện tốt nhất. Tuy nhiên, vật dụng cách điện được sử dụng nhiều lại là sợi thủy tinh, vải, giấy bởi chi phí đầu tư thấp.

Cách điện thể lỏng

Các loại vật liệu cách điện thể lỏng như dầu biến thế, dầu cáp đặc, dầu mỏ, dầu silicon, thường được sử dụng phổ biến để làm vật dụng cách điện và làm mát.

Cách điện thể khí

Thông thường, cách điện thể khí được kết hợp với vật liệu cách điện ở thể rắn hoặc lỏng để nâng cao hiệu quả tốt nhất. Một số loại vật dụng cách điện thể khí có hiệu quả cao như khí cách điện 3M Novec, khí SF₆. Những vật liệu này có ưu điểm nổi bật là có sẵn trong tự nhiên, không có mùi, không vị và gần như không gây độc hại cho các thiết bị điện sử dụng như đồng, thép.

2.2. Đặc tính kỹ thuật của vật liệu cách điện:

- Tính hút ẩm

Các loại vật liệu cách điện đều có khả năng hút ẩm và thẩm thấu, nói cách khác chính là hút hơi nước từ không khí và cho hơi nước xuyên qua. Tuy nhiên khả năng hút ẩm phụ thuộc vào kết cấu, loại vật liệu và nhiệt độ, áp suất, độ ẩm của môi trường.

Về cơ bản, tính hút ẩm của vật liệu sẽ làm biến đổi, lão hóa hay phá hỏng tính cách điện đối với các loại vật liệu, đặc biệt là vật liệu ở thể rắn. Do đó để hạn chế nguy hại từ hơi ẩm đối với vật liệu thì nên sử dụng các biện pháp:

- + Sấy khô, sấy chân không để giúp hơi ẩm thoát ra ngoài.
- + Sơn phủ đầy lỗ trên vật liệu xốp bằng sơn cách điện để giúp hơi ẩm thoát ra ngoài.
- + Ngăn chặn hơi ẩm lọt vào bên trong vật cách điện bằng cách quét lên bề mặt vật rắn các lớp sơn phủ để giúp làm kín.

+ Vệ sinh thường xuyên bề mặt của vật liệu cách điện, tránh bụi bẩn bám vào làm tăng khả năng thẩm thấu và có thể gây phóng điện trên bề mặt.

- Tính chất cơ học

Hầu hết các loại vật liệu cách điện đều có khả năng chống va đập, độ rắn, độ giãn nở tương đối tốt. Do đó, khi gắn các loại vật liệu này với nhau thì cần phải chọn loại có hệ số giãn nở nhiệt gần bằng nhau để đảm bảo an toàn tuyệt đối.

- Tính chịu nhiệt

Theo phân tích, mỗi loại vật liệu cách điện sẽ có khả năng chịu tác dụng của một nhiệt độ nhất định. Đối với vật cách điện vô cơ thì tính chịu nhiệt được biểu thị bằng nhiệt độ và sẽ có sự biến đổi về tính cách điện như điện trở giảm. Đối với vật liệu hữu cơ thì tính chịu nhiệt là nhiệt độ gây nên những biến đổi dạng cơ học tương đương với sự suy giảm phẩm chất cách điện.

- Tính chất hóa học

Về mặt hóa học, khi nhiệt độ tăng thì tốc độ phản ứng hóa học trong vật liệu cách điện cũng sẽ tăng. Khi nhiệt độ tăng quá mức cho phép thì sự giảm sút tính cách điện của vật liệu gia tăng mạnh

2.3. Một số loại vật liệu cách điện thông dụng

- Mica

Khi nhắc đến vật liệu cách điện, không thể không nhắc đến mica. Đây là loại vật liệu được sử dụng để cách điện trong môi trường có nhiệt độ cao. Tính năng dẫn nhiệt nên phù hợp để làm vỏ linh kiện bán dẫn nhằm tản nhiệt. Mica cũng được sử dụng khá phổ biến để làm chất liệu trong các tụ điện với khả năng cách điện rất tốt.



Hình 1.5. Mica

- Thủy tinh

Thủy tinh có điện trở suất lớn hơn nhựa nên giúp cách điện tốt hơn. Trong kỹ thuật điện thủy tinh dùng làm sứ cách điện...



Hình 1.6. Thủy tinh

- Gỗ

Gỗ cũng là một vật liệu cách điện tốt và được ứng dụng rộng rãi trong đời sống hàng ngày. Gỗ được ứng dụng trên một số loại đồ vật dùng trong cuộc sống

- Nhựa

Nhựa khá đa dạng về kiểu dáng thiết kế, chi phí rẻ, độ bền cao, dễ dàng sản xuất. Đặc biệt, nhựa có khả năng cách điện rất tốt. Nhựa là vật liệu được dùng nhiều nhất để sản xuất vỏ của các thiết bị điện với yêu cầu cách điện tốt, đảm bảo an toàn khi sử dụng.



Hình 1.6. Nhựa

- Cao su.

Cao su cũng được biết là một loại vật liệu cách điện có độ bền cơ học cao. Ngoài ra, cao su cũng có những đặc điểm nổi bật như khả năng chịu được nhiệt độ thấp hoặc cao, không bị hòa tan trong nước. do đó cao su được ứng dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực khác nhau như công nghiệp, giao thông, xây dựng. Trong lĩnh vực thiết bị điện thì cao su được dùng để làm các lớp cách điện thảm cao su, ủng cao su cách điện, găng tay cách điện.



Hình 1.7. Cao su

- Gốm sứ

Đa phần được làm từ đất sét nung nóng ở nhiệt độ cao, và bên ngoài được phủ một lớp men gốm. Tính chất của vật liệu này khá giòn, dễ vỡ nhưng có khả năng

năng chịu nhiệt tốt. Cũng vì vậy, các thiết bị cách điện bằng gốm sứ thường được ứng dụng tại các vị trí ít bị tác động vật lý, và có khả năng sinh nhiệt cao như trên cột điện cao áp, trạm biến áp



Hình 1.8. Gốm sứ

3. Vật liệu bán dẫn

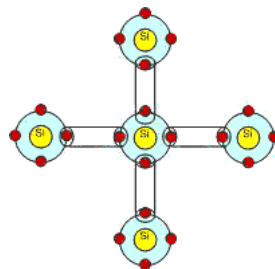
3.1. Khái niệm chất bán dẫn

Chất bán dẫn là những chất có đặc điểm trung gian giữa chất dẫn điện và chất cách điện. Khi ở nhiệt độ bình thường các chất bán dẫn có bản chất là một chất cách điện. Khi gặp nhiệt độ cao, áp suất cao, điện trường ngoài tác động, hay bị tia phóng xạ chiếu vào chất bán dẫn có bản chất là một chất dẫn điện.

Chất bán dẫn là nguyên liệu để sản xuất ra các loại linh kiện bán dẫn như Diode, Transistor, IC mà ta đã thấy trong các thiết bị điện tử ngày nay

3.2. Chất bán dẫn thuần

Chất bán dẫn thuần là những chất có 4 điện tử ở lớp ngoài cùng của nguyên tử. đó là các chất Germanium (Ge) và Silicium (Si).



Hình 1.9.

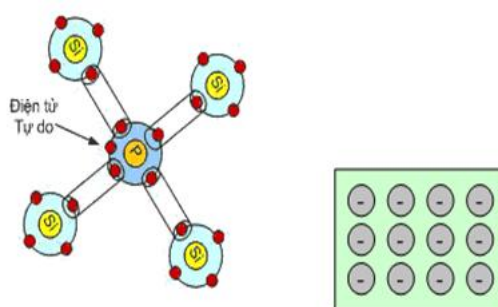
Mỗi nguyên tử của hai chất này đều có 4 điện tử ở ngoài cùng kết hợp với 4 điện tử của 4 nguyên tử kế cận tạo thành 4 liên kết hóa trị. Vì vậy tinh thể Ge và Si ở nhiệt độ thấp là các chất cách điện.

Nếu ta tăng nhiệt độ tinh thể, nhiệt năng sẽ làm tăng năng lượng một số điện tử làm các điện tử di chuyển mạnh lên tới mức nào đó sẽ gây một số liên kết hóa trị các điện tử này thành các điện tử tự do còn tại các liên kết hóa trị khi điện tử thành các điện tử tự do sẽ để lại lỗ trống. Do đó dòng điện chuyển động trong chất bán dẫn thuần là sự kết hợp của lỗ trống và các điện tử tự do.

3.3. Chất bán dẫn loại N

Nếu pha vào chất bán dẫn Si tinh khiết 1 lượng nhất định các chất có cấu

tạo nguyên tử với 5 electron ngoài cùng như Phốt pho.

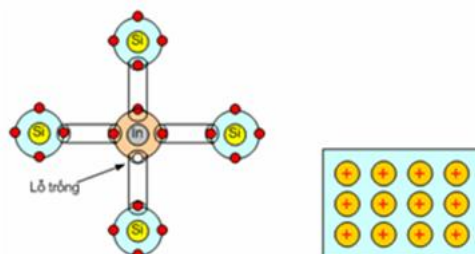


Hình 1.10.

Các nguyên tử của phốt pho có 5e thì 4e sẽ liên kết với 4e của 4 nguyên tử Silic khác nhau, còn lại 1e thừa ra không liên kết sẽ trở thành electron tự do. Như vậy, khi pha thêm 1 nguyên tử phốt pho có 1 e tự do, pha thêm càng nhiều nguyên tử Phốt pho thì có càng nhiều e tự do. Chất bán dẫn có e tự do (điện tử tự do) được gọi là chất bán dẫn loại N, trong đó các electron tự do gọi là hạt dẫn đa số.

3.4. Chất bán dẫn loại P

Nếu pha vào chất bán dẫn Si tinh khiết một lượng nhất định các chất có cấu tạo nguyên tử với 3 e ở lớp ngoài cùng như In



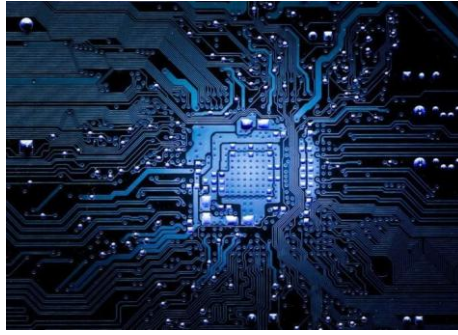
Hình 1.11.

Các nguyên tử của In có 3 electron nên khi liên kết với 4 e của 4 nguyên tử Si khác nhau sẽ có một mối liên kết thiếu e, gọi là lỗ trống, lỗ trống này sẽ dễ dàng nhận một e tự do. Như vậy khi pha thêm một nguyên tử In sẽ có một lỗ trống, pha thêm càng nhiều thì sẽ có càng nhiều lỗ trống. Chất bán dẫn có lỗ trống gọi là chất bán dẫn loại P, trong đó các lỗ trống là hạt dẫn điện đa số.

3.5. Một số vật liệu bán dẫn thông dụng

Silicium

Silicium (Si) là vật liệu bán dẫn được sử dụng phổ biến bậc nhất hiện nay. Ưu điểm chính là chi phí nguyên liệu thấp, xử lý nguyên liệu cũng rất đơn giản. nhiệt độ làm việc rộng, vật liệu này có thể chịu được những điều kiện nhiệt độ khắc nghiệt nhất.



Hình 1.12. Silic là vật liệu bán dẫn nổi tiếng, được ứng dụng đa dạng nhất

Germanium

Germanium (Ge) là loại vật liệu bán dẫn được biết đến và sử dụng đầu tiên trên thế giới, tuy nhiên, hiện nay đã không còn phổ biến bằng Silic là do tính nhạy nhiệt của Gecmani nên không có tính ứng dụng cao.



Hình 1.13. Sử dụng Germanium dùng sản xuất IC

CHƯƠNG 2: LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

Mã chương: MH 14 – 02

Giới thiệu:

Linh kiện điện tử thụ động là những linh kiện không có khả năng điều khiển dòng điện bằng tín hiệu điện khác. Các linh kiện điện tử thụ động hay gặp như điện trở, tụ điện, cuộn cảm các linh kiện này được sử dụng nhiều trong các board mạch điện tử do vậy mà nhiều sự cố trong mạch điện do các linh kiện này hư hỏng gây ra. Trong chương này chúng ta sẽ tìm hiểu cấu tạo, ký hiệu, nguyên lý hoạt động và cách đo kiểm tra các linh kiện này.

Mục tiêu:

- Phân biệt được điện trở, tụ điện, cuộn cảm với các linh kiện khác theo các đặc tính của linh kiện.
- Đọc đúng trị số điện trở, tụ điện, cuộn cảm theo qui ước quốc tế.
- Đo kiểm tra được chất lượng điện trở, tụ điện, cuộn cảm theo giá trị của linh kiện.
- Thay thế, thay tương đương điện trở, tụ điện, cuộn cảm theo yêu cầu kỹ thuật của mạch điện công tác.
- Rèn luyện tính kiên trì, cẩn thận, chính xác, tính kỷ luật cao, có ý thức bảo quản, giữ gìn sắp xếp đồ dùng học tập gọn gàng, ngăn nắp.

Nội dung chính:

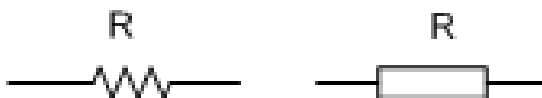
1. Điện trở.

1.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo.

- Khái niệm:

Điện trở là một trong những linh kiện điện tử có tác dụng cản trở dòng điện, trong các mạch điện tử điện trở dùng để phân chia dòng điện, phân chia điện áp theo yêu cầu của mạch. Điện trở hoạt động như nhau trong mạch điện một chiều và xoay chiều.

- Ký hiệu:



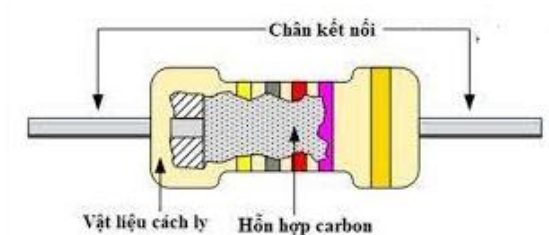
- **Đơn vị của điện trở:** điện trở ký hiệu chữ R đơn vị đo là Ω (Ohm) , K Ω , M Ω

- Cấu tạo:

+ Điện trở hợp chất cacbon:

Điện trở có cấu tạo bằng bột cacbon tán trộn với chất cách điện và keo kết dính rồi ép lại, nổi thành từng thỏi hai đầu có dây dẫn ra để hàn. Loại điện trở này rẻ tiền, dễ làm nhưng có nhược điểm là không ổn định, độ chính xác thấp, mức độ tạp âm cao. Một đầu trên thân điện trở có những vạch màu hoặc có chấm màu. Đó là những quy định màu dùng để biểu thị trị số điện trở và cấp chính xác.

Các loại điện trở hợp chất bột than này có trị số từ 10 đến hàng chục megaôm, công suất từ 1/4 W tới vài W.

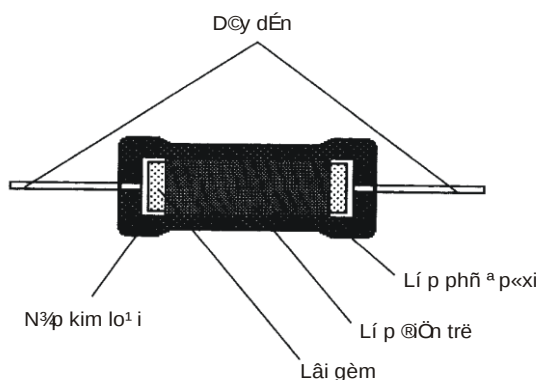


Hình 2.1. Điện trở hợp chất cacbon

+ Điện trở màng cacbon:

Các điện trở có cấu tạo màng cacbon được giới thiệu trên Hình 2.1. Các điện trở màng cacbon đã thay thế hầu hết các điện trở hợp chất cacbon trong các mạch điện tử. Điện trở màng cacbon gồm một lớp màng cacbon bao quanh một ống phủ gốm mỏng. Độ dày của lớp màng bao này tạo nên trị số điện trở, màng càng dày, trị số điện trở càng nhỏ và ngược lại. Các dây dẫn kim loại được kết nối với các nắp ở cả hai đầu điện trở.

Toàn bộ điện trở được bao bằng một lớp keo êpôxi, hoặc bằng một lớp gốm. Các điện trở màng cacbon có độ chính xác cao hơn các điện trở hợp chất cacbon, vì lớp màng được lắng một lớp cacbon chính xác trong quá trình sản xuất. Loại điện trở này được dùng phổ biến trong các máy tăng âm, thu thanh, trị số từ 1Ω tới vài chục megaôm, công suất tiêu tán từ 1/8 W tới hàng chục W; có tính ổn định cao, tạp âm nhỏ, nhưng có nhược điểm là dễ vỡ.



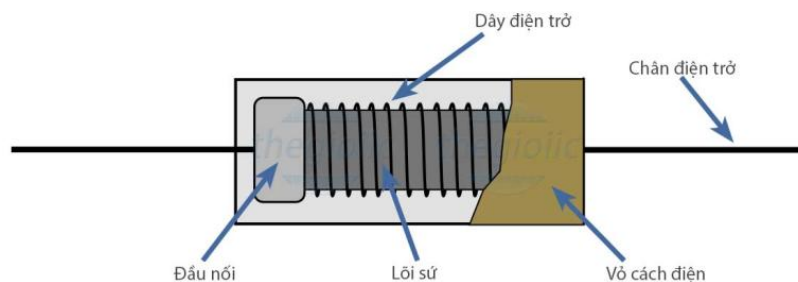
Hình 2.2. Mặt cắt của điện trở màng cacbon

- Điện trở dây quấn:

Điện trở này gồm một ống hình trụ bằng gốm sứ cách điện, trên đó quấn dây kim loại có điện trở suất cao, hệ số nhiệt nhỏ như constantan mangani. Dây điện trở có thể tráng men, hoặc không tráng men và có thể quấn các vòng sát nhau hoặc quấn theo những rãnh trên thân ống. Ngoài cùng có thể phun một lớp men bóng và ở hai đầu có dây ra để hàn. Cũng có thể trên lớp men phủ ngoài có chừa ra một khoảng để có thể chuyển dịch một con chạy trên thân điện trở điều chỉnh trị số.

Do điện trở dây quấn gồm nhiều vòng dây nên có một trị số điện cảm. Để giảm thiểu điện cảm này, người ta thường quấn các vòng dây trên một lá cách điện dẹt hoặc quấn hai dây chập một đầu để cho hai vòng dây liên sát nhau có dòng điện chạy ngược chiều nhau.

Loại điện trở dây quấn có ưu điểm là bền, chính xác, chịu nhiệt cao do đó có công suất tiêu tán lớn và có mức tạp âm nhỏ. Tuy nhiên, điện trở loại này có giá thành cao.



Hình 2.3. Điện trở dây cuốn

- Phân loại:

+ **Điện trở thường:** Điện trở thường là các điện trở có công suất nhỏ từ 0,125W đến 0,5W



Hình 2.4. Các loại điện trở thường

+ **Điện trở sứ, điện trở nhiệt:** Là cách gọi khác của các điện trở công suất, điện trở này có vỏ bọc sứ, khi hoạt động chúng tỏa nhiệt.

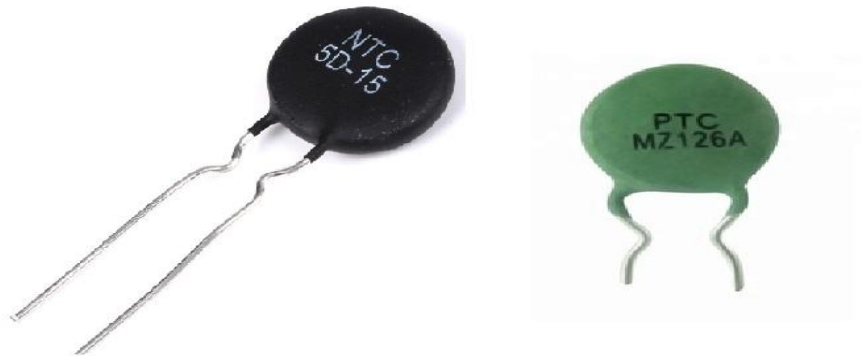


Hình 2.5. Các điện trở : 2W - 1W - 0,5W - 0,25W



Hình 2.6. Điện trở sứ hay trở nhiệt

+ **Điện trở nhiệt NTC, PTC** (Giá trị của điện trở thay đổi theo nhiệt độ): NTC điện trở nhiệt nghịch (nhiệt độ tăng giá trị điện trở giảm). PTC điện trở nhiệt thuận (nhiệt độ tăng giá trị điện trở tăng)



Hình 2.7. Điện trở nhiệt

+ **Điện trở tùy áp VDR** (Giá trị điện trở phụ thuộc vào vào điện áp đặt lên nó) Thường được lắp đặt ở ngay đầu nguồn điện vào của thiết bị



Hình 2.8. Điện trở tùy áp

+ **Quang trở** (giá trị điện trở phụ thuộc vào cường độ ánh sáng chiếu lên bề mặt điện trở cường độ ánh sáng chiếu vào càng lớn thì giá trị điện trở càng giảm).



Hình 2.9. Quang trở (LDR)

+ Điện trở dán SMD là những điện trở có kích thước nhỏ và mỏng có hình dạng như hình dưới

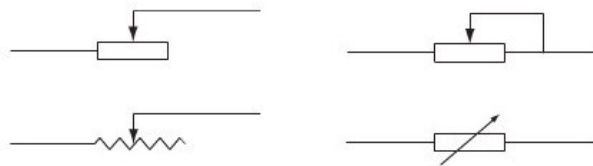


Hình 2.10. Điện trở dán SMD

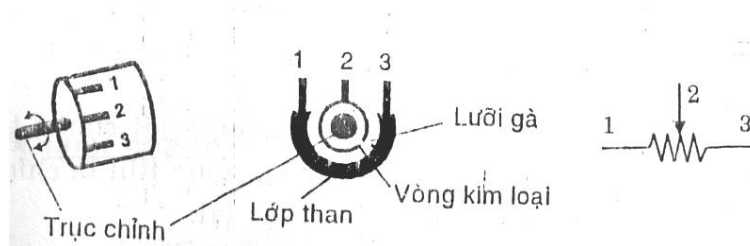
+ Biến trở: Là điện trở có thể chỉnh để thay đổi giá trị, có ký hiệu là VR chúng có hình dạng như sau :



Hình dạng biến trở

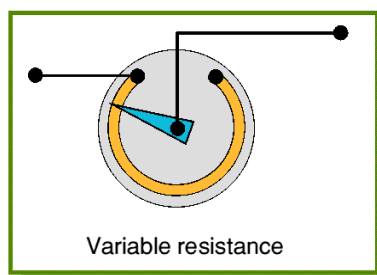


Ký hiệu trên sơ đồ



Hình 2.11. Hình ảnh của biến trở

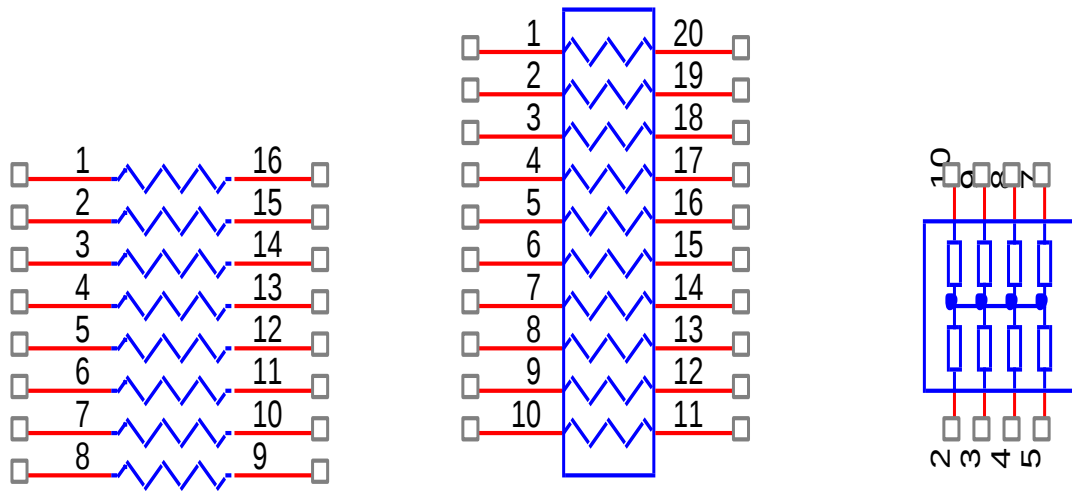
+ Biến trở thường ráp trong máy phục vụ cho quá trình sửa chữa, cân chỉnh của kỹ thuật viên, biến trở có cấu tạo như hình bên dưới.



Hình 2.12. Cấu tạo của biến trở

+ Điện trở tích hợp

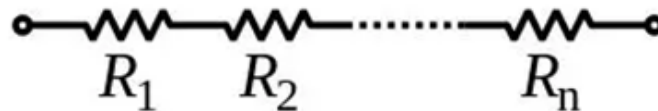
Điện trở tích hợp là điện trở được chế tạo gồm nhiều điện trở trong một khối, các điện trở tương ứng với các chân. Hình 2.13 là ký hiệu điện trở tích hợp.



Hình 2.13: Ký hiệu của điện trở tích hợp

1.2. Cách mắc điện trở

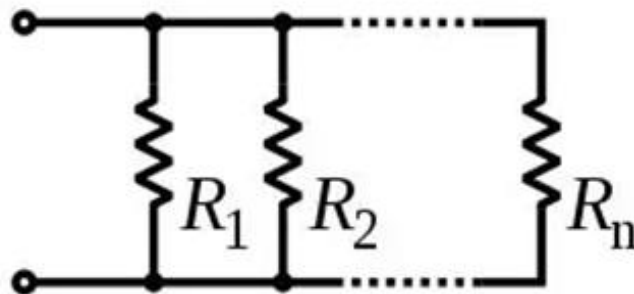
- Cách mắc điện trở nối tiếp



Tính điện trở tương đương n điện trở mắc nối tiếp

$$R_{tđ} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

- Cách mắc điện trở song song



Tính điện trở tương đương n điện trở mắc song song

$$\frac{1}{R_{tđ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

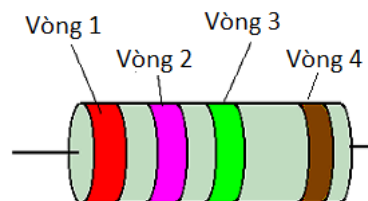
1.3. Cách đọc giá trị điện trở.

- Bảng mã màu quốc tế

Màu	Trị số vạch	Hệ số vạch	Sai số
Đen	0	10^0	
Nâu	1	10^1	1%
Đỏ	2	10^2	2%
Cam	3	10^3	
Vàng	4	10^4	
Xanh lục	5	10^5	
Xanh lam	6	10^6	
Tím	7	10^7	
Xám	8	10^8	
Trắng	9	10^9	
Vàng Kim		10^{-1}	5%
Bạc Kim		10^{-2}	10%

Điện trở thường được ký hiệu bằng 4 vòng màu , **điện trở chính xác** thì ký hiệu bằng 5 vòng màu.

*** Cách đọc trị số điện trở 4 vòng màu :**



Hình 2.14. Điện trở 4 vòng màu

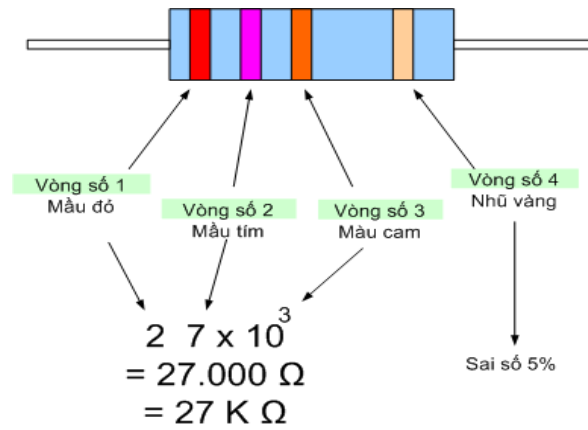
Cách đọc điện trở 4 vòng màu

- Vòng số 1 và vòng số 2 là hàng chục và hàng đơn vị
- Vòng số 3 là bội số của cơ số 10.

$$\text{Trị số} = (\text{vòng 1})(\text{vòng 2}) \times 10^{(\text{mũ vòng 3})}$$

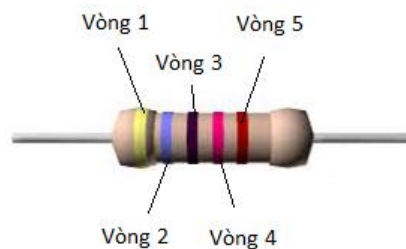
- Vòng số 4 là vòng ở cuối luôn luôn có màu nhũ vàng hay nhũ bạc, đây là vòng chỉ sai số của điện trở, khi đọc trị số ta bỏ qua vòng này.
- Đối diện với vòng cuối là vòng số 1, tiếp theo đến vòng số 2, số 3
- Có thể tính vòng số 3 là số con số không "0" thêm vào
- Màu nhũ chỉ có ở vòng sai số hoặc vòng số 3, nếu vòng số 3 là nhũ thì số mũ của cơ số 10 là số âm.

Tính giá trị điện trở 4 vòng màu sau:



Trị số = $27 \times 10^3 = 27000(\Omega) = 27(K \Omega)$ sai số 5%

*** Cách đọc trị số điện trở 5 vòng màu : (điện trở chính xác)**



Hình 2.15. Điện trở 5 vòng màu

Cách đọc điện trở 5 vòng màu

- Tương tự cách đọc trị số của trở 4 vòng màu nhưng ở đây vòng số 4 là bội số của cơ số 10, vòng số 1, số 2, số 3 lần lượt là hàng trăm, hàng chục và hàng đơn vị.

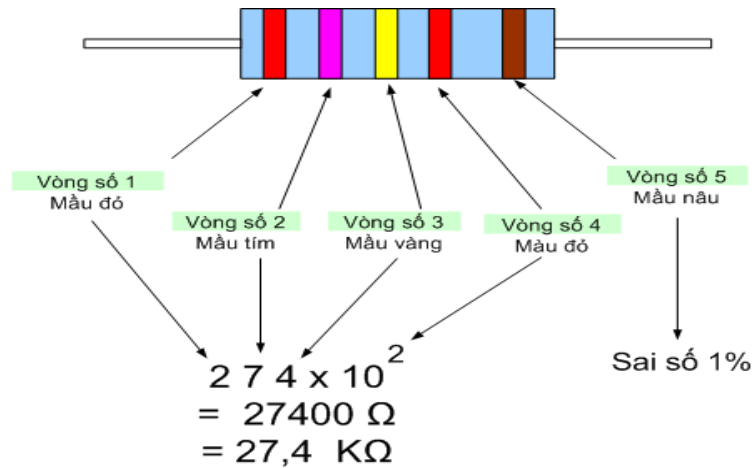
Trị số = (vòng 1)(vòng 2)(vòng 3) x 10^(mũ vòng 4)

- Vòng số 5 là vòng cuối cùng, là vòng ghi sai số, trở 5 vòng màu thì màu sai số có nhiều màu, do đó gây khó khăn cho ta khi xác định đâu là vòng cuối cùng, tuy nhiên vòng cuối luôn có khoảng cách xa hơn một chút.

- Đổi diện vòng cuối là vòng số 1

- Có thể tính vòng số 4 là số con số không "0" thêm vào

Tính giá trị điện trở 4 vòng màu sau:



Trị số = $274 \times 10^2 = 27400(\Omega) = 27,4(K \Omega)$ sai số 1%

1.4. Đo, kiểm tra giá trị điện trở

Sử dụng đồng hồ vạn năng kim đặt ở thang đo điện trở hợp lý. Đặt hai que đo lên hai đầu điện trở, đồng thời quan sát và ghi kết quả điểm kim dừng trên vạch chia. Tính kết quả của phép đo.

Nếu gọi: A là giá trị điểm kim dừng trên vạch chia thang đo Ω

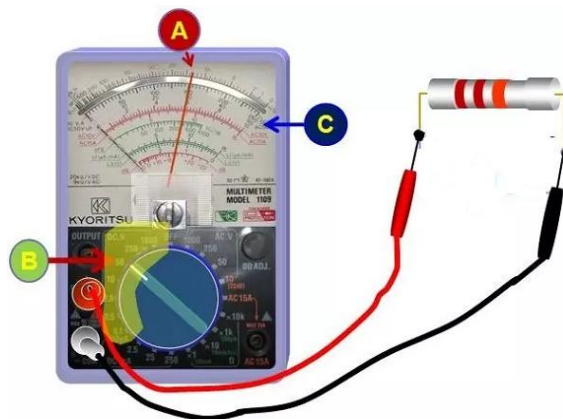
B là giá trị thang đo Ω đang sử dụng

Kết quả phép đo: $R_1 = A \times B$ (Đơn vị là đơn vị của thang đo đang sử dụng)

Đánh giá phẩm chất của điện trở: Gọi kết quả đo được bằng đồng hồ vạn năng là R_1 . Gọi giá trị xác định bằng mã hóa hay số thực trên thân của linh kiện là R_2 . Quá trình kiểm tra sẽ xảy ra một trong các trường hợp sau:

Nếu $R_1 = (\approx) R_2$ thì linh kiện đó còn tốt

Nếu $R_1 > R_2$ thì linh kiện đó kém phẩm chất hoặc



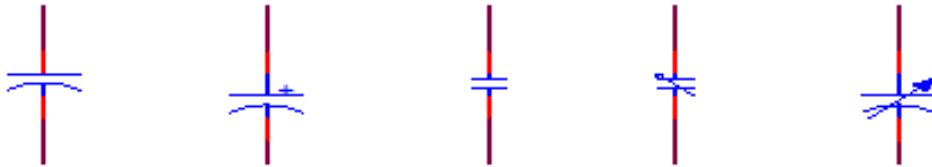
Hình 2.16. Kiểm tra điện trở bằng đồng hồ vạn năng cơ

2. Tụ điện

2.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo.

- Khái niệm:

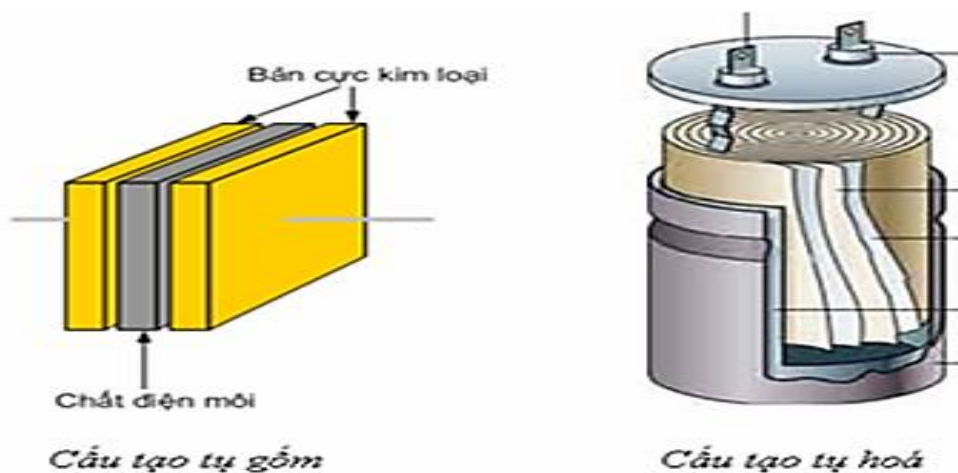
- + Là linh kiện thụ động có khả năng tích lũy năng lượng dưới dạng điện trường. Tụ điện có 2 chức năng
- + Tụ điện cho qua xoay chiều ngăn một chiều.
- + Tụ điện phóng nạp điện tích
- Kí hiệu



Hình 2.17. Ký hiệu tụ điện

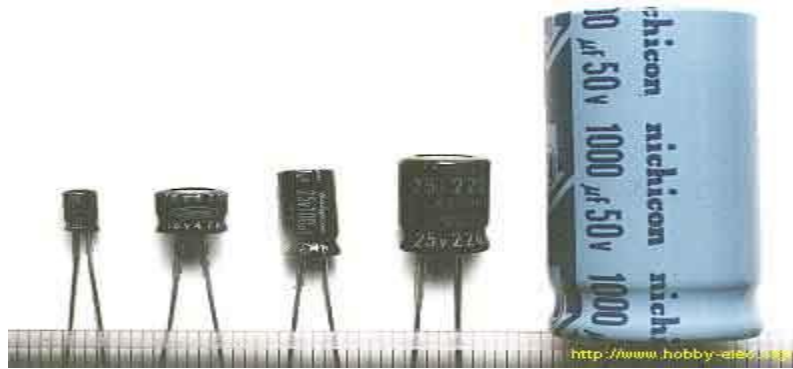
- Đơn vị đo: tụ điện kí hiệu chữ C đơn vị đo Fara (F), Microfara (μF), nanofara (nF) , picofara (pF)
- $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$
- $1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$
- $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$
- Cấu tạo

Tụ điện gồm hai bản cực bằng chất dẫn điện(kim loại) đặt song song với nhau, ở giữa hai bản cực là chất điện môi. Chất điện môi quy định tên của tụ điện. Người ta thường dùng các chất: thủy tinh, gốm, sứ, mica, giấy,dầu praffin, dầu shellase, không khí để làm chất điện môi.



Hình 2.18. Cấu tạo của tụ điện

- Phân loại:
- + Tụ hóa



Hình 2.19. Hình ảnh thực tế tụ hóa

Tụ hóa là tụ phân cực tính, cấu tạo các điện cực làm bằng hai lá nhôm mỏng và điện môi là hóa chất axit boric với các giấy mỏng đặt giữa 2 lá nhôm cuộn tròn lại thành hình trụ. Toàn bộ được đặt trong một hộp nhôm, chất Boric tác dụng lên nhôm tạo ra ôxit nhôm và trở thành điện môi.

Tụ hóa thường có hình dáng lớn lên giá trị điện dung, điện áp chịu đựng đã ghi trực tiếp lên thân của tụ. Hơn nữa, do là tụ phân cực tính nên trên thân của tụ điện đã ghi dấu (-) để thể hiện cực âm của tụ điện.

- + Tụ giấy

Là loại tụ không phân biệt cực tính gồm các lớp giấy tẩm dầu hay sáp, làm chất điện môi và đặt giữa hai lá nhôm mỏng được cuộn tròn lại thành hình ống. Tụ giấy có điện dung rất thấp pF, điện áp làm việc cao hàng trăm V.

- + Tụ gốm



Hình 2.20. Hình ảnh thực tế tụ gốm

Là loại tụ không phân biệt cực tính, chất điện môi là gốm có điện dung thấp từ 1pF - 1 μ F, điện áp làm việc đến vài trăm V, tụ gốm có nhiều hình dạng khác nhau, thông dụng nhất là loại tròn, dẹt.

- + Tụ Mica

Là tụ không phân biệt cực tính, gồm 1 miếng Mica mỏng và được phết lên hai mặt lớp sơn kim loại dùng làm điện cực, sau cùng cuộn tròn lại thành hình trụ hay hình hộp. Điện dung tụ Mica từ vài pF đến vài trăm μ F, điện áp làm việc

trên một nghìn V. Tụ mica có tổn hao rất bé và điện trở cách điện cao, nên được dùng chủ yếu trong các mạch cao tần, các phần tử cách li trong các máy radio.

+ Tụ biến đổi

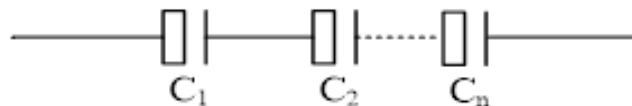
Thường được gọi là tụ xoay, gồm có hai phần:

- Phần cố định: làm bằng các miếng nhôm có hình bán nguyệt gắn song song với nhau.

- Phần di động: cũng làm bằng miếng nhôm có hình bán nguyệt song song với nhau và hàn với trục xoay của tụ. Phần di động đặt xen kẽ với phần cố định và cách nhau bởi chất điện môi là không khí. Phần di động có thể xoay quanh trục xoay của tụ một góc 180° . Tụ xoay có giá trị điện dung từ 15 pF – 500 pF, thường dùng trong các mạch cộng hưởng cao tần của máy thu, máy phát vô tuyến điện.

2.2. Cách mắc tụ điện.

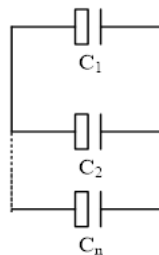
- Cách mắc nối tiếp



Tính điện dung tương đương n tụ điện mắc nối tiếp

$$\frac{1}{C_{tđ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

- Cách mắc song song



Tính điện dung tương đương n tụ điện mắc song song

$$C_{tđ} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

2.3. Cách đọc giá trị tụ điện

- Đọc trực tiếp

Áp dụng đối với những tụ điện có kích thước lớn thường là các tụ hóa. Giá trị của điện dung và điện áp làm việc đã được ghi trực tiếp trên thân của tụ điện, ta chỉ cần đọc nguyên giá trị đó.

Ví dụ: $1,5 \mu\text{F}/400\text{V} \rightarrow C = 1,5 \mu\text{F}$ và $U_{LV} = 400\text{V}$

$1\mu\text{F}/16\text{V} \rightarrow C = 1\mu\text{F}$ và $U_{LV} = 16\text{V}$

- Đọc gián tiếp

Áp dụng đối với những tụ điện có kích thước nhỏ được khi theo kí hiệu là các chữ số, các chữ cái.

Ví dụ: 22, 11, 102, 103, 100, 471, 683 J, 01

Với những tụ điện trên thân ghi theo ký hiệu 3 số, số cuối cùng không là số 0, thì ta đọc như sau: Số thứ nhất chỉ số thứ nhất, số thứ hai chỉ số thứ hai, số thứ 3 chỉ số số 0, đơn vị đo là pF.

Các chữ cái J, K, M để chỉ sai số: $J = \pm 5\%$, $K = \pm 10\%$, $M = \pm 15\%$

Với những tụ điện trên thân ghi theo ký hiệu 3 số, số cuối cùng là số 0 hoặc ghi theo ký hiệu 2 số thì ta đọc như sau: Đọc nguyên giá trị đó và lấy đơn vị là pF.

Với những tụ điện trên thân có ghi theo số thập phân, thì đọc giá trị là số thập phân và đơn vị là μF .

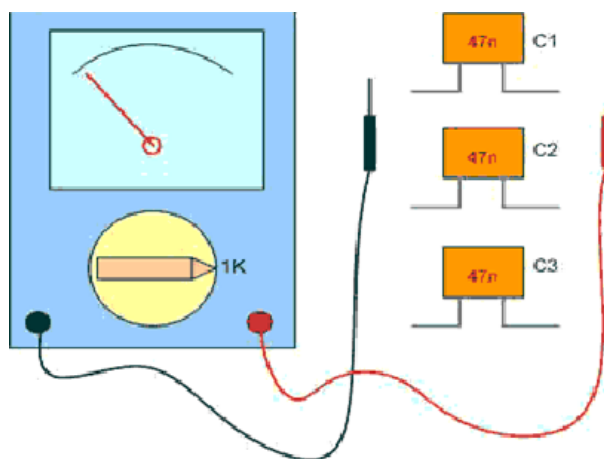
Ví dụ: .01 K/100V $\rightarrow C = 0,01 \mu\text{F} \pm 10\%$ và $U_{LV} = 100\text{V}$.

Với những tụ điện trên thân được ghi theo ký hiệu mã màu thì ta đọc như đọc giá trị của điện trở và lấy đơn vị là pF.

2.4. Đo, kiểm tra tụ điện

- Đo kiểm tra tụ giấy và tụ gốm.

+ Tụ giấy và tụ gốm thường hỏng ở dạng bị dò rỉ hoặc bị chập, để phát hiện tụ dò rỉ hoặc bị chập ta quan sát hình ảnh sau đây .



Hình 2.21. Kiểm tra tụ điện bằng đồng hồ vạn năng kim

+ Ở hình ảnh trên là phép đo kiểm tra tụ gốm, có ba tụ C1 , C2 và C3 có điện dung bằng nhau, trong đó C1 là tụ tốt, C2 là tụ bị dò và C3 là tụ bị chập.

+ Khi đo tụ C1 (Tụ tốt) kim phóng lên một giá trị điện trở xác định rồi trở về vị trí cũ. (Lưu ý các tụ nhỏ quá $< 1\text{nF}$ thì kim sẽ không phóng nạp)

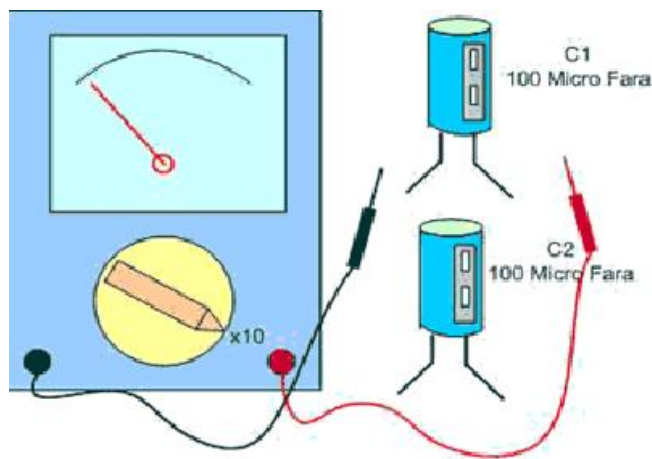
+ Khi đo tụ C2 (Tụ bị dò) ta thấy kim lên lưng chừng thang đo và dừng lại không trở về vị trí cũ.

+ Khi đo tụ C3 (Tụ bị chập) ta thấy kim lên $= 0\ \Omega$ và không trở về.

+ Lưu ý: Khi đo kiểm tra tụ giấy hoặc tụ gốm ta phải để đồng hồ ở thang $\times 1\text{K}\Omega$ hoặc $\times 10\text{K}\Omega$, và phải đảo chiều kim đồng hồ vài lần khi đo.

- Đo kiểm tra tụ hoá

Tụ hoá ít khi bị dò hay bị chập như tụ giấy, nhưng chúng lại hay hỏng ở dạng bị khô (khô hoá chất bên trong lớp điện môi) làm điện dung của tụ bị giảm, để kiểm tra tụ hoá, ta thường so sánh độ phóng nạp của tụ với một tụ còn tốt có cùng điện dung, hình ảnh dưới đây minh họa các bước kiểm tra tụ hoá.



Hình 2.22. Đo kiểm tra tụ hóa

- Đo kiểm tra tụ hoá

+ Để kiểm tra tụ hoá C2 có trị số $100\mu\text{F}$ có bị giảm điện dung hay không, ta dùng tụ C1 còn mới có cùng điện dung và đo so sánh.

+ Để đồng hồ ở thang từ $\times 1\Omega$ đến $\times 100\Omega$ (điện dung càng lớn thì để thang càng thấp)

+ Đo vào hai tụ và so sánh độ phóng nạp, khi đo ta đảo chiều que đo vài lần.

+ Nếu hai tụ phóng nạp bằng nhau là tụ cần kiểm tra còn tốt.

+ Trường hợp kim lên mà không trở về là tụ bị dò.

Chú ý: Nếu kiểm tra tụ điện trực tiếp ở trên mạch, ta cần phải hút rỗng một chân tụ khỏi mạch in, sau đó kiểm tra như trên.

3. Cuộn cảm.

3.1. Ký hiệu, phân loại, cấu tạo.

- Khái niệm

Là linh kiện thụ động có khả năng tích lũy năng lượng dưới dạng từ trường khi có dòng điện xoay chiều chạy qua

Khi có dòng điện chạy qua dây dẫn của cuộn cảm, thì cuộn cảm sẽ được nạp vào phần năng lượng từ phần điện năng nhận được

- Ký hiệu



Hình 2.23. Ký hiệu cuộn dây trên sơ đồ

L1 là cuộn dây lõi không khí

L2 là cuộn dây lõi ferit

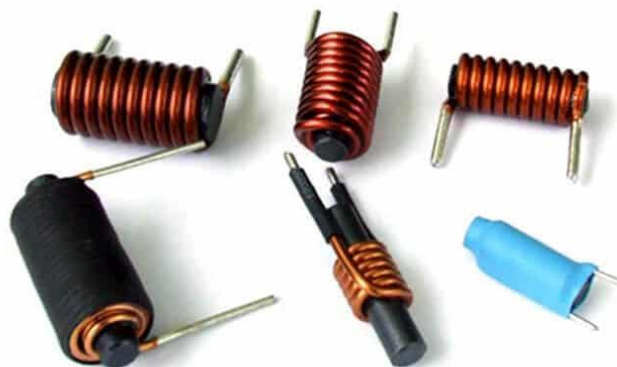
L3 là cuộn dây có lõi chỉnh

L4 là cuộn dây lõi thép kỹ thuật

- Đơn vị đo: Điện cảm có ký hiệu là L đơn vị Henry (H), mH

- Cấu tạo:

Cuộn cảm gồm một số vòng dây quấn lại thành nhiều vòng, vòng dây được sơn emay cách điện. Về phần lõi của cuộn dây có thể là vật liệu dẫn từ (Ferrite), thép kỹ thuật hoặc là không khí.



Hình 2.24. Cấu tạo cuộn cảm

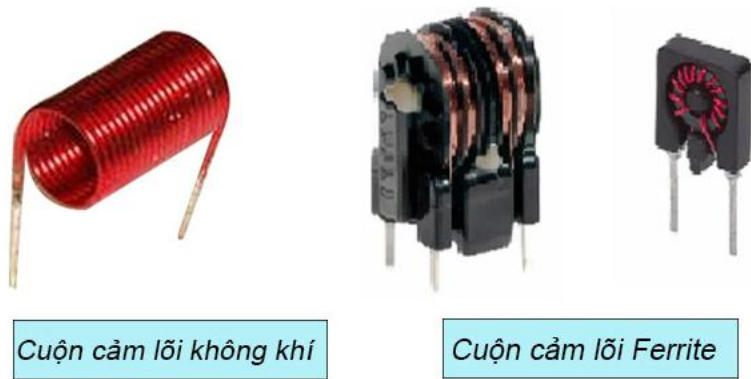
- Phân loại

+ Dựa vào tần số làm việc cuộn cảm âm tần, cuộn cảm trung tần, cuộn cảm cao tần.



Hình 2.25. Cuộn cảm âm tần

+ Dựa vào cấu tạo cuộn cảm lõi Ferit, cuộn cảm lõi thép, cuộn cảm lõi không khí.



Hình 2.26. Cuộn cảm lõi không khí và lõi Ferite

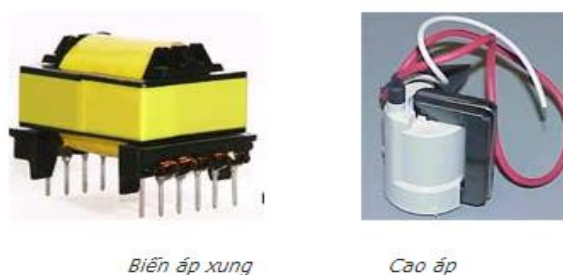
- Ứng dụng

+ Biến áp nguồn và biến áp âm tần



Hình 2.27. Hình dạng biến áp nguồn và biến áp âm tần

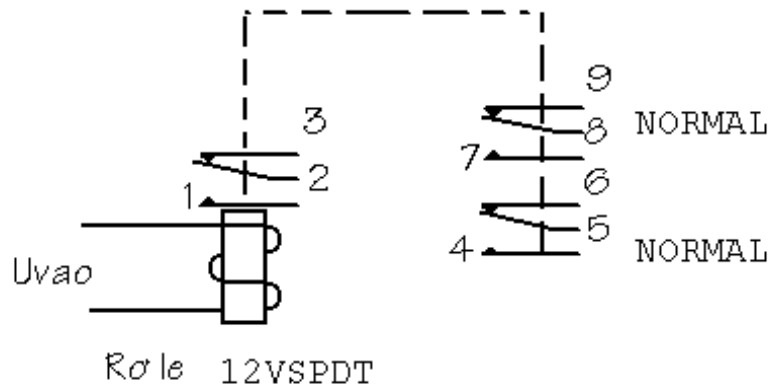
+ Biến áp xung & Cao áp



Hình 2.28. Hình dáng biến áp xung và cuộn cao áp

+ Role

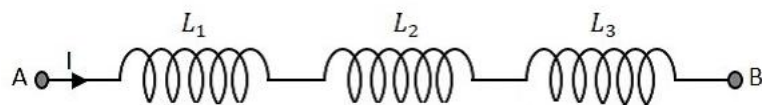
Từ trường do cuộn dây sinh ra được ứng dụng vào việc chế tạo chuyển mạch điều khiển bằng điện, thay cho việc đóng mở bằng tay, trong kỹ thuật người ta gọi linh kiện này là role. Loại role thường được gọi là role điện từ và có sơ đồ biểu diễn như trên Hình 2.28 . Nhìn vào sơ đồ ta biết thông số quan trọng là: áp hoạt động của cuộn dây là 12V.



Hình 2.29. Cấu tạo relay

3.2. Cách mắc cuộn cảm

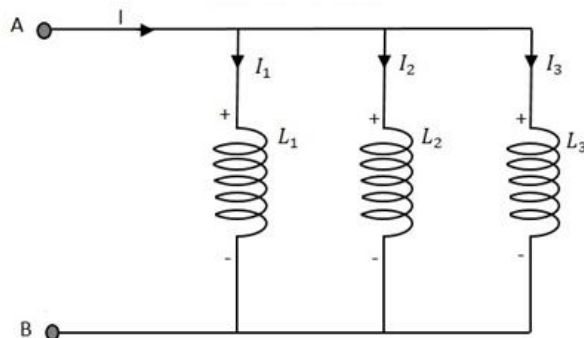
- Cuộn cảm mắc nối tiếp



Tính điện cảm tương đương n cuộn cảm mắc nối tiếp

$$L_{tđ} = L1 + L2 + \dots + Ln$$

- Cuộn cảm mắc song song

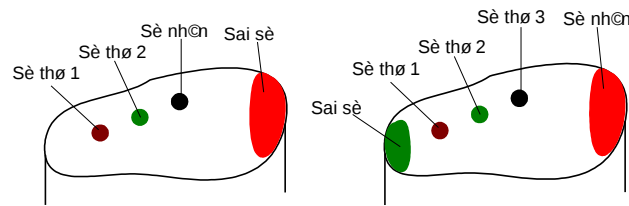


Tính điện cảm tương đương n cuộn cảm mắc song song

$$\frac{1}{L_{tđ}} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \dots + \frac{1}{Ln}$$

3.3. Cách đọc giá trị cuộn cảm

- Cuộn cảm vạch màu trên thân



Hình 2.30.

Với những cuộn dây ký hiệu bằng các chấm màu, thì cách đọc cũng giống như điện trở và đơn vị tính là μH

- Cuộn cảm dán

+ 2 chữ số đầu chỉ trị số, chữ số thứ 3 chỉ bội số nhân đơn vị μH (Micro-Henry)



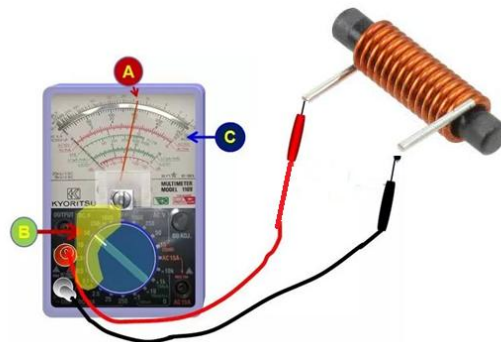
Hình 2.31. Cuộn dây dán

$$L = 47 \times 10^0 \mu\text{H} = 47 \mu\text{H}$$

3.4. Đo, kiểm tra cuộn cảm

Dùng đồng hồ đo vạn năng kim đặt ở thang đo điện trở đo 2 đầu của cuộn cảm, nếu:

- + Kim đồng hồ lên giá trị điện trở cuộn cảm tốt.
- + Kim đồng hồ không lên giá trị điện trở cuộn cảm bị đứt.
- + Kim đồng hồ lên giá trị điện nhỏ hơn giá trị điện trở chuẩn cuộn cảm bị chập một số vòng dây.



Hình 2.32. Đo kiểm tra cuộn cảm

CHƯƠNG 3: LINH KIỆN BÁN DẪN

Mã chương: MH 14 – 03

Giới thiệu:

Các linh kiện bán dẫn hay phần tử bán dẫn là các linh kiện điện tử khai thác tính chất điện tử của vật liệu bán dẫn, như silic, germani và arsenua galli, cũng như chất bán dẫn hữu cơ. Các linh kiện bán dẫn là sản phẩm được sản xuất ở cả hai dạng là linh kiện rời và vi mạch đến hàng tỷ linh kiện, được gia công và kết nối với nhau trên một nền bán dẫn duy nhất là tấm wafer.

Linh kiện bán dẫn đóng vai trò quan trọng trong nhiều ngành công nghiệp, đặc biệt trong sản xuất thiết bị và linh kiện điện tử. Ví dụ: linh kiện bán dẫn dùng để làm nhiều sản phẩm tiêu dùng kỹ thuật số như điện thoại di động, máy ảnh, tivi, máy giặt, tủ lạnh và bóng đèn LED, bộ vi xử lý của máy tính CPU,...

Mục tiêu:

- Trình bày được cấu tạo, ký hiệu và nguyên lý hoạt động của các linh kiện bán dẫn
- Sử dụng được đồng hồ vạn năng để đo và kiểm tra chất lượng các linh kiện bán dẫn
- Rèn luyện tính kiên trì, cẩn thận, chính xác, tính kỷ luật cao, có ý thức bảo quản, giữ gìn sắp xếp đồ dùng học tập gọn gàng, ngăn nắp.

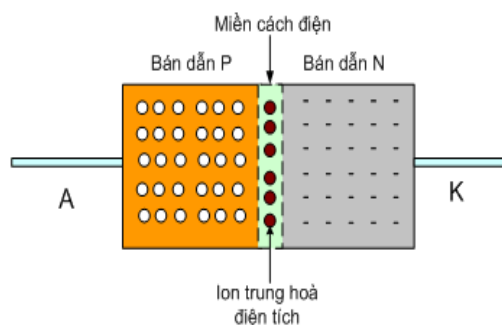
Nội dung chính:

1. Điốt (Diode)

1.1. Cấu tạo, ký hiệu

- Cấu tạo:

Nếu ghép hai chất bán dẫn P và N lại với nhau ta được một Diode



Hình 3.1. Cấu tạo của Diode .

Đầu bán dẫn P là cực Anốt(A), đầu bán dẫn N là cực Katốt(K)

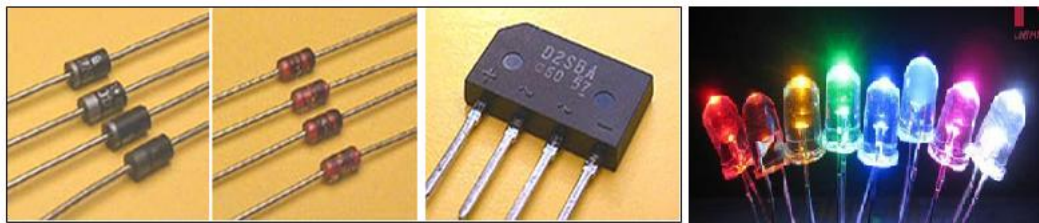
Trong vùng bán dẫn loại P có nhiều lỗ trống, trong vùng bán dẫn loại N có nhiều electron thừa. Khi ghép hai bán dẫn P và N với nhau thì electron thừa

của N chạy sang P và ngược lại. Chúng gặp nhau ở vùng tiếp giáp tái hợp với nhau và trở lên trung hoà về điện

- Kí hiệu:



- Hình dáng:



Hình 3.2. Các loại Di ốt

- Các loại diode khác

+ Diode Zener:

Diode Zener có cấu tạo tương tự Diode thường nhưng có hai lớp bán dẫn P- N ghép với nhau, Diode Zener được ứng dụng trong chế độ phân cực ngược, khi phân cực thuận Diode zener như diode thường nhưng khi phân cực ngược Diode zener sẽ giữ lại một mức điện áp cố định bằng giá trị ghi trên diode.

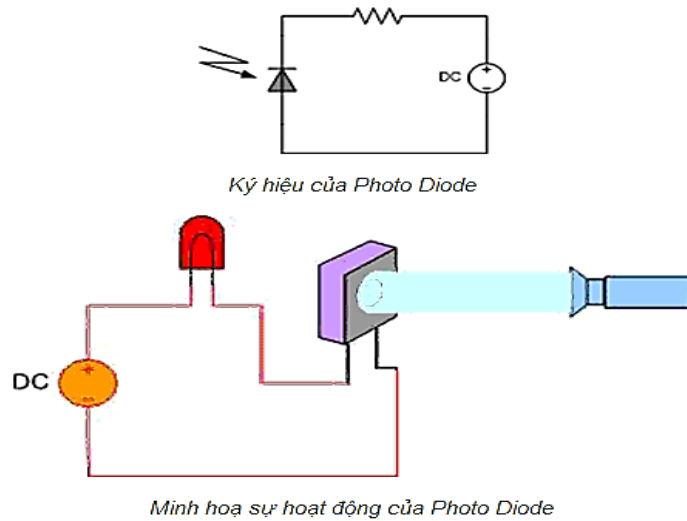


Hình 3.3. Diode zener

Diode zener có tính ổn áp. Trong mạch diode zener luôn ở trạng thái phân cực nghịch và làm việc ở trạng thái bị đánh thủng. Khi diode zener bị đánh thủng, nó sẽ có tính ghim áp, lúc này mức áp đưa vào có thay đổi nhưng mức áp lấy ra trên diode zener là không đổi. Trong mạch diode zener luôn dùng với một điện trở hạn dòng để tránh bị quá công suất. Trong nhiều mạch điện người ta dùng diode zener không có điện trở hạn dòng để làm mạch bảo vệ tránh trường hợp thiết bị bị quá áp

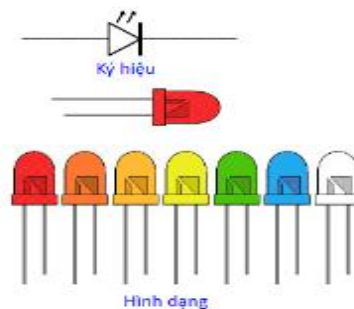
+ Diode Thu quang. (Photo Diode)

Diode thu quang hoạt động ở chế độ phân cực nghịch, vỏ diode có một miếng thủy tinh để ánh sáng chiếu vào mối P – N , dòng điện ngược qua diode tỷ lệ thuận với cường độ ánh sáng chiếu vào diode



Hình 3.4. Hình ảnh minh họa của diode thu quang

+ Diode Phát quang (Light Emitting Diode: LED)



Hình 3.5. Hình ảnh minh họa của diode phát quang

Diode phát quang là Diode phát ra ánh sáng khi được phân cực thuận, điện áp làm việc của LED khoảng 1,7 => 2,2V dòng qua Led khoảng từ 5mA đến 20mA

Led được sử dụng để làm đèn báo nguồn, đèn nháy trang trí, báo trạng thái có điện . vv...

+ Led 7 đoạn



Hình 3.6. Led 7 đoạn

+ Led ma trận

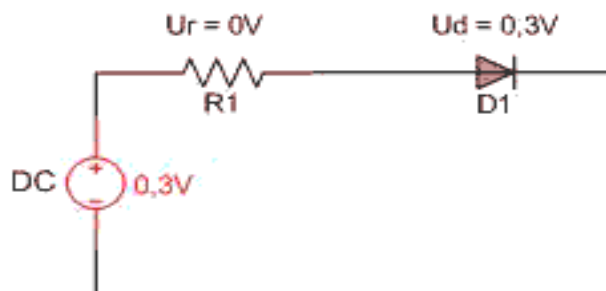


Hình 3.7. Led ma trận

1.2. Nguyên lý làm việc

Phân cực thuận cho Diode.

Khi ta cấp điện áp dương (+) vào Anôt (vùng bán dẫn P) và điện áp âm (-) vào Katôt (vùng bán dẫn N), khi đó dưới tác dụng tương tác của điện áp, miền cách điện thu hẹp lại, khi điện áp chênh lệch giữa hai cực đạt 0,6V (với Diode loại Si) hoặc 0,3V (với Diode loại Ge) thì diện tích miền cách điện giảm bằng không $\Rightarrow$ Diode bắt đầu dẫn điện. Nếu tiếp tục tăng điện áp nguồn thì dòng qua Diode tăng nhanh nhưng chênh lệch điện áp giữa hai cực của Diode không tăng (vẫn giữ ở mức 0,6V)

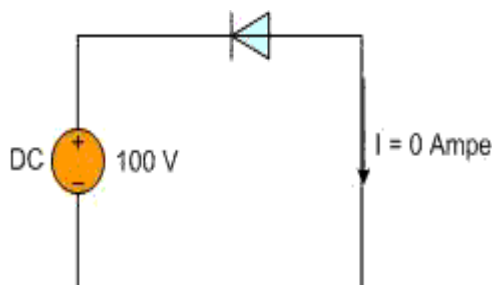


Hình 3.8. Diode (Ge) phân cực thuận

* Kết luận: Khi Diode (loại Si) được phân cực thuận, nếu điện áp phân cực thuận $< 0,6V$ thì chưa có dòng đi qua Diode, Nếu áp phân cực thuận đạt $= 0,6V$ thì có dòng đi qua Diode, sau đó dòng điện qua Diode tăng nhanh nhưng sụt áp thuận vẫn giữ ở giá trị 0,6V

Phân cực ngược cho Diode.

Khi phân cực ngược cho Diode tức là cấp nguồn (+) vào Katôt (bán dẫn N), nguồn (-) vào Anôt (bán dẫn P), dưới sự tương tác của điện áp ngược, miền cách điện càng rộng ra và ngăn cản dòng điện đi qua mối tiếp giáp, Diode có thể chịu được điện áp ngược rất lớn khoảng 1000V thì diode mới bị đánh thủng.

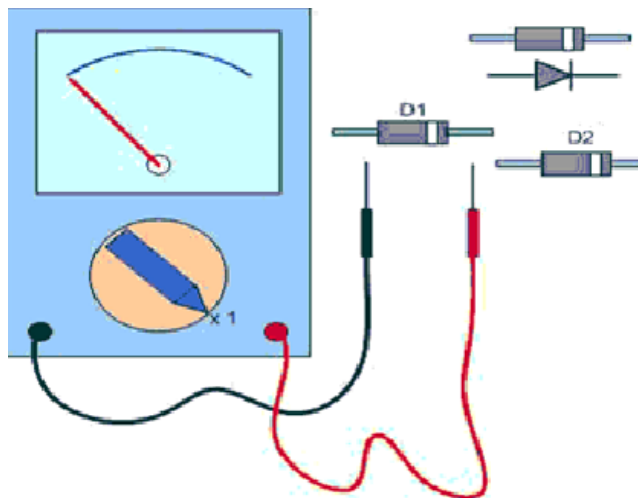


Hình 3.9. Diode chỉ bị cháy khi áp phân cực ngược tăng $\geq 1000V$

1.3. Đo và kiểm tra

- Đo kiểm tra Diode

- + Đặt đồng hồ ở thang $\times 1\Omega$, đưa hai que đo vào hai đầu Diode, nếu:
- + Đo chiều thuận que đen vào Anôt, que đỏ vào Katôt $\Rightarrow$ kim lên chỉ một giá trị điện trở xác định, đảo chiều đo kim không lên là $\Rightarrow$ Diode tốt
- + Nếu đo cả hai chiều kim di chuyển lên $= 0\Omega \Rightarrow$ là Diode bị chập.
- + Nếu đo thuận chiều mà kim không di chuyển lên $\Rightarrow$ là Diode bị đứt.
- + Nếu để thang $1K\Omega$ mà đo ngược vào Diode kim lên một giá trị là Diode bị rò.



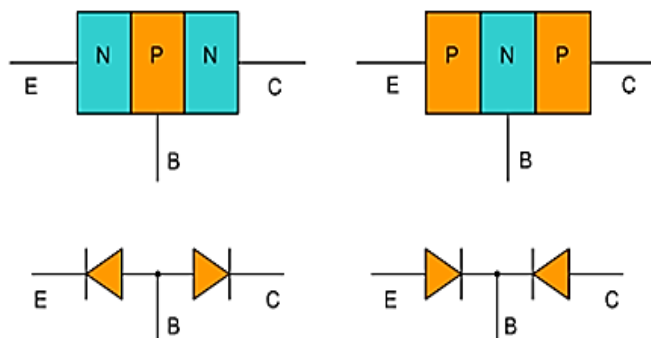
Hình 3.10. Cách đo, kiểm tra DIODE

2. Transistor lưỡng cực (BJT)

2.1. Cấu tạo, ký hiệu

- Cấu tạo

Transistor gồm ba lớp bán dẫn ghép với nhau hình thành hai mối tiếp giáp P-N, nếu ghép theo thứ tự PNP ta được Transistor thuận, nếu ghép theo thứ tự NPN ta được Transistor ngược. Về phương diện cấu tạo Transistor tương đương với hai Diode đầu ngược chiều nhau.

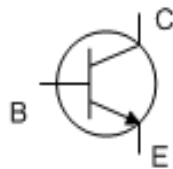


Hình 3.11. Cấu tạo bên trong transistor

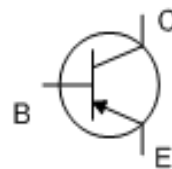
Ba lớp bán dẫn được nối ra thành ba cực , lớp giữa gọi là cực gốc ký hiệu là B (Base), lớp bán dẫn B rất mỏng và có nồng độ tạp chất thấp.

Hai lớp bán dẫn bên ngoài được nối ra thành cực phát (Emitter) viết tắt là E, và cực thu hay cực góp (Collector) viết tắt là C, vùng bán dẫn E và C có cùng loại bán dẫn (loại N hay P) nhưng có kích thước và nồng độ tạp chất khác nhau nên không hoán vị cho nhau được.

- Kí hiệu:



Transistor ngược NPN



Transistor thuận PNP

- Hình dạng thực tế:



Transistor công suất nhỏ



Transistor công suất lớn

Hình 3.12. Hình dáng thực tế Transistor

- Ký hiệu trên thân:

Hiện nay trên thị trường có nhiều loại Transistor của nhiều nước sản xuất nhưng thông dụng nhất là các transistor của Nhật bản, Mỹ và Trung quốc.

+ Transistor Nhật bản : thường ký hiệu là A..., B..., C..., D... Ví dụ A564, B733, C828, D1555 trong đó các Transistor ký hiệu là A và B là Transistor thuận PNP còn ký hiệu là C và D là Transistor ngược NPN. Các Transistor A và C thường có công suất nhỏ và tần số làm việc cao còn các Transistor B và D thường có công suất lớn và tần số làm việc thấp hơn.

+ Transistor do Mỹ sản xuất: thường ký hiệu là 2N... ví dụ 2N3055, 2N4073 vv...

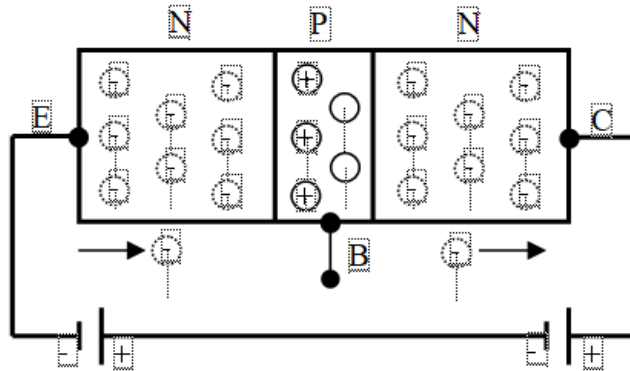
+ Transistor do Trung quốc sản xuất : Bắt đầu bằng số 3, tiếp theo là hai chữ cái. Chữ cái thứ nhất cho biết loại Transistor: Chữ A và B là Transistor thuận , chữ C và D là Transistor ngược, chữ thứ hai cho biết đặc điểm : X và P là loại âm tần, A và G là loại cao tần. Các chữ số ở sau chỉ thứ tự sản phẩm. Thí dụ : 3CP25 , 3AP20 vv..

2.2. Nguyên lý làm việc

Xét hoạt động của Transistor NPN.

* Thí nghiệm 1:

Cực E nối vào cực âm, cực C nối vào cực dương của nguồn DC, cực B để hở.

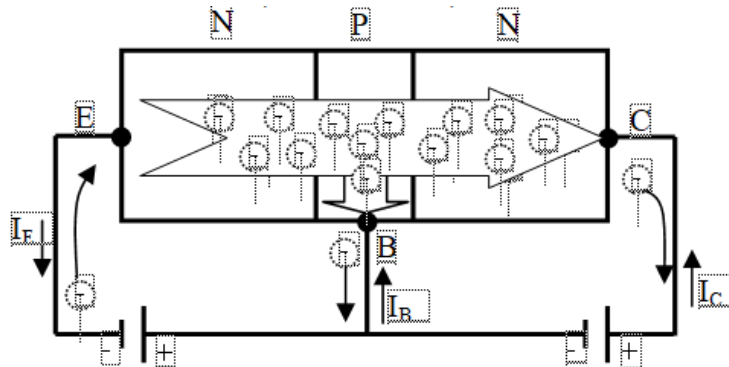


Hình 3.13. Cực B hở

Trường hợp này điện tử trong vùng bán dẫn N của cực E và C, do tác dụng của lực tĩnh điện sẽ bị di chuyển theo hướng từ cực E về cực C. Do cực B để hở nên điện tử từ vùng bán dẫn N của cực E không thể sang vùng bán dẫn P của cực B nên không có hiện tượng tái hợp giữa điện tử và lỗ trống do đó không có dòng điện qua transistor.

*Thí nghiệm 2

Mạch thí nghiệm giống như thí nghiệm 1 nhưng cực B nối vào một điện thế dương sao cho $V_B > V_E$ và $V_B < V_C$



Hình 3.14. Cực B nối nguồn

Trường hợp này hai vùng bán dẫn P và N của cực B và cực E giống như một diode(gọi là diode BE) được phân cực thuận nên dẫn điện, điện tử từ vùng bán dẫn N của cực E sẽ sang vùng bán dẫn P của cực B để tái hợp lỗ trống. Khi đó vùng bán dẫn P của cực B nhận thêm điện tử nên có điện tích âm. Cực B nối vào điện thế dương của nguồn nên sẽ hút một số điện tử trong vùng bán dẫn P tạo thành dòng điện I_B . Cực C nối vào điện thế dương cao hơn nên hút hầu hết các điện tử trong vùng bán dẫn P sang vùng bán dẫn N của cực C tạo thành dòng

I_C . Cực E nối vào nguồn điện thế âm nên khi vùng bán dẫn N bị mất điện tử sẽ hút điện tử từ nguồn âm lên thế chỗ tạo thành dòng điện I_E .

Hình mũi tên trong Transistor chỉ chiều dòng điện tử di chuyển, dòng điện quy ước chạy ngược chiều dòng điện tử nên dòng điện I_B và I_C đi từ ngoài vào Transistor, dòng điện I_E đi từ trong Transistor ra.

Số lượng điện tử bị hút từ cực E đều chạy sang cực B và cực C nên dòng điện I_B và I_C đều chạy sang cực E.

Ta có: $I_E = I_B + I_C$

Hệ số khuếch đại dòng điện: $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

Xét hoạt động của Transistor PNP tương tự nguyên lý của Transistor NPN chỉ khác cực tính nguồn thì ngược lại

2.3. Đo và kiểm tra

Kiểm tra Transistor bằng đồng hồ kim

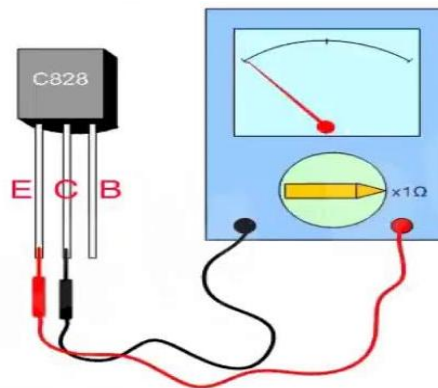
Bước 1: Vặn chuyển mạch thang đo đồng hồ kim về thang trở giá trị x1

Bước 2: Cách đo

- Xác định rõ các vị trí chân B - C - E của BJT qua Datasheet
- Với BJT thuộc dạng NPN (Ngược) thì:
 - + Que Đỏ đặt tại chân B, Que Đen đặt tại chân E, C => Kim chỉ một giá trị xác định(2 lần).
 - + Các lần đo khác kim không lên(4 lần).

Bước 3: Kết luận

- + Thang đo đồng hồ lên kim với các cặp chân B - E và B - C, các cặp chân còn lại kim đồng hồ không lên => BJT còn tốt
- + Ngược lại không thỏa mãn tiêu chí trên là BJT hỏng
- + Với BJT thuộc dạng PNP (Thuận) thì quá trình giống hoàn toàn như vậy, nhưng thay đổi là Que Đen chân B và Que Đỏ đặt tại chân C và E



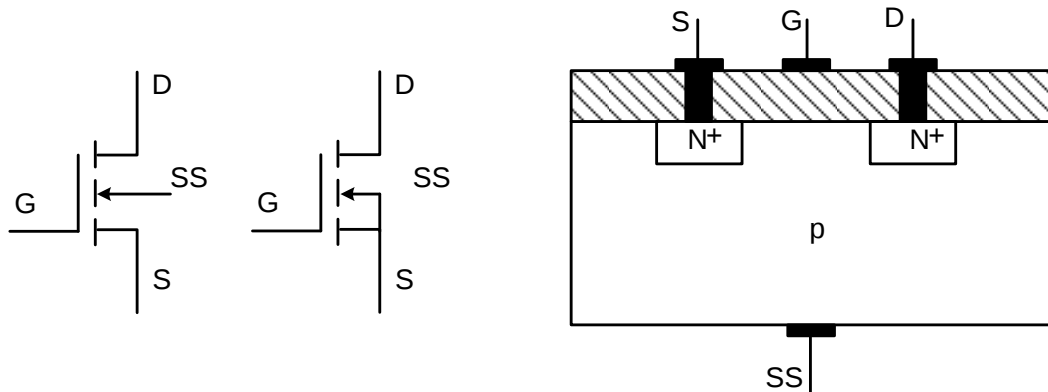
Hình 3.15. Đo kiểm tra Transistor

3. Transistor trường (MOSFET)

3.1. Cấu Tạo, ký hiệu

* Kênh N

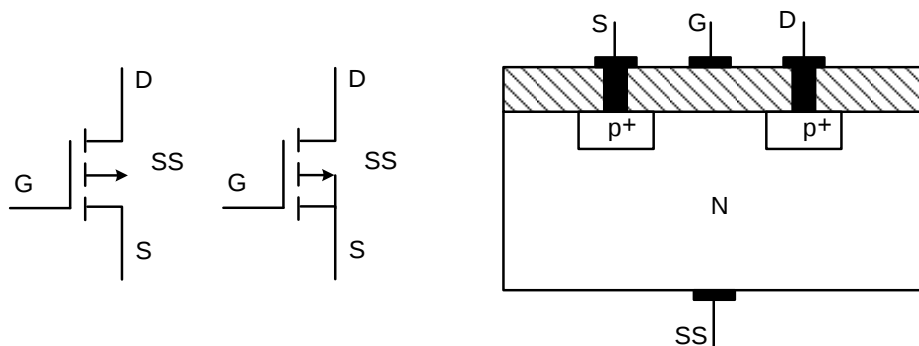
Trên một đế bán dẫn Si loại P có điện trở suất rất cao, người ta chế tạo lớp 2 vùng bán dẫn loại nồng độ tạp chất cao (N^+). Phía trên kênh dẫn điện có phủ một lớp ô-xít cách điện SiO_2 . 2 dây dẫn xuyên qua lớp cách điện nối vào 2 vùng bán dẫn N^+ gọi là cực S và cực D, cực G tiếp xúc kim loại bên ngoài lớp ô-xít nhưng vẫn cách điện với kênh dẫn. Ở đáy của phiên loại P được gắn sợi dây kim loại dùng làm cực đệm SUB (SS). (Thường cực S được nối chung với SS).



Hình 3.16. Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh cảm ứng loại N

* Kênh P

Trên một đế bán dẫn Si loại N có điện trở suất rất cao, người ta chế tạo lớp 2 vùng bán dẫn loại nồng độ tạp chất cao (P^+). Phía trên kênh dẫn điện có phủ một lớp ô-xít cách điện SiO_2 . 2 dây dẫn xuyên qua lớp cách điện nối vào 2 vùng bán dẫn P^+ gọi là cực S và cực D, cực G tiếp xúc kim loại bên ngoài lớp ô-xít nhưng vẫn cách điện với kênh dẫn. Ở đáy của phiên loại N được gắn sợi dây kim loại dùng làm cực đệm SUB (SS). (Thường cực S được nối chung với SS).

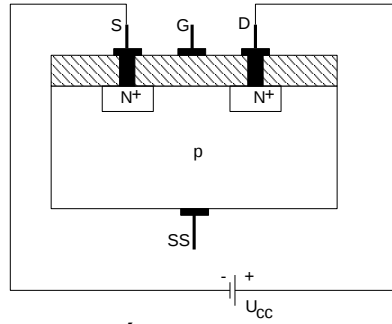


Hình 3.17. Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh cảm ứng loại p

3.2. Nguyên lý làm việc

- Kênh N

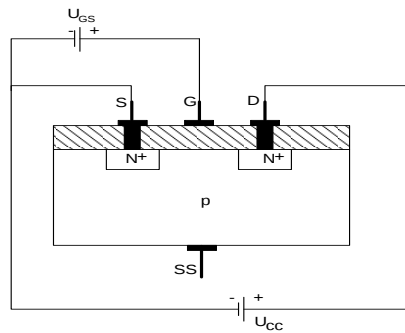
+ Khi cực G để hở do cấu tạo của kênh dẫn giữa cực D và cực S không được nối liền nên kênh dẫn không có dòng điện đi qua.



Hình 3.18. Cung cấp U_{CC} cho hai cực D, S; cực G để hở

+ Khi cực G nối dương nguồn: $U_{GS} > 0$

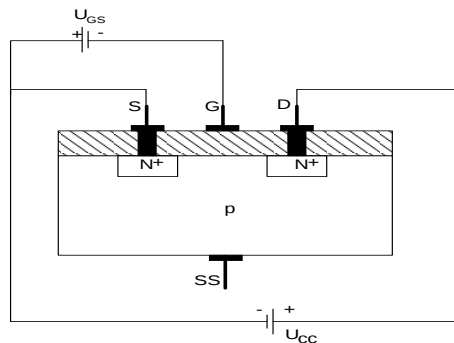
Khi cực G được đấu vào điện thế dương thì cực G sẽ hút hạt thiểu số của nền P (điện tử). Nếu điện áp ở cực G đủ lớn thì các hạt thiểu số của nền P được hút vào cực N càng nhiều và nối liền hai vùng bán dẫn N^+ , kênh dẫn trở lên dẫn điện và dòng điện trong kênh dẫn có chiều từ D sang S.



Hình 3.19. Cung cấp $U_{GS} > 0$

+ Khi cực G nối âm: $U_{GS} < 0$

Kênh dẫn cũng không dẫn điện.



Hình 3.20. Cung cấp $U_{GS} < 0$

- Kênh P

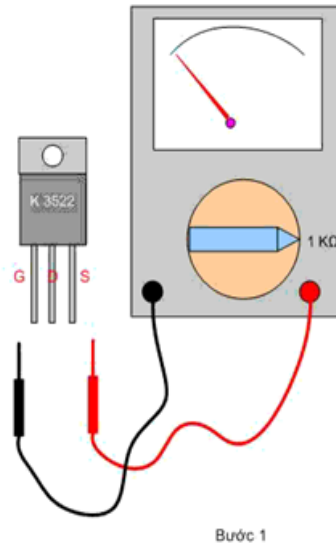
Nguyên lý làm việc của MOSFET kênh P tương tự nguyên lý của MOSFET kênh N chỉ khác cực tính nguồn ngược lại

3.3. Đo và kiểm tra

Một Mosfet còn tốt : Là khi đo trở kháng giữa G với S và giữa G với D có điện trở bằng vô cùng (kim không lên cả hai chiều đo) và khi G đã được thoát điện thì trở kháng giữa D và S phải là vô cùng.

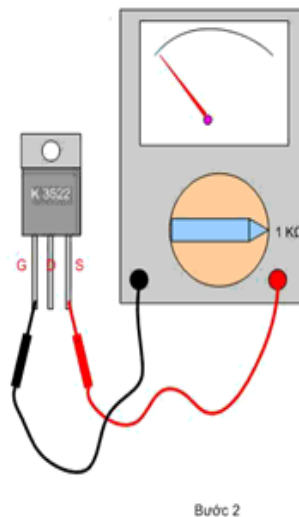
Các bước kiểm tra như sau :

Bước 1 : **Vận chuyển mạch về thang đo điện trở x1K**



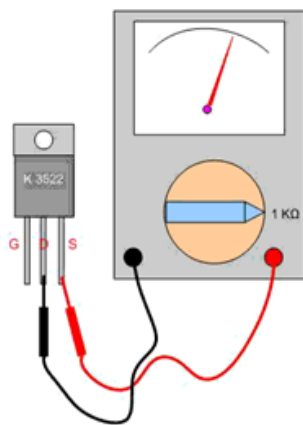
Hình 3.21. Vận chuyển mạch thang đo x1K

Bước 2 : Nạp cho G một điện tích (để que đen vào G que đỏ vào S hoặc D)



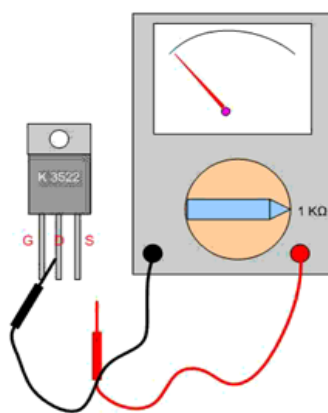
Hình 3.22. Nạp điện cực G

Bước 3 : Sau khi nạp cho G một điện tích ta đo giữa D và S (que đen vào D que đỏ vào S) => **kim sẽ di chuyển chỉ 1 giá trị xác định.**



Hình 3.23. Kiểm tra thông mạch DS

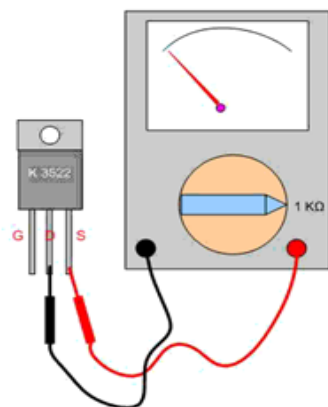
Bước 4 : Chập G vào D hoặc G vào S để thoát điện chân G.



Bước 4

Hình 3.24. Xả điện

Bước 5: Sau khi đã thoát điện chân G đo lại DS như bước 3 kim không
lên



Hình 3.25. Kiểm tra DS sau khi xả điện

=> Kết quả như vậy là Mosfet tốt.

Chú ý: Đo kiểm tra Mosfet ngược thấy bị chập

Bước 1: Để đồng hồ thang x1K

Đo giữa D và S mà cả hai chiều đo kim lên = 0 là chấp D S

4.1. Cấu Tạo, ký hiệu

Về cấu trúc bán dẫn, IGBT gần giống với MOSFET, điểm khác nhau là nó có thêm lớp nối với Collector tạo nên cấu trúc bán dẫn p-n-p giữa Emite (tương tự với cực gốc) với Collector (tương tự cực máng), mà không là n-n như ở MOSFET. Vì thế có thể coi IGBT tương đương với Transistor p-n-p với dòng base được điều khiển bằng một MOSFET



Dòng 25A

IE31AV
FGA25N120
ANTD

Áp 1200V

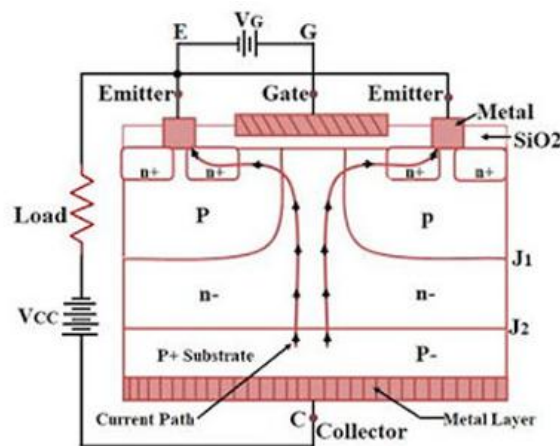


Hình 3.27. Hình dáng thực tế IGBT

4.2. Nguyên lý làm việc

Về nguyên lý hoạt động, ban đầu, nếu như không có điện áp đặt vào chân G, ở giai đoạn này IGBT sẽ ở trong trạng thái không thể dẫn điện. Nếu chúng ta tăng điện áp đặt vào chân G, vì hiệu ứng điện dung ở trên lớp SiO₂, các ion âm sẽ được tích lũy vào phía trên của các lớp và các ion dương sẽ được tích lũy ở phía dưới của SiO₂.

Điều này sẽ gây ra tình trạng chèn ép các hạt mang điện tích âm ở trong vùng p, điện áp đặt vào VG càng cao thì việc chèn ép các hạt mang điện tích âm càng lớn. Từ đó, dẫn đến sự hình thành kênh giữa điểm nối J2 cho phép dòng điện từ cực C tới cực E.



Hình 3.28.

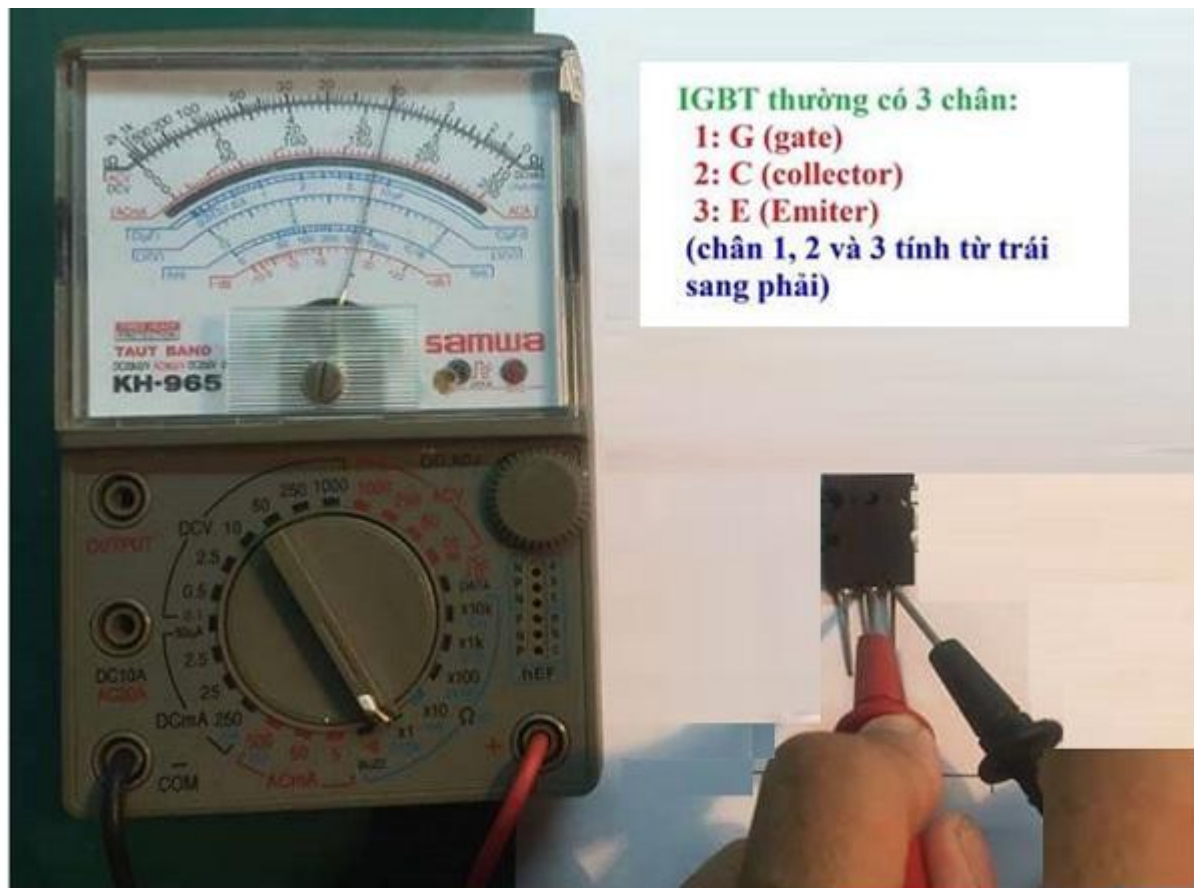
Nguyên lý hoạt động của IGBT có thể được hiểu một cách đơn giản như sau:

Điện áp $U_{GE} > 0$, kênh dẫn sẽ hình thành những hạt mang điện (gần giống với MOSFET). Những hạt mang điện di chuyển từ cực E về tới cực C, tiếp tục vượt qua lớp tiếp giáp N-P để tạo nên dòng Collector (ICE)

4.3. Đo và kiểm tra

Để kiểm tra IGBT hoạt động tốt không, ta thực hiện như sau.

Lưu ý: Đồng hồ vạn năng kim để kiểm tra IGBT phải có thang đo 10K (điện áp kích ngưỡng 9VDC, với cực dương đồng hồ kim là que đen, cực âm đồng hồ kim là que đỏ).



Hình 3.29. Cách đo và kiểm tra IGBT bằng đồng hồ vạn năng

- Bước 1: Xả điện áp giữa 3 chân G - C- E

Xả điện áp giữa 3 chân để IGBT không còn điện áp kích chân G

Que đo màu đen kết nối với chân C hoặc E

Que đo màu đỏ kết nối với chân G

- Bước 2: Đo và kiểm 2 chân C và E (có 1 chiều kim lên chỉ 1 giá trị xác định)

Que đen chạm vào chân C, que đo chạm vào chân E của IGBT. Lúc này kim đồng hồ vạn năng sẽ không lên

Que đen chạm vào chân E, que đỏ chạm vào chân C. Khi đó, kim chỉ thị của đồng hồ vạn năng sẽ di chuyển lên (Thang kim lên gần sát vạch tối đa, nằm giữa 0 và 1 là IGBT tốt)

- Bước 3: Thực hiện kích chân G của IGBT

Que đo màu đen chạm vào chân G

Que đo màu đỏ chạm vào chân C hoặc chân E

- Bước 4: Tiến hành kiểm tra sau khi kích chân G

Kiểm tra xem khi kích xong thì các chân C và E như nào:

Que màu đen kết nối với chân C, que màu đỏ kết nối với chân E => Đồng hồ vạn năng lên kim (Thang kim lên gần sát vạch tối đa, nằm giữa 0 và 1 tức là

cặp chân C - E IGBT tốt hay IGBT đã được kích và còn điều khiển tín hiệu kích tốt)

Que màu đen kết nối với chân E, que màu đỏ kết nối với chân C => Kim đồng hồ vạn năng di chuyển lên trên (Thang kim lên gần sát vạch tối đa, nằm giữa 0 và 1 tức là cặp chân E – C IGBT tốt hay cặp chân thể hiện bằng hình Diode của IGBT còn tốt)

- **Bước 5:** Kiểm tra 2 chân còn lại là G – C

Đo 2 chân G - C của IGBT xem có bị rò hay bị thủng không bằng cách:

Đặt que đen vào chân G, que đỏ vào chân C => Kim không lên

Đặt que đen vào chân C, que đỏ vào chân G => Kim không lên

- Ứng dụng IGBT sử dụng nhiều trên bếp từ hoặc biến tần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Viết Nguyên, *Giáo trình linh kiện, mạch điện tử*, NXB GD, 20018
- [2] Phạm Văn Nghĩa, *Giáo trình điện tử cơ bản*, NXB KHKT, 2016
- [3] Đỗ Xuân Thụ, *Kỹ thuật điện tử*, NXB GD, 2015
- [4] Nguyễn Đình Bảo, *Điện tử căn bản T1*, NXB KHKT, 2020
- [5] Nguyễn Đình Bảo, *Điện tử căn bản T2*, NXB KHKT, 2020