



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Vật liệu điện

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

KS. ĐỖ HỮU THANH

GIÁO TRÌNH **VẬT LIỆU ĐIỆN**

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2006

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỐNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04)8.257063; 8.252916. FAX: (04)8.257063

GIÁO TRÌNH
VẬT LIỆU ĐIỆN
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2006

Chịu trách nhiệm xuất bản:

NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập:

PHẠM QUỐC TUẤN

Bìa:

TRẦN QUANG

Trình bày - Kỹ thuật vi tính:

HOÀNG LAN HƯƠNG

Sửa bản in:

PHẠM QUỐC TUẤN

LÊ XUÂN THỌ

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đồng đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm “50 năm giải phóng Thủ đô”, “50 năm thành lập ngành” và hướng tới kỷ niệm “1000 năm Thăng Long - Hà Nội”.

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Vật liệu kỹ thuật điện gọi tắt là “Vật liệu điện”, là một môn học cơ sở trong chương trình đào tạo cán bộ kỹ thuật ngành điện với thời lượng 2 học trình.

Khối lượng kiến thức của môn học Vật liệu điện rất lớn, song với mục tiêu và yêu cầu đào tạo của bậc học Trung học chuyên nghiệp cho nên cuốn sách chỉ trình bày ngắn gọn các vấn đề chính sau đây với thời lượng 30 tiết:

- Phân loại vật liệu kỹ thuật điện theo công dụng và các đặc tính của chúng.

- Trình bày những hiện tượng vật lý cơ bản xảy ra trong vật liệu cách điện khi có tác dụng của điện áp.

- Nêu lên những tính chất chủ yếu về điện, cơ, lý, hoá và các yếu tố ảnh hưởng đến vật liệu kỹ thuật điện.

Cuốn sách được biên soạn nhằm phục vụ cho học sinh các trường Trung học chuyên nghiệp và dạy nghề.

Tuy đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng giáo trình chắc chắn không tránh khỏi những khiếm khuyết. Tác giả hy vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc gần xa.

TÁC GIẢ

Chương 1

CẤU TẠO VÀ PHÂN LOẠI VẬT LIỆU

Mục tiêu:

Để thấy được bản chất dẫn điện và cách điện của vật liệu, chúng ta cần nắm vững khái niệm về cấu tạo vật chất cũng như sự hình thành các phần tử mang điện trong vật liệu.

I. CẤU TẠO CỦA VẬT LIỆU

1. Cấu tạo nguyên tử

Nguyên tử là một hệ thống gồm hạt nhân mang điện dương và các điện tử mang điện âm chuyển động xung quanh.

Hạt nhân được cấu tạo từ những hạt proton, neutron. Như vậy, nguyên tử gồm các hạt cơ bản: điện tử, proton, neutron.

Nếu lấy khối lượng tĩnh của điện tử là $9,107.10^{-28}g$, với điện tích là $1,6.10^{-19}culông$ làm đơn vị để so sánh, thì khối lượng và điện tích của các hạt cơ bản trong nguyên tử theo bảng 1 - 1:

TT	Tên hạt	Khối lượng tĩnh tương đối	Điện tích
1	Điện tử (êlectron)	1	- e
2	Prôtôn	1836	+ e
3	Notron	1839	0

Kích thước của hạt nhân khoảng $10^{-8}\mu\text{m}$, của nguyên tử khoảng $10^{-4}\div 10^{-3}\mu\text{m}$.

Nếu hình dung nguyên tử được phóng đại thành quả cầu lớn như trái đất thì hạt nhân được xem như quả cầu có đường kính 60m.

Ở trạng thái bình thường, nguyên tử trung hoà điện, vì vậy số lượng proton và electron bằng nhau. Đó cũng chính là số thứ tự nguyên tử Z trong bảng tuần hoàn Mendelêev.

Với cùng số lượng proton và điện tử như nhau, hạt nhân có thể chứa số lượng neutron khác nhau và tạo thành chất đồng vị của cùng một nguyên tố hoá học. Hầu hết các nguyên tố có trên trái đất, thực chất là hỗn hợp của những đồng vị khác nhau. Ví dụ: Clo với nguyên tử lượng 35,457 là hỗn hợp của hai loại đồng vị với nguyên tử lượng 35 và 37.

Khi nguyên tử mất điện tử thì trở thành ion dương, ngược lại khi nhận thêm điện tử thì trở thành ion âm.

2. Các dạng liên kết

Vật chất được cấu tạo từ nguyên tử, phân tử hoặc ion theo các dạng liên kết sau đây:

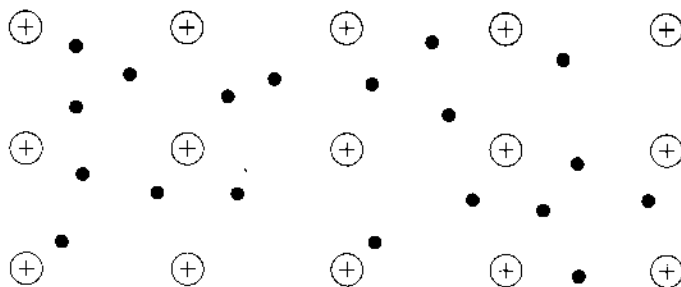
2.1. Liên kết Vandec - Vanx

Liên kết Vandec - Vanx sinh ra do tương tác giữa những điện tử ngoài cùng của các nguyên tử trên những khoảng cách lớn, khi các "đám mây" điện tử chưa tiếp xúc lẫn nhau. Lực liên kết Vandec - Vanx có trị số rất nhỏ (tỷ lệ nghịch với r^7 , r là khoảng cách giữa các nguyên tử). Dạng liên kết này thể hiện rõ nhất giữa các nguyên tử thuộc nhóm khí trơ. Phân tử có dạng liên kết này có nhiệt độ nóng chảy và độ bền cơ thấp như parafin.

2.2. Liên kết đồng hoá trị

Liên kết đồng hoá trị được đặc trưng bởi sự góp chung những điện tử của các nguyên tử trong phân tử. Khi đó mật độ đám mây điện tử giữa các hạt nhân trở thành bão hòa, liên kết phân tử bền vững.

Lấy cấu trúc của phân tử clo làm ví dụ. Phân tử clo (Cl_2) gồm 2 nguyên tử clo, mỗi nguyên tử clo có 17 điện tử, trong đó 7 điện tử hoá trị ở lớp ngoài cùng. Hai nguyên tử này được liên kết bền vững với nhau bằng cách sử dụng chung



Hình 1 - 2. Sơ đồ cấu tạo dây kim loại

Liên kết kim loại là liên kết bền vững. Các tính chất của kim loại như: ánh kim, dẫn điện cao, dẫn nhiệt cao... được giải thích là do sự có mặt của điện tử tự do. Kim loại có tính dẻo là do sự dịch chuyển và trượt lên nhau giữa các lớp ion dương.

3. Hợp kim

Hợp kim là sản phẩm của sự nấu chảy hai hay nhiều nguyên tố khác nhau mà nguyên tố chủ yếu là kim loại và hợp kim có tính chất của kim loại.

3.1. Dung dịch rắn

Khái niệm về dung dịch rắn có thể hiểu từ khái niệm dung dịch lỏng. Nếu lấy muối ăn (NaCl) khuấy đều trong nước, ta nhận được dung dịch lỏng. Trong đó các phân tử muối ăn nằm xen kẽ với phân tử nước. Sự phân bố của hai loại phân tử này không theo một quy luật nào cả, nhưng nó tạo nên một dung dịch đồng nhất trong toàn bộ thể tích.

Tương tự, khi nấu chảy hai hay nhiều kim loại với nhau rồi cho đông đặc, ta nhận được dung dịch rắn. Trong đó nguyên tử của các kim loại nằm “chen” nhau không theo một quy luật nào cả, nhưng trong toàn bộ thể tích dung dịch rắn có tính chất giống nhau. Chất nào có ít hơn gọi là chất hoà tan.

Đặc điểm của dung dịch rắn là kiểu mạng tinh thể của nó giống kiểu mạng dung môi và không phụ thuộc kiểu mạng chất hoà tan. Nguyên tử chất hoà tan nằm “chen” vào mạng tinh thể dung môi tạo nên dung dịch rắn thay thế và dung dịch rắn xen kẽ.

Dung dịch rắn thay thế là dung dịch được hình thành do nguyên tử chất hoà

tan đẩy một số nguyên tử chất dung môi ra khỏi nút mạng và thay thế vào các vị trí đó. Ví dụ: hợp kim Cu(Ni), Cu là dung môi, Ni là chất hoà tan.

Dung dịch rắn xen kẽ là dung dịch được hình thành do nguyên tử chất hoà tan nằm xen kẽ vào các lỗ hổng mạng tinh thể dung môi (lỗ hổng là khoảng trống giữa các nguyên tử). Ví dụ: hợp kim Fe(C), Fe là dung môi, C là chất hoà tan.

3.2. Hợp chất hoá học

Khi nấu chảy và cho đông đặc hai hay nhiều chất khác nhau, các nguyên tố tác dụng hoá học với nhau theo tỷ lệ và thành phần nhất định (biểu diễn bằng một công thức hoá học) tạo nên hợp kim. Hợp kim này có cấu tạo hợp chất hoá học.

Ví dụ: Xêmentit (Fe_3C) với thành phần C = 6,67%, Fe = 93,33% là hợp chất hoá học. Đặc điểm chung của hợp chất hoá học là có độ cứng, độ giòn cao vì mạng tinh thể của nó phức tạp hơn so với mạng tinh thể kim loại.

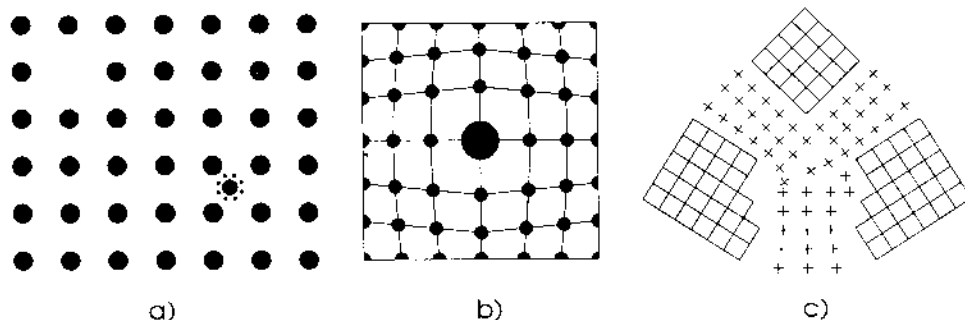
3.3. Hỗn hợp cơ học

Khi nấu chảy và cho đông đặc hai hay nhiều chất khác nhau, các nguyên tử của các nguyên tố rất khác nhau về đường kính nguyên tử, về kiểu mạng tinh thể, nên chúng tụ tập lại thành những hạt riêng rẽ, tạo nên hợp kim. Hợp kim này có cấu tạo hỗn hợp cơ học.

4. Khuyết tật trong cấu tạo vật rắn

Các tinh thể vật rắn có thể có kết cấu đồng nhất. Sự phá huỷ các kết cấu đồng nhất và tạo nên các khuyết tật trong vật rắn thường gặp nhiều trong thực tế. Những khuyết tật có thể được tạo nên bằng sự ngẫu nhiên hay cố ý trong quá trình công nghệ chế tạo vật liệu.

Khuyết tật của vật rắn là bất kỳ hiện tượng nào phá vỡ tính chất chu kỳ của trường tĩnh điện mạng tinh thể như: phá vỡ thành phần hợp thức; sự có mặt của tạp chất lạ; áp lực cơ học; mặt tinh thể phụ - đoạn tăng; khe rãnh, lỗ xốp v.v...(hình 1-3)



Hình 1-3. Khuyết tật mạng tinh thể

a) Nút trống và ion riêng giữa các nút

b) Nguyên tử lạ trong nút của mạng

c) Cấu tạo dạng khối của tinh thể đoạn tảng

Khuyết tật trong cấu tạo vật rắn sẽ làm thay đổi các đặc tính cơ học, lý học, hoá học và các tính chất về điện của vật liệu. Khuyết tật có thể tạo nên các tính năng đặc biệt tốt (ví dụ như vi mạch IC) và cũng có thể làm cho tính chất của vật liệu kém đi (ví dụ như vật liệu cách điện có lẫn kim loại).

5. Lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn

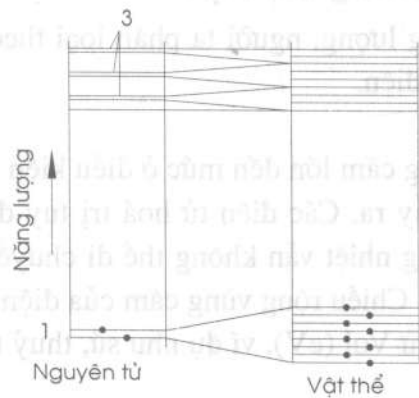
Có thể sử dụng lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn để giải thích phân loại vật liệu thành các nhóm vật liệu dẫn điện, bán dẫn và điện môi (cách điện).

Việc nghiên cứu quang phổ phát xạ của các chất khác nhau ở trạng thái khí khi các nguyên tử ở cách xa nhau một khoảng cách lớn đã chỉ rõ rằng: nguyên tử của mỗi chất được đặc trưng bởi những vạch quang phổ hoàn toàn xác định. Điều đó chứng tỏ rằng, các nguyên tử khác nhau có những trạng thái hay mức năng lượng khác nhau.

Khi nguyên tử ở trạng thái bình thường không bị kích thích, một số trong các mức năng lượng được các điện tử lấp đầy, còn ở các mức năng lượng khác điện tử chỉ có thể có mặt khi nguyên tử nhận được năng lượng từ bên ngoài tác động (trạng thái kích thích). Nguyên tử luôn có xu hướng quay về trạng thái ổn định. Khi điện tử chuyển từ mức năng lượng kích thích sang mức năng lượng nguyên tử nhỏ nhất, nguyên tử phát ra phần năng lượng dư thừa.

Những điều nói trên có thể đặc trưng bằng biểu đồ năng lượng vẽ trên hình 1-4. Khi chất khí hoá lỏng và sau đó tạo nên mạng tinh thể của vật rắn, các nguyên tử nằm sát nhau, tất cả các mức năng lượng của nguyên tử bị dịch

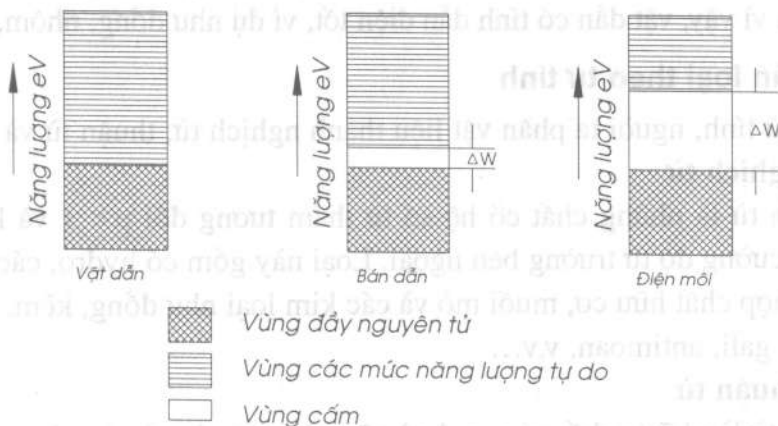
chuyển nhẹ do tác động của các nguyên tử bên cạnh tạo nên một giải năng lượng hay còn gọi là vùng các mức năng lượng.



Hình 1-4. Sơ đồ phân bố mức năng lượng nguyên tử riêng biệt của vật rắn phi kim loại

1. Mức năng lượng bình thường của kim loại
2. Vùng điện tử lấp đầy
3. Mức năng lượng kích thích của nguyên tử
4. Vùng tự do
5. Vùng cấm

Hình 1-5 chỉ rõ sự khác nhau của biểu đồ năng lượng (ở nhiệt độ 0°K) của vật dẫn kim loại, bán dẫn và điện môi.



Hình 1-5. Sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở nhiệt độ 0°K

II. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU

1. Phân loại theo khả năng dẫn điện

Trên cơ sở biểu đồ năng lượng, người ta phân loại theo vật liệu cách điện (điện môi), bán dẫn và dẫn điện.

1.1. Điện môi

Điện môi là chất có vùng cấm lớn đến mức ở điều kiện bình thường, sự dẫn điện bằng điện tử không xảy ra. Các điện tử hoá trị tuy được cung cấp thêm năng lượng của chuyển động nhiệt vẫn không thể di chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn. Chiều rộng vùng cấm của điện môi ΔW nằm trong khoảng từ 1,5 đến vài điện tử Vol (eV), ví dụ như sứ, thuỷ tinh, mica, v.v...

1.2. Bán dẫn

Bán dẫn là chất có vùng cấm hẹp hơn so với điện môi, vùng này có thể thay đổi nhờ tác động năng lượng từ bên ngoài. Chiều rộng vùng cấm chất bán dẫn nằm trong khoảng ($\Delta W = 0,2 \div 1,5$ eV), do đó ở nhiệt độ bình thường, một số điện tử hoá trị ở trong vùng đầy được tiếp sức của chuyển động nhiệt có thể di chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn, ví dụ như gecmani, silic, v.v...

1.3. Vật dẫn

Vật dẫn là chất có vùng tự do nằm sát vùng đầy, thậm chí có thể chồng lên vùng đầy ($\Delta W < 0,2$ eV). Vật dẫn điện có số lượng điện tử tự do rất lớn. Ở nhiệt độ bình thường các điện tử hoá trị vùng đầy có thể chuyển sang vùng tự do rất dễ dàng, dưới tác dụng của lực điện trường, các điện tử này tham gia vào dòng điện dẫn. Chính vì vậy, vật dẫn có tính dẫn điện tốt, ví dụ như đồng, nhôm, sắt, v.v...

2. Phân loại theo từ tính

Theo từ tính, người ta phân vật liệu thành nghịch từ, thuận từ và dẫn từ.

2.1. Nghịch từ

Nghịch từ là những chất có hệ số từ thẩm tương đối $\mu < 1$ và không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có hydro, các khí hiếm, đa số các hợp chất hữu cơ, muối mỏ và các kim loại như đồng, kẽm, bạc, vàng, thuỷ ngân, gali, antimoan, v.v...

2.2. Thuận từ

Thuận từ là những chất có $\mu > 1$ và cũng không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có ôxy, nitơ ôxít, muối đất hiếm, muối sắt, các

muối coban và niken, kim loại kiềm, nhôm, bạch kim, v.v...

2.3. Chất dẫn từ

Chất dẫn từ là những chất có $\mu > 1$ và phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có sắt, niken, coban và các hợp kim của chúng; hợp kim crom và mangan, gadolonit, ferit có các thành phần khác nhau v.v...

Trong các phần trình bày tiếp theo, chúng ta sẽ nghiên cứu những tính chất của vật liệu cách điện, vật liệu dẫn điện, vật liệu từ và vật liệu bán dẫn dùng trong kỹ thuật điện.

Câu hỏi chương 1

1. Trình bày cấu tạo nguyên tử và các dạng liên kết.
2. Trình bày các loại hợp kim.
3. Nêu cách phân loại vật liệu.

Chương 2

VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

Mục tiêu:

- Hiểu bản chất các hiện tượng về điện và nắm vững tính chất cơ lý hoá của điện môi.
- Nhận biết, phân biệt những vật liệu cách điện thường dùng và sử dụng được chúng theo đúng kỹ thuật.

I. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

1. Yêu cầu và phân loại vật liệu cách điện

1.1. Yêu cầu của vật liệu cách điện

Vật liệu cách điện có ý nghĩa cực kỳ quan trọng đối với kỹ thuật điện. Chúng được dùng để tạo ra cách điện bao quanh những bộ phận dẫn điện trong các thiết bị điện và để cách ly các bộ phận có điện thế khác nhau. Một trong những nhiệm vụ khác của cách điện là giới hạn đường đi của dòng điện trong mạch đã được sơ đồ quy định. Vật liệu cách điện còn được dùng làm điện môi để tạo thành điện dung trong các tụ điện.

Vật liệu cách điện phải đạt các yêu cầu sau:

- Cần có điện trở rất lớn để bảo đảm cách điện tốt.
- Tổn thất năng lượng điện trong vật liệu cách điện phải nhỏ.
- Khả năng chịu nhiệt phải tốt.
- Khả năng chịu ẩm tốt để thích nghi với môi trường.
- Có độ bền cơ học cao, bảo đảm không hư hỏng khi lắp ráp và vận hành.
- Dẫn nhiệt tốt.

1.2. Phân loại vật liệu cách điện

Theo trạng thái của vật liệu khi sử dụng, người ta phân chia thành:

- Điện môi khí (Ví dụ: không khí, khí hydro v.v...)
- Điện môi lỏng (Ví dụ: dầu máy biến áp, dầu cáp, dầu tụ điện v.v...).
- Điện môi rắn (Ví dụ: sứ, amiăng, bakêlít v.v...)

Theo thành phần hoá học, người ta phân chia thành điện môi vô cơ và điện môi hữu cơ.

Theo phương pháp tinh chế, người ta phân chia thành điện môi tự nhiên và điện môi tổng hợp.

Theo cấu trúc phân tử, người ta phân chia thành điện môi trung tính và điện môi cực tính. Điện môi trung tính như hydro, parafin,... còn điện môi cực tính như bakêlít, dầu thầu dầu...

Theo độ bền nhiệt, người ta phân chia vật liệu thành từng cấp chịu nhiệt. Đây là sự phân loại rất cơ bản, khi lựa chọn vật liệu cách điện, đầu tiên phải biết vật liệu có tính chịu nhiệt theo cấp nào. Ví dụ:

- Cấp cách điện Y (nhiệt độ cho phép 90°C) gồm giấy, vải, sợi, lụa, phíp, cao su, gỗ không tẩm nhựa; các loại nhựa như pôlyêtylen, polistiroi v.v...
- Cấp cách điện A (105°C) gồm giấy, vải, sợi, lụa trong dầu; cao su nhân tạo, các loại sơn cách điện v.v...
- Cấp cách điện E (120°C) gồm nhựa tráng polyvinylphocman, êpoxi, giấy ép hoặc vải ép có nhựa phenolfocmandehit v.v...
- Cấp cách điện B (130°C) gồm nhựa êpoxi, sợi thủy tinh, amiăng, mica v.v...
- Cấp cách điện F (155°C) gồm sợi amiăng, sợi thủy tinh có chất kết dính v.v...
- Cấp cách điện H (180°C) gồm silicon, mica có chất kết dính v.v...
- Cấp cách điện C (trên 180°C) gồm thủy tinh, sứ v.v...

2. Các hiện tượng về điện trong vật liệu cách điện

Khi đặt điện môi vào trong điện trường E, điện môi sẽ chịu lực tác dụng của cường độ điện trường. Tùy theo dạng của cường độ điện trường và thời gian tác dụng mà trong điện môi xảy ra những hiện tượng với các đặc điểm khác nhau. Dưới tác dụng của điện trường, trong điện môi có thể xảy ra ba hiện tượng cơ bản về điện đó là hiện tượng phân cực điện môi, hiện tượng dẫn điện và hiện tượng đánh thủng điện môi.

2.1. Hiện tượng phân cực điện môi

2.1.1. Quá trình phân cực

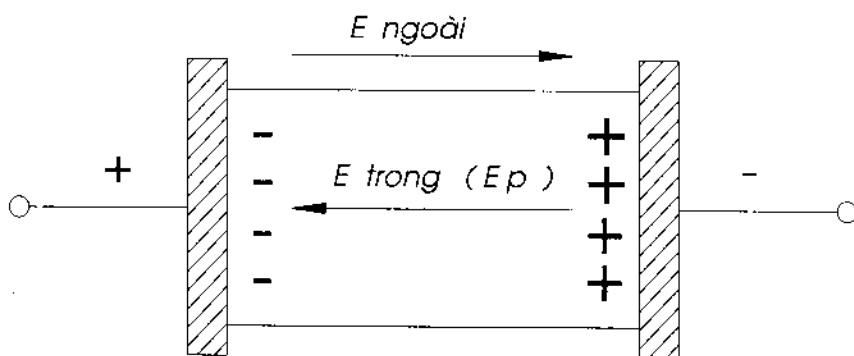
Hiện tượng phân cực điện môi là sự dịch chuyển có giới hạn của các điện tích liên kết hay sự định hướng của các phân tử lưỡng cực dưới tác dụng của

điện trường. Trong quá trình phân cực cũng tạo nên dòng điện phân cực.

Dưới tác dụng của điện trường, các hạt mang điện (điện tử, ion) dịch chuyển có giới hạn theo hướng của lực điện trường tác dụng vào nó. Điện tích dương dịch chuyển theo hướng của điện trường. Điện tích âm dịch chuyển ngược lại. Còn các phân tử phân cực thì định hướng mô men lưỡng cực theo chiều điện trường.

Khi không có tác dụng của điện trường nữa thì các hạt mang điện lại dịch chuyển về vị trí ban đầu, các phân tử phân cực lại định hướng lộn xộn các mô men lưỡng cực do chuyển động nhiệt.

Do có hiện tượng phân cực, tại bề mặt chất điện môi xuất hiện các điện tích trái dấu. Trên bề mặt điện môi phía điện cực dương xuất hiện các điện tích âm và ngược lại (hình 2 - 1).



Hình 2 - 1. Kết quả hiện tượng phân cực

Kết quả của hiện tượng phân cực điện môi là sinh ra một cường độ điện trường có chiều ngược với điện trường bên ngoài.

Điện trường tổng cộng:

$$E = E_{ng} - E_p \quad (2 - 1)$$

2.1.2. Các dạng phân cực chính

a) Phân cực điện tử

Phân cực điện tử là sự dịch chuyển có giới hạn của các điện tử quanh hạt nhân. Sự phân cực này xảy ra rất nhanh (có thể coi là tức thời) và không gây ra tổn thất điện môi. Phân cực điện tử có trong tất cả các loại điện môi.

b) Phân cực ion

Phân cực ion là sự dịch chuyển có giới hạn của các ion liên kết đối với trọng

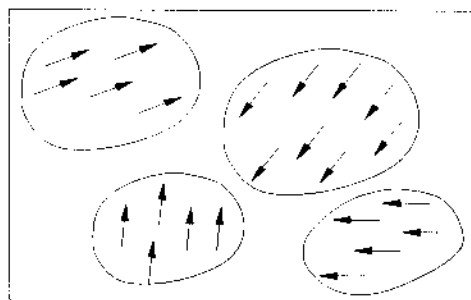
tâm. Phân cực này xảy ra rất nhanh và không sinh ra tổn hao điện môi (không phát sinh ra nhiệt). Phân cực ion có trong các điện môi rắn cấu tạo ion.

c) Phân cực lưỡng cực chậm

Phân cực lưỡng cực chậm là sự quay từ từ của các phân tử phân cực, để định hướng các mô men lưỡng cực theo chiều điện trường. Phân cực lưỡng cực chậm gây ra tổn thất điện môi dưới dạng nhiệt vì phải mất năng lượng cần thiết để quay các phân tử phân cực. Phân cực lưỡng cực chậm thường gặp ở điện môi khí và điện môi lỏng cực tính.

d) Phân cực tự phát

Trong một số chất điện môi như xenhít, khi chưa có điện trường ngoài tác dụng, thì đã có sẵn những vùng riêng biệt gồm các mô men lưỡng cực quay theo một hướng nhất định. Phương, chiều mô men lưỡng cực của vùng này khác với vùng kia. (hình 2 – 2)



Hình 2 – 2. Các vùng riêng biệt trong điện môi xenhít

Vì vậy, khi có điện trường ngoài tác dụng, hiện tượng phân cực xảy ra rất mạnh mẽ và ở một trị số điện áp nhất định sẽ xuất hiện phân cực cực đại (bão hoà). Sự phân cực này tự phát sinh ra tổn thất điện môi đáng kể dưới dạng nhiệt.

2.1.3. Hằng số điện môi

Điện môi bất kỳ có gắn các điện cực ở hai đầu, khi đấu vào mạch điện đều được coi là một tụ điện với điện dung xác định. Xét hai tụ điện với các điều kiện như nhau: diện tích tiếp xúc, khoảng cách giữa hai cực, điện áp đặt vào. Chúng chỉ khác nhau bởi chất điện môi giữa hai điện cực. Một tụ điện có chất điện môi nào đó, tụ điện còn lại có chất điện môi là chân không. Tỷ số giữa điện tích của tụ điện với chất điện môi nào đó với điện tích của tụ điện có điện môi là chân không được gọi là hằng số điện môi tương đối (ϵ).

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_0} \quad (2-2)$$

Q : Điện tích của tụ điện có điện môi đang xem xét.

Q_0 : Điện tích của tụ điện có điện môi là chân không.

Để ngắn gọn, trong thực tế hằng số điện môi tương đối được gọi tắt là hằng số điện môi. Hằng số điện môi cho ta thấy khả năng phân cực của điện môi. ε càng lớn thì khả năng phân cực của điện môi càng mạnh.

Muốn chế tạo tụ điện có trị số điện dung lớn ta phải sử dụng điện môi có ε lớn. Ví dụ tụ hoá học thường có trị số lớn cỡ $1000\mu\text{F}$.

Sau đây là hằng số điện môi của các điện môi ở trạng thái khí, lỏng và rắn.

a) Hằng số điện môi của điện môi khí

Khí hydro: $\varepsilon = 1,00027$

Khí nitơ: $\varepsilon = 1,0006$

Khí oxy: $\varepsilon = 1,00055$

Sự phân cực của điện môi khí xấp xỉ như chân không.

b) Hằng số điện môi của điện môi lỏng

Dầu xônôn (điện môi tổng hợp cực tính): $\varepsilon = 5$

Benzen (điện môi trung tính): $\varepsilon = 2,218$

Hằng số điện môi của điện môi lỏng phân cực lớn hơn hằng số điện môi của điện môi lỏng trung tính.

c) Hằng số điện môi của điện môi rắn

Parafin: $\varepsilon = 1,9 \div 2,2$

Kim cương: $\varepsilon = 5,6 \div 5,8$

Muối xenhit: $\varepsilon = 500 \div 600$

Ta có thể nhận thấy hằng số điện môi của các điện môi rắn rất khác nhau.

2.2. Hiện tượng dẫn điện

Dưới tác dụng của điện áp, trong điện môi cũng xuất hiện dòng điện. Trong điện môi có hai loại dòng điện: dòng điện phân cực và dòng điện dẫn (rò).

2.2.1. Dòng điện phân cực

Dòng điện phân cực là dòng điện tồn tại trong quá trình phân cực điện môi (từ khi bắt đầu đến khi kết thúc).

- Đối với điện áp một chiều, dòng điện phân cực chỉ tồn tại trong thời gian ngắn, trong thời gian quá trình quá độ đóng mạch điện, đổi chiều mạch điện.

- Đối với điện áp xoay chiều, dòng điện phân cực tồn tại trong suốt thời gian

đặt điện áp.

2.2.2. Dòng điện dẫn (rò)

Dòng điện dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các điện tích tự do (thường có trong tạp chất) trong điện môi dưới tác dụng của điện áp.

Dòng điện dẫn có trị số rất nhỏ (không đáng kể) nên còn gọi là dòng điện rò.

Dòng điện dẫn tồn tại ở điện môi trong suốt thời gian đặt điện áp xoay chiều và một chiều.

2.3. Hiện tượng đánh thủng điện môi

Hiện tượng đánh thủng điện môi là hiện tượng phóng điện chọc thủng hay là sự phá huỷ độ bền điện của điện môi khi cường độ điện trường đặt lên điện môi vượt quá một giới hạn nào đó.

2.3.1. Độ bền điện

Chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá sự cách điện của điện môi là độ bền điện (E_{dt}):

$$E_{dt} = \frac{U_{dt}}{d} \quad \text{kV/mm} \quad (2 - 3)$$

Trong đó: - E_{dt} : Độ bền điện (cường độ điện trường đều khi đánh thủng).

- U_{dt} : Điện áp đánh thủng.

- d : Chiều dày điện môi ở chỗ bị đánh thủng.

2.3.2. Hiện tượng đánh thủng điện môi khí

Hiện tượng đánh thủng điện môi khí là do sự ion hoá va chạm và ion hoá quang. Sự ion hoá va chạm là sự tăng rõ rệt các ion dương, ion âm, điện tử của điện môi dưới tác dụng của điện trường mạnh. Dưới tác dụng của tia quang học như tia Ronghen, tia tử ngoại... cũng làm tăng các hạt mang điện như trên gọi là sự ion hoá quang.

Một điều cần lưu ý là trong điều kiện bình thường, độ bền điện của không khí thường nhỏ hơn độ bền điện của đa số điện môi lỏng và rắn.

2.3.3. Hiện tượng đánh thủng điện môi lỏng

Bản chất của hiện tượng đánh thủng điện môi lỏng rất phức tạp. Nó phụ thuộc vào thành phần và tạp chất có trong điện môi lỏng. Nước, khí, các hạt cơ học là những tạp chất thường có trong điện môi lỏng và có ảnh hưởng rất lớn đến độ bền điện.

Người ta giải thích hiện tượng đánh thủng trong điện môi lỏng như sau:

- Do ảnh hưởng của nhiệt, trong điện môi lỏng có hiện tượng nổi bọt khí ở chỗ có nhiều tạp chất. Các bọt khí này tạo thành “cầu nối” khí giữa các điện cực. Ta biết rằng độ bền điện của khí nhỏ hơn so với điện môi lỏng, vì thế dẫn đến sự đánh thủng.

Khi điện môi lỏng đã được lọc sạch tạp chất, dưới điện trường mạnh hoặc do ảnh hưởng của tia quang học, có sự ion hoá làm tăng các hạt mang điện trong điện môi, vì thế cũng dẫn đến sự đánh thủng.

- Do sự thoát điện tử ở ngay điện cực âm hoặc do sự phân ly của phân tử phân cực thành ion dương và ion âm, vì thế cũng dẫn đến sự đánh thủng.

2.3.4. Hiện tượng đánh thủng điện môi rắn

a) Đánh thủng do điện

Dưới tác dụng của điện trường mạnh, xuất hiện sự tăng dòng điện tử trong điện môi rắn tương tự như sự ion hoá trong điện môi khí, người ta gọi là sự đánh thủng do điện. Sự đánh thủng do điện có những đặc điểm sau:

- Độ bền điện của điện môi rắn không phụ thuộc hoặc phụ thuộc rất ít vào nhiệt độ và thời gian duy trì điện áp.

- Trong điện môi đồng nhất, độ bền điện không phụ thuộc vào chiều dày của điện môi.

- Độ bền điện thay đổi trong khoảng hẹp từ $(10^6 \div 10^7)$ V/cm.

- Trước khi chuẩn bị phóng điện, dòng điện trong điện môi tăng theo quy luật hàm số mũ và ngay trước lúc phóng điện thì dòng điện tăng vọt.

- Trong điện môi không đồng nhất (thành phần hóa học), hiện tượng đánh thủng sẽ xảy ra ở nơi có điện trường lớn nhất (hiệu ứng mũi nhọn).

b) Đánh thủng do nhiệt

Khi điện trở cách điện của điện môi giảm, tổn thất điện môi tăng, điện môi bị nóng bởi một nguồn nhiệt khác, sự thoát nhiệt của điện môi kém... Có một phân riêng biệt nào đó trong điện môi diễn biến theo chu kỳ sau: Vì điện trở cách điện giảm nên dòng điện tăng, nhiệt lượng tăng. Khi nhiệt lượng tăng thì điện trở cách điện lại tiếp tục giảm dẫn đến dòng điện lại tăng thêm... Cứ thế, cuối cùng sự tiến triển tăng dòng điện dần dần này sẽ dẫn đến sự đánh thủng. Người ta gọi là sự đánh thủng do nhiệt. Đánh thủng do nhiệt có những đặc điểm sau:

- Chỗ bị đánh thủng thường xuất hiện ở nơi thoát nhiệt kém nhất.

- Nhiệt độ môi trường càng cao thì độ bền điện của điện môi giảm (so với độ bền điện chuẩn).

- Khi kéo dài thời gian duy trì điện áp thì độ bền điện của điện môi giảm (so với độ bền điện chuẩn).

- Độ bền điện của điện môi rắn sẽ giảm (so với độ bền điện chuẩn) khi chiều dày của nó tăng (vì sự thoát nhiệt từ trong ra ngoài chậm).

- Khi tần số dòng điện tăng thì độ bền điện của điện môi giảm (so với độ bền điện chuẩn).

Thực tế, sự đánh thủng điện môi rắn thường xảy ra theo thứ tự: lúc đầu là đánh thủng do điện, rồi kèm theo làm nóng điện môi và bắt đầu xuất hiện đánh thủng do nhiệt.

3. Tổn thất điện môi

Khi điện trường tác động lên điện môi, trong điện môi xảy ra quá trình dịch chuyển các điện tử tự do và điện tích liên kết. Như vậy, trong điện môi xuất hiện dòng điện dẫn và dòng điện phân cực, chúng làm điện môi nóng lên, toả nhiệt và truyền nhiệt vào môi trường. Phần năng lượng nhiệt này không sinh ra công hữu ích nên gọi là tổn thất điện môi.

3.1. Các dạng tổn thất điện môi

3.1.1. Tổn thất điện môi do dòng điện dẫn (rò)

Trong điện môi bao giờ cũng chứa các điện tích liên kết và điện tử tự do. Dưới tác dụng của điện trường các điện tích kể trên tạo nên dòng điện dẫn.

Trong điện môi rắn có dòng điện dẫn đi trên bề mặt và trong khối điện môi, còn điện môi khí và lỏng chỉ có dòng điện trong khối điện môi. Nếu dòng điện dẫn lớn thì tổn thất điện môi là đáng kể.

Tổn thất điện môi do dòng điện dẫn tăng khi tần số của điện trường và nhiệt độ tăng.

3.1.2. Tổn thất điện môi do dòng phân cực

Dạng tổn thất điện môi do dòng phân cực thấy rõ ở các chất có hiện tượng phân cực chậm (các điện môi có cấu tạo lưỡng cực và ion)

Tổn thất điện môi phân cực chậm được gây nên bởi sự phá huỷ chuyển động nhiệt của các phân tử dưới tác động của điện trường. Sự phá huỷ này làm phát sinh năng lượng tiêu tán và điện môi nóng lên.

Tổn thất điện môi trong các điện môi cực tính tăng theo tần số của điện áp đặt vào và biểu hiện rõ rệt nhất ở tần số vô tuyến và tần số siêu cao. Khi ở tần số cao, tổn thất điện môi có trị số lớn tới mức phá huỷ vật liệu. Do vậy, không nên dùng điện môi cực tính mạnh ở tần số cao trong kỹ thuật điện.

Quan hệ giữa tổn thất điện môi với nhiệt độ của các điện môi cực tính có giá

trị cực đại ở một nhiệt độ nào đó đặc trưng cho mỗi loại vật liệu. Nếu nhiệt độ có trị số sao cho thời gian phân cực lưỡng cực chậm nhỏ hơn thời gian nửa chu kỳ biến đổi của điện áp xoay chiều một cách đáng kể thì cường độ chuyển động nhiệt sẽ lớn, mối liên kết giữa các phân tử giảm, do đó tổn thất điện môi sẽ giảm.

3.1.3. *Tổn thất điện môi do ion hoá*

Tổn thất điện môi do ion hoá xảy ra trong các điện môi ở trạng thái khí. Dạng tổn thất điện môi này xuất hiện trong các điện trường không đồng nhất, khi cường độ điện trường cao hơn trị số bắt đầu ion hoá của khí đó. Ví dụ: không khí ở xung quanh dây dẫn của đường dây tải điện trên không có điện áp cao, đầu cực của các thiết bị cao áp...

3.1.4. *Tổn thất điện môi do cấu tạo không đồng nhất*

Loại tổn thất điện môi này có nhiều ý nghĩa trong thực tế, vì vật liệu cách điện của các thiết bị điện thường có cấu trúc không đồng nhất.

3.1.5. *Góc tổn thất điện môi*

Người ta đưa ra khái niệm góc δ và tg δ để đánh giá về tổn thất điện môi của một vật liệu cách điện nào đó trong kỹ thuật (khi điện môi làm việc trong điện trường xoay chiều).

Một tụ điện mà môi trường giữa hai bản cực là điện môi, có hằng số điện môi ϵ , được đặt vào điện áp xoay chiều; dòng tích điện cho tụ (I_t) có hai thành phần:

- Dòng tích điện thực sự (I_c) sớm pha 90° so với điện áp.

$$I_c = \omega \cdot C \cdot U \text{ (A)} \quad (2 - 4)$$

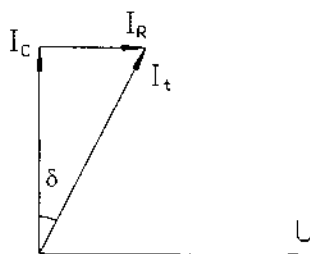
Trong đó : $\omega = 2\pi f$ (f là tần số điện áp)

C : điện dung của tụ (F)

U : điện áp (V)

- Dòng I_R gây tổn hao, làm nóng điện môi, đồng pha với điện áp U .

Dòng tích điện cho tụ (I_t) là dòng tổng hợp của hai thành phần vuông góc với nhau (hình 2-3).



Hình 2-3. Đồ thị vector dòng điện và điện áp

Từ đồ thị ta thấy:

$$I_1 = \sqrt{I_c^2 + I_R^2} \quad (2 - 5)$$

Trong đó: $I_c = I_1 \cdot \cos\delta$

$$I_R = I_1 \cdot \sin\delta$$

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{I_R}{I_c} \quad (2 - 6)$$

Ở đây δ được gọi là góc tổn thất điện môi.

Một vật liệu có δ nhỏ thì $\operatorname{tg}\delta$ nhỏ và vật liệu đó có tổn thất điện môi nhỏ.

4. Tính chất cơ, lý, hoá của vật liệu cách điện

Khi lựa chọn vật liệu cách điện sử dụng vào một mục đích cụ thể, cần phải chú ý tới tính chất cách điện của nó trong những điều kiện làm việc bình thường và xem xét tới độ ổn định của những tính chất đó khi có sự tác động của cơ học, lý học, hoá học, điều kiện môi trường xung quanh v.v...

4.1. Tính hút ẩm của điện môi

Các vật liệu cách điện nói chung ở mức độ ít hay nhiều đều hút ẩm từ môi trường xung quanh vào bên trong hay thấm ẩm, tức là cho hơi nước xuyên qua chúng. Khi bị thấm ẩm các tính chất cách điện của điện môi bị giảm nhiều. Những vật liệu cách điện không cho nước đi vào bên trong nó, khi đặt ở trong môi trường có độ ẩm cao, trên bề mặt có thể ngưng tụ một lớp ẩm làm cho dòng rò bề mặt tăng, điện áp đánh thủng dọc theo bề mặt giảm và có thể gây nên sự cố cho các thiết bị điện.

Để hạn chế sự tác động của độ ẩm đối với vật liệu cách điện, người ta thường dùng các biện pháp sau đây:

- Sấy khô và sấy trong chân không để hơi ẩm thoát ra bên ngoài.
- Tẩm các loại vật liệu xốp bằng sơn cách điện.
- Quét lên bề mặt điện môi lớp sơn phủ nhằm ngăn chặn sự xâm nhập hơi ẩm vào bên trong điện môi.
- Để nâng cao điện áp đánh thủng bề mặt phải đặt thêm các gờ, tán như ở các sứ cách điện... Trong điều kiện cho phép phải làm vệ sinh để tẩy rửa bụi bẩn bám trên bề mặt điện môi.

4.2. Tính chất cơ học của điện môi

Các chi tiết bằng vật liệu cách điện trong các thiết bị điện khi vận hành,

ngoài sự tác động của điện trường còn phải chịu tác động của các phụ tải cơ học nhất định. Vì vậy, khi chọn vật liệu cách điện cần phải xem xét tới độ bền cơ học của các vật liệu và khả năng chịu đựng của chúng mà không bị biến dạng. Trong kỹ thuật, người ta thường quan tâm đến những tính chất sau:

- Độ bền (kéo, nén, uốn) là khả năng của vật liệu chịu tác dụng lực bên ngoài mà không bị hỏng. Ví dụ các chi tiết sứ treo ở đường dây tải điện cao thế, các chi tiết sứ đỡ... cần có tính chất cơ học tốt.

- Tính giòn là khả năng của vật liệu chịu tác dụng của lực động (bất ngờ) hoặc lực rung (tần số) mà không bị hỏng. Ví dụ các chi tiết cách điện trên máy bay cần có tính giòn tốt.

- Độ cứng là khả năng chịu lún bề mặt tại chỗ ấn vật cứng mẫu.

- Độ nhớt là một đặc tính quan trọng đối với điện môi lỏng như dầu, sơn... Độ nhớt có ảnh hưởng tới sự làm mát, sự dính ướt khi tẩm.

4.3. Tính chất nhiệt của điện môi

4.3.1. Tính chịu nhiệt (độ bền nhiệt)

Tính chịu nhiệt là khả năng chịu đựng của điện môi mà không bị hư hỏng (trong thời gian dài hoặc ngắn) khi có tác động nhiệt độ cao hay nhiệt độ thay đổi đột ngột.

- Đối với điện môi vô cơ, độ bền nhiệt là nhiệt độ bắt đầu có sự biến đổi tính chất điện (ví dụ như điện trở suất).

- Đối với điện môi hữu cơ, độ bền nhiệt là nhiệt độ bắt đầu có sự biến dạng cơ học khi kéo, uốn...

- Đối với điện môi lỏng, độ bền nhiệt được biểu hiện ở nhiệt độ chớp cháy, nhiệt độ cháy. Nhiệt độ chớp cháy của điện môi lỏng là nhiệt độ làm hơi của điện môi lỏng và không khí sẽ bốc cháy khi đưa ngọn lửa vào gần. Nhiệt độ cháy của điện môi lỏng là nhiệt độ cháy của chất lỏng khi đưa ngọn lửa vào gần.

4.3.2. Độ dẫn nhiệt

Độ dẫn nhiệt có ý nghĩa quan trọng, vì sẽ có nhiệt toả ra do tổn thất công suất trong dây bọc cách điện, trong lõi thép của máy biến áp và tổn thất điện môi trong chất cách điện; nhiệt được truyền ra môi trường xung quanh qua nhiều lớp vật liệu khác nhau.

Độ dẫn nhiệt của vật liệu được đặc trưng bằng nhiệt dẫn suất γ_N (bảng 2 - 1):

Bảng 2 - 1. Nhiệt dẫn suất của một số điện môi

TT	Tên vật liệu	γ_N (W/cm. °C)
1	Không khí (trong khe hở nhỏ)	0,00025
2	Nhựa đường	0,0007
3	Giấy	0,001
4	Vải sơn	0,0013
5	Hệ ti nắc	0,0035
6	Nước	0,0058
7	Thạch anh nóng chảy	0,0125
8	Sứ	0,016
9	Steatít	0,022
10	Thạch anh kết tinh	0,125
11	Ôxít nhôm	0,3

4.3.3. Sự giãn nở nhiệt

Sự giãn nở nhiệt của điện môi được đánh giá bằng hệ số giãn nở dài theo nhiệt độ. Những vật liệu nào có hệ số giãn nở dài nhỏ thì có tính chịu nhiệt tốt và ngược lại.

4.4. Tính chất hoá học

Tính chất hoá học của điện môi được biểu hiện cụ thể bằng những vấn đề sau:

- Độ tin cậy của điện môi thể hiện ở chỗ điện môi có thể làm việc được lâu dài hay không. Ví dụ nó có bị phân huỷ hoặc bị ăn mòn khi tiếp xúc với kim loại khác, hoặc có gây phản ứng hoá học với không khí, nước, kiềm, dung dịch muối...

- Mức độ dễ dàng gia công bằng phương pháp hoá học như thế nào. Ví dụ nó có dính tốt không, có hoà tan được trong dung môi để tạo thành sơn phủ không v.v...

II. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN THƯỜNG DÙNG

1. Vật liệu cách điện thể khí

1.1. Không khí

Trong số vật liệu cách điện ở thể khí, không khí là vật liệu phổ biến. Nó tham gia vào các thiết bị điện, máy điện và giữ vai trò như là vật liệu cách điện hỗ trợ thêm cho các vật liệu cách điện rắn hoặc lỏng.

Ví dụ đường dây tải điện trên không, không khí là lớp cách điện duy nhất giữa các dây trần.

Trong các máy điện, thiết bị điện, không khí thường là lớp đệm cách điện giữa bộ phận bên trong với vỏ máy.

Tuy nhiên cần lưu ý là khi tẩm cách điện cho máy điện, cáp điện, nếu không cẩn thận thì trong lớp cách điện ấy sẽ xuất hiện những “bọt không khí”. Những “bọt không khí” này sẽ làm giảm sự cách điện.

1.2. Khí nitơ

Đôi khi, người ta sử dụng khí nitơ để làm điện môi trong các tụ điện khí.

1.3. Khí hydro

Khí hydro rất nhẹ, trong kỹ thuật, khí hydro được dùng làm mát trong các máy điện thay cho không khí, đặc biệt hydro được dùng để làm mát cho các máy phát điện công suất lớn.

1.4. Vật liệu cách điện khí khác

Hiện nay có một số chất khí, chủ yếu là các hợp chất halogen (flo, clo v.v...) có khối lượng phân tử và tỉ trọng cao, năng lượng ion hoá lớn, có độ bền điện cao hơn hẳn so với không khí. Ví dụ: florua lưu huỳnh SF_6 hay còn gọi là êlêgaz có độ bền điện lớn hơn không khí khoảng 2,5 lần. Êlêgaz không độc, chịu được tác dụng hoá học, không bị phân huỷ khi đốt nóng tới 800°C ; có thể sử dụng trong tụ điện, cáp điện, máy cắt ở các cấp điện áp khác nhau... đem lại hiệu quả kinh tế cao. Ở các loại máy cắt cao áp hiện đại thì khí SF_6 được dùng để cách điện và dập hồ quang. Chất khí này không chỉ có đặc tính cách điện cao mà còn có khả năng hấp thụ nhiệt lớn nên có thể dập tắt hồ quang hầu như ngay lập tức.

Để so sánh một số đặc tính quan trọng giữa không khí với các khí khác có thể tham khảo ở bảng 2 - 2 dưới đây:

Bảng 2 - 2. So sánh đặc tính của không khí với các khí khác

TT	Các đặc tính tương đối	Không khí	Nitơ N_2	Cacbonic CO_2	Hydrô H_2
1	Tỷ trọng	1	0,97	1,52	0,07
2	Nhiệt dẫn suất	1	1,08	0,64	6,69
3	Tỷ nhiệt	1	1,05	0,85	14,35
4	Hệ số toả nhiệt từ vật rắn sang khí	1	1,03	1,13	1,61
5	Độ bền điện	1	1,00	0,90	0,6

2. Vật liệu cách điện thể lỏng

2.1. Dầu mỏ cách điện

2.1.1. Dầu máy biến áp

Trong số các vật liệu cách điện ở thể lỏng, dầu máy biến áp được dùng rộng rãi nhất.

Đối với máy biến áp, dầu máy biến áp có hai công dụng. Một là, dầu lấp đầy các lỗ xốp trong các vật liệu cách điện xốp sợi và các khoảng trống giữa các dây dẫn của cuộn dây, giữa cuộn dây với vỏ máy. Hai là, dầu tăng cường sự thoát nhiệt từ trong máy ra không khí.

Đối với máy cắt dầu cao áp, dầu máy biến áp tham gia vào quá trình dập hồ quang. Vì các đầu tiếp xúc cao áp được tách rời nhau ở trong dầu và trong khí áp suất cao (khí này do nhiệt hồ quang điện làm dầu bị phân huỷ thành bọt khí).

Cũng như các loại dầu mỏ cách điện khác, dầu máy biến áp được điều chế từ dầu mỏ (bằng phương pháp chưng cất phân đoạn).

Thành phần hoá học của dầu máy biến áp là hỗn hợp các hydrocarbon (C_nH_{2n} và C_nH_{2n+2}). Trong quá trình sử dụng, dầu máy biến áp có màu sắc biến đổi từ chỗ hầu như không màu đến màu vàng sẫm, căn cứ vào màu sắc để người ta thay dầu.

Sau đây là những chỉ tiêu kỹ thuật của dầu máy biến áp:

Bảng 2 - 3. Tiêu chuẩn độ bền điện của dầu máy biến áp

TT	Điện áp làm việc của thiết bị điện (kV)	Độ bền điện của dầu (kV/2,5 mm)	
		Đối với dầu mới	Đối với dầu đang vận hành
1	6 và thấp hơn	≥ 25	≥ 20
2	35	≥ 30	≥ 25
3	110 và 220	≥ 40	≥ 35

Nhiệt độ chớp cháy: $\geq + 135^{\circ}\text{C}$

Nhiệt độ đông đặc: $\leq - 45^{\circ}\text{C}$

Tổn thất điện môi:

$\text{tg}\delta \leq 0,003$ ở 20°C

$\leq 0,025$ ở 75°C

Trong khi sử dụng, bảo quản dầu máy biến áp, người thợ cần lưu ý hết sức tránh để nước lẫn vào trong dầu. Nước lẫn trong dầu sẽ làm giảm độ bền điện rất nhiều. Trong những trường hợp cần thiết, người ta sử dụng nhiều biện pháp để chống sự già hoá của dầu, ví dụ dùng bộ lọc xi phông nhiệt, dùng các chất hoá học... để chống sự già hoá.

Trong thực tế, để kiểm tra độ bền điện của dầu, người ta tiến hành thí nghiệm đánh thủng mẫu dầu ở giữa hai điện cực bằng kim loại hình đĩa có mép uốn tròn, đường kính 25mm và khoảng cách giữa chúng là 2,5mm.

2.1.2. Dầu tụ điện

Dầu tụ điện dùng để tẩm tụ điện giấy, đặc biệt là tụ điện động lực dùng để bù trong các thiết bị điện (nâng cao hệ số công suất $\cos\phi$). Khi giấy tụ điện được tẩm dầu thì độ bền của giấy tăng lên. Điều đó cho phép giảm được kích thước, trọng lượng và giá thành tụ điện.

Các đặc tính của dầu tụ điện rất giống dầu máy biến áp. Đặc biệt dầu tụ điện được làm sạch cẩn thận hơn bằng chất hấp phụ.

Độ bền điện của dầu tụ điện có thể đạt 20kV/mm.

2.1.3. Dầu cáp

Dầu cáp được dùng vào việc sản xuất cáp điện lực. Cụ thể nó được dùng để tẩm lớp giấy cách điện làm cho độ bền điện tăng lên.

Người ta chế tạo nhiều loại dầu cáp có độ nhớt khác nhau, trong kỹ thuật các loại dầu cáp này được dùng để sản xuất cáp có vỏ chì, vỏ nhôm, vỏ thép...

2.2. Điện môi lỏng tổng hợp

Các loại dầu mỡ cách điện nêu trên có nhiều ưu điểm: rẻ tiền và có thể sản xuất với sản lượng lớn. Khi được tẩy thật sạch thì tgđ của chúng nhỏ, độ bền điện của chúng khá cao... Tuy nhiên trong một số trường hợp cụ thể, chúng không đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật. Ví dụ trong trường hợp cần hết sức đề phòng cháy thì dùng dầu mỡ cách điện sẽ không an toàn. Phạm vi nhiệt độ làm việc còn hẹp, tính chất cách điện bị giảm nhanh dưới tác dụng của điện trường.

Vì vậy trong những năm gần đây, người ta đã điều chế được nhiều vật liệu cách điện lỏng tổng hợp. Trong đó có 2 loại được sử dụng nhiều là:

2.2.1. Dầu xônôn

Công thức: $(C_6H_2Cl_3 - C_6H_3Cl_2)$

Đó là chất lỏng nhớt và trong suốt là chất điện môi phân cực.

Dầu xônôn không cháy, vì vậy trong thực tế người ta dùng xônôn để tẩm giấy tụ điện.

Nhược điểm của dầu xônôn:

Dầu xônôn có độ nhớt lớn, vì thế khi tẩm vào giấy phải sấy nóng dầu đến nhiệt độ 50°C.

Dầu xônôn độc, nên khi sử dụng và cất chứa phải đầy kín cẩn thận.

2.2.2. Dầu calory 2

Dầu calory 2 có điện trở hầu như không đổi theo nhiệt độ.

Nhiệt độ đông đặc là - 60°C.

Độ bền điện của dầu calory 2 thấp hơn dầu mỡ một ít.

Dầu calory 2 được dùng để tẩm vào giấy các loại tụ điện giấy có tính ổn định cao và nhiệt độ làm việc của tụ điện trong phạm vi rộng (từ - 60°C ÷ 100°C).

3. Vật liệu cách điện thể rắn

3.1. Sứ, thuỷ tinh cách điện

3.1.1. Sứ cách điện

Ngay từ lúc kỹ thuật điện bắt đầu phát triển, sứ đã được dùng rộng rãi làm chất cách điện và tới nay nó vẫn là một trong những vật liệu chủ yếu của ngành

chế tạo vật liệu cách điện.

Người ta chế tạo sứ cách điện từ đất sét đặc biệt (gọi là cao lanh hay đất sét trắng), cùng với khoáng thạch anh (SiO_2) và fenspát (một thành phần hợp thành chất dễ nóng chảy nhất của sứ). Trong đó trắng men và nung là hai nguyên công rất quan trọng.

Lớp men ngăn hơi ẩm thấm vào các lỗ xốp của sứ, làm bề mặt nhẵn hơn và tạo màu cho sứ...

Nung làm cho sứ có độ bền cơ học cao, chịu được nước và có đặc tính cách điện tốt.

Một số thông số kỹ thuật của sứ cách điện:

- $E_{dt} = (10 \div 30) \text{ kV/mm}$
- $\text{tg}\delta = 0,015 \div 0,02$; $\epsilon = 6 \div 7$
- Giới hạn bền nén: $(4000 \div 6000) \text{ KG/cm}^2$
- Giới hạn bền kéo: $(350 \div 500) \text{ KG/cm}^2$

Người ta đã chế tạo sứ cách điện theo nhiều loại khác nhau:

- Sứ đường dây gồm có sứ “chuỗi” dùng cho điện áp $> 35\text{kV}$ và sứ đứng dùng cho điện áp thấp hơn.
- Sứ trong trạm máy là các loại sứ đỡ và sứ xuyên (các đầu vào).
- Sứ dùng cho các thiết bị là các loại sứ tham gia vào kết cấu của các thiết bị như máy biến áp, máy cắt dầu, dao cách ly...
- Sứ định vị: ví dụ như pulý sứ.

Ngoài ra, sứ được chế tạo thành các chi tiết cách điện trong khí cụ điện, thiết bị điện.

3.1.2. Thủy tinh cách điện

Thủy tinh là chất vô cơ không định hình mà thành phần gồm nhiều loại ôxít khác nhau.

Những thông số quan trọng của thủy tinh cách điện:

- $E_{dt} = 500 \text{ kV/mm}$ (điện áp 1 chiều, trong điện trường đều).
- $\text{tg}\delta = 0,002 \div 0,01$
 $\epsilon = 3,8 \div 16,2$
- Độ bền nén: $(6000 \div 21000) \text{ KG/cm}^2$
- Độ bền kéo: $(100 \div 300) \text{ KG/cm}^2$

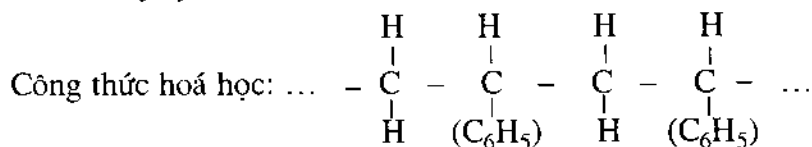
Người ta đã chế tạo các loại thủy tinh cách điện sau đây:

- Thủy tinh tụ điện (làm điện môi trong tụ điện).

- Thuỷ tinh định vị.
- Thuỷ tinh bóng đèn.
- Men thuỷ tinh.

3.2. Hữu cơ cao phân tử nhân tạo

3.2.1. Pôlystyrol



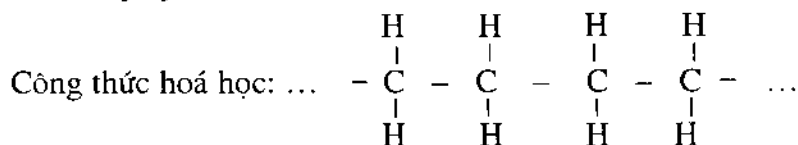
Pôlystyrol là loại vật liệu cứng trong suốt, có độ bền cách điện cao, chịu được nước, axit, kiềm.

Những thông số kỹ thuật:

- $E_{dt} = (25 \div 30) \text{ kV/mm}$
- $\text{tg}\delta = 0,0003 \div 0,0005$

Pôlystyrol được chế tạo thành sản phẩm có dạng hạt, dạng lá, dạng tấm hoặc dạng bột. Nó được dùng để chế tạo các lõi cuộn dây, đế dụng cụ điện, màng mỏng pôlystyrol.

3.2.2. Pôlyêtylen



Pôlyêtylen là loại vật liệu mềm có màu trắng đục. Độ bền điện, tính chịu nước tương tự như pôlystyrol, nhưng pôlyêtylen uốn cong được và có thể còn được dùng làm cách điện cho các loại cáp điện cao thế.

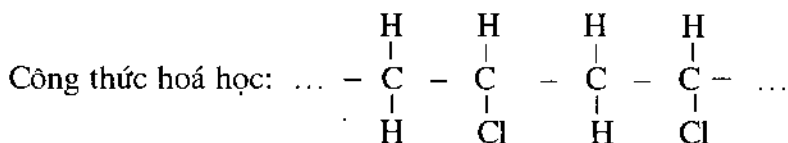
Những thông số kỹ thuật:

- $E_{dt} = 40 \text{ kV/mm}$
- $\text{tg}\delta = 0,005$

Pôlyêtylen được chế tạo thành sản phẩm có dạng hạt. Trong sản xuất các chi tiết bằng pôlyêtylen, người ta áp dụng phương pháp đúc.

Các sản phẩm bằng pôlyêtylen có thể nối với nhau dễ dàng khi đốt nóng tại chỗ muốn nối. Pôlyêtylen được dùng để chế tạo các lõi cuộn dây, đế cách điện, màng mỏng pôlyêtylen.

3.2.3. *Pôlyclovinyl*



Pôlyclovinyl được chế tạo thành sản phẩm dạng bột màu trắng. Bằng phương pháp ép nóng ta có thể thu được các sản phẩm bền chắc ở dạng tấm, dạng lá, có khả năng chịu được dầu mỡ, axit, kiềm...

Những thông số kỹ thuật:

- $E_{dt} = (18 \div 35) \text{ kV/mm}$
- $\text{tg}\delta = 0,008 \div 0,04$

Pôlyclovinyl có ưu điểm đặc biệt là không bị cháy; thực tế người ta dùng nó để làm vỏ cách điện cho dây dẫn, vỏ bảo vệ cáp tương tự như bao cao su; ngoài ra người ta còn dùng nó để làm vỏ ốc quy.

3.2.4. *Chất dẻo phenol*

Trong kỹ thuật điện, chất dẻo được dùng nhiều là nhựa tổng hợp phenol. Loại này có độ bền điện ổn định cao và có khả năng chịu được nước, axit, dầu mỡ.

Những thông số kỹ thuật:

- $E_{dt} = (7 \div 13) \text{ kV/mm}$
- $\text{tg}\delta = 0,05 \div 0,1$

Chất dẻo phenol dùng để chế tạo các chi tiết như tay nắm cách điện, nút ấn, vỏ các công tắc điện, lõi cuộn dây, đế bắt điện, vỏ dụng cụ đo.

Nhược điểm của chất dẻo phenol là không chịu được tia lửa điện.

3.2.5. *Chất dẻo có độn*

Nhược điểm của các chất dẻo đã nêu trên là độ bền cơ học thấp.

Để khắc phục nhược điểm này, người ta pha thêm các chất độn là giấy hoặc vải để tăng thêm độ bền cơ học. Các vật liệu này gọi là chất dẻo có độn. Người ta phân làm 2 loại chính hêtinắc và tectôlít:

- Hêtinắc được chế tạo bằng cách ép nóng giấy đã được tẩm nhựa phenol hay bakêlit, sau đó đem sấy khô và để nguội.

Hêtinắc được sản xuất thành từng tấm.

Những thông số kỹ thuật:

- $E_{dt} = (16 \div 25) \text{ kV/mm}$
- $\text{tg}\delta = 0,05 \div 0,3$

Ưu điểm của hêtinắc là dễ gia công cơ khí. Các tấm mỏng có thể dập thành các hình dạng khác nhau. Hêtinắc được dùng làm đế bắt điện, các bảng điện.

- Têctôlít được chế tạo bằng cách ép nóng vải đã được tẩm nhựa phenol hay bakêlít, sau đó đem sấy khô và để nguội. Têctôlít có độ bền cơ học cao hơn hêtinắc.

Những thông số kỹ thuật:

- E_{dt} : + Têctôlít thường = $(10 \div 16)$ kV/mm

+ Têctôlít chịu nhiệt = $(10 \div 20)$ kV/mm

Nhiệt độ làm việc của tectôlít chịu nhiệt từ $180^{\circ}\text{C} \div 200^{\circ}\text{C}$.

3.3. Nhựa đường cách điện, parafin, sơn và hợp chất cách điện

3.3.1. Nhựa đường cách điện

Nhựa đường cách điện được điều chế bằng cách chưng cất dầu mỏ (gọi là nhựa đường nhân tạo). Nó là hỗn hợp của các hydro cacbon.

Những thông số kỹ thuật:

- $E_{dt} = (10 \div 25)$ kV/mm

- $\text{tg}\delta = 0,01$

Người ta dùng nhựa đường cách điện để sản xuất sơn cách điện (sơn các lớp dây trong máy biến áp công suất nhỏ, sơn các lá thép...) và sản xuất hợp chất cách điện.

3.3.2. Parafin

Parafin là một chất sáp trung tính được điều chế từ dầu mỏ (chất sáp là chất rắn dễ nóng chảy, có độ bền cơ học thấp, ít hút ẩm).

Những thông số kỹ thuật:

- $E_{dt} = (0 \div 25)$ kV/mm

- $\text{tg}\delta = 0,0003 \div 0,0007$

Parafin được dùng để tẩm giấy tụ điện (diện môi), để tẩm gỗ và bìa chống ẩm, tăng cường cách điện), để ngâm các cuộn dây làm việc ở nhiệt độ thấp (vài trăm độ).

Parafin có nhược điểm là khi đông đặc thì co ngót tạo những lỗ rỗng chứa đầy không khí làm giảm sự cách điện.

3.3.3. Sơn cách điện

Sơn cách điện là loại vật liệu được chế tạo thành dạng lỏng (dung dịch) nhưng khi đem dùng, chất dung môi sẽ bay hơi để lại một màng mỏng rắn cách điện, thoát nhiệt... Vì thế, sơn cách điện được xếp là vật liệu cách điện ở thể rắn.

Êmay: là sơn cách điện và có màu sắc, thường để tẩm các dây dẫn bằng đồng.

Người ta phân sơn cách điện thành các loại:

- Sơn tẩm được dùng để tẩm những chất cách điện xốp và đặc biệt là những chất cách điện dạng xơ.

- Sơn phủ được dùng để tạo trên bề mặt vật được phủ một màng nhẵn bóng chịu ẩm và bền.

- Sơn dán được dùng để dán các vật liệu cách điện rắn với nhau hoặc để dán các vật liệu cách điện với kim loại.

3.3.4. Hợp chất cách điện

Hợp chất cách điện khác với sơn cách điện ở chỗ không có dung môi, vì thế khi nguội không để lại những lỗ rỗng lớn như sơn.

Hợp chất cách điện gồm các loại nhựa bitum, sáp v.v... Trước khi đem dùng phải đun nóng để tạo một chất có độ nhớt thấp. Ví dụ người ta sử dụng hợp chất bitum để tẩm dây quấn stato, để chế tạo cách điện cấp điện lực.

Trong thực tế người ta thường sử dụng các loại hợp chất cách điện sau:

- Hợp chất cách điện trên cơ sở nhựa bitum (không chịu được nhiệt độ cao).

- Hợp chất cách điện trên cơ sở nhựa êpôxi (chịu được nhiệt độ cao 130°C).

3.4. Giấy và bìa cách điện

Giấy và bìa cách điện là loại vật liệu có thành phần chủ yếu là xenlulô; chúng thường được sản xuất thành từng tấm hoặc từng cuộn (bìa khác giấy ở chỗ nó có chiều dày lớn hơn).

3.5. Mica, amiăng

3.5.1. Mica

Trong các vật liệu cách điện bằng chất khoáng thiên nhiên thì mica là loại quan trọng nhất. Nó có những tính năng đặc biệt quý giá như độ bền điện và độ bền cơ cao, tính chịu nhiệt và chịu ẩm tốt, khá dẻo.

Trong thiên nhiên, mica ở dạng tinh thể. Nó có thể tách ra thành từng bản mỏng dễ dàng theo chiều song song giữa các bề mặt (mặt thớ chế).

Về thành phần hoá học, mica là những loại nhôm silicat ngậm nước. Trong số đó có mấy loại quan trọng sau đây:

- Muscovit: $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$

- Flogopit: $K_2O \cdot 6MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$

Ngoài ra trong mica có thể còn có các hợp chất của sắt, natri v.v...

Trong kỹ thuật điện, mica được dùng làm chất cách điện trong máy điện, thiết bị điện quan trọng. Ví dụ, mica được dùng làm cách điện trong máy điện cao áp công suất lớn (máy phát điện tua bin cỡ lớn, động cơ điện dùng cho tàu điện), trong các dụng cụ nung.nóng bằng điện và làm điện môi tụ điện. Ngoài ra, mica còn được dùng phổ biến để làm cách điện ở vành góp; làm vòng đệm, băng mica để cách điện cho dây quấn rôto.

3.5.2. Amiăng

Amiăng là tên gọi của một nhóm khoáng chất có cấu trúc xơ mà có thể nhìn rõ bằng mắt thường. Loại amiăng phổ biến nhất là orizotin (đá xenpentinít) $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Độ bền điện của amiăng không được cao lắm, nên nó không dùng cách điện cho máy điện, thiết bị điện cao áp và cao tần.

Người ta chế tạo amiăng thành các sản phẩm có dạng: sợi, giấy, bìa...

Trong kỹ thuật điện, xi măng amiăng được sử dụng rất rộng rãi. Người ta chế tạo xi măng amiăng như sau: trộn xơ amiăng đã làm tơi với xi măng và nước, sau đó đem ép. Xi măng amiăng được sử dụng làm tấm ngăn cách các buồng dập hồ quang và làm bảng điện.

Câu hỏi chương 2

1. Trình bày hiện tượng phân cực điện môi.
2. Trình bày hiện tượng dẫn điện trong điện môi.
3. Trình bày hiện tượng đánh thủng điện môi.
4. Nêu tính chất cơ, lý, hoá của vật liệu cách điện.
5. Nêu đặc điểm, tính chất và ứng dụng trong kỹ thuật của dầu máy biến áp, dầu tụ điện, dầu cáp.
6. Trình bày đặc điểm và ứng dụng của nhóm vật liệu cách điện thể rắn.

Chương 3

VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN

Mục tiêu:

Hiểu được bản chất dòng điện trong các loại vật liệu dẫn điện và nắm vững tính dẫn điện của kim loại. Nhận biết, phân biệt vật liệu dẫn điện thường dùng và sử dụng được chúng theo đúng kỹ thuật.

I. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN

Vật liệu dẫn điện là vật liệu dùng để dẫn điện trong một bộ phận hoặc giữa các bộ phận với nhau của máy điện, thiết bị điện. Vật liệu dẫn điện có thể là chất rắn (kim loại), chất lỏng và trong những điều kiện nhất định có thể là chất khí nữa.

1. Phân loại vật liệu dẫn điện

1.1. Vật liệu dẫn điện thể rắn

Kim loại là vật liệu dẫn điện thể rắn. Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các điện tử tự do dưới tác dụng của điện trường.

Người ta phân làm 2 loại:

- *Kim loại có điện trở suất nhỏ*: Ví dụ như đồng (Cu), nhôm (Al) dùng làm dây dẫn điện, cáp điện, cuộn dây máy điện v.v...

- *Hợp kim có điện trở lớn*: Ví dụ như các hợp kim có Ni, Cr, Mn dùng để chế tạo các điện trở, dây tóc bóng đèn, dây nung trong lò điện v.v...

1.2. Vật liệu dẫn điện thể lỏng

Người ta phân làm 3 loại:

- *Kim loại nóng chảy*

Dòng điện trong kim loại nóng chảy cũng là dòng chuyển dời có hướng của

các điện tử tự do dưới tác dụng của điện trường.

Ví dụ: Trong điều kiện bình thường, thủy ngân (Hg) là vật liệu dẫn điện ở thể lỏng.

Nhiệt độ nóng chảy của Hg là -39°C . Thủy ngân được dùng làm vật liệu dẫn điện trong công tắc hành trình.

Trong các lò điện nấu kim loại (lò cao tần, lò trung tần), kim loại lỏng chính là vật liệu dẫn điện (cuộn dây thứ cấp).

- Dung dịch điện phân

Dòng điện trong dung dịch điện phân là dòng chuyển dời có hướng của các ion âm và ion dương dưới tác dụng của điện trường. Một điều chú ý là: kèm theo sự dẫn điện trong dung dịch là sự thay đổi nồng độ thành phần và sự tạo ra các sản phẩm ở các điện cực.

Ví dụ: Người ta sử dụng dung dịch điện phân làm vật liệu dẫn điện trong công việc mạ điện.

- Chất liên kết ion

Chất liên kết ion khi nóng chảy cũng có thể được coi là vật liệu dẫn điện.

Dòng điện trong chất liên kết ion nóng chảy cũng là dòng chuyển dời có hướng của các ion âm và ion dương.

Ví dụ: Trong công nghệ điều chế Na và Cl_2 thì NaCl nóng chảy là vật liệu dẫn điện.

1.3. Vật liệu dẫn điện thể khí

Tất cả các chất khí, nếu có điều kiện để xảy ra ion hoá, đều trở thành vật liệu dẫn điện.

Dòng điện trong chất khí lúc này là dòng chuyển dời có hướng của các ion âm, ion dương và điện tử dưới tác dụng của điện trường.

Ngoài cách phân loại trên, theo bản chất dòng điện người ta còn phân loại như sau:

- Kim loại ở thể rắn và lỏng là vật liệu dẫn điện loại 1 (dẫn điện bằng điện tử tự do).
- Dung dịch điện phân và chất liên kết ion nóng chảy là vật liệu dẫn điện loại 2 (dẫn điện bằng ion).

Trong kỹ thuật điện, kim loại là vật liệu dẫn điện giữ vai trò chính. Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu những tính chất cơ bản về điện của kim loại.

2. Các tính chất cơ bản của vật liệu dẫn điện

2.1. Tính dẫn điện

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng thông số điện trở suất ρ để phản ánh khả năng dẫn điện của một kim loại nào đó. Điện trở suất càng nhỏ thì khả năng dẫn điện càng cao và ngược lại.

$$\rho = R \frac{S}{l} \quad (\Omega \text{mm}^2/\text{m}) \quad (3-1)$$

Trong đó:

- ρ : điện trở suất ($\Omega \text{mm}^2/\text{m}$)
- R : là điện trở (Ω)
- S : tiết diện mặt cắt ngang dây dẫn (mm^2)
- l : chiều dài dây dẫn (m)

Đôi khi người ta cũng dùng khái niệm điện dẫn suất (γ) là nghịch đảo của điện trở suất. Điện dẫn suất của kim loại càng lớn thì khả năng dẫn điện của nó càng lớn và ngược lại.

Bảng 3-1. Điện trở suất của kim loại

TT	Tên kim loại	Ký hiệu	Điện trở suất ($\Omega \text{mm}^2/\text{m}$)
1	Đồng	Cu	0,0172
2	Nhôm	Al	0,0280
3	Volfram	W	0,0550
4	Kẽm	Zn	0,0590
5	Niken	Ni	0,0730
6	Sắt	Fe	0,0980
7	Thiếc	Sn	0,1200
8	Chì	Pb	0,2100
9	Thủy ngân	Hg	0,9580

Điện trở suất của kim loại phụ thuộc các yếu tố như: mức độ tạp chất, nhiệt độ, mức độ biến dạng và thành phần hoá học.

Ta sẽ giải thích lần lượt các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở suất:

- Ta biết rằng, dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của điện tử tự do. Trên đường chuyển dời của chúng, ion dương ở các nút mạng là vật cản trở sự “tự do”. Biên độ dao động của các ion dương càng tăng thì sự cản trở “tự do” đối với điện tử tự do càng lớn, có nghĩa là điện trở suất càng lớn.

Tạp chất có trong kim loại làm xô lệch mạng tinh thể, biên độ dao động ion dương tại nơi đó thay đổi, dẫn đến sự thay đổi của điện trở suất. Mức độ tạp chất càng tăng thì điện trở suất của kim loại càng tăng.

- Nhiệt độ có ảnh hưởng rõ rệt đến điện trở suất của kim loại:

Khi nhiệt độ tăng, điện trở suất của kim loại tăng. Thật vậy, khi nhiệt độ tăng, biên độ dao động của các ion dương tăng, làm cản trở sự “tự do” của điện tử tự do... do vậy điện trở suất tăng.

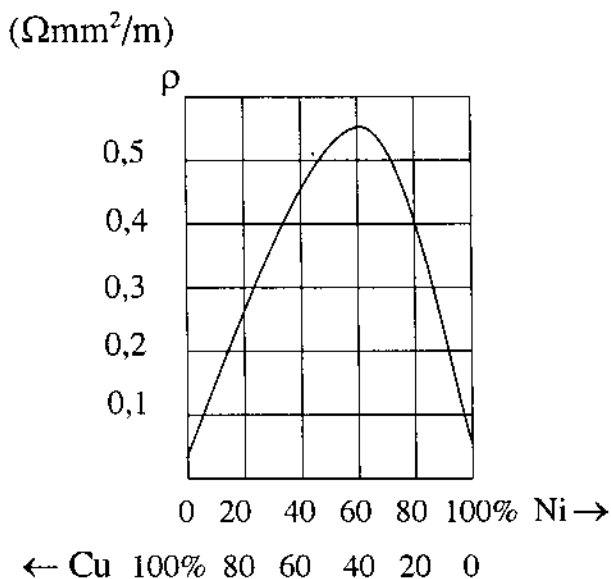
Ngược lại, khi nhiệt độ giảm thì điện trở suất của kim loại giảm, đến nhiệt độ 0°K (-273°C) thì điện trở suất của kim loại thuần khiết có thể coi bằng không ($\rho = 0$). Lúc này người ta nói kim loại ở trạng thái siêu dẫn.

Hiện nay người ta đã chế tạo được vật liệu siêu dẫn ở nhiệt độ khá cao. Có thể ứng dụng vật liệu này để chế tạo nam châm điện có lõi thép bé nhưng lực hút rất mạnh.

Điện trở suất của kim loại khi nóng chảy sẽ tăng nếu thể tích của nó ở trạng thái nóng chảy lớn hơn ở thể rắn và ngược lại.

- Sự biến dạng cơ học cũng làm cho điện trở suất của kim loại thay đổi. Thật vậy, khi biến dạng nén, biên độ dao động của ion dương giảm, sự cản trở “tự do” của điện tử tự do được hạn chế, nên điện trở suất giảm. Ngược lại, khi biến dạng kéo, biên độ dao động của ion dương tăng, điện trở suất tăng.

- Cuối cùng, thành phần hoá học có ảnh hưởng đến điện trở suất của kim loại. Thật vậy, khi thành phần hoá học thay đổi, cấu trúc mạng thay đổi, biên độ dao động tại các nút mạng thay đổi, dẫn đến điện trở suất thay đổi. Hơn nữa, khi thành phần hoá học thay đổi, nồng độ điện tử tự do thay đổi, dẫn đến điện trở suất cũng thay đổi theo.



Hình 3-1. Đường cong biến đổi ρ theo thành phần Ni, Cu trong hợp kim Cu - Ni

2.2. Sức nhiệt điện động

Khi cho tiếp xúc hai đầu của kim loại khác nhau và tại hai chỗ tiếp xúc ấy có nhiệt độ khác nhau, thì trong mạch kín xuất hiện sức điện động. Sức điện động này được gọi là sức nhiệt điện động.

Sức nhiệt điện động này làm ảnh hưởng đến sai số phép đo điện. Người ta cũng lợi dụng hiện tượng này để chế tạo cặp nhiệt đo nhiệt độ cao.

2.3. Tính chất cơ học của vật liệu dẫn điện

Thông thường tính chất cơ học của vật liệu dẫn điện được đặc trưng bằng giới hạn bền kéo σ_{BK} và độ giãn dài tương đối khi bị đứt ($\Delta l/l$).

Tính chất này được ứng dụng khi sản xuất dây dẫn. Dây dẫn được sản xuất bằng kéo nguội thì σ_{BK} tăng, nhưng dễ đứt. Còn nếu dây dẫn được ủ thì σ_{BK} sẽ giảm 1,5 ÷ 2 lần, nhưng độ dẫn dài khi đứt tăng 15 ÷ 20 lần. Với phương pháp này, ta có thể kéo được các loại dây dẫn có đường kính rất nhỏ.

II. VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN THƯỜNG DÙNG

1. Vật liệu dẫn điện có điện trở suất nhỏ

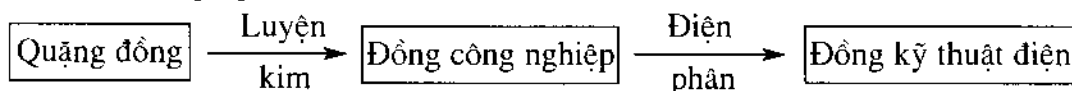
1.1. Đồng kỹ thuật điện

a) Đặc điểm chung:

- Điện trở suất (ρ) nhỏ (chỉ đứng sau bạc Ag)
- Độ bền cơ học tương đối cao.
- Có tính chống ăn mòn tốt (ở nhiệt độ thường đồng rất bền khi tiếp xúc với không khí và nước).
- Có tính công nghệ tốt như dễ cán thành từng tấm, thanh; dễ kéo thành sợi (sợi rất nhỏ), dễ dàng hàn và gán.

b) Cách sản xuất đồng kỹ thuật điện:

Trong thực tế, để chế tạo đồng kỹ thuật điện, người ta phải lần lượt thực hiện quá trình công nghệ chế tạo được tóm tắt theo sơ đồ sau:



Đồng tiêu chuẩn dùng để so sánh với các kim loại và hợp kim khác là đồng ở trạng thái ủ, ở 20°C có $\rho = 0,017241\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, $\gamma = 58\text{m}/\Omega\text{mm}^2$

c) Các tính chất cơ bản của đồng kỹ thuật điện:

- Điện trở suất thay đổi rất nhạy khi có tạp chất

Ví dụ: Có 0,5% tạp chất Zn, hoặc Ag thì ρ tăng 5%.

Có 0,5% tạp chất là Ni hoặc Al thì ρ tăng 25 ÷ 40%.

- Điện trở suất thay đổi theo nhiệt độ.
- Tính chất cơ học của đồng kỹ thuật điện phụ thuộc vào sự gia công kéo nguội hay ủ.

d) Ứng dụng:

Trong thực tế đồng kỹ thuật điện được sử dụng rộng rãi để làm dây dẫn. Khi chế tạo dây dẫn, thỏi đồng lúc đầu được cán nóng thành dây có đường kính 6,5 ÷ 7,2 mm, sau đó dây được rửa sạch trong dung dịch axit sunfuarich loãng để khử ôxít đồng (CuO_2) sinh ra trên bề mặt khi đốt nóng đồng, cuối cùng kéo nguội thành sợi có đường kính cần thiết đến 0,02mm.

Đồng thanh là hợp kim đồng được sử dụng rộng rãi để chế tạo lò xo dẫn điện.

Bảng 3 – 2. Hợp kim đồng kỹ thuật điện

Hợp kim	Trạng thái	Điện dẫn so với Cu tiêu chuẩn (%)	σ_{BK} (KG/mm ²)	$\Delta l/l$ (%)
Đồng thanh Cadimi (0,9% Cd)	Ủ	95	đến 31	50
	Kéo nguội	83 ÷ 90	đến 73	4
Đồng thanh (0,8% Cd, 0,6% Sn)	Ủ	55 ÷ 60	29	55
	Kéo nguội	50 ÷ 55	đến 73	4
Đồng thanh (2,5% Al, 2% Sn)	Ủ	15 ÷ 18	37	45
	Kéo nguội	15 ÷ 18	đến 97	4
Đồng thanh Phốtpho (7% Sn, 0,1% P)	Ủ	10 ÷ 15	40	60
	Kéo nguội	10 ÷ 15	105	3
Đồng thau (70% Cu, 30% Zn)	Ủ	25	32 ÷ 35	60 ÷ 70
	Kéo nguội	25	đến 88	5

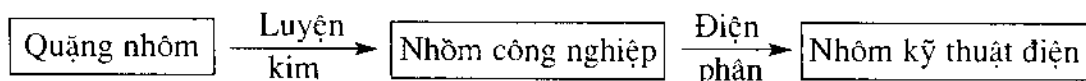
1.2. Nhôm kỹ thuật điện

a) Đặc điểm chung:

- Nhẹ, nhiệt độ nóng chảy thấp.
- Điện trở suất tương đối nhỏ, điện trở suất của Al lớn hơn Cu khoảng 1,63 lần. Nếu muốn thay dây đồng bằng nhôm mà vẫn bảo đảm điện trở như cũ, thì đường kính dây nhôm phải bằng 1,3 lần đường kính dây đồng.
- Có tính chống ăn mòn tương đối tốt vì có lớp ôxyt nhôm (Al_2O_3) bảo vệ. Chú ý khi nhôm tiếp xúc với các kim loại khác, ví dụ khi tiếp xúc với đồng thì có hiện tượng ăn mòn điện hoá.
- Có tính công nghệ tốt vì có độ dẻo cao, cho phép gia công áp lực, tạo các sản phẩm dạng: lá, thanh, dây, ống, giấy...
- Nhôm rẻ tiền hơn đồng, vì vậy người ta cũng dùng nhôm rất phổ biến để làm vật liệu dẫn điện.

b) Cách sản xuất nhôm kỹ thuật điện:

Tương tự như đồng kỹ thuật điện, quá trình công nghệ chế tạo nhôm kỹ thuật điện được tiến hành theo sơ đồ sau:



c) Các tính chất cơ bản của nhôm kỹ thuật điện:

- Điện trở suất (ρ) thay đổi theo mức độ tạp chất. Ví dụ các tạp chất Cu, Mg, Ag sẽ làm ρ tăng từ 5 ÷ 10%. Các tạp chất là Ti, Mn sẽ làm cho ρ tăng lên nhiều.
- Điện trở suất thay đổi theo nhiệt độ.
- Nhôm bị oxy hoá tạo thành Al_2O_3 (Al_2O_3 có điện trở lớn). Vì thế nhôm rất khó hàn, phải dùng các phương pháp hàn đặc biệt để hàn nhôm.

d) Ứng dụng:

Sau đồng, nhôm kỹ thuật điện là vật liệu quan trọng thứ hai được sử dụng làm dây dẫn. Nhôm lá được sử dụng để chế tạo vỏ tụ hoá, nếu cán thành lá mỏng từ 6 ÷ 7 μm dùng làm bản cực tụ điện giấy.

Bảng 3 - 3. Hợp kim nhôm kỹ thuật điện

Nhân hiệu	Thành phần hoá học	Điện dẫn γ (m/ Ωmm^2)			Tính chất cơ học	
		20 ⁰ C	100 ⁰ C	150 ⁰ C	σ_{BK} (KG/mm ²)	$\Delta l/l$ (%)
Nhôm	$\approx 100\%\text{Al}$	32	24	21	115	25
AK10	10%Si $\approx 90\%\text{Al}$	19	15	13	130	4
AKM 12-4	12%Si, 4%Cu $\approx 84\%\text{Al}$	15	13	12	160	2

1.3. Sắt kỹ thuật điện

a) Đặc điểm chung:

- Là kim loại rẻ tiền và dễ kiếm.
- Có độ bền cơ học cao.
- Có điện trở suất lớn hơn nhiều so với Cu và Al.

- Điện trở suất thay đổi theo mức độ tạp chất.

b) Ứng dụng:

- Khi dòng điện nhỏ, cần có độ bền cơ tốt thì dùng thép làm dây dẫn là kinh tế hơn cả.

- Dùng làm đường ray xe điện (cực âm nguồn điện 1 chiều).

- Dùng làm lõi của dây nhôm để tăng độ bền cho dây nhôm.

Chú ý:

- Dòng điện xoay chiều trong thép gây nên hiệu ứng bề mặt đáng kể (như trong bất kỳ vật liệu sắt từ nào khác), vì thế điện trở dây thép đối với dòng điện xoay chiều cao hơn đối với dòng điện một chiều. Ngoài ra, dòng điện xoay chiều trong thép còn gây ra tổn thất từ trễ.

- Khả năng chống ăn mòn của thép kém nên các dây dẫn bằng thép thường được mạ kẽm.

1.4. Vật dẫn lưỡng kim

Trong nhiều trường hợp, để giảm lượng kim loại màu, có thể sử dụng vật dẫn lưỡng kim. Vật dẫn lưỡng kim là thép có bọc lớp đồng ở mặt ngoài, cả hai kim loại gắn chặt với nhau liên tục suốt bề mặt tiếp xúc.

Lưỡng kim có tính chất cơ và điện trung gian giữa đồng và thép, độ bền cơ thì tốt hơn đồng nhưng điện trở suất thì lớn hơn đồng.

Dây dẫn lưỡng kim được dùng làm dây thông tin, các chi tiết phân dẫn trong khí cụ điện, thiết bị điện... (thanh cái thiết bị phân phối, dao cắt của cầu dao).

2. Hợp kim có điện trở lớn và hợp kim làm cặp nhiệt

2.1. Hợp kim có điện trở lớn thường dùng

2.1.1. Manganin (hợp kim Cu - Mn)

a) Đặc điểm:

- Có ρ lớn, ít phụ thuộc nhiệt độ.

- Sức nhiệt điện động với đồng thấp.

- Tính ổn định của điện trở suất theo thời gian tốt.

- Tính dẻo và tính chống ăn mòn tốt.

b) Dạng sản phẩm:

- Có thể kéo thành sợi mảnh $\varnothing = 0,02\text{mm}$

- Cán thành từng tấm rộng $10 \div 300\text{mm}$, dày $0,01 \div 1\text{mm}$

Để đảm bảo tính ổn định của điện trở theo thời gian và ít phụ thuộc nhiệt độ, manganin được nhiệt luyện đặc biệt (ủ ở $350 \div 550^\circ\text{C}$) trong chân không, sau đó làm nguội chậm và giữ ở nhiệt độ thường trong thời gian dài.

c) *Ứng dụng:*

Manganin được dùng làm điện trở mẫu, làm dây quấn trong dụng cụ đo điện.

2.1.2. Constantan (hợp kim Cu - Ni)

a) *Đặc điểm:*

- Điện trở suất lớn (phụ thuộc vào hàm lượng Ni).
- Điện trở suất ít phụ thuộc nhiệt độ.
- Có tính chịu nhiệt tốt.
- Có độ bền cơ học tốt.
- Có tính chống ăn mòn tốt.
- Sức nhiệt điện động khi tiếp xúc với đồng có trị số cao.

b) *Dạng sản phẩm:*

Người ta sản xuất vật liệu constantan thành các dạng sản phẩm: sợi, tấm.

c) *Ứng dụng:*

- Dùng làm dây quấn biến trở.
- Dùng làm dây điện trở trong các thiết bị nung nóng làm việc ở nhiệt độ $400 \div 450^{\circ}\text{C}$, nếu ở nhiệt độ cao hơn thì lớp ôxyt có điện trở lớn.
- Dùng làm cặp nhiệt (Cu - Constantan) để đo nhiệt độ khoảng vài trăm độ.

2.1.3. Nicrom (hợp kim Fe-Cr-Ni)

Thành phần của nicrom gồm: 54% Fe, 26% Cr, 18% Ni...

a) *Đặc điểm:*

- Tính chịu nhiệt cao.
- Tính chống ôxy hoá tốt ngay cả ở nhiệt độ cao.

Vì hệ số giãn nở dài của hợp kim và của lớp ôxyt này không bị nứt ở nhiệt độ cao, cho nên bảo vệ được hợp kim, không cho ôxy hoá tiếp vào bên trong.

b) *Dạng sản phẩm:*

Người ta sản xuất nicrom thành các dạng sản phẩm: dạng sợi có \varnothing từ 0,02mm trở lên, dạng tấm.

c) *Ứng dụng:*

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng nicrom làm dây điện trở trong lò điện công nghiệp, bếp điện, mỏ hàn điện v.v...

2.1.4. Feral crôman (hợp kim Fe-Cr-Al)

a) *Đặc điểm:*

- Rẻ tiền.
- Cứng và giòn, khó kéo thành sợi nhỏ và băng dài.

c) Ứng dụng:

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng feral crôman làm dây điện trở trong thiết bị nung nóng công suất lớn và trong lò điện công nghiệp.

2.2. Hợp kim làm cặp nhiệt

a) Hợp kim làm cặp nhiệt:

- Copen (56% Cu và 44% Ni).
- Alumen (95% Ni còn lại là Al, Si, Mg).
- Crômen (90% Ni và 10% Cr).
- Platin - rôđi (90% Pt và 10% Rh).

b) Các hợp kim trên dùng để chế tạo các loại cặp nhiệt sau:

- Cặp đồng - copen đo nhiệt độ khoảng 350°C
- Cặp crômen - copen đo nhiệt độ khoảng 600°C
- Cặp crômen - alumen đo nhiệt độ khoảng 1000°C
- Cặp platin rôđi - platin đo nhiệt độ khoảng 1600°C

3. Các vật liệu dẫn điện khác

3.1. Wolfram (W)

a) Đặc điểm:

- Nặng, có màu xám.
- Nhiệt độ nóng chảy cao nhất trong vật liệu dẫn điện.
- Độ bền cơ học tốt ngay cả ở nhiệt độ cao (có khả năng tốt hơn khi ở trong chân không).

b) Ứng dụng:

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng wolfram để làm dây tóc bóng đèn điện, bóng điện tử, làm các tiếp điểm.

3.2. Môlipđen (Mo)

a) Đặc điểm:

- Nhẹ hơn wolfram gần 2 lần.
- Nhiệt độ nóng chảy cao.
- Độ bền cơ học phụ thuộc nhiều vào phương pháp gia công, hình dạng sản phẩm, nhiệt luyện ...

b) Ứng dụng:

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng môlipđen làm dây nung trong chân không, làm các tiếp điểm.

3.3. Vàng (Au)

a) Đặc điểm:

- Có màu vàng sáng.

- Có tính dẻo cao.

b) Ứng dụng:

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng vàng để làm tiếp điểm (mạ vàng), làm điện cực trong tế bào quang điện.

3.4. Bạc (Ag)

a) Đặc điểm:

- Có ánh bạc trắng.

- Có điện trở suất (ρ) nhỏ nhất trong vật liệu dẫn điện.

b) Ứng dụng :

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng bạc để làm tiếp điểm (dòng nhỏ), làm các bản cực tụ điện.

3.5. Bạch kim (Platin-Pt)

a) Đặc điểm:

- Không bị ô xyhoá, rất bền đối với thuốc thử hoá học.

- Dễ gia công cơ khí, như dễ kéo thành sợi mảnh và cán thành dạng tấm.

b) Ứng dụng:

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng platin để làm cặp nhiệt (platin - nômôđi), sợi platin mảnh ($\varnothing = 0,001\text{mm}$) dùng để treo hệ thống động trong các đồng hồ đo điện có độ nhạy cao. (Ví dụ: Điện kế quang học).

3.6. Niken (Ni)

a) Đặc điểm:

- Có ánh bạc trắng.

- Dễ gia công cơ khí.

b) Ứng dụng:

Niken được dùng trong kỹ thuật điện chân không và được dùng để chế tạo hợp kim dẫn điện và từ.

3.7. Chì (Pb)

a) Đặc điểm:

- Có màu xám.

- Mềm dẻo, có độ bền cơ kém.

- Có điện trở suất cao.

- Có nhiệt độ nóng chảy thấp.

- Khả năng chống ăn mòn cao.

b) Ứng dụng:

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng chì để làm dây chảy trong cầu chì, làm

vỏ bảo vệ cáp điện, làm vật liệu hấp thụ tia Rơnghen.

3.8. Thiếc (Sn)

a) Đặc điểm:

- Có màu bạc trắng.

- Mềm.

b) Ứng dụng:

Người ta dùng thiếc để mạ kim loại, để chế tạo hợp kim hàn (Pb và Sn), để làm các bản cực tụ điện.

3.9. Kẽm (Zn)

a) Đặc điểm:

- Có màu sáng.

- Ở nhiệt độ thường thì rất giòn.

- Ở trạng thái nóng chảy, ρ của kẽm rất nhỏ.

b) Ứng dụng:

Người ta dùng kẽm làm lớp mạ bảo vệ kim loại, làm tế bào quang điện, làm “giấy” kẽm chế tạo các bản cực tụ điện.

3.10. Thủy ngân (Hg)

a) Đặc điểm:

- Ở nhiệt độ thường Hg là kim loại duy nhất ở dạng lỏng.

- Hơi thủy ngân có điện thế ion hoá thấp.

- Rất độc.

b) Ứng dụng:

Người ta dùng thủy ngân lỏng làm catôt trong đèn chỉnh lưu thủy ngân, làm tiếp điểm role, ngoài ra khí thủy ngân còn được dùng làm vật liệu dẫn điện trong đèn huỳnh quang.

4. Chất hàn

Chất hàn là hợp kim dùng để hàn. Khi hàn, chất hàn và chỗ nối được nung nóng. Do chất hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn nhiều so với kim loại được nối, nên nó nóng chảy mặc dầu kim loại vẫn còn rắn. Khi chất hàn nóng chảy, nó sẽ chui vào kẽ hở tại chỗ nối và khuếch tán vào kim loại tạo thành lớp hợp kim trung gian. Sau khi nguội, hợp kim này sẽ nối liền chỗ nối tạo nên ở chỗ nối có tiếp xúc điện tốt và độ bền cơ cũng tốt.

Người ta phân chất hàn làm hai loại: chất hàn mềm và chất hàn cứng.

a) Chất hàn mềm:

- Nhiệt độ nóng chảy $\leq 400^{\circ}\text{C}$.

- $\sigma_{BK} = 5 \div 7 \text{ KG/mm}^2$.

Ví dụ: Hợp kim Pb - Sn

b) *Chất hàn cứng:*

- Nhiệt độ nóng chảy $> 500^\circ\text{C}$

- $\sigma_{BK} = 50 \text{ KG/mm}^2$.

Ví dụ: Hợp kim Cu - Zn

5. Chất giúp chảy

Chất giúp chảy là vật liệu phụ được đưa vào mối hàn làm cho mối hàn đảm bảo hơn.

Vì vậy, chất giúp chảy cần có những yêu cầu sau:

- Hoà tan, khử ôxyt và chất bẩn ở bề mặt kim loại được hàn.
- Bảo vệ không cho ôxy hoá tiếp tục khi hàn đối với chất hàn và chỗ nối.
- Giảm lực căng mặt ngoài của chất hàn nóng chảy.
- Làm cho chất hàn dễ chảy và dễ dính vào kim loại hàn.

Người ta phân chất giúp chảy thành các loại sau:

- Chất giúp chảy axit - Ví dụ: HCl, muối florua và clorua kim loại.
- Chất giúp chảy không có axit - Ví dụ: nhựa thông.
- Chất giúp chảy có hoá tính tốt, nhờ có hoá tính cao nên cho phép hàn chỗ nối sau khi đã rửa sạch không cần khử ôxyt kim loại.
- Chất giúp chảy chống gỉ, thành phần chủ yếu là fôtforic hoặc axit hữu cơ.

6. Than kỹ thuật điện

Nguyên liệu sản xuất sản phẩm than kỹ thuật điện có thể dùng bồ hóng, than chì, than gầy tự nhiên. Người ta nghiền nguyên liệu trên với chất dính kết (nhựa than đá, thuỷ tinh lỏng) rồi đem ép bằng khuôn để tạo hình các dạng chi tiết sản phẩm khác nhau.

Trong kỹ thuật điện, người ta dùng than kỹ thuật điện để chế tạo chổi điện trong máy điện, các điện cực than, các điện trở than...

Câu hỏi chương 3

1. Trình bày phân loại vật liệu dẫn điện.
2. Trình bày tính dẫn điện của kim loại.
3. Nêu đặc điểm, ứng dụng của nhóm vật liệu dẫn điện có điện trở suất nhỏ.
4. Nêu ứng dụng của các hợp kim có điện trở lớn và các vật liệu dẫn điện thường dùng khác.

Chương 4

VẬT LIỆU TỪ

Mục tiêu:

Nắm vững tính chất từ đặc biệt của vật liệu từ. Nhận biết, phân biệt những vật liệu sắt từ thường dùng và sử dụng được chúng theo đúng kỹ thuật.

I. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ VẬT LIỆU TỪ

Vật liệu từ như các chất sắt từ và hợp chất hoá học ferit có giá trị lớn trong kỹ thuật điện. Nguyên nhân chủ yếu gây nên từ tính của vật liệu là do các điện tích luôn luôn chuyển động ngấm theo các quỹ đạo kín tạo nên những dòng điện vòng. Cụ thể hơn đó là sự quay của các điện tử xung quanh trục của chúng - spin điện tử và sự chuyển động theo quỹ đạo quanh hạt nhân của các điện tử trong nguyên tử.

Khi có từ trường ngoài tác động, thì từ trường mà điện tử tạo ra do nguyên nhân kể trên có cùng chiều với từ trường ngoài, làm cho từ trường tổng của vật liệu từ mạnh lên rất nhiều lần.

1. Phân loại vật liệu từ

Căn cứ vào hệ số từ thẩm tương đối μ , người ta chia vật liệu từ làm 3 loại:

- *Vật liệu thuận từ*: Là các vật liệu có hệ số từ thẩm tương đối lớn hơn đơn vị ($\mu > 1$) nhưng mức độ lớn hơn không đáng kể.

Ví dụ: Không khí có $\mu = 1,000\ 000\ 36$

Nhôm có $\mu = 1,000\ 023$

- *Vật liệu nghịch từ*: Là các vật liệu có hệ số từ thẩm tương đối nhỏ hơn đơn vị ($\mu < 1$) nhưng mức độ nhỏ hơn không đáng kể.

Ví dụ: Đồng có $\mu = 0,999\ 995$

- *Vật liệu sắt từ*: Là các vật liệu có hệ số từ thẩm tương đối μ rất lớn, lớn hơn đơn vị từ hàng trăm đến hàng vạn lần và phụ thuộc vào cường độ từ trường.

Ví dụ: Thép lá kỹ thuật điện có μ khoảng 7500.

Hợp kim Fe - Ni có μ khoảng 60 000.

2. Tính chất từ của vật liệu sắt từ

2.1. Hệ số từ thẩm tương đối μ

a) Trong chân không

Trong chân không, không có ảnh hưởng của từ trường do dòng điện trong các phân tử và nguyên tử gây nên, giữa vectơ cường độ từ cảm \vec{B} (đặc trưng cho độ mạnh yếu của từ trường) và vectơ cường độ từ trường \vec{H} (xác định điều kiện kích thích gây nên từ trường) liên hệ với nhau theo biểu thức:

$$\vec{B}_{ck} = \mu_0 \vec{H} \quad (4 - 1)$$

Trong đó: B_{ck} là cường độ từ cảm trong chân không.

H là cường độ từ trường.

μ_0 là hằng số từ (trong hệ SI, $\mu_0 = 0,4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m).

b) Trong môi trường khác

$$\vec{B} = \mu (\mu_0 \vec{H}) = \mu \vec{B}_{ck} \quad (4 - 2)$$

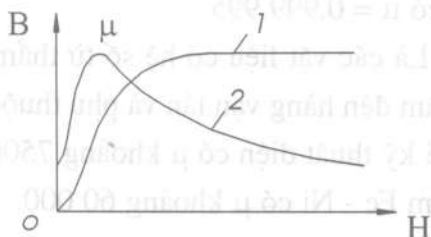
Trong đó μ là hệ số từ thẩm tương đối của vật liệu.

c) Ý nghĩa của hệ số từ thẩm tương đối

Hệ số từ thẩm tương đối của vật liệu sắt từ cho ta biết: Cùng cường độ từ trường tác động, cường độ từ cảm khi có vật liệu sắt từ lớn hơn bao nhiêu lần so với cường độ từ cảm trong chân không.

2.2. Đường từ hoá ban đầu

Do hệ số từ thẩm tương đối μ biến thiên phụ thuộc cường độ từ trường H , nên quan hệ giữa cường độ từ cảm B và cường độ từ trường H trong vật liệu sắt từ sẽ theo một đường cong là đường từ hoá. Đường từ hoá vẽ được bằng cách tăng dần H và B từ trị số 0 gọi là đường từ hoá ban đầu (đường 1 hình 4 - 1). Ta thấy, khi H tăng quá trị số nào đó thì μ giảm và B tăng rất chậm, tới khi B hầu như không đổi khi H tăng, ta nói vật liệu đã bão hoà từ.



Hình 4 - 1

Đường từ hóa và đường biến thiên hệ số từ thẩm μ phụ thuộc cường độ từ trường H của vật liệu sắt từ

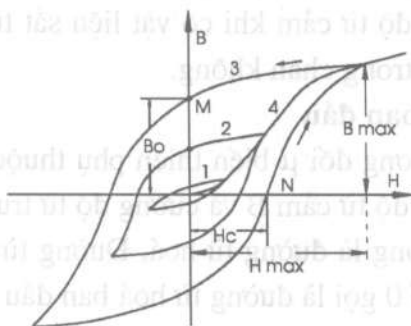
1- Đường từ hoá ban đầu

2- Đường $\mu(H)$

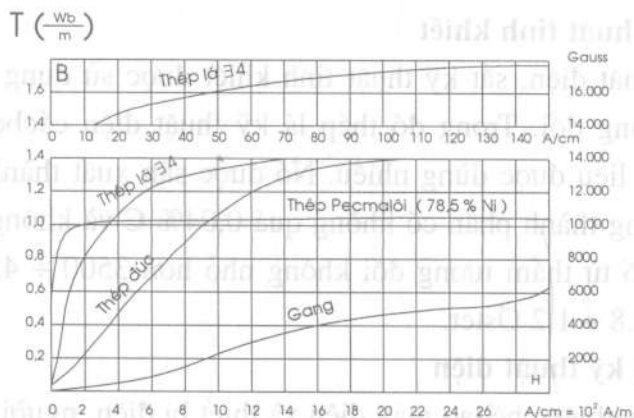
2.3. Đường cong từ trễ

Quá trình từ hoá vật liệu sắt từ không phải hoàn toàn thuận nghịch là tăng giảm theo cùng một đường, nên khi ngắt dòng điện kích từ ($H = 0$), trong vật liệu vẫn tồn tại một từ trường. Hiện tượng này gọi là hiện tượng từ trễ, nhờ tính chất này mà vật liệu sắt từ có thể dùng để chế tạo nam châm vĩnh cửu.

Nếu từ hoá vật liệu sắt từ một cách chu kỳ, theo hai chiều khác nhau đến cùng một trị số cường độ từ cảm B nào đó, thì quan hệ $B(H)$ sẽ theo một đường khép kín gọi là đường cong từ trễ (hình 4 - 2 vẽ các đường cong từ trễ). Lúc đó, khi H tăng, B tăng theo “nhánh tăng” và khi giảm H , B giảm theo “nhánh giảm”. Đường nối các điểm đầu của các đường cong từ trễ gọi là đường từ hoá cơ bản, nó thấp hơn đường từ hoá ban đầu một ít và được dùng trong tính toán mạch từ. (Hình 4 - 3 cho biết đường từ hoá cơ bản của một số vật liệu sắt từ).



Hình 4 - 2. Các đường cong từ trễ (đường 1, 2, 3) và đường từ hoá cơ bản (đường 4)



Hình 4 - 3. Đường từ hoá cơ bản của một số vật liệu sắt từ

Khi từ hoá vật liệu sắt từ một cách chu kỳ đến những trị số cường độ từ cảm lớn hơn B_{\max} , thì các đường cong từ trở tương ứng đều cắt trục tung và trục hoành ở hai điểm M, N (hình 4-2). Cường độ từ cảm B_0 gọi là độ từ dư và cường độ từ trường H_C gọi là lực giữ từ (lực kháng từ) của vật liệu sắt từ.

3. Tổn thất năng lượng trong vật liệu sắt từ

Quá trình từ hoá chu kỳ của vật liệu sắt từ theo hai chiều khác nhau, bao giờ cũng có tổn thất năng lượng dưới dạng nhiệt do tổn thất từ trễ và tổn thất động học.

Tổn thất từ trễ lớn hay nhỏ đặc trưng bằng diện tích giới hạn bởi đường cong từ trễ lớn hay nhỏ.

Tổn thất động học chủ yếu là do dòng điện xoáy cảm ứng trong khối vật liệu sắt từ. Điện trở suất của vật liệu sắt từ càng cao thì tổn thất động học càng nhỏ.

II. VẬT LIỆU SẮT TỪ THƯỜNG DÙNG

1. Vật liệu sắt từ mềm

Vật liệu sắt từ mềm là những vật liệu sắt từ có lực giữ từ nhỏ và hệ số từ thẩm tương đối lớn, tổn thất từ trễ nhỏ.

Lực giữ từ được giải thích qua ví dụ sau:

Một lõi thép của nam châm điện còn từ dư, nếu cho dòng kích từ có chiều ngược với ban đầu thì từ dư sẽ không còn nữa. Ta nói lực giữ từ của lõi thép nhỏ.

Cũng làm tương tự như trên đối với lõi thép nam châm vĩnh cửu, thì từ dư sẽ vẫn còn. Ta nói lực giữ từ của lõi thép lớn.

1.1. Sắt kỹ thuật tinh khiết

Trong kỹ thuật điện, sắt kỹ thuật tinh khiết được sử dụng trong mạch từ có từ thông không đổi. Trong đó thép lá kỹ thuật điện cacbon thấp là một trong những vật liệu được dùng nhiều. Nó được sản xuất thành tấm mỏng từ 0,2 ÷ 4mm. Trong thành phần có không quá 0,04% C và không quá 0,6% tạp chất khác. Hệ số từ thẩm tương đối không nhỏ hơn 3500 ÷ 4500, lực giữ từ không lớn hơn 0,8 ÷ 1,2 Oset.

1.2. Thép lá kỹ thuật điện

Trong công nghiệp chế tạo máy điện và thiết bị điện, người ta dùng thép ở dạng thép lá kỹ thuật điện. Đây là loại vật liệu sắt từ mềm được dùng rộng rãi nhất. Việc đưa silic vào thành phần của thép này làm tăng điện trở suất, do đó làm giảm tổn thất điện năng do dòng điện xoáy gây ra.

Bảng 4 - 1 nêu rõ khi tăng hàm lượng silic, khối lượng riêng của thép giảm và điện trở suất của nó tăng:

Bảng 4 – 1. Sự phụ thuộc của khối lượng riêng và điện trở suất thép lá kỹ thuật điện vào hàm lượng silic

Con số thứ nhất nhân thép	Mức hợp kim hoá silic của thép	Hàm lượng Si, %	Khối lượng riêng, g/cm ³	Điện trở suất, Ω.mm ² /m
1	Hợp kim hoá yếu	0,8 – 1,8	7,80	0,25
2	Hợp kim hoá trung bình	1,8 – 2,8	7,75	0,4
3	Hợp kim hoá tăng cao	2,8 – 3,8	7,95	0,5
4	Hợp kim hoá cao	3,8 – 4,8	7,55	0,6

Thép với hàm lượng silic cao chủ yếu dùng làm lõi máy biến áp (thường gọi là tôn silic). Bảng 4 - 2 giới thiệu kích thước thường dùng của thép lá kỹ thuật điện.

Bảng 4 - 2. Kích thước thép lá kỹ thuật điện

Kích thước	Đơn vị đo	Trị số thường dùng					
Dày	mm	0,1	0,2	0,35	0,5	1	
Rộng	m	0,24	0,6	0,7	0,75	0,86	1
Dài	m	0,72	1,2	1,34	1,5	1,72	2

1.3. Pecmalôi

Pecmalôi là hợp kim sắt - niken. Người ta chia làm 2 loại:

- Pecmalôi nhiều niken (72 ÷ 80% Ni).
- Pecmalôi ít niken (40 ÷ 50% Ni).

Pecmalôi ít niken có cảm ứng từ bão hoà lớn hơn gần 2 lần so với pecmalôi nhiều niken.

Pecmalôi ít niken được dùng làm lõi thép máy biến áp điện lực, cuộn cảm và các dụng cụ cần có mật độ từ thông cao.

Pecmalôi nhiều niken được dùng làm lõi cuộn cảm có kích thước nhỏ, máy biến áp âm tần nhỏ, các biến áp xung và trong các khuếch đại từ.

Các pecmalôi với vòng từ trễ hình chữ nhật có thể được dùng làm lõi khuếch đại từ, cơ cấu chuyển mạch, thiết bị chỉnh lưu và các phần tử của máy tính...

2. Vật liệu sắt từ cứng

Vật liệu sắt từ cứng là những vật liệu sắt từ có lực từ giữ lớn và hệ số từ thẩm tương đối bé, tổn hao từ trễ lớn.

2.1. Thép hợp kim được tôi đến trạng thái mactenxit

Loại thép này là vật liệu đơn giản và dễ kiếm nhất để làm nam châm vĩnh cửu. Chúng được hợp kim hoá với các nguyên tố hợp kim: wolfram, crôm, mômipden, coban.

2.2. Hợp kim từ cứng đúc

Hợp kim Al - Ni - Fe (thường gọi là hợp kim aluni) có năng lượng từ lớn,

khi cho thêm coban hay silic thì tính chất từ của hợp kim tăng lên. Hợp kim aluni có chất phụ silic gọi là alunisi, hợp kim aluni có coban gọi là alunicô. Hợp kim alunicô có hàm lượng coban lớn nhất gọi là manicô. Nam châm hợp kim manicô nhẹ hơn nam châm aluni cùng năng lượng 4 lần và nhẹ hơn nam châm thép crôm thông thường 22 lần. Nhược điểm của các hợp kim aluni, alunicô và manicô là khó chế tạo các chi tiết có kích thước chính xác do hợp kim giòn và cứng, chỉ có thể gia công bằng phương pháp mài.

2.3. Các nam châm bột

Người ta đã chế tạo nam châm vĩnh cửu bằng phương pháp luyện kim bột.

Có các phương pháp sau đây:

- Chế tạo bằng cách ép bột nghiền từ các hợp kim từ cứng, sau đó thiêu kết ở nhiệt độ cao tương tự như quá trình nung gốm. Các nam châm có kích thước nhỏ, chế tạo theo phương pháp này sẽ có kích thước chính xác, không cần gia công thêm.

- Chế tạo tương tự như ép các chi tiết bằng chất dẻo, nhưng chất dẻo ở đây được nghiền từ hợp kim từ cứng. Vì chất dẻo cứng nên cần phải có lực ép rất lớn. Phương pháp này được áp dụng để chế tạo nam châm có lõi.

2.4. Ferit từ cứng

Trong số các ferit từ cứng, loại được dùng nhiều nhất là ferit bari ($\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$). Khác với ferit từ mềm, nó không có cấu trúc lập phương mà có cấu trúc lục giác có tính dị hướng một trục.

Nhược điểm của vật liệu này là độ bền cơ học thấp, giòn, tính chất từ phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ.

3. Vật liệu sắt từ đặc biệt

3.1. Vật liệu sắt từ mềm đặc biệt

Trong kỹ thuật người ta đã chế tạo các loại vật liệu sắt từ mềm đặc biệt sau:

- Các hợp kim có đặc tính hệ số từ thẩm tương đối thay đổi rất ít khi cường độ từ trường thay đổi. Ví dụ như hợp kim pecminva là hợp kim Fe - Ni - Co (25% Fe, 45% Ni và 30% Co).

- Các hợp kim có hệ số từ thẩm tương đối phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ, đó là những hợp kim được gọi là hợp kim nhiệt. Ví dụ: Hợp kim Cu - Ni, Fe - Ni, Fe - Ni - Cr.

- Các hợp kim có độ từ giảo cao. Ví dụ các hợp kim Fe - Cr, Fe - Co, Fe - Al. Các hợp kim này được dùng làm lõi máy phát dao động âm tần số âm thanh

và siêu âm.

- Các hợp kim có cảm ứng từ bão hoà rất cao. Ví dụ hợp kim Fe - Co có cảm ứng từ B đến 2400 gauss (lớn hơn các vật liệu sắt từ thường). Vật liệu này được dùng để chế tạo các chi tiết trong loa điện động, dao động ký, màng ống điện thoại v.v...

3.2. Ferit

Ferit là loại vật liệu gồm các ôxyt sắt và ôxyt kim loại hoá trị 2 (còn kim loại hoá trị 1 ít gặp hơn), công thức chung là $MeO.Fe_2O_3$ (Me là ký hiệu kim loại hoá trị 2).

Ngày nay ferit được sử dụng rất rộng rãi trong kỹ thuật điện nói chung và đặc biệt trong kỹ thuật thông tin, vô tuyến điện.

3.3. Gang và thép kết cấu

Gang và thép kết cấu được dùng trong chế tạo máy điện, thiết bị điện, dụng cụ cần có đặc tính cơ tốt và khả năng áp dụng rộng rãi các phương pháp công nghệ gia công.

Về mặt tính chất từ có thể chia vật liệu này thành hai loại:

- Loại vật liệu từ tính. Ví dụ như: gang xám, thép cacbon và thép hợp kim.
- Loại vật liệu không từ tính. Ví dụ như: thép không từ tính, gang không từ tính.

Trong kỹ thuật, người ta dùng gang xám để đúc vỏ máy điện; dùng thép cacbon và thép hợp kim để chế tạo các trục, các chi tiết quay nhanh của máy điện; dùng gang không từ tính để đúc các ống của máy cất dầu, thân máy biến áp hàn. Ngoài ra, người ta còn dùng thép không từ tính để chế tạo nhiều chi tiết mà trước đây dùng hợp kim đồng, nhôm không đủ độ bền cơ.

Câu hỏi chương 4

1. Trình bày tính chất từ của vật liệu sắt từ.
2. Nêu đặc điểm và ứng dụng của các vật liệu sắt từ mềm thường dùng.
3. Nêu đặc điểm và ứng dụng của các vật liệu sắt từ cứng thường dùng.
4. Nêu đặc điểm và ứng dụng của các vật liệu sắt từ đặc biệt.

Chương 5

VẬT LIỆU BÁN DẪN

Mục tiêu:

Nắm vững tính dẫn điện và tính chất tiếp giáp điện tử - lỗ trống của chất bán dẫn. Biết được ứng dụng của các vật liệu bán dẫn thường dùng.

I. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ VẬT LIỆU BÁN DẪN

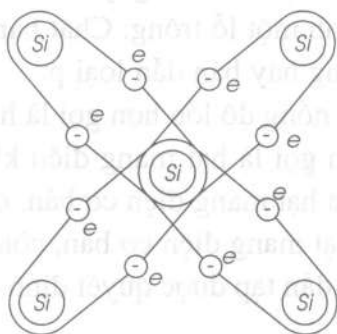
1. Tính chất dẫn điện của chất bán dẫn

Bán dẫn là nhóm các loại vật chất có điện dẫn điện tử mà trị số điện trở suất của chúng ở nhiệt độ bình thường nằm trong khoảng giữa điện trở suất của vật dẫn và điện môi. Trong kỹ thuật của chất bán dẫn công suất, người ta hay dùng các nguyên tố hoá học nhóm IV của bảng hệ thống tuần hoàn Mendeleev: chúng là giecmani (Ge) và silic (Si) được đặc trưng bởi cấu trúc tinh thể. Hiện nay chất bán dẫn hay dùng nhất là bán dẫn silic. Chúng ta cũng thấy rằng, silic có rất nhiều và chiếm 28% trong lớp vỏ quả đất, nhưng kỹ thuật để sản xuất silic tinh khiết rất phức tạp, chính vì vậy mà những dụng cụ sử dụng bán dẫn silic trở nên rất đắt so với dụng cụ bán dẫn giecmani.

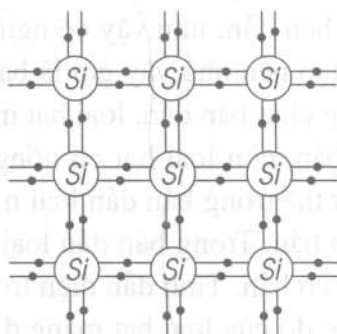
Nguyên tử silic có ba lớp điện tử. Lớp ngoài cùng chứa bốn điện tử hoá trị, trong khi số lượng của điện tử có thể chứa được là tám, điều này có nghĩa là lớp điện tử ngoài cùng chưa hoàn thiện. Các điện tử hoá trị sẽ tác động lẫn nhau giữa các nguyên tử, chúng tạo thành tinh thể silic hay các phân tử hợp chất hoá học của silic với các chất khác.

Hình 5-1 (a), trình bày mối liên kết bởi các điện tử đồng hoá trị của nguyên tử silic với các nguyên tử khác. Bốn mối liên kết được tạo thành do bốn điện tử

hoá trị của một nguyên tử silic đã cho và bốn điện tử của bốn nguyên tử silic nằm cạnh. Trong mạng tinh thể, mỗi nguyên tử silic được liên kết với những nguyên tử silic nằm cạnh nhờ bốn mối liên kết đồng hoá trị như giới thiệu ở hình 5-1 (b).



Hình 5 - 1 (a)
Mối liên kết đồng hoá trị



Hình 5 - 1 (b)
Mạng tinh thể silic

Nếu khối tinh thể silic hoàn toàn nguyên chất thì tất cả các điện tử hoá trị của nguyên tử liên hệ với nhau và không có điện tử tự do, do vậy khối tinh thể không dẫn điện. Nếu ta đem đốt nóng hay chiếu chùm tia phóng xạ vào mạng tinh thể này để có thể làm tăng mức năng lượng các điện tử, thì các điện tử này có thể phá vỡ mối liên kết, thoát ra trở thành điện tử tự do.

Ở mối liên kết vừa bị phá vỡ, điện tử đã thoát ra sẽ để lại một lỗ trống. Lỗ này dễ bị một điện tử ở mối liên kết khác nhảy đến lấp lỗ trống và do vậy xuất hiện một lỗ mới ở chỗ điện tử vừa rời khỏi. Cứ tiếp tục như vậy, lỗ trống di động trong mạng tinh thể.

Ta nhận thấy rằng, ở chất bán dẫn nguyên chất mật độ điện tử tự do bằng mật độ lỗ trống, tính dẫn điện của bán dẫn phụ thuộc vào các tác nhân bên ngoài kích thích các điện tử thoát khỏi mối liên kết với nguyên tử.

Mật độ điện tử tự do hay mật độ lỗ trống có thể được tăng cường nếu ta pha thêm tạp chất.

Chẳng hạn đối với silic, nếu ta thêm một lượng nhỏ photpho (P) là nguyên tố nhóm V. Nguyên tử photpho có năm điện tử hoá trị mà trong đó bốn điện tử tạo thành mối liên kết đồng hoá trị với bốn nguyên tử nằm cạnh của tinh thể bán dẫn, còn lại điện tử thứ năm được tự do nằm ở tinh thể. Người ta nói bán dẫn

điện có tạp chất để sao cho mật độ điện tử nhiều hơn mật độ lỗ trống là bán dẫn điện tử hay bán dẫn loại n.

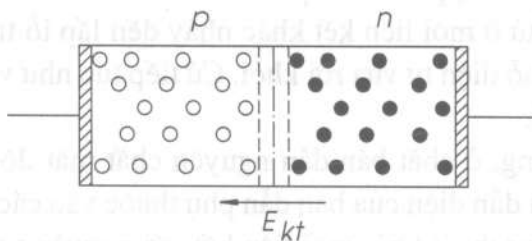
Cũng với silic, nếu ta thêm vào một lượng nhỏ nhôm (Al) là nguyên tố nhóm III. Nguyên tử nhôm có ba điện tử hoá trị. Mỗi nguyên tử nhôm thiếu mất một điện tử để tạo thành mối liên kết đồng hoá trị với bốn nguyên tử nằm cạnh của chất bán dẫn; như vậy có nghĩa là tạo thành một lỗ trống. Chất bán dẫn có tạp chất tạo nên như vậy gọi là bán dẫn lỗ trống hay bán dẫn loại p.

Trong chất bán dẫn, loại hạt mang điện có nồng độ lớn hơn gọi là hạt mang điện cơ bản, còn loại hạt có nồng độ nhỏ hơn gọi là hạt mang điện không cơ bản. Như thế trong bán dẫn loại n thì điện tử là hạt mang điện cơ bản, còn lỗ là không cơ bản. Trong bán dẫn loại p thì lỗ là hạt mang điện cơ bản, còn điện tử là không cơ bản. Tính dẫn điện trong chất bán dẫn tạp được quyết định chủ yếu theo nồng độ của loại hạt mang điện cơ bản.

2. Tiếp giáp điện tử - lỗ trống

Khi cho dòng điện chạy qua hai vùng tiếp xúc của các chất bán dẫn có điện dẫn lỗ và điện dẫn điện tử sẽ có hiệu ứng điện dẫn một chiều.

Nguyên lý hiệu ứng điện dẫn một chiều có thể giải thích theo hình 5 - 2. Hình 5 - 2 minh họa phiên bán dẫn có một nửa là bán dẫn loại p, còn nửa kia là loại n. Từng nửa một hoàn toàn trung hoà điện vì có sự cân bằng giữa điện tích di động và đứng yên. Để đơn giản, trên hình không vẽ các điện tích đứng yên. Giới hạn giữa vùng p và n gọi là tiếp giáp p - n.



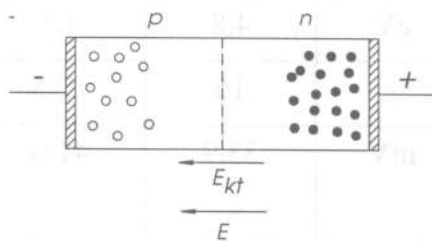
Hình 5 - 2

Tiếp giáp lý tưởng không có điện áp ngoài (đường gạch đứt chỉ lớp chắn)

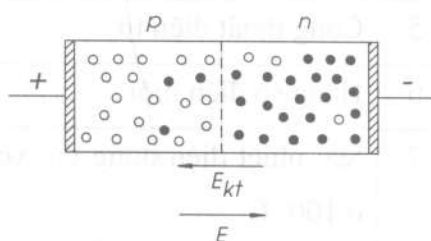
Vì nồng độ điện tử tự do trong vùng n lớn hơn vùng p và nồng độ lỗ thì ngược lại, dưới tác dụng nhiệt một số điện tử khuếch tán sang vùng p, một số

lỗ sang vùng n. Lúc này trong vùng p ở gần tiếp giáp tích điện âm, còn vùng n ở gần tiếp giáp tích điện dương và tạo nên trường khuếch tán (E_{kt}), chiều của nó được xác định bởi dấu của các điện tích cố định. Điện trường làm ngừng lại sự chuyển dịch tiếp theo của các điện tích di động, nghĩa là khi không có điện trường ngoài nó sẽ tạo nên lớp chắn dày cỡ 10^{-5}cm .

Nếu đặt điện áp bên ngoài tạo nên điện trường trùng với trường khuếch tán, thì tiếp giáp sẽ “khóa” và dòng điện sẽ không chạy qua được (hình 5 - 3a). Khi thay đổi cực tính điện áp ngoài, trường ngoài có chiều ngược với trường khuếch tán, tiếp giáp bão hoà điện tích, điện trở của nó giảm đột ngột, nghĩa là sẽ có dòng điện một chiều trị số lớn chạy qua nó (hình 5 - 3b).



Hình 5 - 3 (a)



Hình 5 - 3 (b)

Tiếp giáp p - n lý tưởng “khóa”
(không có dòng điện)

Qua tiếp giáp có dòng điện “thuận”
trị số lớn

Tính chất của tiếp giáp p - n có thể sử dụng để chế tạo các chỉnh lưu bán dẫn điện lực, đèn 2 cực (điốt), tế bào quang điện, transisto và các dụng cụ khác.

II. CÁC VẬT LIỆU BÁN DẪN THƯỜNG DÙNG

1. Một số nguyên tố có tính chất bán dẫn dùng trong kỹ thuật

1.1. Giecmani

Trong thực tế sản xuất, giecmani được điều chế thành dạng bột. Bột giecmani được đúc thành thỏi. Giecmani thỏi được dùng làm nguyên liệu điều chế giecmani đặc biệt tinh khiết bằng phương pháp kéo nóng chảy.

Để sản xuất dụng cụ bán dẫn, thỏi giecmani được cắt thành phiến mỏng, bề mặt của các phiến được tẩy rửa để loại trừ các khuyết tật lúc gia công.

Những tính chất vật lý của giecmani cho trong bảng 5-1:

Bảng 5 - 1. Tính chất vật lý của giecmani

TT	Tính chất	Đơn vị đo	Giecmani	Silic
1	Nồng độ riêng các hạt dẫn cơ bản	cm^{-3}	$2,5.10^{13}$	$\sim 200\ 000$
2	Bề rộng vùng cấm	eV	0,72	1,12
3	Độ linh động của điện tử	$\text{cm}^2/\text{V.s}$	3960	1400
4	Độ linh động của lỗ trống	$\text{cm}^2/\text{V.s}$	1900	500
5	Công thoát điện tử	eV	4,8	4,3
6	Hằng số điện môi	-	16	12,5
7	Sức nhiệt điện động đối với phiến ở 100°C	mV	33,9	41,6

Giecmani được dùng để sản xuất các loại điôt bán dẫn, các loại transisto với các công suất khác nhau. Giecmani còn dùng để chế ra bộ cảm biến sức điện động Holl và các hiệu ứng từ điện để đo cường độ từ trường, dòng điện, công suất, để nhân hai đại lượng trong các dụng cụ tính toán kỹ thuật v.v...

1.2. Silic

Silic thường được điều chế bằng cách khử tetraclorua silic bằng hơi kẽm ở nhiệt độ 1000°C trong môi trường kín. Quá trình gia công tiếp theo của silic giống như giecmani, nhưng gặp nhiều khó khăn hơn vì nhiệt độ nóng chảy của silic cao hơn nhiều so với giecmani và gần với nhiệt độ hoá mềm của thủy tinh thạch anh.

Silic được dùng để sản xuất dụng cụ bán dẫn: điôt, transisto, triac, tế bào quang có lớp chắn, cảm biến hiệu ứng Holl v.v...

1.3. Selen

Selen được điều chế trong nhà máy sản xuất axit sunfuric khi làm sạch đồng bằng điện phân. Selen có các dạng khác nhau: vô định hình cũng như tinh thể, màu sắc khác nhau. Điện trở suất của selen dao động trong phạm vi rất rộng.

Selen được dùng để sản xuất chỉnh lưu các loại BC, ABC, TC và tế bào quang điện có lớp chắn.

2. Các hợp chất hoá học bán dẫn và các vật liệu dẫn suất cùng gốc

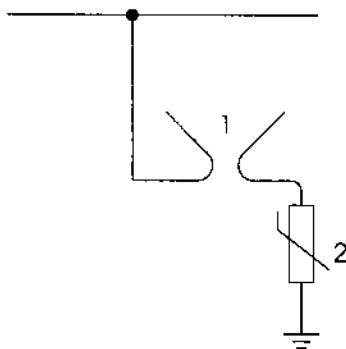
Hợp chất bán dẫn có thể có các tính chất điện, vật lý rất khác nhau và trong nhiều trường hợp nó có những tính chất hơn hẳn bán dẫn nguyên chất. Trong phần này chúng ta chỉ xem xét những hợp chất quan trọng làm vật liệu kỹ thuật điện.

2.1. Cacbit silic

Cacbit silic kỹ thuật được sản xuất trong các lò điện khi khử dioxit silic (cát thạch anh) bằng cacbon. Sau khi kết thúc quá trình nung và làm nguội lò, người ta rút ra được các bó tinh thể SiC gọi là chùm tinh thể. Sau khi tán sẽ nhận được bột với những hạt sắc cạnh và gồ ghề, kích thước hạt trung bình từ $40 \div 300 \mu\text{m}$.

Trong kỹ thuật điện, cacbit silic được dùng để chế tạo các tấm điện trở phi tuyến của chống sét van bảo vệ đường dây tải điện và các thiết bị điện; sản xuất các varixto điện áp thấp dùng trong các thiết bị tự động, kỹ thuật máy tính và dụng cụ điện trong xây dựng.

Hình 5 - 4 là sơ đồ nguyên lý của chống sét van. Khi có sóng quá điện áp trên đường dây thì khe hở 1 bị phóng điện chọc thủng, các đĩa varixto 2 sẽ giảm điện trở đột ngột dưới tác dụng của điện áp cao, tạo thành đường nối đất để cho dòng điện xung chạy qua chống sét xuống đất trong khoảng thời gian rất ngắn. Sau xung dòng điện đó, điện áp làm việc của đường dây vẫn duy trì trên chống sét một dòng điện tần số làm việc, nhưng khi dòng điện này qua trị số không lần đầu tiên, hồ quang bị dập tắt, đường dây tách khỏi đất và đĩa điện trở phục hồi trị số như ban đầu, còn khe hở chấm dứt ion hoá, bảo vệ đường dây được tự động phục hồi và có thể thu sóng quá điện áp mới.



Hình 5 - 4. Nguyên lý chống sét van

Hiện nay trong kỹ thuật, varixto được sử dụng rộng rãi, dùng để ổn áp, dập tia lửa, nhân tần số, điều chỉnh số vòng hay đổi chiều quay động cơ, điều khiển mạch xoay chiều bằng điện áp một chiều, giải mã xung theo biên độ, v.v...

2.2. Hợp chất $A^{III} B^V$.

a) Galiasenua được dùng để chế tạo tế bào quang điện có hiệu suất khoảng 7%, liều lượng kế tia rơnghen, điốt đường hầm, laze bán dẫn. Dụng cụ bán dẫn galiasenua có khả năng làm việc đến nhiệt độ 450°C.

b) Antimonua indi được dùng để chế tạo tế bào quang điện có độ nhạy cao, dựa trên nguyên tắc sử dụng các dạng khác nhau của hiệu ứng quang, chế tạo cảm biến sức điện động Holl và các bộ lọc quang học.

2.3. Hợp chất $A^{II} B^{VI}$ và các vật liệu bán dẫn khác

a) Các sunfua:

Trong kỹ thuật, chì sunfua (PbS), bismut sunfua (Bi_2S_3) và cadimi sunfua (CdS) được dùng để sản xuất điện trở quang.

Một vài tính chất của các sunfua cho trong bảng 5-2

Bảng 5-2. Một vài tính chất của các sunfua

TT	Hợp chất	Bề rộng vùng cấm (eV)	Độ linh hoạt điện tử ($cm^2/V.s$)	Nhiệt độ nóng chảy ($^{\circ}C$)
1	PbS	0,37	400	1114
2	Bi_2S_3	1,25	-	685
3	CdS	2,1	200	1750

Các điện trở quang được dùng để chế tạo thiết bị đếm sản phẩm trong sản xuất dây chuyền, trong các máy cái sao chép hình để gia công các chi tiết theo bản vẽ v.v...

b) Các ôxit:

Trong kỹ thuật, ôxit đồng (Cu_2O), ôxit kẽm (ZnO), dioxit khur không hoàn toàn (TiO_2) v.v... được sử dụng nhiều.

Các ôxit bán dẫn được dùng để chế tạo nhiệt điện trở, chỉnh lưu (TiO_2) v.v...

c) Nhiệt điện trở:

Nhiệt điện trở được chế tạo thành các thanh, phiến hay hình viên bằng phương pháp công nghệ gốm. Trị số điện trở và các tính chất khác của nhiệt điện trở không chỉ phụ thuộc vào các thành phần của nó mà còn phụ thuộc vào cỡ hạt, công nghệ chế tạo như áp lực nén và nhiệt độ nung.

Trong kỹ thuật, nhiệt điện trở được dùng trong thiết bị đo lường điện, điều chỉnh nhiệt độ và bù nhiệt. Ngoài ra, nó còn được dùng để ổn áp, giới hạn xung dòng ban đầu, đo nhiệt dẫn chất lỏng, làm biến trở không tiếp điểm và rơle dòng điện.

Câu hỏi chương 5

1. Nêu tính chất dẫn điện của chất bán dẫn.
2. Giải thích tính chất của tiếp giáp điện tử - lỗ trống.
3. Nêu ứng dụng của các vật liệu bán dẫn thường dùng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Vật liệu kỹ thuật điện* - Dịch từ nguyên bản tiếng Nga
Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật 1975.
2. *Vật liệu kỹ thuật điện* - Nguyễn Xuân Phú chủ biên
Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật 1998.
3. *Giáo trình vật liệu điện* - Nguyễn Đình Thắng
Nhà xuất bản Giáo dục 2004.

MỤC LỤC

<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Lời nói đầu</i>	5
Chương 1. CẤU TẠO VÀ PHÂN LOẠI VẬT LIỆU	7
I. Cấu tạo của vật liệu	7
II. Phân loại vật liệu	14
Chương 2. VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN	16
I. Khái niệm chung về vật liệu cách điện	16
II. Vật liệu cách điện thường dùng	28
Chương 3. VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN	38
I. Khái niệm chung về vật liệu dẫn điện	38
II. Vật liệu dẫn điện thường dùng	43
Chương 4. VẬT LIỆU TỪ	52
I. Khái niệm chung về vật liệu từ	52
II. Vật liệu sắt từ thường dùng	55
Chương 5. VẬT LIỆU BÁN DẪN	60
I. Khái niệm chung về vật liệu bán dẫn	60
II. Các vật liệu bán dẫn thường dùng.....	63
<i>Tài liệu tham khảo</i>	68

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2006
KHOẢNG TRƯỜNG TRUNG HỌC CÔNG NGHIỆP

1. THỰC TẬP QUA BAN HÀN
2. THỰC TẬP QUA BAN NGUỘI
3. THỰC TẬP QUA BAN MÁY
4. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
5. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
6. VẬT LIỆU ĐIỆN
7. ĐO LƯỜNG ĐIỆN
8. KỸ THUẬT ĐIỆN
9. ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT
10. MÁY CÔNG CỤ CẮT GỌT
11. ĐỒ GÁ
12. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY
13. TỔ CHỨC SẢN XUẤT
14. LẬP TRÌNH TRÊN MÁY CNC
15. CẮT GỌT KIM LOẠI
16. SỬA CHỮA THIẾT BỊ
17. MÁY ĐIỆN
18. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
19. KHÍ CỤ ĐIỆN - TRANG BỊ ĐIỆN
20. CUNG CẤP ĐIỆN
21. KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN LOGIC VÀ ỨNG DỤNG
22. ĐỒ ÁN CÔNG NGHỆ CTM
23. THỰC HÀNH CẮT GỌT KIM LOẠI
24. THỰC HÀNH SỬA CHỮA THIẾT BỊ
25. THÍ NGHIỆM KỸ THUẬT ĐIỆN
26. THÍ NGHIỆM MÁY ĐIỆN - TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
27. THỰC TẬP ĐIỆN CƠ BẢN
28. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
29. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
30. QUẢN TRỊ DOANH NGHIỆP
31. ĐỒ ÁN TRANG BỊ ĐIỆN
32. ĐỒ ÁN CUNG CẤP ĐIỆN
33. CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY
34. ĐỒ ÁN CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY (ĐỒ ÁN CHI TIẾT MÁY)
35. CẤU TRÚC DỮ LIỆU VÀ GIẢI THUẬT
36. LÝ THUYẾT TRUYỀN TIN
37. TRUYỀN SỐ LIỆU
38. ASSEMBLER
39. THỰC TẬP CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
40. THỰC HÀNH PLC
41. NGÔN NGỮ FOXPRO

GT Vật liệu điện



1111080000109

9,000

Giá: 9.000đ