

CHẤT SIÊU DẪN VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG

Năm 1911, lần đầu tiên các nhà khoa học đã phát hiện ra vật chất dẫn điện với tính năng hoàn toàn không có điện trở, gọi đó là chất siêu dẫn. Thời sơ khai này, người ra mới biết một đặc tính của chất siêu dẫn, đó là: nếu tuyền m

Năm 1911, lần đầu tiên các nhà khoa học đã phát hiện ra vật chất dẫn điện với tính năng hoàn toàn không có điện trở, gọi đó là chất siêu dẫn. Thời sơ khai này, người ra mới biết một đặc tính của chất siêu dẫn, đó là: nếu tuyền một dòng điện vào một mạch làm bằng chất liệu siêu dẫn thì dòng điện sẽ chạy trong đó mãi mà không suy giảm, vì nó không gặp một trở kháng nào trên đường đi, nghĩa là năng lượng điện không bị tiêu hao trong quá trình chuyển tải điện từ nơi này sang nơi khác.

Đây được coi như một dạng chuyển động vĩnh cửu trong điện năng. Đặc tính trên, được gọi là: Đặc tính riêng thứ nhất của chất siêu dẫn.

Tính dẫn điện nghĩa là các điện tử tách ra khỏi nguyên tử của chúng và di chuyển trong cấu trúc tinh thể chất dẫn điện (đồng, nhôm, sắt v.v...), khi điện tử va chạm phải nguyên tử trên đường đi trong chất dẫn điện thì sinh ra điện trở làm tổn thất điện năng. Sự tổn thất ấy lên tới 15% và 20%. Như vậy, nếu ứng dụng chất siêu dẫn vào chuyển tải điện năng từ nhà máy điện đến người tiêu dùng, sẽ tiết kiệm được rất nhiều cho xã hội.

Nhưng trở ngại là chất siêu dẫn chỉ xuất hiện khi ở nhiệt độ rất thấp, chỉ một vài độ trên không độ tuyệt đối (0 độ K, tức âm 273 độ C); cụ thể, nhiệt độ mà người ta đã ghi lại được ở chất siêu dẫn nêu trên là 23 độ K và phải dùng khí Helium hoá lỏng để làm lạnh, đó là một chất phức tạp và đắt tiền, đòi hỏi phải tìm ra những chất siêu dẫn mới, thích hợp, khắc phục nhược điểm trên.

Hội Vật lý Mỹ (American Physical Society) (Ảnh: lci.ken)

- Đến tháng 1/1986 tại Zurich, hai nhà khoa học Alex Muller và Georg Bednorz tình cờ phát hiện ra một chất gốm mà các yếu tố cấu thành là: Lantan, Đồng, Bari, Oxit kim loại. Chất gốm này trở nên siêu dẫn ở nhiệt độ 35 độ K.

Một thời gian ngắn sau, các nhà khoa học Mỹ lại phát hiện ra những chất gốm tạo thành chất siêu dẫn ở nhiệt độ tới 98 độ K. Điều quan trọng là chúng làm lạnh bằng Nitơ hoá lỏng. Đó là một thứ rẻ tiền và dễ thao tác hơn so với Helium lỏng. Người ta gọi đó là những chất siêu dẫn mới. Kết quả này kích thích các nhà khoa học đua nhau đi tìm chất gốm có đặc tính siêu dẫn ở nhiệt độ K ngày càng cao để mang lại sự thuận tiện và đỡ tốn kém khi ứng dụng siêu dẫn vào đời sống...

- Năm 1987, Hội Vật lý Mỹ (American Physical Society) mở Hội nghị khoa học tại New York với sự hiện diện của nhiều nhà vật lý nổi tiếng Hoa Kỳ và nhiều nước trên thế giới. Người ta trao đổi đến những nét mới của siêu dẫn mà một trong số đó là hiện tượng những đĩa "gốm treo" lơ lửng

trên các nam châm, người ta gọi đó là "hiệu ứng Meissner". Hiệu ứng này ngăn cản từ trường thâm nhập vào bề mặt chất siêu dẫn, vì thế, làm cho đĩa gốm tự nâng lên và lơ lửng trên các nam châm; nhưng nếu là một từ trường mạnh thì vẫn có thể thắng được sức đẩy, khi đó nó phá huỷ đặc tính siêu dẫn của vật liệu. Như vậy, những chất gốm siêu dẫn tỏ ra dễ bị ảnh hưởng bởi từ trường mạnh. Đồng thời, nguyên lý Magnetic Levitation (maglev) cũng được đề cập đến, nguyên lý này dựa vào từ trường do các tấm nam châm siêu dẫn sinh ra khi duy trì được nhiệt độ rất thấp. Ở nhiệt độ ấy, mọi trở kháng không còn nam châm trở thành siêu dẫn và tạo ra từ trường cực mạnh.

Thí nghiệm nguyên lý Magnetic Levitation (Ảnh: replogle-globes)

Từ kết quả trên cùng với những nghiên cứu khác, người ta kết luận: Những chất siêu dẫn nhiệt độ thấp có thể tạo ra những từ trường rất mạnh và gọi chung đó là đặc tính riêng thứ hai của siêu dẫn. Mọi chất siêu dẫn đều làm ra từ trường; mặt khác, dòng điện chạy trong chất siêu dẫn lại không gặp phải một kháng trở nào, do đó từ trường siêu dẫn sản sinh ra rất mạnh. Nhờ đó mà ngay nay, con người có thể tạo ra từ trường nhân tạo mạnh gấp tới 200 ngàn lần so với từ trường của Trái đất.

- Cũng tại hội nghị khoa học này, các nhà khoa học còn thảo luận tới phát minh mới về chất siêu lỏng (nó cũng hoạt động ở nhiệt độ rất thấp, tới giới hạn tối đa của độ âm) và nó không có độ bám dính, nghĩa là không có ma sát, nếu tác động quay tròn, chúng sẽ không dừng lại. Đây cũng được coi như dạng một chuyển động vĩnh cửu trong chất lỏng. Từ những trình bày trên, ta có thể định nghĩa: Chất siêu dẫn là những chất tồn tại ở nhiệt độ cực thấp, khi dòng điện chạy qua không có kháng trở. Cả hai thứ: siêu dẫn và siêu lỏng đều là những lĩnh vực hấp dẫn của vật lý đương đại, từ đây, người ta nhanh chóng nhận ra tiềm năng to lớn của chúng. Cũng phải nói thêm rằng, những năm về trước, người ta biết đến chất gốm siêu dẫn là một hỗn hợp cấu thành từ các kim loại, hợp kim, oxit kim loại như đồng (Cu), niobium (Nb)... trong tương lai, chắc chắn còn tìm ra nhiều chất gốm siêu dẫn ưu việt khác nữa và nhiệt độ cấu thành lên nó ngày một cao.

Cho đến nay, nhiệt độ cao nhất có thể đạt được với một chất gốm siêu dẫn mới là 125 độ K. Nhưng thực tế cho thấy, những chất gốm được tạo thành siêu dẫn ở nhiệt độ cao hơn 100 độ K lại tỏ ra không được ổn định vì nó nhanh chóng mất đi tính siêu dẫn. Đây là một trong những trở ngại lớn trên con đường chinh phục siêu dẫn. Sự phá huỷ đặc tính siêu dẫn khi ảnh hưởng bởi từ trường mạnh được giải thích như sau: Đó là do "vòng xoáy từ" (tức là những đường từ tính chuyển động bên trong chất liệu, như những xoáy nước đi trong dòng nước), những xoáy này di chuyển, tạo ra những điện trường ngăn chặn dòng điện di chuyển tự do, vì thế sinh ra mất tính siêu dẫn của vật liệu.

- Ngoài những trở ngại như: chất siêu dẫn chỉ xuất hiện ở nhiệt độ thấp, và chất siêu dẫn ở nhiệt độ cao hơn 100 độ K lại không ổn định; một trở ngại khác nữa đòi hỏi phải sớm vượt qua, đó là, chất siêu dẫn được làm nên dưới dạng một loại bột, có thể nén lại thành một chất rắn nhưng rất giòn. Để dễ ứng dụng, ta cần biến nó dưới dạng "một sợi dây", nhưng tính giòn làm cản trở cho ý đồ kỹ thuật này. Tuy nhiên, dựa vào công nghệ làm vi mạch, người ta bắt chước cách làm đó và tiến hành như sau: Phun chất bột này thành một lớp mỏng lên nền một chất liệu khác gọi là đế (tức là rải những yếu tố cấu thành gồm lên cái đế). Nhờ đó có thể tạo ra thành "dạng giấy" và có thể uốn lượn đường dây theo ý muốn trên mặt phẳng. Tuy nhiên, không được bẻ cong vì dễ tạo ra sự đứt mạch.

- Từ đặc tính riêng thứ hai của siêu dẫn đã mở ra nhiều hướng ứng dụng và các nhà công nghiệp tỏ ra hào hứng nhảy vào cuộc săn tìm công nghệ mới từ siêu dẫn. Họ hướng vào một số lĩnh vực ứng dụng chính sau:

+ Dựa vào "nam châm siêu dẫn", người Nhật và người Đức thiết kế ra các đoàn tàu chạy trên đệm từ. Người Nhật đã thử nghiệm với khoảng 3 - 4 công nghệ tàu chạy trên đệm từ khác nhau, lấy tên là Maglev dựa theo: thực hiện phép nâng điện - động lực học bằng cách tạo ra 2 từ trường đối nhau giữa các nam châm siêu dẫn đặt trên con tàu và những cuộn dây lắp trong đường ray hình chữ U bằng bê tông.

High Một con tàu của Nhật ứng dụng hệ thống Speed Surface transport - HSST (Ảnh: bobbea)

Sau đây là một hình mẫu nhiều triển vọng nhất đã thử nghiệm đến lần thứ ba, có thông số kỹ thuật: tàu chạy từ Tokyo đến Osaka cách nhau khoảng 500km, mục tiêu chở 100 khách chạy trong một giờ. Từ trường do nam châm siêu dẫn tạo ra cực mạnh đủ để nâng con tàu lên 10 cm khỏi đường ray. Đường ray có mặt cắt hình chữ U, trên nó có lắp 3 cuộn dây từ, được cung cấp điện bởi các trạm nguồn đặt dưới đất dọc đường tàu. Nam châm siêu dẫn đặt trên tàu và đặt trong những bình chứa Helium đã hoá lỏng, tạo ra nhiệt độ thấp là 269 độ dưới không độ, khi có dòng điện đi qua, sinh ra một từ trường khoảng 4,23 tesla nâng tàu bổng lên trong khung đường ray chữ U.

Nhờ lực hút và lực đẩy xen kẽ giữa hai cực Nam - Bắc của cuộn dây và nam châm, con tàu cứ thế tiến lên phía trước. Điều khiển tốc độ nhờ điều chỉnh biến đổi tần số dòng điện trong cuộn dây từ 0 đến 50 Hz và điều chỉnh tốc độ từ xa tại trung tâm điều khiển. Để hãm tàu, người ta làm cách hãm như trên máy bay. Người Nhật đã phải vừa sản xuất vừa thử nghiệm trong 7 năm với kinh phí trên 3 tỷ USD. Hệ thống trên đôi khi còn được gọi là hệ thống "Vận tải trên bộ tốc độ cao" (High Speed Surface transport - HSST).

+ Theo hướng công nghệ HSST này, người Đức chế tạo ra tàu "Transrapid" chạy trên đệm từ và cũng theo nguyên lý phát minh từ những năm 1960 theo công nghệ hơi khác người Nhật đôi chút,

đó là phương pháp nâng điện từ nhờ tác động của những thanh nam châm đặt trên tàu, với những nam châm vô kháng chạy bên dưới và hai bên đường tàu hình chữ T. Ước vận tốc đạt 450 km/giờ chạy trên đường Berlin tới Hambourg, kinh phí khoảng 6 tỷ USD. Ngoài ra, người Pháp cũng đã và đang quan tâm đến vấn đề vận tải siêu tốc trên bộ bằng siêu dẫn.

Nhà khoa học Alexei Abrikosov (Ảnh: hindu)

+ Một ứng dụng quan trọng khác nữa là, có thể tạo ra được máy gia tốc mạnh để nghiên cứu đặc tính gốc của nguyên tử. Người ta dùng những nam châm cực mạnh để bẻ cong các chùm hạt, làm cho chúng chạy theo đường tròn để chúng va đập vào nhau, qua đó nghiên cứu những "mảnh" sinh ra do những va đập mạnh đó; người ta gọi đó là "siêu va đập siêu dẫn", dựa theo nguyên tắc này, các nhà khoa học Mỹ đang tiến hành xây dựng một "máy gia tốc cực mạnh" trong đường hầm dài 88 km ở bang Texec để nghiên cứu các hạt cơ bản của vật chất.

- Đặc tính thứ ba của chất siêu dẫn là: Nếu hai chất siêu dẫn được đặt gần nhau (nhưng không chạm nhau) thì các điện tử có thể nhảy qua như thể hai chất dẫn điện ấy tiếp xúc với nhau. Chỗ mà dòng điện nhảy qua, người ta gọi là "khớp nối Josephson". Nhưng dòng điện chạy qua khớp nối ấy rất nhạy cảm với những biến đổi của điện trường và từ trường bên ngoài. Điều này giúp cho các nhà khoa học nảy ra ý tưởng:

+ Có thể ứng dụng để sản sinh ra máy đo điện trường hết sức chính xác.

+ Một ứng dụng quan trọng nữa từ đặc tính thứ ba này của chất siêu dẫn là có thể làm ra "cái ngắt mạch điện từ" giống như một tranzito. Cùng với đặc tính thứ nhất là dẫn điện mà không có thể làm ra được máy tính được nối với nhau bằng "giây siêu dẫn", nhờ đó sẽ làm nên được "máy tính điện tử siêu tốc" thế hệ mới phục vụ cho nghiên cứu không gian.

Nhà khoa học Vitaly Ginzburg (Ảnh: derstandard)

+ Ngoài ra, có thể ứng dụng khớp nối Josephson để sản xuất ra thiết bị y tế nhằm nghiên cứu những điện trường sinh học cực nhỏ do hoạt động của não người sinh ra, giúp cho việc chẩn đoán bệnh về não. Hoặc nhờ siêu nam châm, có thể chế tạo ra các máy quét MRI dùng trong y học (quét ảnh bằng cách đo tiếng dội lại của âm thanh) để khám các mô trong cơ thể người.

+ Cùng với những điều đã nói ở trên, người ta còn hy vọng những thành quả của siêu dẫn có thể áp dụng để tạo ra những thiết bị quan sát vì sao, hành tinh, hoặc bề mặt trái đất và giúp giải thích cơ chế của một số vật thể lạ trong vũ trụ, như những vì sao Neutron, những vật thể siêu rắn sót lại của những ngôi sao phát nổ trước khi tắt mà người ta nghĩ là có đặc tính xoay vòng tương tự với chất siêu dẫn lỏng...

- Gần đây, các nhà khoa học Alexei Abrikosov, Vitaly Ginzburg (Người Nga) và Anthony Leggett (người Mỹ gốc Anh) đã đóng góp nhiều vào lĩnh vực lý thuyết siêu dẫn và mở ra nhiều hướng ứng dụng với công nghệ cao trong các lĩnh vực máy tính, truyền tải điện năng siêu hiệu quả... Những thành quả của họ được đánh giá là chất siêu dẫn thế hệ 2 và ba nhà khoa học đã được nhận giải Nobel về vật lý vào năm 2003. Tuy nhiên, về mặt lý thuyết, người ta vẫn chưa thể giải thích được thoả đáng chất siêu dẫn thực tế hoạt động như thế nào?

Nhà khoa học Anthony Leggett (Ảnh: perimeterinstitute)

mặc dù những hiện tượng vật lý của nó đã được biết đến không phải ít.

- Nói về vật liệu siêu dẫn mới, ta không thể không đề cập tới thành công mới đây của người Nhật, đó là, các nhà khoa học thuộc Trường đại học Aoyama - Gakin ở Tokyo đã tìm ra vật liệu siêu dẫn từ phi kim loại như Magie (Mg), hoặc Bo (B)... Điều làm cho nó trở nên rẻ tiền nữa là chất siêu dẫn trên chỉ làm việc ở nhiệt độ - 133 độ C. Nghĩa là còn ưu việt hơn cả Keramik của người Mỹ. Thành công này rất đáng trân trọng, bởi nó mở ra tìm chất bán dẫn từ phi kim loại là những vật liệu rẻ tiền, mà nhiệt độ để tạo thành chất siêu dẫn có thể chấp nhận được.

- Ở nước ta, nghiên cứu về siêu dẫn cũng đã được các nhà khoa học của Trường đại học Tổng hợp Hà Nội trước đây, nay là Đại học Quốc gia Hà Nội thực hiện trong khoảng gần hai chục năm qua (tác giả bài viết này 15 năm trước đây đã đến thăm phòng thí nghiệm trên). Các nhà khoa học của chúng ta làm lạnh bằng Nitơ lỏng và đã tạo ra được một số vật liệu siêu dẫn thuộc loại rẻ tiền. Tuy nhiên, do chưa có thị trường, hay đúng hơn là tiềm năng tài chính của đất nước còn hạn hẹp, nên lĩnh vực công nghệ cao này của ta chưa thể tiến xa được. Cũng tại Trường này, hướng "công nghệ nano" một lĩnh vực rất mới và đầy tương lai cũng được bắt nhịp rất sớm với thời đại. Những kinh phí vẫn là rào cản lớn nhất để phát triển những lĩnh vực đó. Hy vọng trở ngại này sớm được tháo gỡ.

