

VẬT LIỆU SIÊU DẪN NHIỆT ĐỘ CAO DỰA TRÊN NỀN SẮT ĐẦU TIÊN

Hơn hai mươi năm qua, các nhà vật lý vẫn không thể lý giải một cách chính xác hiện tượng siêu dẫn nhiệt độ cao tại sao dường như chỉ xảy ra ở nhóm đặc biệt các hợp chất hữu cơ như chỉ dựa trên đồng (Cu) và xảy ra như thế nào. Và mới đây, cá

Hơn hai mươi năm qua, các nhà vật lý vẫn không thể lý giải một cách chính xác hiện tượng siêu dẫn nhiệt độ cao tại sao dường như chỉ xảy ra ở nhóm đặc biệt các hợp chất hữu cơ như chỉ dựa trên đồng (Cu) và xảy ra như thế nào. Và mới đây, các nhà khoa học ở Nhật Bản đã khám phá ra một loại chất siêu dẫn nhiệt độ cao hoàn toàn mới dựa trên sắt (Fe) cho phép các nhà vật lý tìm hiểu dễ dàng hơn và làm sáng tỏ những điểm quan trọng về hiện tượng đầy bí ẩn trong vật lý chất rắn này.

Siêu dẫn là sự biến mất hoàn toàn của điện trở của vật liệu khi được làm lạnh dưới nhiệt độ chuyển pha siêu dẫn (TC). Hiện tượng siêu dẫn dựa trên việc tạo ra các cặp điện tử tương hỗ với nhau, thông qua tạo thành các cặp gọi là cặp Cooper để chuyển dời trong vật liệu mà không bị cản trở (không có điện trở). Hiện tượng này được miêu tả trong lý thuyết Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) về hiện tượng siêu dẫn nhiệt độ thấp, ở đó các cặp Cooper được nhờ việc liên kết các điện tử với nhau thông qua trao đổi các phonon (hạt trường của dao động mạng tinh thể).

Tuy nhiên, lý thuyết BCS không thể lý giải được các tính chất của các chất siêu dẫn nhiệt độ cao, được khám phá từ năm 1986 (giá trị nhiệt độ chuyển pha cao nhất hiện nay đạt tới 138 K), và các hợp chất này hầu hết đều là các hợp chất của đồng (cuprates) chứa các mặt phẳng song song của ôxit đồng mà ở đó các nguyên tử đồng nằm trên một mạng hình vuông và điện tích được mang bởi các lỗ trống ở vị trí của Ôxi. Mỗi nguyên tử đồng sẽ có một điện tử không kết cặp và do đó các nhà nghiên cứu tin rằng mômen từ (hay spin) liên kết với nhau sẽ tạo ra tính chất siêu dẫn trong các vật liệu này.

Hình 1. Cấu trúc tinh thể và phổ nhiễu xạ tia X của vật liệu (J. Am. Chem. Soc. 130 3296).

Mới đây, Hideo Hosono cùng các cộng sự ở Viện Công nghệ Tokyo (Nhật Bản) lần đầu tiên khám phá ra một vật liệu siêu dẫn nhiệt độ cao có nhiệt độ chuyển pha 26 K được dựa trên các hợp chất của sắt -Fe (có thể xem các kết quả này trên J. Am. Chem. Soc. 130 3296). Đây là hợp chất LaOFeAs chứa các lớp của Lanthanum (La) Ôxi (O) bị kẹp giữa bởi các lớp của Sắt (Fe) và Arsenic (As) – và bị pha tạp thêm các ion Fluoride. Các nhà nghiên cứu hi vọng có thể tăng được nhiệt độ chuyển pha cao trên 26 K bằng cách thay đổi các quá trình xử lý vật liệu (ví dụ như đặt áp suất...). Các nghiên cứu sơ bộ ban đầu về vật liệu này đã giả thiết tính chất siêu dẫn xảy ra trong vật liệu không thuộc loại trung gian phonon (phonon-mediated) như được kỳ vọng từ lý thuyết cổ điển BCS, nhưng có thể không giống như được dự đoán trong các hợp chất siêu dẫn nhiệt độ cao kiểu “cuprates”.

“Ai đó có thể cho là tính siêu dẫn trong các vật liệu kiểu này là trung gian phonon trong các vật liệu siêu dẫn nhiệt độ thấp,” – Kristjan Haule, một nhà vật lý lý thuyết ở Đại học Rutgers (Mỹ) đang làm việc trong một nhóm cũng đang nghiên cứu về loại vật liệu này. “Tuy nhiên, chúng tôi đã tiến hành các tính toán bằng lý thuyết phiếm hàm và giả thiết rằng TC hầu như phải xung quanh 1 K nếu như các phonon có chức năng đó”. Nhóm của Haule đã tính toán được rằng các hợp chất không pha tạp LaOFeAs có tính kim loại rất tồi ở nhiệt độ thấp và hầu như là một chất cách điện. Haule nói trên Physicsworld.com: “Đây là một bằng chứng mạnh mẽ để nói rằng tính siêu dẫn không phải được trung gian bởi các phonon, tính chất đòi hỏi phải ở trạng thái kim loại rất tốt với

các hạt tải kết hợp”.

Hình 2. Sự thay đổi của điện trở suất và độ cảm từ phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu. Tính chất chuyển pha xảy ra ở 26 K (J. Am. Chem. Soc. 130 3296).

Thật vậy, tính kim loại kém này giống như các chất siêu dẫn nhiệt độ cao bị pha tạp nhẹ - Haule giải thích thêm. Theo nhóm của Haule, điều này có nghĩa rằng các lý thuyết liên kết yếu – ví dụ lý thuyết thăng giáng spin – từng được giả thuyết trong quá khứ để mô tả các hợp chất cuprates sẽ không còn hữu ích để giải thích tính siêu dẫn trong các hợp chất LaOFeAs. Và các kết quả nghiên cứu thực nghiệm sơ bộ từ nhóm của Hosono rất phù hợp với những phát hiện này.

Vật liệu siêu dẫn mới này cũng là một bằng chứng để chứng tỏ rằng tính siêu dẫn không bị hạn chế bởi các ôxit đồng và một vài hợp chất khác dựa trên Uranium (U), Cerium (Ce), Plutonium (Pu). Mặc dù tính siêu dẫn có thể bị phá hủy bởi từ trường cao, nhưng khám phá đã chỉ ra rằng thậm chí nó có thể tồn tại trong các vật liệu có từ tính mạnh (ví dụ như Sắt khi được bao quanh bởi các nguyên tử thích hợp, mà trong trường hợp này là As). Hơn nữa, hiệu ứng này có liên quan đến tính chất quỹ đạo của điện tử, mà thường bị bỏ quên trong các hợp chất cuprates, cũng có thể đóng vai trò quan trọng. Haule tin rằng loại vật liệu siêu dẫn mới này có thể cực kỳ quan trọng cho công nghệ nhưng vẫn rất cần nhiều nghiên cứu thêm trước khi nói gì một cách chắc chắn.

Vạn lý Độc hành (Theo Physicsworld.com & American Chemical Society, Vật lý Việt Nam)