

CÁC SỌC VẪN KÍCH THƯỚC NANO CÓ THỂ LÀ NGUYÊN NHÂN QUAN TRỌNG CHO TÍNH SIÊU DẪN?

Một nhóm nghiên cứu ở Đức vừa phát hiện ra sự tồn tại của các cấu trúc đặc biệt có dạng các đường sọc kích thước nanomet (nanostripe) trong hợp chất siêu dẫn nhiệt độ cao làm từ các hợp chất gốm SmBaCuO. Nhiều nhà vật lý tin rằng cấu trúc này đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra tính siêu dẫn trong khi cũng có nhiều nhà vật lý khác chưa đồng ý với giả thiết này.

Một nhóm nghiên cứu ở Đức vừa phát hiện ra sự tồn tại của các cấu trúc đặc biệt có dạng các đường sọc kích thước nanomet (nanostripe) trong hợp chất siêu dẫn nhiệt độ cao làm từ các hợp chất gốm SmBaCuO. Nhiều nhà vật lý tin rằng cấu trúc này đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra tính siêu dẫn trong khi cũng có nhiều nhà vật lý khác chưa đồng ý với giả thiết này.

Ứng dụng levitation của chất siêu dẫn

Kết quả mới này không chỉ gây ra những cuộc tranh luận sôi nổi mà còn làm sáng tỏ nhiều vấn đề liên quan đến nguồn gốc của tính siêu dẫn nhiệt độ cao, vấn đề vẫn còn là một trong những bí ẩn lớn nhất của vật lý trong 2 thập kỷ qua.

Hầu hết các vật liệu siêu dẫn nhiệt độ cao dạng gốm hiện nay thường chứa các hạt song song ôxit đồng (CuO) với các nguyên tố khác bị kẹp giữa các lớp này. Các nguyên tử đồng nằm trên một ô mạng hình vuông và điện tích được vận chuyển bởi các lỗ trống nằm ở vị trí Ôxi. Các đo đạc tán xạ tia X trước đây trên vật liệu gốm siêu dẫn YBaCuO đã chỉ ra rằng phổ chứa các vạch khuếch tán đặc trưng được cho là sự hình thành của các sọc lần trong các hạt ôxit đồng. Nhiều nhà vật lý tin rằng các sọc lần này sẽ tạo ra các kênh vận chuyển cho dòng siêu dẫn.

Tuy nhiên, năm 2004, các nhà nghiên cứu ở Đức lại phát hiện ra rằng các đặc tính này có nguồn gốc là do các sai hỏng ở vị trí Ôxi. Đồng thời với các kết quả này, một nhóm nghiên cứu độc lập ở Mỹ cũng quan sát thấy các đốm kích thước nano, và giả thiết là siêu cấu trúc giống như được quan sát bởi nhóm ở Đức. Các kết quả này có nghĩa là các sọc điện tích có thể không đóng vai trò cho khả năng vận chuyển dòng siêu dẫn của các chất siêu dẫn nhiệt độ cao.

Hình 1. Ảnh AFM (a) và STM (b) của các đơn tinh thể Sm123.

Cả hai ảnh đều cho thấy các sọc lần tuần hoàn với chu kỳ khoảng 50 nm

(Theo Supercond. Sci. Technol. 20 681).

Mới đây, Michael Koblishka cùng cộng sự ở Đại học Saarland (Saarbrücken, Đức) đã quan sát thấy các cấu trúc có dạng các sọc lần ở kích thước nanomet trong hợp chất SmBaCuO. Hình ảnh quan sát trên kính hiển vi tunneling cho thấy các sọc này hầu như song song với nhau ở những

khoảng dài tới vài micromet, và thỉnh thoảng tạo ra các gợn sóng. Các nhà nghiên cứu cho rằng các cấu trúc này có thể đóng vai trò các "tâm hãm" (pinning sites) nhờ tính tuần hoàn ở kích thước rất nhỏ (chỉ cỡ từ 10 đến 60 nm). Đây là các kích thước lý tưởng của tâm hãm để tạo ra mật độ dòng tới hạn cao thậm chí ở nhiệt độ xung quanh 77 K.

Nhóm của Koblischka cũng quan sát thấy các sọc lần này trong các đơn tinh thể SmBaCuO chế tạo bằng kỹ thuật top-speed và trong các mẫu nóng chảy định hướng. Các quan sát chi tiết trên AFM và STM cho thấy các sọc lần nano này được hình thành bởi các chuỗi riêng biệt của các đám nano (nanocluster) từ các ô đơn vị của pha giàu Sm ($\text{Sm}_{1+x}\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_y$).

Hình 2. Các nanostripe quan sát thấy trong các mẫu nóng chảy định hướng
(Theo Supercond. Sci. Technol. 20 681).

"Nhiệt độ chuyển pha cao tới 93,5 K và mật độ dòng tới hạn lớn tới 38000 A/cm² (ở 77 K và từ trường 2 T) làm cho vật liệu này cực kỳ hữu ích cho các ứng dụng khối (ví dụ như các ứng dụng levitation (các hiện tượng treo lơ lửng))" - Koblischka nói - "Mặc dù nguyên nhân của sự cải thiện tính chất siêu dẫn này vẫn chưa được làm sáng tỏ, nhưng sự xuất hiện của các sọc lần nano có thể sẽ là chìa khóa mở ra sự lý giải".

Các nhà vật lý cũng dự đoán là điều khiển các tâm hãm chạy dọc trong thể tích vật thể có thể giúp cho việc cải thiện mật độ dòng tới hạn còn lớn hơn, đặc biệt ở trong từ trường cao. Xem chi tiết các kết quả vừa công bố trên Superconductor Science and Technology 20 (2007) 681.

Vạn lý Độc hành