

BÁN DẪN CÓ ĐỘ RỘNG VÙNG CẤM CÓ THỂ THAY ĐỔI ĐƯỢC

Một nhóm các nhà vật lý quốc tế vừa lần đầu tiên tạo ra loại vật liệu bán dẫn có độ rộng khe năng lượng giữa vùng hóa trị và vùng dẫn (độ rộng vùng cấm) có thể thay đổi một cách đơn giản bằng cách đặt một điện trường ngoài. Vật liệu là

Một nhóm các nhà vật lý quốc tế vừa lần đầu tiên tạo ra loại vật liệu bán dẫn có độ rộng khe năng lượng giữa vùng hóa trị và vùng dẫn (độ rộng vùng cấm) có thể thay đổi một cách đơn giản bằng cách đặt một điện trường ngoài. Vật liệu là loại "lớp đôi graphene" (graphene bilayer) được tạo nên từ các bon và chỉ có chiều dày 2 lớp nguyên tử. Nhóm nghiên cứu khẳng định rằng vật liệu bán dẫn này có thể được sử dụng để tạo ra các transistor, laser và các linh kiện khác với tính chất có thể điều chỉnh cực kỳ dễ dàng, hơn rất nhiều so với các vật liệu bán dẫn kinh điển kiểu như Si (xem thêm chi tiết trên Phys Rev Lett 99 216802).

Các chất bán dẫn sở dĩ rất hữu ích bởi chúng có thể sử dụng để đóng mở dòng điện. Điều này được thực hiện bằng cách đặt vào một hiệu điện thế nhỏ lên các hệ làm từ chất bán dẫn, cung cấp năng lượng cho các điện tử vượt qua khe năng lượng trống giữa vùng hóa trị và vùng dẫn. Tuy nhiên, độ rộng của khe năng lượng này (độ rộng này có thể quy định thế đóng mở) lại là một thuộc tính nội tại của chất bán dẫn và chỉ có thể thay đổi bằng cách thay đổi thành phần hóa học hoặc cấu trúc của vật liệu.

Một chất bán dẫn với độ rộng vùng cấm điều chỉnh được ví dụ như nhờ một hiệu điện thế từ bên ngoài có thể dẫn tới việc tạo ra một loạt các linh kiện điện tử kiểu mới, hay đáng kể nhất là các laser có bước sóng có thể điều chỉnh với một độ chính xác tuyệt vời. Và mới đây, nhóm nghiên cứu của Antonio Castro (Đại học Boston, Hoa Kỳ) cùng các đồng nghiệp ở Mỹ, Bồ Đào Nha, Tây Ban Nha và Anh quốc, đã lần đầu tiên tạo ra một loại chất bán dẫn có tính chất đó từ graphene. Loại vật liệu này là một tấm carbon mỏng với chiều dày chỉ một lớp nguyên tử, và thông thường sẽ không có khe năng lượng giữa vùng hóa trị và vùng dẫn. Tuy nhiên, khi thay bằng hai lớp graphene chồng lên nhau để tạo nên một lớp kép, khe năng lượng được hình thành nếu vật liệu được đặt giữa 2 điện cực dương và âm (đặt trong điện trường).

Hình 1. Lớp đôi graphen (a) và sự phụ thuộc của độ rộng khe năng lượng vào mật độ hạt dẫn và phụ thuộc vào điện trường ngoài (d) (Phys. Rev. Lett. 99 216802).

Theo các tính toán lý thuyết của nhóm, khi năng lượng được tạo ra là do hiệu điện thế ngược tạo ra một sự chênh lệch các điện tử mang điện tích âm ở một lớp và do đó tạo ra các lỗ trống mang điện

tích dương ở lớp còn lại. Các điện tử và lỗ trống này cặp đôi với nhau, tạo ra một chuẩn hạt, mà các hành vi của chúng khác hẳn so với từng hạt riêng lẻ. Một đặc tính riêng của các điện tử và lỗ trống trong graphene là chúng có thể di chuyển trong vật liệu giống như là chúng không có khối lượng nghỉ, hay nói cách khác chúng tạo cho vật liệu có độ dẫn rất tốt. Tuy nhiên, các chuẩn hạt thì lại có năng lượng nghỉ, và the Castro Neto, khối lượng này dẫn đến việc tạo ra khe năng lượng mà chúng phải vượt qua trước khi dòng điện có thể truyền qua.

Nhóm đã đo khối lượng của chuẩn hạt trong băng lớp đôi graphen với kích cỡ khoảng 1 micromet chiều rộng và một vài micromet chiều dài. Lớp graphene này được dính trên một phiến silicon đã được ôxi hóa và một hiệu điện thế ngoài được đặt vào giữa Si và một điện cực bên trên lớp graphen. Một từ trường ngoài cũng đã được đặt lên lớp đôi này, tạo cho các chuẩn hạt di chuyển trên quỹ đạo hình tròn, tạo ra hiệu ứng cộng hưởng cyclotron. Nhóm đã đo được chu kỳ cộng hưởng, phụ thuộc vào khối lượng của chuẩn hạt. Họ phát hiện ra rằng khối lượng cyclotron này tăng khi hiệu điện thế ngoài tăng từ 0 đến 100 V, cho phép họ kết luận rằng khe năng lượng cũng thay đổi từ 0 đến 150 meV.

Castro Neto nói với tạp chí Physicsworld.com rằng chất bán dẫn graphene này có thể được sử dụng trong nay mai để tạo ra một loại transistor mới, hay các loại laser và các cảm biến phân tử mà ở đó cần sử dụng sự thay đổi độ rộng vùng cấm để điều chỉnh tính chất. Thuộc tính này khi được kết hợp với graphene có kích thước nhỏ, độ bền cơ học cao, độ dẫn điện, dẫn nhiệt rất tốt đã khiến cho nó trở nên hết sức hấp dẫn để thay thế các chất bán dẫn kinh điển mà Si là một ví dụ.

Vạn lý Độc hành

Theo PhysicsWeb.org & Physical Review Letters, Vật lý Việt Nam