

Sợi bán dẫn lượng tử dạng vân cá nhiệt đới: MỘT ĐỘT PHÁ CHO CÔNG NGHỆ BÁN DẪN VI MẠCH

GS Đặng Lương Mô

Giáo sư Danh dự Đại học Hosei, Tokyo, Nhật Bản

Mới đây, các nhà nghiên cứu thuộc Cơ quan Phát triển Khoa học Công nghệ Nhật Bản và 2 đại học hàng đầu của Nhật Bản là Kyoto và Tokyo đã tìm ra phương pháp chế tạo sợi bán dẫn lượng tử nanômét bằng chất bán dẫn RuCl_3 . Kết quả nghiên cứu đã được công bố trong bài báo khoa học “Growth of self-integrated atomic quantum wires and junctions of a Mott semiconductor” đăng trên Tạp chí Science Advances của Hiệp hội Phát triển Khoa học Mỹ (AAAS). Kết quả này được đánh giá hứa hẹn mở ra “một chân trời mới”, một bước đột phá về công nghệ liên quan đến sự phát triển của vi mạch bán dẫn.

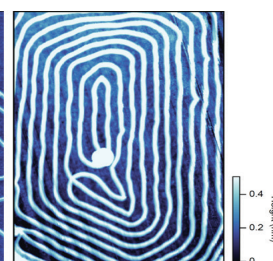
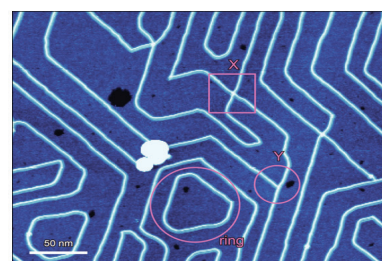
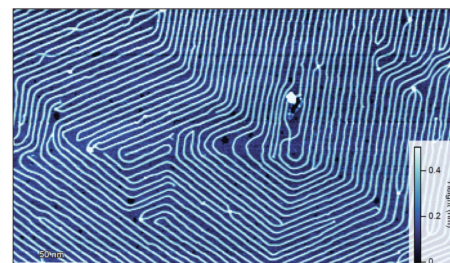
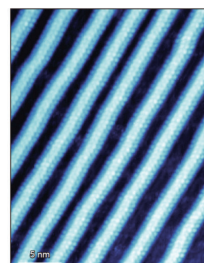
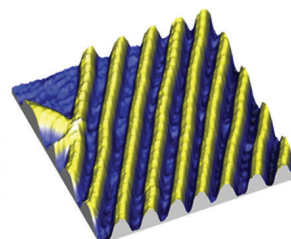
Bối cảnh nghiên cứu và thành quả ban đầu

Công nghệ bán dẫn vi mạch hiện đang đóng vai trò chủ chốt trong nền văn minh hiện đại. Đây là điều không ai phủ nhận được. Chỉ cần nhìn xung quanh, chúng ta sẽ thấy: Không một sản phẩm công nghiệp hiện đại nào, từ cái “tai nghe” nhỏ bé có thể nhét vào lỗ tai, cho đến một “tàu sân bay” khổng lồ lớn hơn một sân bóng... có thể hoạt động nếu thiếu vi mạch bán dẫn. Tuy nhiên, công nghệ thu nhỏ kích thước thiết kế vi mạch bán dẫn đang dần dần đạt tới giới hạn.

Áp dụng phương pháp “đi từ trên xuống (top down)” thì công nghệ quang khắc (lithography) dùng tia tử ngoại (Ultra-Violet, UV) cũng chỉ tới được mức vài chục nm; thậm chí, vận dụng tia cực tử ngoại (Extreme Ultra-Violet, EUV), tức là “tia X mềm” (Soft X-ray) thì công nghệ này cũng hiện đang dậm chân ở mức vài nm. Ngoài ra, còn có công nghệ nano imprint (áp triện nano) có thể cạnh tranh được với công nghệ quang khắc EUV, nhưng cũng chưa có gì đảm bảo là công nghệ này có thể tiến vào giới hạn 1 nm.

Còn nếu áp dụng phương pháp “đi từ dưới lên (bottom up)”, nghĩa là tạo ra những sợi bán dẫn từ nhỏ nhất tới lớn dần lên, thì việc tạo ra những sợi bán dẫn có kích cỡ nguyên tử như vậy không khó, nhưng lại vấp phải trở ngại là: khó tạo ra được những sợi bán dẫn có kích thước đồng nhất và phối trí có thể kiểm soát được. Đây chính là lý do tại sao nhóm nghiên cứu nêu trên đã khổ công mày mò, tìm cho ra một phương pháp hữu hiệu để giải bài toán hóc búa này.

Câu hỏi đặt ra ở đây là: làm thế nào hình thành được những sợi lượng tử khổng lồ rộng cỡ vài nguyên tử, đồng

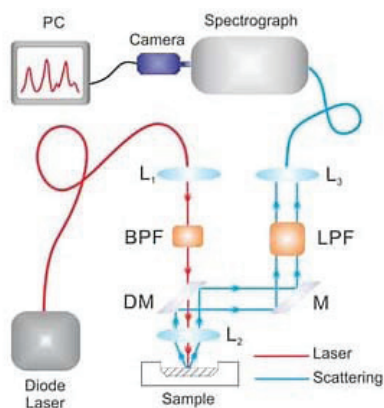


Hình 1. Phía trên cùng, hình trái là cá nhiệt đới với lớp da có vân song song cách nhau khoảng 10 nm; bên phải là sợi lượng tử bán dẫn Ruthenium chloride với khoảng cách ghi bằng đường kẻ màu đỏ 10 nm; những hình còn lại đều là những sợi bán dẫn lượng tử quan sát bằng kính hiển vi điện tử Scanning Tunneling Microscope.

thời làm sao khiến những sợi lượng tử như vậy xếp hàng chỉnh tề, hoặc tạo thành những mối nối (junction) hoặc vòng xuyên một cách tự nhiên. Một cơ chế vật lý như vậy có thể tồn tại không?

Thật ra, ở kích thước lớn hơn nguyên tử, người ta đã biết đến loại “hoa văn Turing”, đặt theo tên của nhà toán học tiên phong trong ngành khoa học máy tính Alan Turing. Hoa văn Turing phát sinh tự nhiên khi hai vật chất khác nhau phản ứng với nhau hoặc khuếch tán lẫn vào nhau. Điển hình của loại hoa văn này là những mẫu hình giống như những đường thẳng song song trông như “vân cá nhiệt đới” (hình 1) hoặc hình đa giác như “khuang da hươu cao cổ”. Ở kích cỡ lớn hơn nguyên tử, sự xuất hiện của hoa văn Turing đã được biết đến. Nhưng ở kích cỡ nguyên tử, hoa văn như vậy có xuất hiện hay không vẫn còn là một ẩn số.

Sự kết hợp của các nhóm nghiên cứu thuộc Cơ quan Phát triển Khoa học Công nghệ Nhật Bản, Đại học Kyoto và Đại học Tokyo đã phát hiện được phương pháp tạo ra sợi bán dẫn lượng tử trực tiếp từ các nguyên tử bán dẫn Ruthenium Clorure bồi đắp trên đế Graphite (hình 2).



Hình 2. Hình minh họa phương pháp bồi đắp sợi bán dẫn Ruthenium Clorure trên nền Graphite bằng tia laser chớp nháy (PLD).

Trong bài báo khoa học “Growth of self-integrated atomic quantum wires and junctions of a Mott semiconductor” đăng trên Tạp chí *Science Advances*, các tác giả đã nhắc tới “Mott transistor”. Điều đó cho thấy, thành quả nghiên cứu lần này rõ ràng là nhắm tới sự kế tục công nghệ vi mạch dùng MOS transistor. Mott Transistor cũng giống như MOS transistor, cả hai đều là “nút bật tắt (switch)” dòng điện. Nếu ở MOS transistor người ta áp một điện thế vào cực cổng (Gate) để tạo ra kênh (Channel) truyền dẫn cho dòng điện chạy qua, thì Mott Transistor biến dạng từ chất cách

điện (Insulator) thành kim loại (Metal) cho dòng điện dễ lưu thông.

Đôi điều suy ngẫm

Trong phiên họp báo về thành quả nêu trên, đại diện của nhóm nghiên cứu đã nhắc tới “cơ may” và trích dẫn câu: “Phát hiện ngẫu nhiên nhờ may mắn” (serendipity) giúp cho hoạt động nghiên cứu của nhóm có được một cái kết viên mãn.

Từ serendipity do nhà văn người Anh, Horace Walpole (1717-1797) tạo ra dựa theo từ Serendip, tên gọi cũ của vùng đất Sri Lanka. Serendip vốn là một phần của cuốn truyện thần tiên có nhan đề “Ba hoàng tử Serendip”. Trong truyện có viết: “Các hoàng tử ngao du hay phát hiện ra những điều mới lạ, hoặc do ngẫu nhiên hoặc do khôn khéo, chứ không do cố ý đi tìm”. Walpole đã thêm vĩ ngữ “ity” cho danh từ riêng Serendip để tạo ra danh từ chung “serendipity” với nghĩa là: phát hiện ngẫu nhiên nhờ may mắn.

Nói cho cùng, “phát hiện ngẫu nhiên” là chuyện thường gặp khi một nhà khoa học lúc nào cũng đau đầu với một khúc mắc triền miên, cho nên chỉ cần một tia chớp đã đủ khiến cho người ta tỉnh ngộ!

Isaac Newton phát hiện ra Định luật Vạn vật hấp dẫn khi thấy quả táo rơi trước mắt, Archimedes la lên “Eureka! Eureka!” khi ngồi vào bồn tắm đầy nước và phát hiện ra lực đẩy của nước (giải thích cơ chế nổi của vật thể trên mặt nước)... tất cả đều là phát hiện ngẫu nhiên nhưng hẳn đã tàng chứa một “cơ may”.

Cái cơ may đó không đến với những người thờ ơ trước hiện tượng phức tạp của vạn vật. Một nhà khoa học tránh né phức tạp, chỉ muốn “ăn xổi” thì đâu có đạt được thành quả nghiên cứu cũng sẽ ít có ảnh hưởng sâu đậm, không có sự lan tỏa rộng rãi được. Chỉ khi người ta dám dấn thân vào chiều sâu của hoạt động nghiên cứu cơ bản, sẵn sàng hy sinh thời gian, tâm lực, thậm chí cả tiền bạc, cho hoạt động nghiên cứu như vậy, thì mới mong tạo ra được những “đột phá” có sức lan tỏa rộng lớn, sâu xa ✍

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tokyo University (2023), <https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/press/10180/html> (in Japanese), accessed 22 October 2023.
2. Tomoya Asaba, L. Peng, T. Ono, et al. (2023), “Growth of self-integrated atomic quantum wires and junctions of a Mott semiconductor”, *Science Advances*, **9(18)**, DOI:10.1126/sciadv.abq5561.