

KỸ THUẬT MỚI QUAN SÁT CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐIỆN TỬ VỚI ĐỘ CHÍNH XÁC TỚI ATTO GIÂY

Các nhà nghiên cứu Châu Âu vừa phát triển kỹ thuật mới cho phép nghiên cứu chuyển động của các điện tử trong chất rắn với độ chính xác trong khoảng thời gian ngắn tới atto giây (10-16s). Với kỹ thuật này, nhóm nghiên cứu có thể đo một cá

Các nhà nghiên cứu Châu Âu vừa phát triển kỹ thuật mới cho phép nghiên cứu chuyển động của các điện tử trong chất rắn với độ chính xác trong khoảng thời gian ngắn tới atto giây (10-16s). Với kỹ thuật này, nhóm nghiên cứu có thể đo một cách chính xác khoảng thời gian điện tử di chuyển ra tới bề mặt của mẫu khi chúng được kích thích bởi ánh sáng laser.

Giờ đây có thể ghi nhận chính xác thời gian dịch chuyển của điện tử trong chất rắn?

Các thí nghiệm về quang phổ phát xạ đã cho thấy rằng các điện tử từ vùng dẫn bị dịch chuyển với tốc độ gấp 2 lần các điện tử liên kết trong vùng hóa trị.

Lý thuyết nguyên tử "bán cổ điển" Bohr đã dự đoán rằng, điện tử mất khoảng thời gian là 150 atto giây khi chuyển động trên quỹ đạo (đối với điện tử của nguyên tử Hydrogen). Hạt nhân nguyên tử thực tế chuyển động chậm hơn rất nhiều, có nghĩa là quang phổ kế atto giây có thể sử dụng để nghiên cứu các tính chất khi mà nguyên tử cơ bản bị đóng băng trong một thời gian.

Trong khi kỹ thuật quang phổ atto giây cho các khí nguyên tử tiến hành thì các thí nghiệm tương tự thực hiện đối với chất rắn lại bị giới hạn bởi độ phân giải thời gian femto giây (10-14s). Và mới đây, nhóm nghiên cứu của Ferenc Krausz cùng các đồng nghiệp ở Viện Max Planck về Quang học Lượng tử ở Garching (Đức), và các nhà vật lý đến từ một số trường Đại học khác ở Đức, Áo và Tây Ban Nha đã xây dựng thành công một phương pháp cho phép ghi phổ atto giây của điện tử phát xạ từ bề mặt của chất rắn.

Kỹ thuật mới này sử dụng ánh sáng tử ngoại xa (extreme ultraviolet - XUV) kích thích mẫu để phát xạ ra các điện tử theo cơ chế của hiệu ứng quang điện. Cùng lúc đó một xung ánh sáng hồng ngoại dài hơn rất nhiều được chiếu phản xạ trên bề mặt của mẫu. Khi điện tử bật ra khỏi bề mặt mẫu, nó sẽ được gia tốc bởi ánh sáng hồng ngoại hướng về phía cảm biến ghi nhận "thời gian dịch chuyển" (time-of-flight - TOF) được đặt bên trên mẫu. Thiết bị này cho phép ghi nhận thời gian điện tử di chuyển của điện tử với độ chính xác tới atto giây.

Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của kỹ thuật mới (Nature 449 1029).

Nhóm đã chứng tỏ hiệu quả của kỹ thuật này bằng cách nghiên cứu thời gian dịch chuyển của điện tử bật ra khỏi bề mặt của một mẫu tinh thể tungsten khi hấp thụ photon ánh sáng XUV. Họ đã phát hiện ra điện tử thoát ra khỏi vật liệu theo hai nhóm riêng biệt một khoảng thời gian khoảng 110 atto giây. Bằng cách ghi nhận lại động năng của điện tử trong từng nhóm, Krausz cùng các đồng nghiệp đã kết luận rằng nhóm đầu tiên thoát ra là điện tử từ vùng dẫn, và tiếp theo là các điện tử ở trạng thái bị liên kết (trên nhóm f).

Cũng theo các kết quả nghiên cứu của nhóm, có một sự trễ khoảng 20 atto giây xuất hiện do các điện tử liên kết bị kích thích có thể di chuyển dài hơn qua mẫu tungsten so với các điện tử bị kích thích từ vùng dẫn, và do đó các điện tử liên kết cũng giống như đến từ một vị trí sâu hơn từ trong mẫu. Khoảng 90 atto giây trễ còn lại tương ứng với sự khác biệt về động năng giữa điện tử liên kết và điện tử dẫn (được tạo ra nhờ hấp thụ một photon XUV).

Hình 2. Bằng chứng về sự trễ thời gian dịch chuyển của 2 nhóm điện tử: điện tử phát xạ từ vùng dẫn (đồ thị màu đỏ) và điện tử từ vùng liên kết 4f (đồ thị màu xanh) (Nature 449 1029).

Độ phân giải thời gian atto giây thực tế là một giới hạn dịch chuyển của một điện tử hoạt động trong các linh kiện điện tử. Vì thế, trên nguyên tắc, các mạch điện tử tí hon với kích thước chỉ một vài nguyên tử có thể đóng mở dòng điện với tần số lên tới petahertz (10¹⁵ Hz), có nghĩa là với một tốc độ nhanh gấp một triệu lần so với các bộ vi xử lý hiện nay. Tuy nhiên, ở thời điểm hiện tại cũng có rất ít các hiểu biết về việc một điện tử chuyển động như thế nào trong những mạch điện tử như thế - và đó là lý do mà nhóm của Krausz tin rằng kỹ thuật của họ có thể hết sức hữu ích cho việc phát triển các linh kiện điện tử trong tương lai.

(Xem chi tiết bài báo vừa được công bố trên Nature 449 1029).

Vạn lý Độc hành