



Hình 1: Khúc xạ trong chất lỏng có chiết suất dương (hình trái) và trong chất lỏng giả tưởng có chiết suất âm [0. Hess, Nature 455 (2008) 299].

Siêu vật liệu

■ Trương Văn Tân

Những vật chất thiên nhiên thường có chiết suất n trong khoảng 1 đến 3 (thí dụ: chân không $n = 1$, thủy tinh $n = 1,5$, kim cương $n = 2,4$). Từ năm 2000, một loại vật liệu nhân tạo gọi là “siêu vật liệu” (metamaterials) đã được thiết kế và đang trở thành một đề tài nghiên cứu “nóng”. Gần đây, các nhà khoa học Hàn Quốc mang đến một kết quả kinh ngạc. Họ thiết kế thành công một siêu vật liệu có chiết suất cực kỳ to, $n = 33$ [M. Choi et al, Nature 470 (2011)369]. Khác với vật liệu thiên nhiên như các chất vô cơ, hữu cơ, kim loại và oxit kim loại, siêu vật liệu là một cấu trúc được thiết kế hoàn toàn nhân tạo bằng cách bố trí những đơn vị cấu trúc sao cho chiết suất quang học có trị số theo ý muốn kể cả trị số âm. Hãy tưởng tượng khi ta có một chất lỏng có chiết suất âm, sự khúc xạ sẽ xảy ra ở một hướng nghịch lại (hình1)

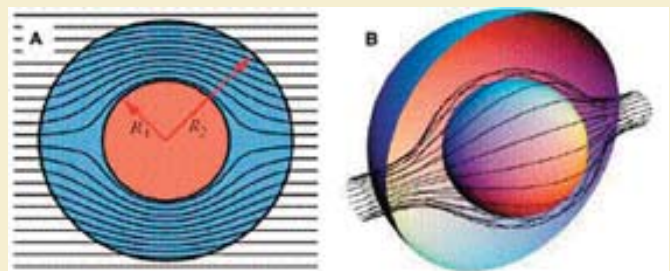
Vật liệu nhân tạo này được biểu hiện bằng tiền tố “siêu” dịch từ chữ “meta” từ tiếng Hy Lạp, nghĩa là “vượt”. Siêu vật liệu “vượt” qua những vật liệu thiên nhiên nằm ở ý nghĩa là khi đơn vị cơ bản của vật chất như chúng ta thường biết là phân tử, thì trong siêu vật liệu là những đơn vị cấu trúc nhân tạo có kích cỡ từ milimét đến nanomét. Chúng có thể là que micro/nano vàng, sợi micro/nano bạc, vòng kim loại hay là mạng lưới vi mô. Hình dáng, kích thước và cách sắp xếp của những đơn vị này được tính toán để thích ứng cho một ứng dụng do sự tương tác giữa siêu vật liệu và sóng điện từ (ánh sáng).

Siêu vật liệu có chiết suất âm có ngay một tiềm năng ứng dụng là chế tạo ra “siêu thấu kính” (superlens). Các thấu kính quang học bình thường không cho hình ảnh rõ rệt của vật quan sát khi vật này có kích thước tương đương với bước sóng ánh sáng do sự nhiễu xạ. Nếu bước sóng của ánh sáng trắng là 550 nm (nanomét) thì ảnh của vật nhỏ hơn 550 nm (độ lớn của vi-rút) trong kính hiển vi quang học sẽ bị nhiễu. Tuy nhiên, siêu thấu kính có chiết suất âm sẽ không bị ảnh hưởng của sự nhiễu

ảnh. Điều này cho thấy siêu thấu kính sẽ cho một dụng cụ quang học để quan sát một vật có độ lớn nhỏ hơn bước sóng của ánh sáng. Khả năng “kỳ quái” của siêu thấu kính lập tức có những đề nghị ứng dụng trong li-tô quang tạo ra những vi mạch đến cấp nanomét, sản xuất các loại đĩa quang học (DVD, CD) với lượng trữ dữ liệu vài trăm lần nhiều hơn và tiềm năng xử lý dữ liệu bằng ánh sáng trong máy vi tính hay dụng cụ điện tử.

Một ứng dụng khác là “tàng hình”. Khi chúng ta nhìn mặt đường vào mùa hè nóng bức, từ một khoảng cách thích hợp ta thấy trước mắt xuất hiện một “vũng nước” lung linh ảo ảnh của bầu trời và cây cối bên đường. Hiện tượng này do sự thay đổi dần dần của chiết suất từ trị số to của không khí lạnh phía trên đến trị số nhỏ hơn của không khí nóng tiếp giáp với mặt đường. Sự thay đổi chiết suất uốn cong đường đi của ánh sáng. Các nhà khoa học cũng đã thiết kế siêu vật liệu có sự thay đổi chiết suất làm cong đường đi của sóng điện từ xung quanh một vật như dòng nước chảy quanh khối đá nhô lên giữa dòng. Vì không có sự phản xạ sóng từ vật nên đối với người quan sát vật này “tàng hình”. Như vậy, siêu vật liệu không những có thể có chiết suất âm mà còn là một tập hợp của những mảnh khảm (mosaic) quang học mang từng trị số chiết suất khác nhau làm cong đường đi sóng điện từ tùy theo ý muốn của con người.

Bằng cách thay đổi hình dạng đơn vị cấu trúc, các nhà khoa học Hàn Quốc hứa hẹn sẽ gia tăng chiết suất từ 33 đến vài trăm. Siêu vật liệu quả là “siêu” vì những tiềm năng ứng dụng mà con người chưa lường hết được. □



Hình 2: Đường đi của sóng điện từ trong siêu vật liệu: (A) Biểu hiện hai chiều, vật bị phủ là quả cầu tròn có bán kính R_1 , và lớp phủ có bề dày $(R_2 - R_1)$ và (B) Biểu hiện ba chiều [J. B. Pendry et al, Science 312 (2006) 1780].