



ایبداع سوئیچ‌های نوری اتمی برای کنترل تک فوتون‌ها

دانشمندان سوئیچ‌های نوری اتمی را برای کنترل تک فوتون‌ها در صورت نیاز ساختند.

دانشمندان سوئیچ‌های نوری اتمی را برای کنترل تک فوتون‌ها در صورت نیاز ساختند. آنها با چرخاندن کریستال‌های فوق نازک و استفاده از بسته‌های الکتریکی، کنترل به سبب‌های به نوبت، که انتمی، در مقایسه، اتمی، به دست آوردند. به گزارش ایسنا، یک سوئیچ نوری را تصور کنید که آنقدر کوچک است که فقط از چند اتم ساخته شده و آنقدر دقیق است که نور را به صورت ذره‌ای آزاد می‌کند.

این سوئیچ‌های کوچک که «ساطع کننده‌های کوانتومی» نامیده می‌شوند، یکی از اجزای اصلی فناوری‌های آینده مانند رایانه‌های کوانتومی، شبکه‌های ارتباطی فوق امن و حسگرهای بسیار حساس در نظر گرفته می‌شوند. به نقل از آی‌ای، سال‌هاست که دانشمندان برای درک کامل و کنترل آنها تلاش کرده‌اند، اما این وضعیت برای مدت طولانی ادامه نخواهد داشت. اکنون محققان در ایالات متحده در یک مطالعه جدید، فرآیند شناسایی، طراحی و قرار دادن منابع تک فوتونی با دقت اتمی داخل مواد فوق نازک را روشن کرده‌اند. این دستاورد یکی از بزرگترین موانع در علم مواد کوانتومی را از بین می‌برد و دستگاه‌های کوانتومی کاربردی را بسیار به واقعیت نزدیک تر می‌کند.

معمای ساطع کننده‌های کوانتومی
ساطع کننده‌ها یا منتشرکننده‌های کوانتومی با آزاد کردن فوتون‌های منفرد در صورت نیاز کار می‌کنند. این توانایی بسیار مهم است، زیرا فناوری‌های کوانتومی به کنترل مطلق بر نور و اطلاعات متکی هستند. مشکل همیشه قابلیت مشاهده و کنترل بوده است. نقص‌های اتمی دقیق مسئول این ساطع کننده‌ها، فوق العاده کوچک هستند و مشاهده آنها دشوار است. دانشمندان می‌توانند نحوه انتشار نور آنها را مطالعه کنند یا ساختار اتمی آنها را بررسی کنند، اما نمی‌توانند هر دو را همزمان مطالعه کنند. جیانگو ون (Jianguo Wen)، یکی از نویسندگان این مطالعه و دانشمند مواد در آزمایشگاه ملی آرگون می‌گوید: چالش در مطالعه ساطع کننده‌های کوانتومی این است که رفتار نوری آنها توسط ساختار اتمی آنها تعیین می‌شود که مشاهده مستقیم آن بسیار دشوار است.

این محدودیت اساسی مدت‌هاست که ساطع کننده‌های کوانتومی را مرموز و مهندسی آنها را دشوار نگه داشته است. با این حال، تحقیقات جدید سرانجام با استفاده از یک رویکرد هوشمند بر این بده بستان غلبه می‌کند.

حل مسئله اتم به اتم
نویسندگان این مطالعه بر «نیتريد بور» شش ضلعی، یک کریستال دو بعدی فوق نازک که تنها چند اتم ضخامت دارد و از قبل به عنوان میزبان ساطع کننده‌های کوانتومی شناخته شده است، تمرکز کردند. آنها از یک ابزار قدرتمند سفارشی به نام «میکروسکوپ نانومواد الکترونی ساطع کننده کوانتومی» (QUEEN-M) استفاده کردند. این میکروسکوپ پیشرفته، تصویربرداری در مقیاس اتمی را با تکنیکی به نام طیف سنجی کاتدولومینسانس (CL) ترکیب می‌کند. به عبارت ساده، محققان یک پرتو الکترونی کاملاً متمرکز را به ماده شلیک کردند. هنگامی که الکترون‌ها به نقصی در کریستال برخورد می‌کنند، آن نقص، نور ساطع می‌کند. دانشمندان با مطالعه رنگ و روشنایی نور ساطع شده می‌توانند دقیقاً بفهمند که کدام ساختارهای اتمی مسئول آن هستند.

این رویکرد یک مشکل دیرینه را حل کرد، به طور معمول، مطالعه انتشار نور نیاز به نمونه‌های ضخیم تر دارد، در حالی که مطالعه ساختار اتمی به نمونه‌های بسیار نازک نیاز دارد. بنابراین «QUEEN-M» به محققان اجازه داد تا هر دو را به طور همزمان انجام دهند و انتشار نور را مستقیماً به نقص‌های اتمی خاص مرتبط کنند.

این تمام ماجرا نیست. محققان کشف مهم دیگری انجام دادند و آن، پیچاندن لایه‌های نیتريد بور شش ضلعی در زوایای خاص بود که رابط‌های پیچ خورده خاصی ایجاد کرد که سیگنال نوری ساطع کننده‌های کوانتومی را به طرز چشمگیری (گاهی اوقات تا ۱۲۰ برابر) افزایش داد.

این سیگنال قوی تر، امکان مکان‌یابی ساطع کننده‌ها را با دقت فوق العاده‌ای (تا کمتر از ۱۰ نانومتر) فراهم کرد. محققان با استفاده از این دقت افزایش یافته، ساختار اتمی یک ساطع کننده کوانتومی آبی را شناسایی کردند و معلوم شد که این ساطع کننده یک دیمر کربنی است که شامل دو اتم کربن است که به صورت عمودی درون کریستال قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، توماس گیج (Thomas Gage)، یکی از نویسندگان این مطالعه و دانشمند آزمایشگاه آرگون گفت: هنگامی که توانستیم ساختار اتمی را با نوری که ساطع می‌کند متصل کنیم، دری به سوی مهندسی دقیق این ساطع کننده‌های کوانتومی باز شد. این بدان معناست که اکنون می‌توانیم آنها را با استفاده از پرتو الکترونی ایجاد و تنظیم کنیم.

یک جهش کوانتومی بزرگ
این کار نشان دهنده یک تغییر عمده از کشف ساده ساطع کننده‌های کوانتومی به مهندسی هدفمند آنهاست. دلیل این امر این است که توانایی قرار دادن منابع تک فوتونی دقیقاً در جایی که مورد نیاز است، برای ساخت دستگاه‌های کوانتومی مقیاس پذیر ضروری است.

علاوه بر این، تراشه‌هایی که به ساطع کننده‌های کوانتومی با موقعیت دقیق متکی هستند، می‌توانند اطلاعات را با کارایی بیشتری پردازش کنند، داده‌ها را به طور ایمن منتقل کنند و سیگنال‌ها را با حداقل تلفات تقویت کنند. با این حال، با وجود پیشرفت‌ها، چالش‌هایی وجود دارد که همچنان باقی مانده‌اند. این تکنیک در حال حاضر به میکروسکوپ‌های بسیار تخصصی متکی است که تولید فوری در مقیاس بزرگ را محدود می‌کند.

تحقیقات آینده بر مقیاس پذیرتر کردن این روش ها و بررسی چگونگی تأثیر ساختارهای اتمی مختلف بر رفتار فوتون متمرکز خواهد بود. این مطالعه در مجله Advanced Materials منتشر شده است.