



قابلیت برقراری ارتباط کوانتومی در دمای اتاق کنترل دقیق فوتون ممکن شد

یک تکنیک ساخت هدایت‌شده با لیزر به محققان اجازه می‌دهد یک منبع نور کوانتومی واحد را درون یک نانولوله کربنی قرار دهند.

یک تکنیک ساخت هدایت‌شده با لیزر به محققان اجازه می‌دهد یک منبع نور کوانتومی واحد را درون یک نانولوله کربنی قرار دهند. به گزارش ایسنا، نور در حال حاضر تماس‌های تلفنی، ویدئوها و ایمیل‌های ما را از طریق فیبرهای نوری در سراسر جهان منتقل می‌کند، اما همین نور یک جنبه کوانتومی عمیق‌تر دارد که می‌تواند نحوه ارتباط ما را متحول کند. اگر بتوانیم اطلاعات را با استفاده از ذرات منفرد نور موسوم به فوتون (photon) ارسال کنیم، می‌توانیم سیستم‌های ارتباطی بسازیم که هک کردن آنها تقریباً غیرممکن باشد. چالش، یافتن راهی قابل اعتماد برای تولید این فوتون‌های منفرد در شرایط دنیای واقعی بوده است.

به نقل از آی‌آی، اکنون محققان ژاپنی راهی برای دستیابی به این هدف پیدا کرده‌اند. آنها می‌توانند یک نانولوله کربنی را وادار کنند که دقیقاً یک فوتون را از یک نقطه واحد و دقیقاً انتخاب‌شده، حتی در دمای اتاق و در طول موج‌هایی که در شبکه‌های مخابراتی امروزی استفاده می‌شود، منتشر کند.

مشکل نور غیر قابل پیش‌بینی
برای اینکه ارتباط کوانتومی کار کند، منابع نوری باید فوتون‌ها را یکی یکی منتشر کنند، نه در دسته‌های تصادفی. چندین ماده می‌توانند این کار را انجام دهند، اما اکثر آنها به شرایط محدودکننده مانند دمای بسیار پایین نیاز دارند. نانولوله‌های کربنی (استوانه‌های کوچک ساخته‌شده از اتم‌های کربن) به دلیل توانایی انتشار فوتون‌های منفرد در دماها و طول موج‌های عملی، برجسته هستند. این امر آنها را برای دستگاه‌های کاربردی بسیار جذاب می‌کند. با این حال، آنها یک مشکل سرسخت داشته‌اند. در طول آنها، نقاط متعددی می‌توانند نور ساطع کنند و دانشمندان کنترل کمی بر تعداد تشکیل یا محل ظهور این نقاط داشتند. بدون کنترل دقیق، نور ساطع‌شده، غیر قابل پیش‌بینی می‌شود که برای فناوری‌های کوانتومی غیر قابل قبول است. تاکنون هیچ روشی نمی‌توانست به طور قابل اعتمادی فقط یک مکان ساطع‌کننده نور را در یک مکان شناخته‌شده روی یک نانولوله کربنی ایجاد کند.

ایجاد نانولوله‌های کربنی که یک فوتون منفرد منتشر می‌کنند
دانشمندان ژاپنی این مشکل را با ترکیب ساخت دقیق با نظارت در لحظه حل کردند. آنها ابتدا یک نانولوله کربنی منفرد را در یک شیار به عرض تنها چند میکرومتر معلق کردند. این چیدمان، نانولوله را ایزوله کرد و کنترل آنچه در طول آن اتفاق می‌افتد را آسان‌تر کرد. سپس آنها نانولوله را در معرض بخار یدوبنز (iodobenzene) که ماده‌ای شیمیایی است که می‌تواند در شرایط مناسب با کربن واکنش دهد، قرار دادند.

سپس مرحله کلیدی بعدی فرا رسید. محققان یک پرتو لیزر فرابنفش را بر روی یک نقطه خاص روی نانولوله متمرکز کردند. نور فرابنفش واکنشی بین نانولوله و مولکول‌های یدوبنز ایجاد کرد و نقص کوچکی در ساختار کربن ایجاد کرد. این نقص که به عنوان «مرکز رنگ» شناخته می‌شود، یک نقص کوانتومی مهندسی‌شده دقیق است که اکسیتون‌ها (جفت‌های مقید الکترون‌ها و حفره‌ها) را به دام می‌اندازد و انرژی آنها را به صورت نور به شکل فوتون‌های منفرد آزاد می‌کند. به عبارت دیگر، به عنوان منبع نور کوانتومی نانولوله عمل می‌کند.

این تیم برای اطمینان از تشکیل فقط یک مرکز رنگ، به طور مداوم نور ساطع‌شده از نانولوله را رصد کرد و به محض اینکه تغییری در نور که نشان‌دهنده ایجاد یک مرکز رنگ بود را تشخیص داد، بلافاصله واکنش را متوقف کرد. نویسندگان این مطالعه خاطرنشان می‌کنند: ما با نظارت بر تغییرات شدت گسیسته در طیف‌های فوتولومینسانس، به کنترل دقیقی بر تشکیل مراکز رنگ منفرد دست می‌یابیم. این زمان‌بندی دقیق از تشکیل نقص‌های اضافی جلوگیری کرد. علاوه بر این، آنها با حرکت دادن پرتو لیزر می‌توانستند محل ظاهر شدن مرکز رنگ را انتخاب کنند و موقعیت آن را با دقت حدود یک میکرومتر کنترل کنند.

نویسندگان این مطالعه افزودند: این سطح از کنترل، راه را برای توسعه فناوری تعریف‌شده در مقیاس اتمی برای مدارهای فوتونیک کوانتومی مقیاس‌پذیر که در دمای اتاق در باند مخابراتی کار می‌کنند، هموار می‌کند.

مرحله بعدی: ساخت تراشه
این پیشرفت امکان ادغام مستقیم نانولوله‌های کربنی را در شبکه‌های فیبر نوری موجود فراهم می‌کند. در درازمدت، چنین دستگاه‌هایی می‌توانند سیستم‌های ارتباطی فوق‌العاده امن را فعال کنند که در آن هرگونه تلاشی برای رهگیری سیگنال بلافاصله قابل تشخیص باشد.

با این حال، افزایش مقیاس فرآیند به گونه‌ای که بتوان بسیاری از ساطع‌کننده‌های تک فوتون یکسان را به طور قابل اعتماد تولید کرد، زمان و تلاش بیشتری می‌طلبد.

ادغام این نانولوله‌ها در مدارهای فوتونیک پیچیده روی تراشه‌ها، مانع دیگری است. با این حال، محققان در حال حاضر مشتاقانه منتظرند و هدف بعدی آنها ساخت دستگاه‌های مبتنی بر تراشه است.

محققان این مطالعه می‌گویند: ما می‌خواهیم آنها را در مدارهای فوتونیک روی تراشه‌ها ادغام کنیم و سپس وقتی یک تراشه داشتیم، احتمالاً می‌توانیم با تولیدکنندگان فوتونیک در مورد کاربردهای دنیای واقعی صحبت کنیم. این مطالعه در مجله Nano Letters منتشر شده است.