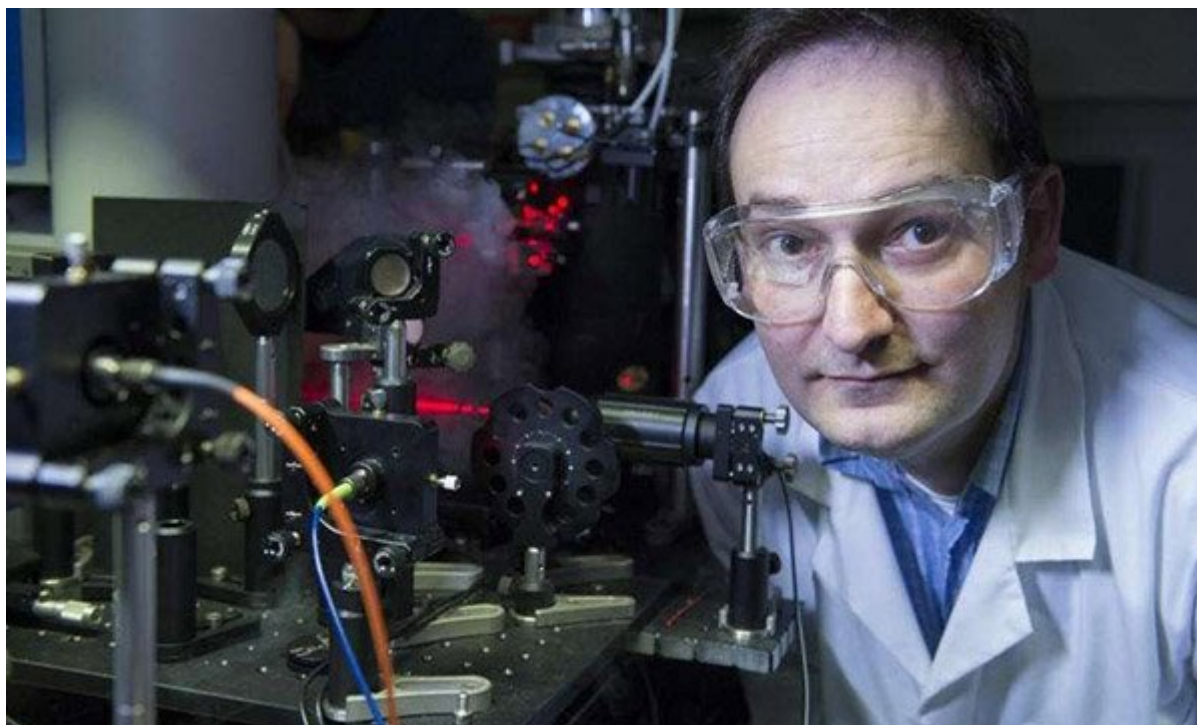


محاسبات کوانتومی تنها زمانی که سازمان‌ها، دانشگاه‌ها و مؤسسات علمی سراسر جهان روی این مفهوم کار کنند و پژوهش‌های گسترده‌ای را در این زمینه انجام دهند، به سرانجام خواهد رسید. اینتل در این ارتباط دیدگاه جالبی دارد. اینتل می‌گوید: «این مدل محاسبات زمانی پیشرفت خواهند کرد که نتایج به دست آمده به شکل عمومی در اختیار دانشمندان سراسر جهان قرار گیرد.» پیچیده بودن این مدل محاسبات باعث شده است تا دانشمندان سراسر جهان به شکل تیم‌های بین‌المللی یا دانشگاهی در تلاش باشند چالش‌های متعددی که در این حوزه وجود دارد را برطرف کنند. ما در این مقاله به طور مختصر و کوتاه به تعدادی از برجسته‌ترین دستاوردها در حوزه کوانتوم نگاهی خواهیم داشت.

این مطلب یکی از مجموعه مقاله‌های پرونده ویژه «**کامپیوترهای کوانتومی**» است که در **شماره ۱۸۹ ماهنامه شبکه‌منتشر** شد. برای دانلود این پرونده ویژه می‌توانید [اینجا](#) کلیک کنید.

محاسبات کوانتومی یک قدم دیگر به دمای اتاق نزدیک شده‌اند

کامپیوترهای کوانتومی به طور معمول در دمای صفر کلوین یا نزدیک به دمای صفر کلوین کار می‌کنند. اما پژوهشگران موفق به ابداع راهکاری شدند که به آن‌ها اجازه می‌دهد این مدل محاسبات را در شرایطی انجام دهند که دما هم‌سطح با دمای اتاق باشد. تیمی از پژوهشگران به رهبری دکتر کارلوس مرلیز فیزیک‌دان کالج نیویورک با موفقیت توانستند فناوری میکروسکوپی پویش چندرنگی را توسعه دهند. این فناوری به آن‌ها اجازه داد، روش انتقال بار را مشاهده کنند. نتایج به دست آمده از این پروژه به ما نشان داد فرآیند انتقال بار میان مراکز رنگ حفره - نیتروژن در الماس (Nitrogen-Vacancy color centers in diamond) امکان‌پذیر است. دستاورد این گروه تحقیقاتی در نوع خود جالب توجه است، به دلیل اینکه اکنون می‌دانیم فرآیند پردازش اطلاعات کوانتومی در تعامل با الماس‌ها و آن هم در مقیاس نانو امکان‌پذیر است.



این تیم تحقیقاتی گفته‌اند: «دستیابی به این موفقیت نه تنها اجازه می‌دهد تا پردازش اطلاعات کوانتومی را در دمای محیطی انجام دهیم، بلکه امکان ذخیره‌سازی اطلاعات نوری را در یک فضای سه‌بعدی نیز امکان‌پذیر می‌سازد.»

مراکز حفره نیتروژن (NV) موسوم به Nitrogen-Vacancy یک نقص فعال نوری روی الماس هستند. این حفره متشکل از یک اتم نیتروژن و یک جای خالی است که در مجاورت یکدیگر قرار داشته و جایگزین اتم کربن در شبکه الماس شده است. این حفره حاوی الکترون‌هایی است که می‌توانند اطلاعات کوانتومی را ذخیره‌سازی کنند. برای آنکه بتوان از این ویژگی خاص در محاسبات کوانتومی استفاده کرد، باید شبکه‌ای تعاملی از مراکز حفره نیتروژن ایجاد کرد. دکتر هریشانکار جاباکومار فوق دکتری فیزیک کوانتوم و عضو گروه Meriles در این ارتباط گفته است: «نتایج اولیه به دست آمده از این پژوهش امیدوارکننده بوده‌اند.»

تراش‌های حاوی نانولوله‌های کربنی

در حالی که پیشرفت‌ها در حوزه کوانتوم در چند سال گذشته قابل توجه بوده‌اند، اما هنوز هم حوزه‌های متعددی وجود دارند که می‌توان آن‌ها را توسعه داد. یکی از زیرساخت‌های کلیدی که در زمینه طراحی کامپیوترهای کوانتومی باید توسعه پیدا کند، غلبه بر مشکل مقاومت نوری در محاسبات کوانتومی است. تا به امروز دانشمندان حوزه فیزیک به دنبال آن بودند تا یک ساطع‌کننده (نشردهنده) تک فوتونی (Single-photon emitters) را به شکلی طراحی کنند که بتوان آن را روی یک تراشه قرار داد. در همین راستا، گروهی از دانشمندان دانشگاه مونستر و مؤسسه فناوری کارلسروهه آلمان راهکاری در این زمینه ارائه کردند. در حالی که ابزار آن‌ها تنها یک نمونه مفهومی است، اما آن‌ها بر این باور هستند که می‌توان از نانولوله‌هایی که با جریان الکتریکی هدایت می‌شوند، به جای یک لیزر پمپی (Pump laser) به منظور نشر فوتون‌ها استفاده کرد. این کار راه را برای ساخت مدارهای کوانتومی تمام فوتونی که روی یک تراشه قرار می‌گیرند هموار می‌سازد.

این گروه از دانشمندان از نانولوله کربنی به منظور ساطع‌کننده فوتون استفاده کردند. این نانولوله منفرد به همراه دو نانوسیمی که به الکترودهای طلا متصل شده بودند، در اثر اعمال جریان الکتریکی فوتون را ساطع می‌کردند. دستاورد این گروه از پژوهشگران راه را برای تولید مدارهای کوانتومی فوتونیک روی یک تراشه هموار می‌کند. امروزه تحولاتی که در ارتباط با پیشرفت محاسبات کوانتومی در جریان است حول این موضوع قرار دارند که از چرخش هسته اتم یا الکترون‌ها می‌توان آرایه‌هایی از یون‌های به دام افتاده یا شکل دیگری از ماده را به وجود آورد که به عنوان کویت‌ها یا بیت‌های کوانتومی مورد استفاده قرار گیرند. اما تمام سامانه‌های فوتونیک که امروزه وجود دارند با مشکل فروش در بازار روبه‌رو هستند. اولین مشکل به واسطه فقدان برهم‌کنش میان فوتون‌ها (نبود تعامل میان فوتون‌ها) به وجود آمده است که همین موضوع مانع از آن می‌شود تا بتوان یک گیت منطقی تمام فوتونیک را ایجاد کرد. مشکل دوم در ارتباط با چالش‌های مهندسی است که امکان قرار دادن منابع تک فوتونی کوچک روی یک تراشه آن هم در اندازه یک تراشه کامپیوتری را با مشکل روبه‌رو کرده است.

این سامانه‌های ساطع‌کننده فوتون به دلیل اینکه به صورت نوری پمپ می‌شوند به فیلترهای نوری دقیقی نیاز دارند که این فیلترها فضای زیادی را اشغال می‌کند. اما در مقابل نانولوله‌های کربنی در صورتی که جریان الکتریکی یا نوری به آن‌ها تابانده شود، قادر به تولید نور قابل رؤیت و مادون قرمز هستند. این دستاورد دانشمندان زمانی که مورد تأیید نهایی قرار گیرد، نیاز به لیزرهای پمپی یا نوری را برطرف خواهد کرد.

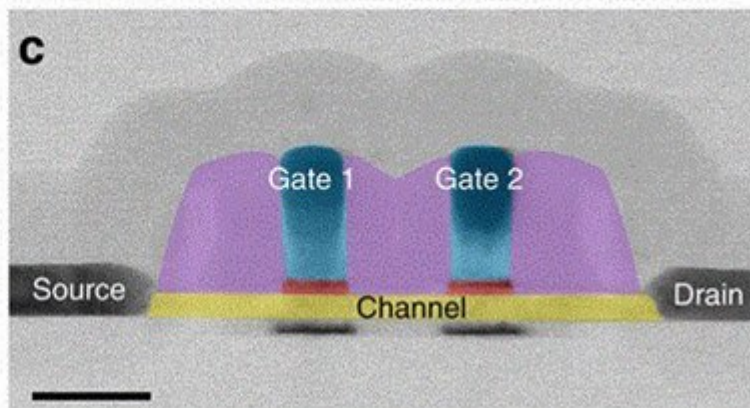
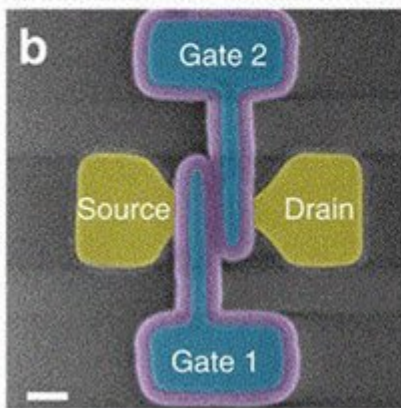
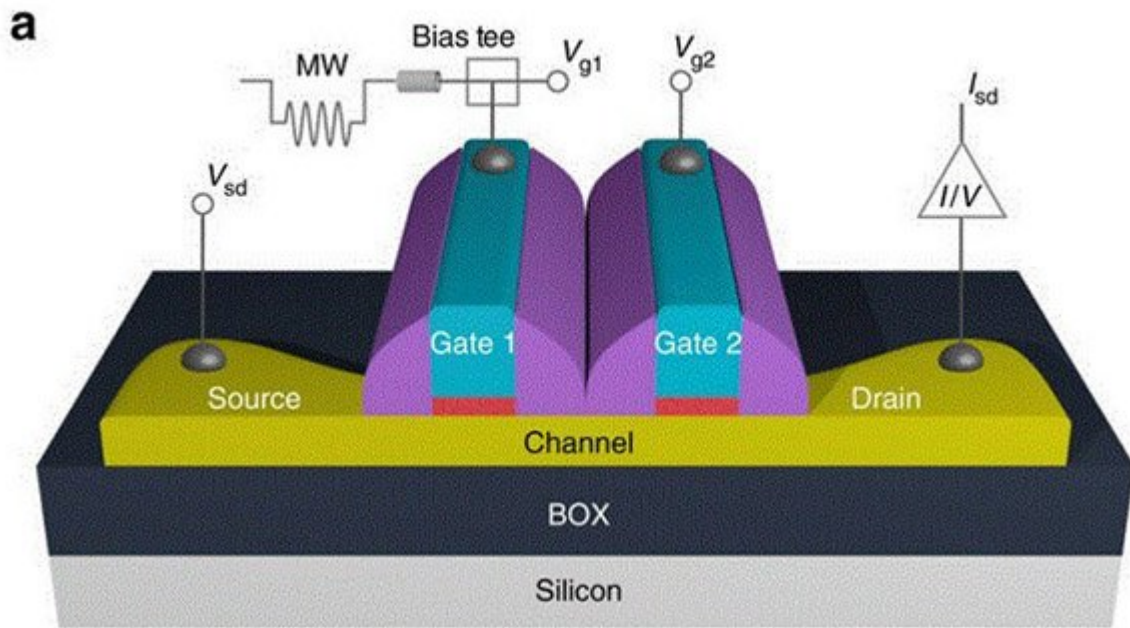
نانوهرم‌هایی که در قامت ریزدیوها به ساخت کامپیوترهای کوانتومی کمک می‌کنند

دکتر امانوئل پلوچی از مؤسسه ملی تیندال با استفاده از فرآیندهای لیتوگرافی گسترش‌پذیر پژوهشگران این مؤسسه واقع در کورک ایرلند، موفق به ابداع راهکاری شدند که به آن‌ها اجازه می‌دهد، دیوهای ساطع‌کننده نور نقطه کوانتومی را شبیه به هرم‌ها طراحی کنند. این هرم‌ها قادر هستند فوتون‌های درهم‌تنیده را ایجاد کنند. ساختارهای میکرونی فوق این پتانسیل را دارند تا در آرایه‌های بزرگ تکثیر شوند و از آن‌ها برای ساخت LED در مقیاس بسیار زیر استفاده شود که امکان کنترل جداگانه هر یک از آن‌ها امکان‌پذیر است. از این نانوهرم‌ها در ساخت کامپیوترهای کوانتومی مبتنی بر فوتونیک می‌توان استفاده کرد. جایی که از این فوتون‌های پلاریزه و درهم‌تنیده به منظور کدگذاری اطلاعات کوانتومی می‌توان استفاده کرد.

فرآیند تولید اصلی شامل رشد هم‌بافته (Epitaxial growth) نقاط کوانتومی (QDs) (سرنام Quantum Dots) به شکل معکوس درون ساختارهای هرمی‌شکل تورفته‌ای است که از طریق فرآیند لیتوگرافی الگودهی می‌شود. هر یک از این ساختارها 5 میکرون عرض دارند. دکتر امانوئل پلوچی رییس بخش اپیتکسی و فیزیک نانو ساختارها و همچنین عضو بنیاد علوم ایرلند در مؤسسه ملی تیندال در ارتباط با دستاوردی که تیم تحت سرپرستی او موفق به کسب آن شده‌اند، این گونه اظهار نظر کرده است: «نتایج به دست آمده از این پژوهش گام‌های کلیدی را در ارتباط با ساخت مدارهای فوتونیک کوانتومی ادغام‌شونده برداشته است. مدارهایی که در زمینه انجام پردازش‌ها و محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرند.»

تولید کوبیت کوانتومی بر مبنای فناوری‌های امروزی

پژوهشگران مؤسسه فناوری لتی فرانسه همراه با بخش تحقیقات پایه مؤسسه INAC و دانشگاه گرونویل آلپ از طریق فرآیندهای استاندارد صنعتی امروزی موفق به ساخت کوبیت چرخشی مبتنی بر نقاط کوانتومی شدند که از فناوری رایج CMOS استفاده می‌کند. دستاورد این گروه از پژوهشگران راه را برای ساخت کوبیت‌ها در مقیاس صنعتی هموار می‌کند. این کوبیت‌ها شامل دو گیت، یک ترانزیستور نوع p و کانال دوپ نشده (Undoped channel) هستند. زمانی که دما کاهش پیدا می‌کند، گیت اول یک نقطه کوانتومی را به منظور کدگذاری یک کوبیت اسپین حفره تعریف می‌کند. در ادامه گیت دوم یک نقطه کوانتومی را تعریف می‌کند. این نقطه کوانتومی به منظور بازخوانی کوبیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. تا به امروز کوبیت‌های چرخشی نیمه‌هادی در آزمایشگاه‌ها تولید می‌شدند و بیشتر مورد توجه مراکز تحقیقاتی دانشگاهی قرار داشتند.



CMOS qubit device -1 □□□

پژوهش‌هایی که تا به امروز انجام گرفته بود بر مبنای فناوری FDSOI انجام می‌شد، اما نتایج به‌دست آمده از پژوهش اخیر نشان داد که با استفاده از استانداردهای امروزی صنعت الکترونیک نیز می‌توان کوبیت‌های مبتنی بر نقاط کوانتومی را تولید کرد. در این پروژه دانشمندان از ترانزیستور نوع p استفاده کردند. آن‌ها به‌جای آنکه فرآیند کدگذاری اطلاعات را در اسپین الکترون انجام دهند، این کار را روی اسپین حفره انجام دادند. با استفاده از این تکنیک امکان کنترل کوبیت به‌صورت الکتریکی امکان‌پذیر است و دیگر نیاز نیست قطعات اضافی را به‌کار برد. سیلوانو فرانسچی از پژوهشگران این گروه گفته است: «ما در این پروژه عملاً نشان دادیم که می‌توان از فناوری CMOS روی اسپینترونیک کوانتومی (Quantum spintronics) نیز استفاده کرد.» با توجه به پیشرفت‌های قابل توجهی که در این زمینه انجام شده است، انتظار می‌رود در سال‌های آتی نتایج حاصل از این پژوهش جایگزین مدارهای ابررسانه امروزی شوند، به‌طوری که دورنمای جالب توجهی را در ارتباط با رمزنگاری‌های قدرتمند، جست‌وجوی سریع‌تر بانک‌های اطلاعاتی و شبیه‌سازی فرآیندهای کوانتومی پیش روی ما خواهد گذاشت.

نانوآینه‌های نازک‌تر از موی سر انسان

پژوهشگران دانشگاه ماری و پیرکوری فرانسه موفق شدند با استفاده از 2000 اتم سزیم نازک‌ترین نانوآینه جهان را تولید کنند. این نانوآینه 200 مرتبه نازک‌تر از موی سر انسان است. بنابر گزارش منتشر شده، آینه فوق‌بازتاب بسیار بالایی دارد. دستیابی به این موفقیت راه را برای ساخت مدارهای فوتونیک مبتنی بر نور هموار کرده و باعث افزایش سرعت محاسبات کوانتومی خواهد شد. نیل کورزو از پژوهشگران این پروژه گفته است: «در این پژوهش تحقیقاتی، موفق شدیم اتم‌های سزیم سرد را در ابعاد نانو به دام اندازیم. نانوالیاف‌های یک‌بعدی برهم‌کنش قدرتمندی با نور دارند. با مهندسی فاصله میان هر اتم، موفق شدیم شرایطی را مطابق با پدیده انعکاس براگ که تداخل



□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ -2 □□□□

این گروه از پژوهشگران فرانسوی نشان دادند که اتم‌ها باید در فواصل بسیار مشخصی از یکدیگر فرار داشته باشند. فاصله‌ای که نصف طول موج نور بوده که در اتم‌های سزیم این فاصله 852 نانومتر برای هر اتم سزیم است. زمانی که آرایش اتم‌ها با دقت انجام شود، نوری که میان دو اتم ساطع شده و یک مسیر رفت و برگشت را طی می‌کند، تداخل سازنده را به وجود می‌آورد. این رویکرد بر اساس قانون پراش براگ انجام می‌شود. آینه‌های فوق در محاسبات نوری به‌منظور انتقال اطلاعات و همچنین در مکانیک کوانتوم می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. این آینه‌ها با دقت نزدیک به 20 نانومتر به‌گونه‌ای در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند که بتوانند به یکدیگر سوییچ کنند. در نتیجه این توانایی را دارند تا اطلاعات را میان دو بخش انتقال دهند. در مسیر دستیابی به این موفقیت بزرگ در محاسبات نوری دانشمندان با دو چالش عمده روبه‌رو بودند. کورزو در این ارتباط گفته است: «چالش نخست در ارتباط با محل تماس اتم‌های سزیم و نانوالیاف بود که باید این محل را مشخص می‌کردیم. چالش دوم در ارتباط با مشخص کردن فاصله میان هر اتم بود، به طوری که باید فاصله میان هر اتم را به شکل کاملاً دقیقی تعیین می‌کردیم. این دو مشکل از طریق به‌کارگیری یک شبکه نوری خوب حل شد. جایی که موفق شدیم اتم‌ها را در فاصله نصف طول موج نور به دام اندازیم. این رویکرد به ما اجازه داد، بازتاب قدرتمندی در اختیار داشته باشیم.»

تاریخ انتشار:

27 اردیبهشت 1396

نشانی منبع:

<https://www.shabakeh-mag.com/cover-story/7913/%D9%BE%DB%8C%D8%B4%D8%B1%D9%81%D8%AA%E2%80%8C%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D9%85%D8%AD%D8%A7%D8%B3%D8%A8%D8%A7%D8%AA->

%DA%A9%D9%88%D8%A7%D9%86%D8%AA%D9%88%D9%85%DB%8C-%D8%AA%D8%A7-
%DA%A9%D8%AC%D8%A7%D8%9F