



منشأ سیگنال «ضربان پنهان» در مواد کوانتومی کشف شد

دانشمندان برای اولین بار، منشأ سیگنال «ضربان پنهان» در مواد کوانتومی را شناسایی کردند.

دانشمندان برای اولین بار، منشأ سیگنال «ضربان پنهان» در مواد کوانتومی را شناسایی کردند. به گزارش ایسنا، محققان موسسه تحقیقات استاندارد و علوم کره (KRISS) و موسسه علوم و فناوری گوانگژو (GIST) معمای چند ساله در مورد منشأ سیگنال «ضربان» در نانوسیم های عایق توپولوژیکی (TI) را حل کرده اند. این کشف راه را برای تفسیر بهتر سیگنال های دستگاه های کوانتومی توپولوژیکی و دستیابی به حالت های الکترونیکی مطلوب آنها هموار می کند.

فناوری های کوانتومی نوظهور مانند رایانش و حسگرهای کوانتومی، نویدبخش عصر جدیدی از دستگاه هایی با قابلیت هایی هستند که باور واقعی بودن آنها دشوار است. رایانه های کوانتومی می توانند سریع ترین ابررایانه های روز را تنها در چند ثانیه شکست دهند، در حالی که حسگرهای پیشرفته می توانند تغییرات در میدان های الکتریکی یا مغناطیسی را حتی در مقیاس نانو اندازه گیری کنند.

با وجود تمام مزایای آنها، فناوری های کوانتومی بسیار حساس هستند و این دستگاه ها می توانند با کوچکترین تغییرات دما یا نویز محیطی از کار بیفتند. دستگاه های توپولوژیکی از خواص ریاضی توپولوژی برای محافظت از اطلاعات کوانتومی و اطمینان از اینکه داده ها برای مدت طولانی تری منسجم و در برابر نویز خارجی مقاوم باقی می مانند، استفاده می کنند.

سیگنال ضربانی در عایق های توپولوژیکی
عایق های توپولوژیکی (TI) موادی هستند که در داخل خود عایق هستند، اما می توانند الکترون ها را در لبه ها یا سطوح بیرونی خود از طریق حالت های الکترونیکی ویژه هدایت کنند. دانشمندان از این مواد برای ساخت نانوسیم هایی استفاده می کنند که در آنها الکترون ها در امتداد محیط حرکت می کنند.

هنگامی که یک میدان مغناطیسی به این سیم اعمال می شود، امواج الکترونی که از مسیرهای مختلف عبور می کنند، تداخل می کنند و نوسانات آهارونوف-بوم (AB) ایجاد می کنند. در اینجا، رسانایی ماده بسته به شدت میدان مغناطیسی در فواصل منظم تغییر می کند.

هنگامی که یک TI آلاییده می شود، می تواند یک لایه نازک در زیر سطح خود ایجاد کند که الکترون ها می توانند در آن جریان یابند. با این حال، اینکه آیا این لایه در نوسانات AB شرکت می کند یا خیر، به خوبی شناخته نشده بود. محققان هنگام کار با نانوسیم های بیسموت سلنید (BiSe) آلاییده با آنتیموان (Sb)، یک سیگنال «ضربان» یافتند که در آن نوساناتی با دوره ها و شدت های سیگنال کمی متفاوت مشاهده شد و وجود نوسان دیگری را تأیید کرد.

چه چیزی باعث ایجاد سیگنال ضربان می شود؟
محققان داده های رسانایی الکتریکی حاصل از تحقیقات سال های گذشته با TI را تجزیه و تحلیل کردند و تأیید کردند که این سیگنال ضربان از ابتدا وجود داشته است. این تیم این را به نوسانات ناشی از «حالت سطح توپولوژیکی» (TSS)، حالت الکترونیکی روی سطح TI و «گاز الکترونی دوبعدی» (2DEG)، جایی که الکترون ها در زیر سطح جمع می شوند و حرکت می کنند، نسبت دادند.

الکترون هایی که از دو مسیر عبور می کنند، از حالت های رسانایی و از سطوح مقطع کمی متفاوت نانوسیم عبور می کنند و باعث نوسانات خود در دوره های مختلف می شوند و در نتیجه الگوی ضربان را ایجاد می کنند. اگرچه این امر ساده به نظر می رسد، اما تشخیص این اجزای نوسان یا استفاده از تحلیل فرکانس معمولی دشوار بود.

بنابراین، تیم تحقیقاتی با کمک سونگ تائگون (Song Taegeun)، استاد دانشگاه ملی کونگجو و با استفاده از یادگیری ماشینی، اجزای نوسان را حتی زمانی که الگوهای ضربان با ولتاژ گیت تغییر می کردند، متمایز کردند. بانه میونگ-هو (Bae Myung-Ho)، دانشمند ارشد تحقیقات در گروه دستگاه های کوانتومی در KRISS در یک بیانیه مطبوعاتی گفت: این دستاورد نشان می دهد که الکترون ها می توانند با حرکت، نه تنها از طریق حالت های توپولوژیکی، بلکه از طریق حالت های الکترونیکی معمولی نیز دچار تداخل کوانتومی شوند.

وی افزود: برای استفاده از حالت توپولوژیکی مورد نظر، کنترل دقیق آلایش و گیت بسیار مهم است تا حالت رسانش معمولی تداخل ایجاد نکند.

چوی سانگ-جون (Choi Sang-Jun)، استاد گروه فیزیک و علوم فوتون در GIST نتیجه گرفت: اصل درک و کنترل تداخل بین حالت های مختلف الکترونیکی می تواند در طراحی دستگاه های کوانتومی توپولوژیکی در آینده نیز اعمال شود. یافته های این پژوهش در مجله Nano Letters منتشر شده است.