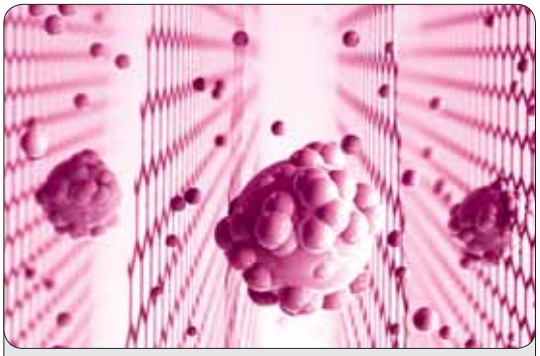
مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

دکتر منیژه رهبر

الک گرافن آب دریا را به آب شیرین تبدیل می‌کند



یک لایهٔ گرافن

لایه‌های اکسید گرافن به عنوان یک نامزد فناوری‌های جدید تصفیه توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. اکنون به توسعهٔ ساخت لایه‌های مطلوبی که دارای قابلیت تصفیهٔ نمک‌های معمولی باشند دست یافته‌ایم.

پژوهش‌های جدید نشان می‌دهند که اکنون جهان این توان بالقوه را دارد که آب آشامیدنی تمیز را برای میلیون‌ها مردمی تأمین کند که برای دستیابی به منابع این نوع آب تلاش می‌کنند.

یافته‌های گروهی از دانشمندان در دانشگاه منچستر اخیراً در مجلهٔ *نیچر نانوتکنولوژی*[1] چاپ شده است. لایه‌های اکسید گرافن قبلاً توان بالقوهٔ زیادی را در تصفیه گاز و آب از خود نشان داده‌اند.

این لایه‌های اکسید گرافن ساخته شده در انستیتوی ملی گرافن قبلاً توان تصفیه نانوذرات ریز، مولکول‌های آلی، و حتی نمک‌های درشت را از خود نشان داده‌اند. اما تاکنون نمی‌شد از آن‌ها برای غربال کردن نمک‌های معمولی در فناوری‌های شیرین کردن آب که به الک‌های حتی ریزتر نیاز داشت استفاده کرد.

پژوهش‌های قبلی در دانشگاه منچستر نشان داد که اگر لایه‌های اکسید گرافن در آب غوطه‌ور شوند اندکی متورم می‌شوند و نمک‌های ریزتر همراه آب از آن می‌گذرند، اما یون‌ها یا مولکول‌های بزرگ‌تر متوقف می‌شوند.

اکنون گروه مستقر در منچستر با توسعهٔ این لایه‌های گرافن راهبردی را جهت جلوگیری از متورم شدن لایه‌های در معرض آب یافته‌اند. اندازهٔ سوراخ در پوسته را می‌توان دقیقاً طوری کنترل کرد که بتواند آب نمک معمولی را غربال و آن را برای خوردن مناسب سازد.

چون آثار تغییر آب و هوا منابع آب شهرهای جدید را مدام کم می‌کنند، کشورهای ثروتمند فناوری‌های شیرین کردن آب را گسترش داده‌اند، به دنبال سیل‌های شدید در کالیفرنیا، شهرهای ثروتمند هم به‌طور فزاینده‌ای در جست‌وجوی منابع جدید آب هستند

وقتی نمک معمولی در آب حل شود، همواره پوسته‌ای از مولکول‌های آب در اطراف مولکول‌های نمک تشکیل می‌شود. این موضوع امکان اینکه لوله‌های موئین موجود در لایه‌های اکسید گرافن مانع عبور نمک همراه آب شوند را فراهم می‌سازد. مولکول‌های آب می‌توانند از سد این لایه بگذرند و با سرعتی بسیار زیاد جریان پیدا کنند که برای کاربرد این لایه‌ها در شیرین کردن آب ایده‌آل است.

پروفسور راهول نئر[2] از دانشگاه منچستر گفت: «عملی شدن ساخت لایه‌های مقیاس‌پذیر با اندازه سوراخ یکنواخت تا مقیاس اتمی گامی بلند به پیش است که امکان بهبود کارآیی فناوری شیرین کردن آب را به وجود می‌آورد. این اولین آزمایش دقیق در این مورد است. همچنین نشان داده‌ایم که امکانات واقعی برای بهبود این رهیافت و تولید انبوه لایه‌های مبتنی بر گرافن با اندازه سوراخ لازم وجود دارد.»

همکاران این طرح بیان کردند که: «این لایه‌ها نه‌تنها برای شیرین‌کردن آب مفیدند، بلکه امکان تنظیم اندازهٔ سوراخ‌ها تا مقیاس اتمی فرصت ساخت لایه‌هایی را فراهم می‌سازد که می‌توانند بنا به درخواست یون‌ها را برحسب اندازه‌شان تصفیه کنند»

سازمان ملل متحد انتظار دارد که تا سال ۲۰۲۵ میلادی ۲۵ درصد مردم جهان با کمبود آب روبه‌رو شوند. این فناوری توان آن را دارد که تصفیه آب را در جهان، به‌ویژه در کشورهایی که توانایی ساخت نیروگاه‌های آب شیرین‌کن بزرگ مقیاس را ندارند، متحول سازد.

امید می‌رود که لایه‌های اکسید گرافن را بتوان در مقیاس‌های کوچک‌تر ساخت تا این فناوری در اختیار کشورهایی قرار بگیرد که زیرساخت‌های مالی برای تأمین هزینهٔ نیروگاه‌های بزرگ تولید آب شیرین را ندارند.

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به:

Tunable sieving of ions using graphene oxide membrances, Nature Nanotechnology, nature.com/articles/doi:10.1038/nnano.2017.21

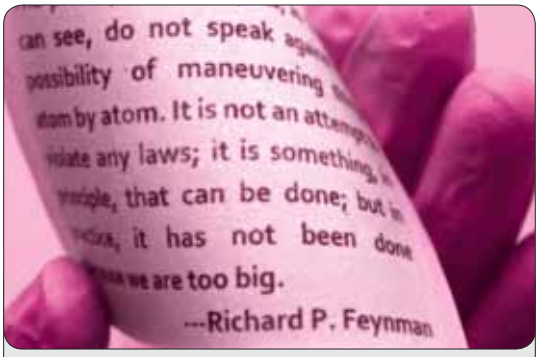
پی‌نوشت

1. *Nature Nanotechnology*
2. Rahul Nair

منبع

University of Manchester

چاپ بدون استفاده از جوهر با نور



کاغذ قابل بازنویسی در چاپ با نور که گفته‌ای از ریچارد فاینمن را نقل می‌کند

در یـــک تلاش در جهت مهار تأثیر مخـــرب تولید کاغذ بر محیط‌زیست، پژوهشگران موفق به تولید کاغذی شده‌اند که با نور چاپ می‌شـــود ـ کاغذی که می‌توان آن را با استفاده از نور UV چاپ کرد و در دمای ۱۲۰°C پاک می‌شـــود و قابل بازنویســـی تا بیش از ۸۰بار است. رمز چاپ با نور تغییر رنگ شیمیایی نانوذراتی است که می‌توان با قرار دادن لایه نازکی از آن‌هـــا بر روی کاغذ معمولی آن را به کاغذ قابل چاپ با نور تبدیل کرد.

در یک شمارهٔ اخیر نانولترز[1] پژوهشگران دانشگاه شاندونگ[2] در چین، دانشـــگاه کالیفرنیا در ریورساید[3] و آزمایشگاه ملی لاورنـــس برکلی[4] مقاله‌ای دربارهٔ کاغذ قابل بازنویســـی با نور چاپ کرده‌اند.

مهم‌ترین جنبهٔ کار آن‌ها توسعهٔ گروه جدیدی از دستگاه‌های کلیدزنی رنگی حالت جامد با قابلیت برگشـــت‌پذیری نوری اســـت کـــه می‌تواند کاغذ قابل بازنویســـی با نـــور با ظاهر و حساسیت مشـــابه کاغذ معمولی تولید کند که می‌توان روی آن بارها بدون نیاز به جوهر نوشـــت و سپس نوشته‌ها را پاک کرد. این کار تأثیر اقتصادی و زیست‌محیطی بارزی بر جامعهٔ جدید می‌گذارد.

در حال حاضر، تولید و دورریزی کاغذ تأثیر منفی زیادی بر محیط‌زیســـت دارد: تولید کاغذ یک منبع مهم تولید آلودگی صنعتی است، کاغذ باطله یک منبع اصلی (تقریباً ۴۰ درصد) تولید زباله است و حتی بازیافت کاغذ نیز به علت فرایند حذف جوهر باعث آلودگی می‌شود. موضوع از بین رفتن جنگل‌ها هم وجود دارد: در ایالات متحده تقریباً یک‌سوم تمام درخت‌های قطع شده در تولید کاغذ و مقوا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پژوهشگران در تلاش جهت حل این مسئله‌ها جایگزین‌های دیگر کاغذ دورریختنی را بررسی کرده‌اند. یک امکان استفاده از توانایی تغییر رنگ برخی مواد شیمیایی در معرض نور است، گرچه این رویکرد در گذشته مشکلاتی را در رابطهٔ با پایداری، برگشـــت‌پذیری محدود، قیمت زیاد، ســـمی بودن، و مشکل پوشش‌دهی کاغذ معمولی متخلخل به‌وجود آورده است.

کاغذ قابل چاپ با نور که در یک طرح جدید تولید شده است با پیشرفت در همهٔ زمینه‌ها، نیاز به زمان کوتاه و منظور کردن هر محیطی که بتوان اطلاعات را روی آن چاپ کرد این فناوری را به کاربردی بودن نزدیک کرده است.

پژوهشگران بر این باورند که کاغذ قابل بازنویسی کاربردهای بســـیار زیادی در ثبت موقتی اطلاعات و خواندن آن‌ها مانند روزنامه‌ها، مجله‌ها، پوســـترها، یادداشت‌ها، تولید نشانگرهای حیاتی، حسگرهای اکسیژن و برچسب‌های قابل بازنویسی در کاربردهای مختلف دارد.

پوشـــش جدید از دو نوع نانوذرات تشـــکیل شده است: ذرات ساخته شده از آبی پروس که رنگ‌دانهٔ آبی معمولی ارزان‌قیمت و غیرسمی است که با الکترون گرفتن بی‌رنگ می‌شود؛ و دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) که یک مادهٔ فوتوکاتالیزی است که باعث شتاب گرفتن واکنش‌های شیمیایی در معرض نور UV می‌شود.

نمونه‌های مختلف کاغذ قابل چاپ با نور

وقتی نانوذرات آبی پروس و TiO_2 به‌طور یکنواخت مخلوط و روی کاغذ پوشش داده شوند، کاغذ چاپ نشده آبی یکدست به‌نظر می‌رسد. برای چاپ متن یا تصاویر، کاغذ در معرض نور UV قـــرار می‌گیرد که نانوذرات TiO_2 را بر اثر نور برانگیخته می‌کند. سپس این نانوذرات الکترون آزاد می‌کنند که جذب نانوذرات آبی پروس مجاور می‌شود و آن‌ها را از آبی به بی‌رنگ تبدیل می‌کند.

چون خواندن متن آبی روی زمینهٔ بی‌رنگ راحت‌تر از زمینه

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به:

Wenshou Wang et al. “Photocatalytic Color Switching of Transition Metal Hexacyanometalate Nanoparticles for High-Perfomance Light-Printable Rewritable Paper.” Nano Letters. DOI: 10.1021/acs/nanolett.6b03909

پی‌نوشت‌ها

1. Nano Letters
2. Shandong
3. Riverside
4. Lawrence Berkley

منابع

2017 Phys.org

آبی است، عملاً نور به جای متن زمینه را چاپ و آن را بی‌رنگ می‌کند (گرچه می‌توان کاغذ را «به‌طور معکوس چاپ کرد» تا متن بی‌رنگ را روی زمینهٔ آبی نشان دهد). می‌توان با استفاده از مشابه‌های مختلف آبی پروس به رنگ‌های مختلف دست یافت.

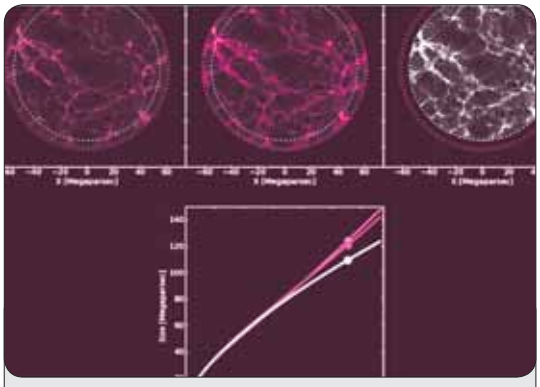
کاغذ پس از چاپ شدن این پیکربندی را دست‌کم پنج روز با توان تفکیک (۵ μm) حفظ می‌کند و سپس با اکسید شدن در شرایط محیط به رنگ اولیه باز می‌گردد. برای پاک کردن سریع‌تر می‌توان کاغذ را به مدت ۱۰ دقیقه گرم کرد تا به رنگ آبی یکنواخت اولیه برگردد.

پژوهشگران گمان می‌کنند که کاغذ قابل چاپ با نور با تولید در مقیاس تجارتی ارزان‌قیمت خواهد شد.

به گفته پژوهشگران کاغذ قابل چاپ با نور در واقع می‌تواند با کاغذ معمولی رقابت کند. مواد پوششی ارزان‌قیمت‌اند و انتظار می‌رود که هزینهٔ تولید هم کم باشد چون پوشش را می‌توان با فرایندهای ساده‌ای چون خیساندن یا اسپری کردن روی سطح کاغذ معمولی نشاند. فرایند چاپ آن هم از روش‌های معمولی کم هزینه‌تر است چون نیازی به جوهر ندارد. مهم‌تر از همه، این کاغذ را می‌توان ۸۰ بار به‌کار برد که هزینهٔ کل را به میزان قابل ملاحظه‌ای کم می‌کند.

کارهای بعدی روی عملی کردن این روش متمرکز خواهد شد و گام بعدی ساخت چاپگر لیزری با این کاغذ قابل بازنویسی است تا چاپ سریع را امکان‌پذیر سازد. همچنین در جست‌وجوی روش‌های مؤثر تحقق بخشیدن به چاپ تمام رنگی نیز هستند.

توصیف انبساط شتاب‌دار عالم بدون مادهٔ تاریک



▲ تصویر انبساط عالم در کیهان‌شناسی «مادهٔ تاریک سرد لاندای» استاندارد شامل انرژی تاریک (صفحه چپ در بالا)، مدل جدید اورا که در آن با در نظر گرفتن ساختار عالم نیاز به مادهٔ تاریک حذف می‌شود (صفحه وسط در بالا)، و کیهان‌شناسی اینشتین ـ دوسیته، مدل اولیه بدون انرژی تاریک (صفحهٔ راست در بالا) شکل پائین افزایش، فاکتور مقیاس (نمایانگر اندازه) برحسب زمان است که در آن ۱Gya برابر ۱ میلیارد سال است. رشد ساختار را می‌توان در شکل‌های بالا هم دید. هر نقطه یک خوشه کهکشانی را نشان می‌دهد. یکاهای مقیاس برحسب ۱ مگاپارسک (MPC) هستند که ۱MPC در حدود ۳ میلیون میلیون میلیون کیلومتر است.

یک گروه مجارستانی ـ امریکایی مدعی آن هستند که شاید «انرژی تاریک» اسرارآمیز که گمان می‌رفت ۶۸ درصد عالم را تشکیل دهد اصلاً وجود نداشته باشد.

پژوهشگران بر این باورند که مدل‌های استاندارد عالم نمی‌تواند ساختار متغیر آن را به حساب آورد، اما اگر این کار انجام گیرد نیاز به انرژی تاریک از بین می‌رود. این گروه نتایج خود را در مقاله‌ای در *اطلاعیه‌های ماهانه انجمن سلطنتی اخترشناسی*[1] چاپ کرده‌اند. عالم ما ۱۳/۸ میلیارد سال پیش در مهبانگ به‌وجود آمد، و از آن پس در حال انبساط است. دلیل اصلی این انبساط قانون هابل مبتنی بر رصد کهکشان‌هاست که طبق آن سرعت میانگین دور شدن کهکشان‌ها از ما با فاصله‌شان متناسب است.

اخترشناسان سرعت این دور شدن را با نگاه کردن به خط‌های طیفی کهکشان‌ها اندازه می‌گیرند که هرچه کهکشان با سرعت بیشتری از ما دور شود به مقدار بیشتر به سرخ منتقل می‌شود. در سال‌های ۱۹۲۰ اندازه‌گیری سرعت کهکشان‌ها دانشمندان را به این نتیجه‌گیری رساند که کل عالم در حال انبساط است، و اینکه زندگی در آن در نقطه‌ای بسیار کوچک آغاز شده است.

در نیمهٔ دوم قرن بیستم، اخترشناسان دلیل وجود مادهٔ تاریک را از مشاهدهٔ اینکه برای توصیف حرکت ستارگان در

کهکشان‌ها به چیز بیشتری نیاز داریم به‌دست آوردند. اکنون گمان می‌رود که مادهٔ تاریک ۲۷ درصد محتوای عالم را تشکیل دهد (برخلاف مادهٔ معمولی که فقط ۵ درصد آن است).

رصدهـــای مربوط به انفجار ســـتارگان کوتوله ســـفید در دســـتگاه‌های دوتایی اَبَر نواخترهای نوع Ia، در ســـال‌های ۱۹۹۰ باعث شـــد دانشمندان به این نتیجه برسند که مؤلفه ســـوم، انرژی تاریک ۶۸ درصد کیهان را تشکیل می‌دهد، و عامل شتاب گرفتن انبساط عالم است.

در یک کار جدید پژوهشگران به رهبری دانشجوی دکتری گابور راتس[2] از دانشـــگاه لورند اوتووش[3] در مجارستان، وجود مـــادهٔ تاریک مورد تردید قرار گرفـــت و توجیه دیگری برای این موضوع پیشـــنهاد شد. آن‌ها استدلال می‌کنند مدل‌های معمولی کیهان‌شناســـی (مطالعهٔ منشأ و تحول عالم) مبتنی بر تقریب‌هایی است که ساختار آن را نادیده می‌گیرد و فرض می‌کند که ماده دارای چگالی یکنواخت است.

معادله‌های نسبیت عام اینشـــتین که انبساط عالم را بیان می‌کنند به لحـــاظ ریاضی پیچیده‌اند، به‌طـــوری که پس از گذشت صد سال هنوز جوابی برای تأثیر ساختارهای کیهانی یافته نشده است. ما از رصدهای دقیق اَبَرنواخترها می‌دانیم که عالم شـــتاب می‌گیرد، ولی در عین حال متکی بر تقریب‌های خام معادله‌های اینشـــتین هستیم که شاید آثار جنبی بسیار جدی مانند نیاز به انرژی تاریک را در تلاش جهت برازش به داده‌های تجربی ایجاب کند.

در عمل، به نظر می‌رســـد که مادهٔ تاریک و معمولی عالم را با ساختاری اسفنج‌گونه پر کرده باشند که در آن کهکشان ما روی دیواره‌هـــای نازک‌بین حباب‌ها قرار گرفته‌اند و به‌صورت اَبَرخوشه‌هایی مجتمع شده‌اند. برعکس، درون حباب‌ها تهی از هر دو نوع ماده است.

با استفاده از یک شبیه‌سازی رایانه‌ای برای مدل‌سازی تأثیر گرانی بر توزیع میلیون‌ها ذرهٔ مادهٔ تاریک بررسی شده است. دانشـــمندان تحول عالم را با در نظر گرفتن کپه شدن اولیهٔ ماده و تشکیل ساختار بزرگ مقیاس عالم بازسازی کرده‌اند.

برخلاف شبیه‌ســـازی‌های معمولی با عالم در حال انبساط هموار، در نظر گرفتن ســـاختار به مدلـــی می‌انجامد که در آن ناحیه‌های مختلف کیهان با آهنگ‌های متفاوت منبســـط می‌شوند که با مشاهده‌های کنونی سازگار است و شتاب‌گیری کلی را مطرح می‌کند.

دکتر دوبوس[4] یکی از نویســـندگان مقاله می‌گوید: «نظریه نسبیت در شناخت تحول عالم نقشی بنیادی دارد. ما اعتبار آن را زیر سؤال نمی‌بریم؛ پرسش ما اعتبار راه‌حل‌های تقریبی است. یافته‌های ما مبتنی بر فرض‌های ریاضی است که بسط دیفرانسیلی فضای سازگار با نسبیت عام را امکان‌پذیر می‌سازد که نشـــان می‌دهند چگونه تشکیل ساختارهای پیچیدهٔ ماده در انبساط تأثیر می‌گذارد. این مطالب را قبلاً مخفی می‌کردند اما در نظر گرفتن آن‌ها می‌تواند شتاب گرفتن را بدون نیاز به انرژی تاریک توجیه کند.»

اگر این یافته تأیید شـــود می‌تواند تأثیر زیادی بر مدل‌های عالم و جهت پژوهش در فیزیک داشـــته باشـــد. در ۲۰ سال گذشته اخترشناسان و فیزیک‌دانان نظری دربارهٔ سرشت مادهٔ تاریک حدس‌هایی زده‌اند، اما این موضوع هنوز معمایی حل نشده است. با مدل جدید پژوهشگران انتظار دارند دست‌کم بحث پرشوری را آغاز کنند.

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به:

Concordance cosmology without dark energy. arxiv.org/abs/1607.08797

پی‌نوشت‌ها

1. *Royal Astronomical Society*
2. Gábor Ràcz
3. Eötvös Laràand University
4. Dobos

منبع

Royal Astronomical Society

تبدیل همزمان نور خورشید، گرما و حرکت به الکتریسیته

انـــواع گوناگون انرژی ما را احاطه کرده‌اند: نور خورشـــید، گرمای اتاق و حتی حرکت‌های مختلفی که صورت می‌گیرند. تمام این انرژی‌ها ـ که معمولاً تلف می‌شـــوند ـ را می‌توان بالقوه برای تأمین انرژی ابزارهای قابل حمل و پوشـــیدنی، از حســـگرهای زیست‌سنجی گرفته تا ساعت‌های هوشمند، مورد اســـتفاده قرار داد. اکنون پژوهشگران دانشگاه اولو[1] در فنلاند یک مادهٔ معدنی با ساختار بلور پروسکایت[2] را یافته‌اند که دارای ویژگی‌های مناسب برای استخراج همزمان انرژی از منابع مختلف است.

پروسکایت‌ها خانواده‌ای از مواد معدنی هستند که بسیاری از آن‌ها نویدبخش برداشت یک یا دو نوع انرژی در هر زمان ـ و نه همزمان ـ هستند. شاید یک خانواده برای سلول‌های خورشیدی مناسب و دارای ویژگی‌های مطلوب برای تبدیل کارآمد انرژی خورشید به الکتریسیته باشد، در حالی‌که خانوادهٔ دیگر برای مهار انرژی از طریق تغییرات دما و فشار ناشی از حرکت به‌کار رود و مواد به ترتیب به اصطلاح پیروالکتریک و پیزوالکتریک را تشکیل دهد.

با این همه، گاهی فقط یک نوع انرژی کافی نیست. یک نوع انرژی معین همواره در دسترس نیست ـ شاید هوا ابری باشد یا در جلسه‌ای باشید که نتوانید بلند شوید و راه بروید. بنابراین پژوهشگران ابزارهایی را تولید کرده‌اند که می‌توانند انرژی‌های مختلف را به‌کار گیرند، اما این کار نیازمند مواد گوناگون است که حجم وسیله‌ای را که می‌خواهیم کوچک و قابل حمل باشد زیاد می‌کند.

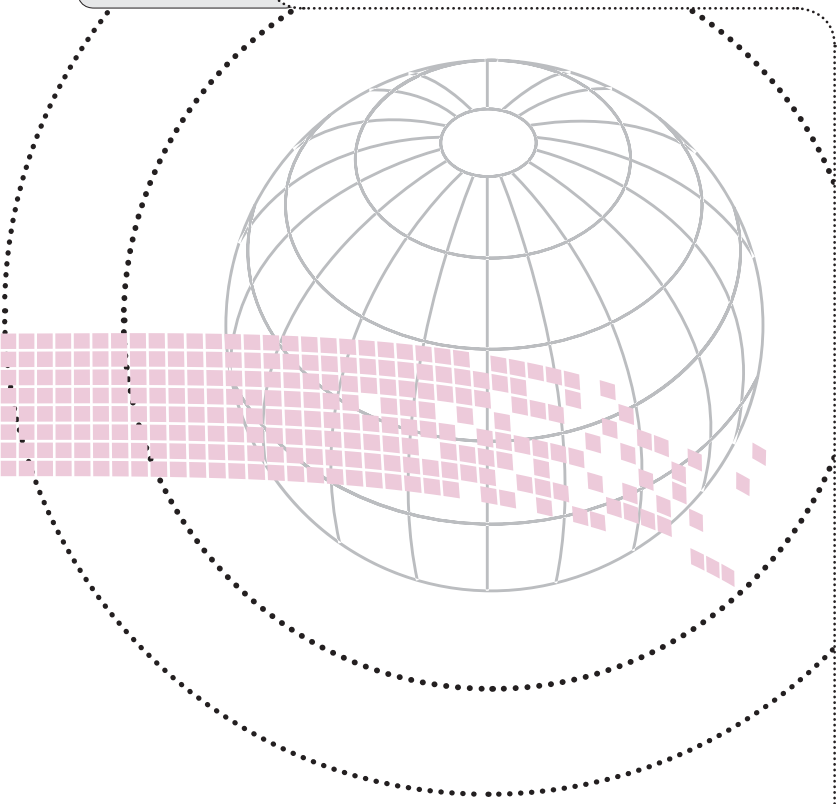
اخیراً یانگ بائی[3] و همکارانش از دانشگاه اولو مقاله‌ای در *اپلاید فیزیکز لترز*[4] منتشر کرده‌اند که پژوهش دربارهٔ نوع خاصی از پروسکایت موسوم به KBNNO است که شاید بتواند انرژی‌های گوناگون را به‌کار گیرد. KBNNO مثل همهٔ پروسکایت‌ها یک مادهٔ فروالکتریک و پر از دوقطبی‌های الکتریکی ریز همچون عقربهٔ قطب‌نما در یک آهنرباست.

وقتی دمای مادهٔ فروالکتریکی مانند KBNNO تغییر کند، سمتگیری دوقطبی‌ها برهم می‌خورد و باعث القای جریان الکتریکی می‌شود. بار الکتریکی نیز با توجه به جهت دوقطبی‌ها انباشته می‌شود. تغییر شکل ماده نیز باعث می‌شود برخی نواحی بارها را جذب یا دفع کنند که باز هم جریان الکتریکی تولید می‌کند.

پژوهشگران قبلاً ویژگی‌های فوتوولتائیک و کلی مواد فروالکتریک را بررسی کرده‌اند، اما این کار را در دمای چند صد درجه زیر نقطهٔ انجماد انجام داده‌اند و روی ویژگی‌های ماده در ارتباط با دما یا فشار تمرکز نکرده‌اند. مطالعهٔ جدید اولین پژوهشی است که در آن همهٔ این ویژگی‌ها همزمان در دمای بالاتر از اتاق بررسی شده است.

آزمایش‌ها نشان داده‌اند در حالی‌که KBNNO در تولید الکتریسیته از گرما و فشار خوب عمل می‌کند، اما به‌خوبی دیگر پروسکایت‌ها نیست. با این همه، نویدبخش‌ترین یافته آن است که پژوهشگران می‌توانند ترکیب KBN-NO را طوری اصلاح کنند که ویژگی‌های پیروالکتریک و پیزوالکتریک آن بهبود یابد. بائی می‌گوید: «امکان دارد بتوان تمام این ویژگی‌ها را به نقطهٔ بیشینه رساند». او این کار را با مواد اصلاح شده انجام می‌دهد و امیدوار است تا سال بعد یک نمونه اولیه از وسیله‌ای بسازد که بتواند انرژی‌های گوناگون را به‌کار گیرد. فرایند ساخت آسان است، بنابراین تجاری‌سازی در چند سال پس از تعیین بهترین مواد صورت می‌گیرد.

بائی می‌گوید «این موضوع باعث توسعهٔ اینترنت و شهرهای هوشمند می‌شود که در آن‌ها حسگرها و وسایل مصرف‌کننده توان به صورت مداوم انرژی تولید می‌کنند. این نوع مواد احتمالاً باتری‌های وسایل شما را تکمیل می‌کنند و کارآیی انرژی آن‌ها را بهبود می‌بخشند به‌طوری که نیاز به شارژ کردن آن‌ها کاهش می‌یابد. شاید روزی دیگر نیاز به شارژ کردن این وسایل نداشته باشید و حتی باتری برای وسایل کوچک منسوخ شود.



برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به:

Yong Bai et al, Ferroelectric, pyroelectric, and piezoelectric properties of a photovoltaic perovskite oxide. Applied Physics Letters (2017). DOI: 10.1063/1.4974735

پی‌نوشت‌ها

1. Oulu University
2. Perovskite
3. Yang Bai
4. Applied Physics Letters

منبع

American Institute of Physics