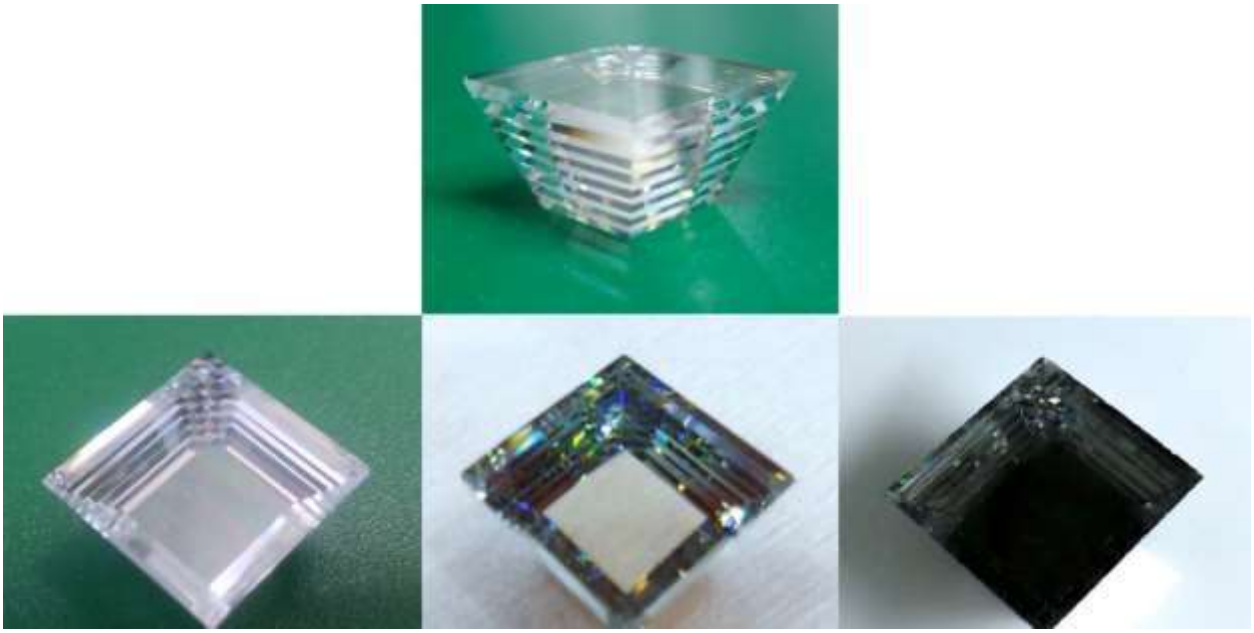
متمرکز کننده نوری جدید به آرایه‌های خورشیدی کمک می‌کند تا نور را متمرکز نمایند.

حتی با وجود پیشرفت‌های چشمگیر و مستمر در فناوری‌های خورشیدی، این سوال باقی می‌ماند که چگونه می‌توانیم به طور موثر انرژی را از نور خورشید که از زوایای مختلف از طلوع تا غروب خورشید می‌آید جمع‌آوری نماییم؟



مراحل مختلف ساخت هرم شیشه ای شاخص درجه بندی شده | تصویر از نینا وایدیا

پنل‌های خورشیدی زمانی بهترین عملکرد را دارند که نور خورشید به طور مستقیم به آنها برخورد نماید. برای گرفتن هر چه بیشتر انرژی، بسیاری از آرایه‌های پنل خورشیدی همچنانی که خورشید در سراسر آسمان حرکت می‌کند، به طور متحرک به سمت خورشید می‌چرخند. این مدل از پنل‌ها باعث افزایش راندمان می‌گردند اما در عین حال نسبت به یک سیستم ثابت از نظر ساخت و نگهداری هم گران‌تر و هم پیچیده‌تر هستند. این سیستم‌های متحرک ممکن است در آینده ضروری نباشند. در دانشگاه استنفورد، پژوهشگر حوزه مهندسی، نینا وایدیا[1]، دستگاهی زیبا طراحی نمود که می‌تواند نوری را که بر روی آن می‌افتد، بدون توجه به زاویه و فرکانس آن، جمع‌آوری و متمرکز نماید. مقاله‌ای که عملکرد سیستم و تئوری پشت آن را توصیف می‌کند، داستان روی جلد

[1] Nina Vaidya

شماره ژوئیه‌ی میکروسیستم‌ها و مهندسی نانو است که توسط وایدیا و مشاور دکتری او اولاو سولگارد، استاد مهندسی برق در استنفورد نوشته شده است.

وایدیا که اکنون استادیار دانشگاه ساوتهمپتون بریتانیا است، می‌گوید: «این یک سیستم کاملاً غیرمتحرک است که برای ردیابی منبع نور یا داشتن قطعات متحرک نیازی به انرژی[۲] ندارد. دستگاهی بدون کانون نوری که در آن[۳] موقعیت‌ها را جابجا می‌کند یا نیاز به سیستم‌های ردیابی دارد، تمرکز نور بسیار ساده‌تر می‌گردد.

دستگاهی که محققان آن را AGILE که مخفف نامِ "Axially graded Index Lens[4]" است می‌نامند، به طور فریبنده‌ای ساده است. به نظر می‌رسد یک هرم وارونه است که نوک آن جدا شده است. نور از هر تعداد زاویه وارد چهار گوشه بالای هرم می‌شود و برای ایجاد نقطه‌ای روشن‌تر در خروجی به پایین هرم می‌رود. محققان در نمونه‌های اولیه خود توانستند بیش از 90 درصد نوری را که به سطح برخورد می‌کند، جذب نموده و نقاطی را در خروجی ایجاد نمایند که سه برابر روشن‌تر از نور ورودی بود.
این هرم‌ها که در لایه‌ای روی سلول‌های خورشیدی نصب می‌شوند، می‌توانند راندمان آرایه‌های خورشیدی را بالاتر ببرند و نه تنها نور مستقیم خورشید، بلکه نور پراکنده‌ای را که توسط جو زمین، آب وهوا و فصول پراکنده شده‌اند را جذب نمایند.

لایه بالایی AGILE می‌تواند جایگزین پوشش موجود گردد که از آرایه‌های خورشیدی محافظت می‌نماید، نیاز به ردیابی خورشید را از بین می‌برد، فضایی را برای خنک‌سازی فراهم می‌کند و مداری ایجاد می‌نماید که بین هرم‌های باریک دستگاه‌های منفرد اجرا شود و مهم‌تر از همه، میزان مساحت سطح سلول خورشیدی را کاهش دهد که در نتیجه باعث کاهش هزینه‌ها می‌گردد. کاربردهای این نوع لایه به تاسیسات خورشیدی زمینی محدود نمی‌شود: اگر روی آرایه‌ها خورشیدی ارسال شده به فضا اعمال شود، یک لایه AGILE می‌تواند هم نور را بدون ردیابی خورشیدی متمرکز کند و هم محافظت لازم را در برابر تشعشعات ایجاد کند.

تجسم AGILE بی‌نقص

فرضیه اصلی در مورد AGILE مشابه فرضیه‌ی استفاده از ذره‌بین برای سوزاندن لکه‌ها روی برگ‌ها در یک روز آفتابی است. عدسی ذره‌بین، پرتوهای خورشید را به نقطه‌ای کوچکتر و روشن‌تر متمرکز می‌نماید. اما در ذره‌بین،

---

[2] م. منظور از انرژی، انرژی‌ای که پنل را برای ردیابی نور خورشید به حرکت درآورد مثلا برق.
[3] م. در اینجا منظور از "آن" کانون نوری است.
[4] م. لنز شاخص درجه‌بندی شده محوری

نقطه کانونی با حرکت خورشید حرکت می‌کند. وایدیا و سولگارد راهی برای ایجاد عدسی پیدا نمودند که پرتوها را از همه زوایا می‌گیرد اما همیشه نور را در یک موقعیت خروجی متمرکز می‌کند.

وایدیا می‌گوید: «ما می‌خواستیم چیزی بسازیم که نور را بگیرد و حتی اگر منبع نور حرکت کند و تغییر جهت دهد، آن را در همان موقعیت متمرکز کند. ما نمی‌خواهیم روند حرکت شناساگر یا سلول خورشیدی ادامه پیدا کند یا سیستم را به سمت منبع نور حرکت دهیم.»

وایدیا و سولگارد به این نتیجه رسیدند که از نظر تئوری، جمع‌آوری و تمرکز نور پراکنده با استفاده از یک ماده مهندسی شده که به آرامی در ضریب شکست (خاصیتی که سرعت حرکت نور را در یک ماده توصیف می‌کند) افزایش می‌یابد و باعث منحرف شدن و انحنای نور به سمت یک نقطه کانونی می‌گردد، امکان‌پذیر است. در سطح ماده، نور به سختی منحرف می‌شود. زمانی که نور به سمت دیگر می‌رسید، تقریباً عمودی و متمرکز می‌شد.

سولگارد می‌گوید: «بهترین راه‌حل‌ها اغلب ساده‌ترین ایده‌ها هستند. یک AGILE ایده‌آل در قسمت جلویی‌اش، همان ضریب شکست هوا را دارد و به تدریج بیشتر می‌گردد—نور در یک منحنی کاملاً صاف منحرف می‌شود. اما در یک موقعیت عملی، شما این AGILE ایده‌آل با این عملکرد را نخواهید داشت. »

از تئوری تا واقعیت

محققان برای نمونه‌های اولیه، شیشه‌ها و پلیمرهای مختلفی را کنار هم قرار دادند که نور را به درجات مختلف خم نماید، یعنی ایجاد چیزی که به‌عنوان یک ماده شاخص درجه‌بندی شده شناخته می‌شود. این لایه‌ها به جای منحنی صاف، جهت نور را به صورت پلکانی تغییر می‌دهند که محققان دریافتند که تقریب و تخمین خوبی از AGILE ایده‌آل است. دو طرف نمونه‌های اولیه آینه‌ای هستند، بنابراین هر نوری که در جهت اشتباه باشد به سمت خروجی برمی‌گردد.

وایدیا می‌گوید یکی از بزرگترین چالش‌ها، یافتن و ایجاد مواد مناسب بود. لایه‌های ماده در نمونه اولیه AGILE به طیف وسیعی از نور، از طیف نزدیک به ماوراء بنفش تا فروسرخ اجازه می‌دهند که از آن عبور کند و آن نور را به‌طور فزاینده‌ای به سمت خروجی با طیف وسیعی از ضریب‌های شکست منحرف کند که در طبیعت و صنعت نوری (اپتیک) کنونی دیده نمی‌شود.

این مواد مورد استفاده همچنین باید با یکدیگر سازگار باشند-اگر یک شیشه در پاسخ به گرما با سرعت متفاوتی نسبت به دیگری منبسط شود، کل دستگاه می‌تواند ترک بخورد-همچنین شیشه باید به اندازه‌ای قوی باشد که به شکل مورد نظر ماشین‌کاری شده و بادوام بماند.

وایدیا گفت: «این یکی از این ماجراجویی‌های مهندسی « پرتاب فضاناو به سوی ماه» است که مستقیماً از نظریه به نمونه‌های اولیه واقعی می‌رود. مقاله‌های تئوری و ایده‌های عالی زیادی وجود دارد، اما تبدیل آنها به واقعیت با طرح‌های واقعی و مواد واقعی که مرزهای آنچه را که قبلا غیرممکن می‌دانستند را پیش می‌برد، سخت است.»

پس از کاوش در بسیاری از مواد، ایجاد تکنیک‌های ساخت جدید و آزمایش نمونه‌های اولیه، محققان به طرح‌های AGILE رسیدند که با استفاده از پلیمرها و شیشه‌های موجود در بازار به خوبی عمل کردند. AGILE همچنین با استفاده از چاپ سه‌بعدی در کارهای قبلی نویسندگان ساخته شده است که لنزهای پلیمری سبک‌وزن و انعطاف‌پذیر با زبری سطح در مقیاس نانومتری ایجاد کرد. وایدیا امیدوار است که طرح‌های AGILE بتوانند در صنعت خورشیدی و سایر حوزه‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرند. AGILE چندین کاربرد بالقوه در زمینه‌هایی مانند جفت لیزری، فناوری‌های نمایشگر و روشنایی دارد، مانند نورپردازی حالت جامد که نسبت به روش‌های قدیمی نورپردازی دارای راندمان انرژی بیشتر است.

وایدیا گفت: «استفاده از تلاش‌ها و دانش ما برای ساختن سیستم‌های مهندسی معنادار، حتی زمانی که برخی آزمایش‌ها جواب نمی‌دادند، مشوق و نیرو محرکه من بوده است. استفاده از این مواد جدید، این تکنیک‌های ساخت جدید و این مفهوم جدید AGILE برای ایجاد متمرکزکننده‌های خورشیدی بهتر، بسیار ارزشمند بوده است. انرژی پاک فراوان و مقرون به صرفه، بخش حیاتی برای رسیدگی به چالش‌های اضطراری آب و هوا و پایداری است و ما نیاز به تسریع راه‌حل‌های مهندسی برای تحقق آن داریم. »

عکس کاور مقاله

Stanford | Doerr
School of Sustainability