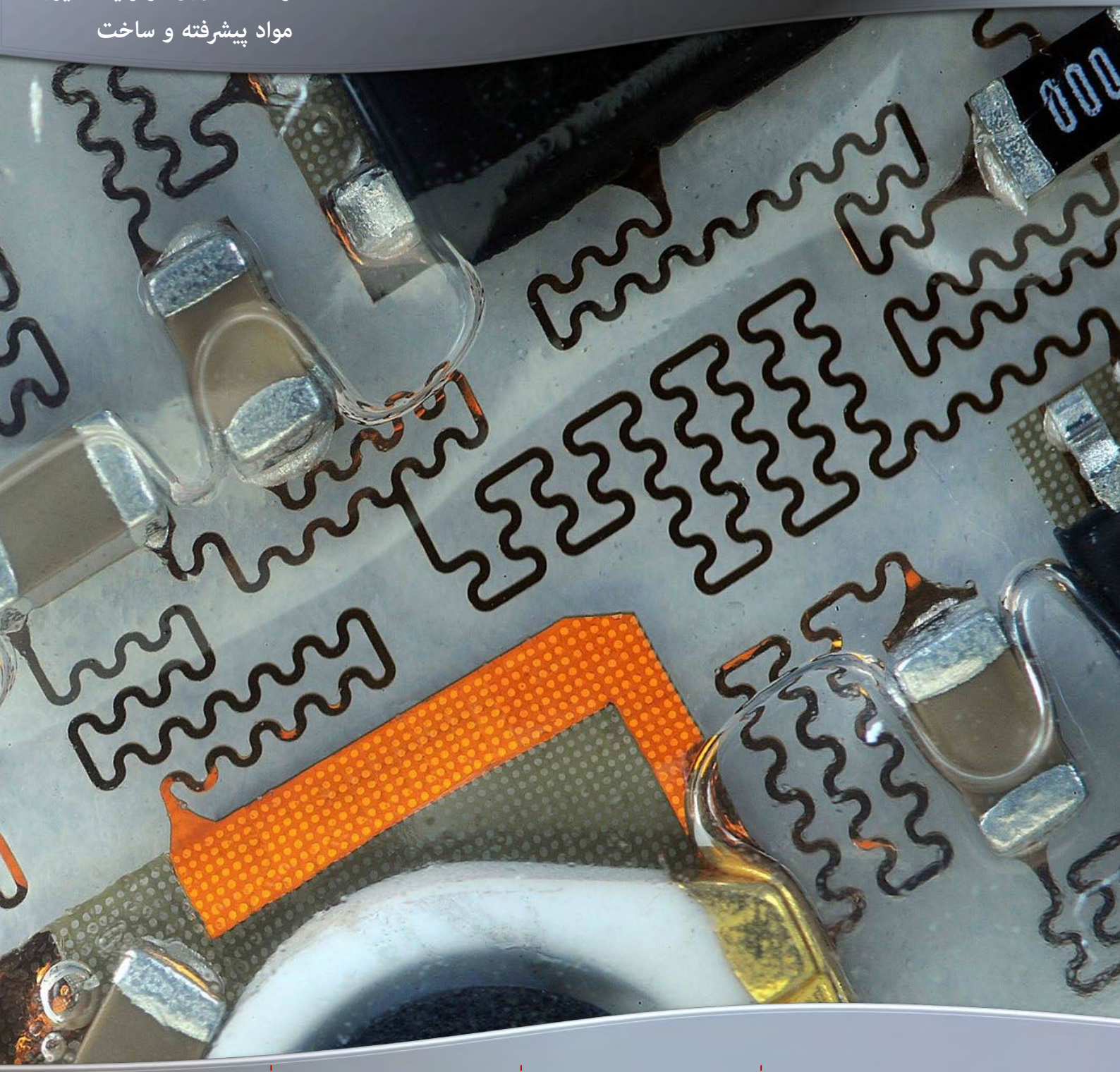
ماهنامه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

سال دوم. شماره ۱۱. شهریور ۱۴۰۰

ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر
مواد پیشرفته و ساخت



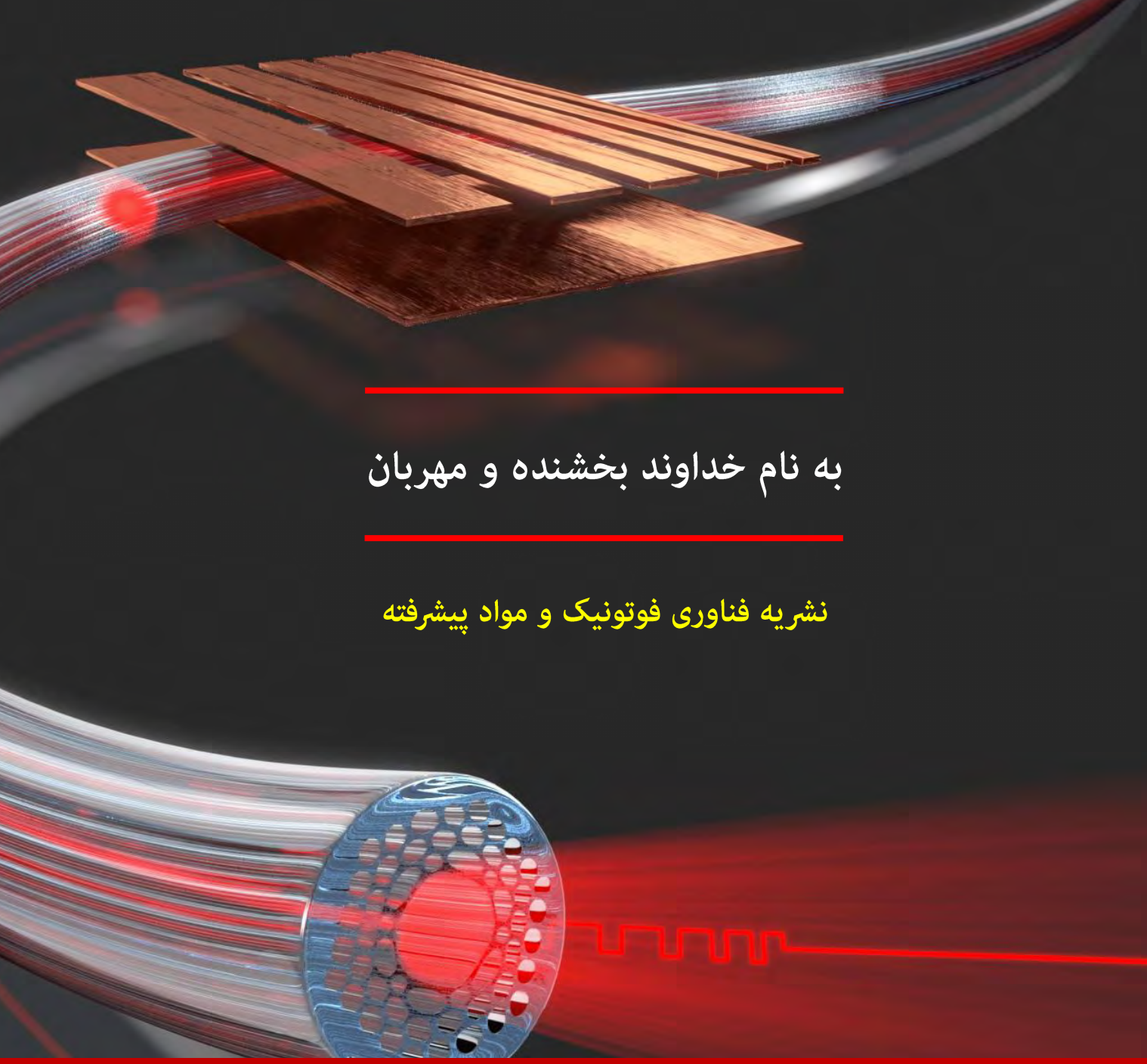
ساخت چاپگر
مدارهای الکتریکی
در داخل کشور

نانوساختارهای نوری
افسران محافظ
چاپ امنیتی

امنیت و ثروت
در سایه فناوری
تولید هولوگرام

حسگرهای
الکترومکانیکی چاپی
با حساسیت بالا

rogersgroup.northwestern.edu
rsc.org/ees



به نام خداوند بخشنده و مهربان

نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد توسعه فناوری
فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت

پژوهشکده علوم کاربردی
دانشگاه خوارزمی

نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

صاحب امتیاز: ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت

مدیر مسئول و سردبیر: محمدحسین مجلس‌آرا

جانشین سردبیر: بابک عفافی

ویراستار و ناظر علمی: سیده ثریا موسوی

تحریریه: المیرا بلندهمت، مریم بهروان، علی کاویانفر، علی کاظم‌پور، علیرضا دادخواه‌تهرانی
سیده ثریا موسوی، بابک عفافی

گروه مشاورین: سیامک میرزازاده، مریم بهرامی کهیش‌نژاد، زهرا عربگل
سید حسین نکومنش‌فرد، سید محمد قریشی
پشتیبانی: کیومرث مهدی‌نیا گتابی

تارنما: pam.isti.ir ; asrc.khu.ac.ir
کانال نشریه: t.me/PAM_Tech
صفحه اینستاگرام: https://instagram.com/pam_tech_
صفحه کانال آپارات: https://www.aparat.com/PAM_Tech
پست الکترونیک سردبیر: deputy@pam.isti.ir
پست الکترونیک جانشین سردبیر: babak.efafi@gmail.com

تلفن: ۰۲۱۲۲۱۸۳۱۱۳
نشانی: تهران، خیابان زعفرانیه، خیابان شهید سرلشکر فلاحی، کوچه شیرکوه، پلاک ۱۱،
ساختمان شماره دو معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

سخن سردبیر

امروزه شاید کمتر جایی در این کره خاکی بتوان یافت که از هجوم تجهیزات الکترونیکی در امان مانده باشد. بعد از انقلاب صنعتی چهارم با ورود به عصر دیجیتال، به واسطه تحول در حوزه الکترونیک، زندگی بشر دگرگون شد. در سال ۱۹۴۷ با اختراع اولین ترانزیستور به مرور تجهیزات الکترونیکی پیشرفته‌تری پا به عرصه ظهور گذاشتند و در کمتر از صد سال سبک زندگی جوامع مختلف را به کلی تغییر دادند. در گذر زمان به تبع نیاز بشر به تجهیزات جدیدتر، لزوم دستیابی به دستگاه‌های کوچکتر با وزن کمتر که در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با حداقل هزینه ساخته شوند، بیش از پیش احساس شد. لذا با پیشرفت علوم مختلف در حوزه مواد و ساختارهای جدید، رفته رفته الکترونیک چاپی خلق شد و جای خود را در صنعت الکترونیک پیدا کرد. امروزه حجم گسترده‌ای از تجهیزات الکترونیکی پیشرفته از قبیل انواع مدارهای الکتریکی، حسگرهای انعطاف‌پذیر، خطوط انتقال حرارت در شیشه‌ها و بسیاری تجهیزات دیگر، به واسطه الکترونیک چاپی ساخته می‌شوند. سرعت رشد این حوزه به قدری بالاست که تا پایان سال ۲۰۲۰، حجم بازار جهانی محصولات این حوزه بالغ بر۲۰ میلیارد دلار ارزیابی شده و پیش‌بینی می‌شود که تا پایان سال ۲۰۲۲ ارزش بازار جهانی این محصولات از رقم ۲۷ میلیارد دلار عبور کند. علاوه بر مواد پیشرفته قابل چاپ که در این حوزه استفاده می‌شود، سهم تجهیزات فوتونیکی در حوزه فوتولیتوگرافی یا چاپ نوری به ویژه برای کاربردهای امنیتی، ساخت هولوگرام، بارکدها و بسیاری کاربردهای دیگر، قابل توجه طیف وسیعی از فناوران و صنعتگران حوزه چاپ الکترونیک قرار گرفته است. یکی از بیشترین کاربردهای این حوزه، در زمینه چاپ حسگرهای پزشکی انعطاف پذیر می‌باشد. صنعت نساجی نیز در سال‌های اخیر تحت تاثیر چاپگرهای این حوزه، یک تحول اساسی را تجربه می‌کند. مواد پیشرفته مورد استفاده در این حوزه، صنایع شیشه‌سازی را نیز متحول کرده است. به طوری که بسیاری از شیشه‌های هوشمند با جوهرهای هادی به راحتی بین حالت‌های شفاف و مات، گذار می‌کنند. امروزه بسیاری از تجهیزات فوتوولتائیک انعطاف‌پذیر با کمترین هزینه و سریعترین زمان ممکن، به واسطه الکترونیک چاپی تولید می‌شوند. اگرچه سهم بازار جهانی این محصولات، هم در زمینه سخت‌فزارهای مورد استفاده یعنی چاپگر و جوهر چاپ و هم در زمینه محصولات خروجی مثل حسگرها، رشد چشم‌گیری داشته است اما در داخل کشور کمتر به این حوزه توجه می‌شود. لذا نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته متناظر با سیاست‌های ستاد توسعه فناوری‌های فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت، بر خود لازم می‌داند گامی هرچند کوچک در راستای معرفی و توسعه فناوری‌های مرتبط با صنایع الکترونیک چاپی بردارد و ضمن معرفی جدیدترین فناوری‌ها و محصولات فوتونیکی این حوزه، مواد پیشرفته و هوشمند مورد استفاده برای چاپ الکترونیکی، دستگاه‌های فوتونیکی مورد استفاده، انواع فناوری‌های چاپ امنیتی و سایر زیرساخت‌ها و امکانات موجود در داخل کشور را با هدف ارتقا کیفیت محصولات این حوزه مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. امید است با تلاش هرچه بیشتر صنعت‌گران و افزایش دانش فنی تولیدکنندگان از پیشرفت‌های اخیر این حوزه، محصولاتی با کیفیت منطبق بر آخرین استانداردهای جهانی، شایسته اعتماد ستودنی هم‌میهنان عزیزمان تولید شود که به این ترتیب بتوانیم همگام با کشورهای پیشرفته دنیا در حوزه الکترونیک چاپی حرکت کنیم و سهم قابل توجهی از بازار گسترده جهانی این محصولات را به دست آوریم.

فهرست مطالب

اخبار فناوری

اخبار فناوری داخلی----------۱۰
استفاده از آنتن چاپی فرکانس رادیویی به جای بارکد
به کارگیری خمیرهای رسانا در مدارهای الکتریکی
تولید دستگاه لیتوگرافی در کشور
اخبار فناوری خارجی----------۱۶
نسل جدیدی از سلول‌های خورشیدی ارگانیگ چاپی
ساخت ریزتراشه‌های تشخیص میدان الکتریکی نور مرئی
اخبار علمی----------۲۰
ساخت حسگرهای زیستی با چاپ باکتریایی
ساخت حسگرهای ریزسیالی با استفاده از فناوری‌های چاپ سه‌بعدی
تازه‌ها----------۲۲
کشف حالت جدیدی از ماده با خواص کوانتومی ویژه
موریستورهای جدید برای تولید ا عداد تصادفی

دورنما

نانوساختارهای نوری افسران محافظ چاپ امنیتی----------۲۸
انواع بسترهای چاپ امنیتی
هولوگرافی، فناوری پیشتاز در صنعت چاپ امنیتی

آموزش کاربردی

نرم‌افزار مناسب طراحی مدارهای چاپی ----------۴۰
چرا طراحی PCB حائز اهمیت است؟
روش طراحی یک برد به صورت اجمالی

گفتگو

مصاحبه اختصاصی با دکتر مجید محسنی، استاد دانشگاه بهشتی----------۵۲
توسعه فناوری الکترونیک چاپی با حمایت ستاد فوتونیک

از علم تا ثروت

چاپگرهای سه‌بعدی لیزری زیستی فرصتی برای زندگی دوباره!----------۵۸
معرفی شرکت دانش‌بنیان امیدآفرینان مهندسی آینده تولیدکننده چاپگر سه‌بعدی زیستی
امنیت و ثروت در سایه فناوری تولید هولوگرام!----------۶۴
معرفی شرکت دانش‌بنیان آذر هولوگرام

نوآورانه

چاپ سنگی یا لیتوگرافی ----------۶۸
دستیابی به فناوری‌های نوین با لیتوگرافی EUV
چاپ سه‌بعدی انواع ادوات نوری
انقلابی شگرف در ساخت ادوات ریزنوری

دروازه‌های علم

برچسب‌های نوری با امنیتی نفوذناپذیر----------۸۰
نوین‌ترین رویکردهای ساخت برچسب‌های هولوگرامی در دانشگاه POSTECH کره
حسگر الکترومکانیکی چاپی با حساسیتی فوق‌العاده----------۸۴
نسل جدیدی از فناوری پیشرفته حسگرهای مبتنی بر گرافن در مرکز تحقیقات AMBER

اخبار داخلی

استفاده از آنتن چاپی فرکانس رادیویی به جای بارکد

ساخت چاپگر چاپ مدارهای الکتریکی در کشور

به کارگیری خمیرهای رسانا در مدارهای الکتریکی

تولید جوهرهای پلیمری و سرامیکی

مورد استفاده در چاپگرهای سه بعدی در ایران

تولید دستگاه لیتوگرافی در کشور

ساخت دستگاه ریزسیال

برای تولید قطرات میکرومتری

اخبار خارجی

نسل جدیدی از سلول های خورشیدی ارگانیک چاپی

فناوری الکترونیک چاپی

گامی بلند برای پیشرفت در صنعت الکترونیک

بهبود تصاویر رنگی توسط ریزعدسی های

چاپ سه بعدی

ساخت ریزتراشه های تشخیص

میدان الکتریکی نور مرئی

اخبار علمی

ساخت حسگرهای زیستی با چاپ باکتریایی

روی بسترهای مختلف با استفاده از چاپگر لیزری

ساخت حسگرهای ریزسیالی با استفاده از

فناوری های چاپ سه بعدی

تازه ها

کشف حالت جدیدی از ماده با خواص کوانتومی ویژه

فناوری پوشش پلاسمایی وابستگی ایندیوم را در مواد

الکتروکرومیک کاهش می دهد.

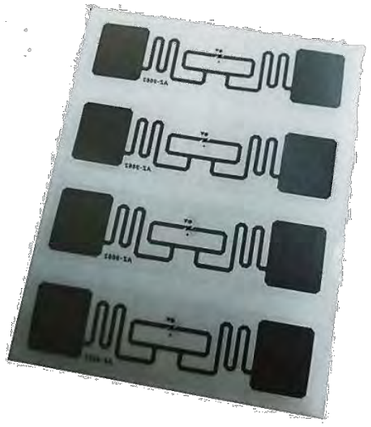
ممریستورهای جدید برای تولید اعداد تصادفی

تبدیل پالس های لیزر به هارمونیک های بالا

اخبار داخلی

به قلم علیرضا دادخواه تهرانی
alireza.dadkhah.t@gmail.com

کارا پژوهش امیرکبیر
www.gink.ir



استفاده از آنتن چاپی فرکانس رادیویی به جای بارکد

شاید برای شما اتفاق افتاده باشد که در هنگام خرید از فروشگاه‌های زنجیره‌ای مدت زمان طولانی در صف پرداخت منتظر ایستاده باشید تا صندوق‌دار تک تک اطلاعات اقلام خریداری شده مشتریان را با دستگاه بارکدخوان ثبت کند. گاهی اوقات نیز مخدوش شدن علائم بارکد، از خواندن اطلاعات جلوگیری می‌کند و این خود موجب بروز مشکلات بیشتری می‌شود.

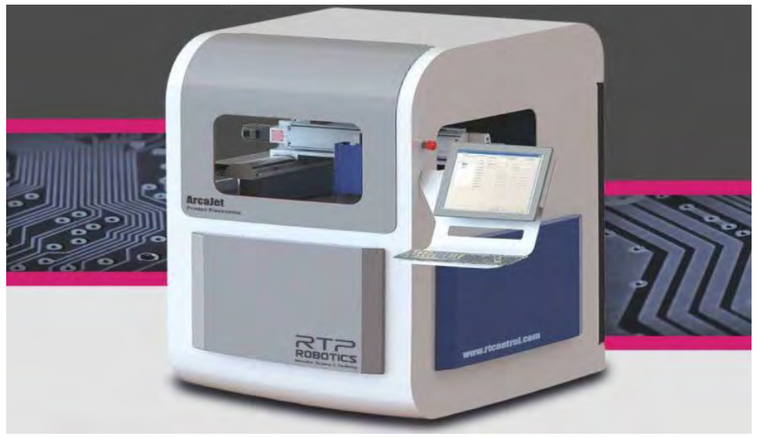
حال با فناوری جدید RFID شما سبد کالای خود را برمی‌دارید و بدون اینکه مجبور به ایستادن در صف‌های طولانی شوید یا حتی بدون اینکه مجبور باشید اقلام خریداری شده را به صندوقدار یا نگهبان نشان دهید، از فروشگاه خارج می‌شوید. چون شناسه روی کالا دیگر بارکد نیست بلکه از نوع RFID است و خودش با فرستان علائم رادیویی کلیه اطلاعات جاری خود از قبیل تعداد، قیمت، وزن، ... را به رایانه‌های موجود در درهای خروجی مخابره می‌کند.

سامانه بازشناسی با امواج رادیویی که به اختصار RFID گفته می‌شود، یک سامانه شناسایی بدون سیم است که می‌تواند داده‌ها از طریق مخابره اطلاعات بین یک تگ که به یک کالا، شیء، کارت و... متصل شده است و یک بازخوان (Reader) مبادله کند. سامانه‌های RFID از سیگنال‌های الکترونیکی و الکترومغناطیسی برای خواندن و نوشتن داده‌ها بدون تماس بهره‌گیری می‌کنند.

این شناسه‌ها دارای دو بخش تراشه و آنتن از جنس آلومینیوم، مس یا نقره هستند که به یک لایه پلی اتیلن ترفتالات (PET) متصل شده و دارای عملکرد بسیار ساده‌ای هستند. تراشه اطلاعات را از طریق آنتن منتشر می‌کند و حسگرهایی که در اطراف قرار دارند، این اطلاعات را دریافت می‌کنند. این آرایه یا آنتن به قسمت پشتی برچسب چسبیده و در چاپگر RFID چاپ و رمزگذاری می‌شود.

شرکت کارا پژوهش امیرکبیر در حال توسعه آنتن‌های چاپی است که با استفاده از جوهر رسانای ساخت این شرکت بر روی زیرلایه پلی اتیلن ترفتالات چاپ می‌شود. این فناوری که از آن تحت عنوان الکترونیک چاپی یاد می‌شود، تحول مهمی در زمینه تگ‌ها و برچسب‌های فرکانس رادیویی ایجاد خواهد کرد.

این امیدواری وجود دارد که به زودی شاهد به کارگیری آنتن چاپی فرکانس رادیویی در فروشگاه‌های زنجیره‌ای در داخل ایران باشیم.



ساخت چاپگر برای تولید مدارهای الکتریکی در کشور

چاپ قطعات الکترونیکی با بکارگیری مجموعه‌ای از روش‌های چاپی روی بسترهای مختلف انجام می‌شود. الکترونیک چاپی، صنعتی نوظهور برای ساخت ادوات الکترونیکی مختلف بوده که هر روزه شاهد پیشرفت‌های چشمگیری در این حوزه از فناوری هستیم.

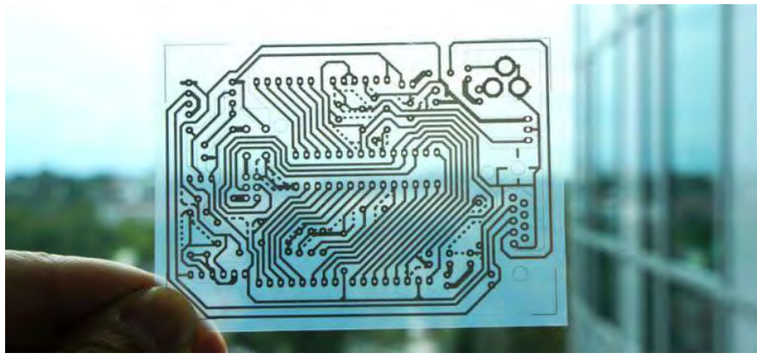
در همین راستا شرکت دانش‌بنیان رویال توسعه پایدار به منظور تولید و توسعه محصولات حوزه الکترونیک چاپی، چاپگری را به بازار عرضه کرده است که با کمک جوهرهای نانویی می‌تواند محصولاتی نظیر برچسب‌های هوشمند، صفحه نمایش‌های منعطف، پوسترهای انیمیشنی، مدارهای الکتریکی و انواع حسگرها را تولید کند.

طی سال‌های اخیر فناوری الکترونیک چاپی در حال رشد بوده و شرکت رویال توسعه پایدار اقدام به ساخت چاپگر مربوطه کرده است.

این دستگاه که آرکاجت نام دارد، یک چاپگر حرفه‌ای برای توسعه فناوری در الکترونیک چاپی و چاپگر سه‌بعدی هوشمند است. این محصول یک چاپگر جوهر افشان دیجیتالی با قابلیت چاپ در حداکثر ابعاد ۴۰۰ در ۴۰۰ میلی‌متر است. از این محصول برای تولید اجزای الکترونیکی استفاده می‌شود که با بهره‌گیری از مایع رسانا، به طور مستقیم و بدون تماس بر روی سطوح منعطف ساخته می‌شوند و اغلب بسیار کارآمد و مقرون به صرفه هستند. این چاپگر برای کاربردهایی که کنترل دقیق جوهر مورد نیاز است، طراحی و ساخته شده است. به طوری که با تکرارپذیری مناسب، قطرات جوهر را با دقت ۶ پیکولیتر جت می‌کند.

در حال حاضر امکان چاپ انواع مدارات چاپی، RFID تگ‌ها، گرمکن‌ها و حسگرهای انعطاف‌پذیر به همراه قابلیت تحقیق و توسعه روی سایر کاربردهای حوزه الکترونیک چاپی توسط این دستگاه، وجود دارد. این دستگاه الکترونیک چاپی برای تولید محصولات الکترونیکی در حوزه‌های مختلف قابل استفاده است. هزینه پایین، سبک بودن، ضخامت کم، سازگاری با محیط زیست، انعطاف‌پذیری و پایداری از جمله مزایای این فناوری است.

RTP
Innovation, Science and Technology
رویال توسعه پایدار
www.rtcontrol.com



به کارگیری خمیرهای رسانا در مدارهای الکتریکی

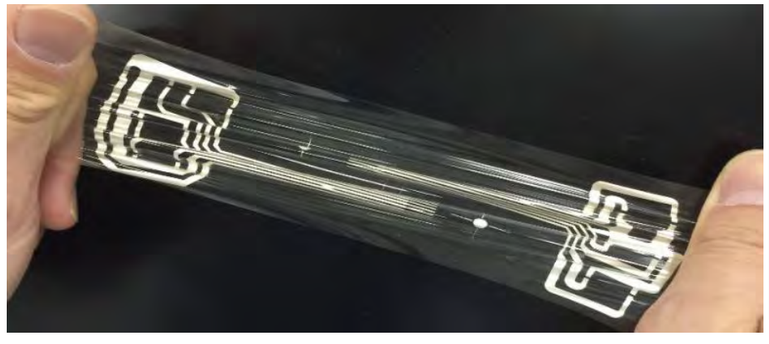
در حال حاضر تولید خمیرهای رسانا در بازار با تقاضای زیادی روبرو است و یکی از مهمترین کاربردهای آن، کاهش مقاومت در محل اتصال تماس‌های الکتریکی است.

خمیرهای رسانای الکتریکی ساخته شده از ترکیب فلزات در صنایع مختلف بخصوص صنایع الکترونیک بسیار پرکاربرد هستند. خمیر نقره یکی از متداول‌ترین خمیرهای رسانا است که در ساخت صفحه‌های خورشیدی و فتوولتائیک، مدارهای الکتریکی گوشی‌های همراه و بی‌سیم‌ها و همچنین بعنوان مدار گرمکن در وسایل حمل و نقل زمینی، ریلی، دریایی و هوایی کاربرد گسترده دارد.

در کشورمان این خمیرها می‌تواند به عنوان یکی از نیازهای اساسی خودروسازان در چاپ مدار گرمکن بر روی شیشه عقب و تولید شیشه‌های ایمنی خودروها مورد استفاده قرار گیرد.

به تازگی شرکت رفرف ارکید نوآور به دنبال توسعه فناوری نوعی خمیر رسانا است که از آن در تولید حسگر و مدارهای الکترونیکی چاپی استفاده می‌شود. خمیر رسانای الکتریکی به ویژه برای کاربردهایی طراحی شده است که هم انعطاف‌پذیری بالا و هم هدایت عالی لازم است. این ماده همچنین برای استفاده در نصب قطعات کوچک به انواع بسترهای بهم پیوسته توصیه می‌شود.

شرکت رفرف ارکید نوآور برای تجاری‌سازی این فناوری‌ها توسط دکتر سلیمانی راه‌اندازی شده است. این شرکت در حوزه‌های تولید و فروش مواد اولیه و مرکب‌های مورد استفاده در صنعت چاپ و بسته‌بندی، صنعت رنگ و پوشش، صنعت نساجی، رنگرزی، چاپ و تکمیل پارچه و سرامیک از قبیل پوشش‌های هوشمند، صنایع الکترونیک از جمله مواد و مرکب‌های با فناوری بالا، رسانا و نیم‌رسانا فعالیت دارد.



تولید جوهرهای پلیمری و سرامیکی مورد استفاده در چاپگرهای سه‌بعدی در ایران

در سال‌های اخیر استفاده از چاپگرهای نوری نسبت به چاپگرهای دیگر به دلیل دقت بالای چاپ، در داخل کشور افزایش چشمگیری داشته است. این استقبال سبب تقاضای روز افزون برای مواد اولیه مورد نیاز برای چاپ در صنایع مختلف شده است.

در این مدت واردات مواد اولیه توسط شرکت‌های سازنده چاپگرهای نوری صورت می‌گرفت که وجود تحریم‌ها تبدیل به مانعی بزرگ برای واردات این مواد شده است.

عمده مشکلات نمونه ساخته شده توسط این مواد وارداتی، شکنندگی و عدم مقاومت لازم در برابر ضربه است. همچنین هزینه‌های بالای این محصول ناشی از واردات، مانعی برای گسترش هر چه بیشتر کاربرد چاپگرها شده و تامین ماده اولیه چاپگرها، تبدیل به یکی از بزرگترین دغدغه‌های مصرف‌کنندگان شده است.

وجود این مشکلات سبب شد شرکت دانش‌بنیان پارسا اپیک نوین کیهان با مهندسی معکوس نمونه خارجی در جهت تعیین فرمولاسیون مناسب رزین‌ها و بهبود خواص مکانیکی با تغییر در ساختار و نیز تلاش برای جایگزینی مواد اولیه آن با مواد موجود در داخل کشور دست به تولید رزین مخصوص چاپ بزند و محصولی مناسب از لحاظ کیفیت و قیمت را تولید نماید.

این محصول نوعی رزین سرامیکی مورد استفاده در چاپگرهای سه‌بعدی است. در طراحی این محصول به چند خصوصیت اصلی رزین‌ها توجه ویژه‌ای شده است. از جمله، کاهش زمان پخت و در نتیجه کاهش زمان چاپ نمونه که موجب بهبود خواص مکانیکی نمونه مانند شکنندگی شده است.

با توجه به شرایط کنونی کشور سنتز برخی از مواد اولیه موجب جلوگیری از خروج ارز می‌شود و در آینده‌ای نزدیک می‌توان حتی به ارزآوری این محصول نیز امیدوار بود.

این شرکت در تهیه فرمولاسیون و نمونه آزمایشگاهی رزین پلیمری و سرامیکی چاپگرهای سه‌بعدی موفق بوده است.

همچنین به دلیل تقاضا و مصرف زیاد این محصول در بازار، این شرکت برای تهیه انواع دیگر رزین چاپگرهای سه‌بعدی نظیر: رزین‌های قابل ریخته‌گری و رزین‌های زیستی برای کاربردهای پزشکی تزیینات و جواهراتی تلاش می‌کند.

این نوع رزین‌ها در ساخت قالب‌ها و ماشین‌کاری، لاستیک‌گیری و ریخته‌گری، تجهیزات نوری، محفظه‌های قطعات الکتریکی و قطعات خودرو، کامپوزیت‌های دندانی و استخوانی کاربرد فراوان دارند.

www.polypinkco.com

شرکت توسعه فناوری ریزمقیاس آژینه، در زمینه طراحی، ساخت و تعمیر دستگاه‌ها و تجهیزات مرتبط با ساخت و تست ادوات نیم‌رسانا و ادوات MEMS فعال است. در حال حاضر این شرکت کلیه تجهیزات مورد نیاز فرآیند لیتوگرافی را تولید می کند. لازم به ذکر است که شرکت آژینه اولین شرکت داخلی فعال در این زمینه است و محصولات این شرکت دارای گواهی ثبت اختراع می باشند.

تولید دستگاه لیتوگرافی در کشور

امروزه لیتوگرافی یکی از مهم‌ترین فرآیندهای ساخت ادوات نیم‌رسانا مانند IC و سامانه‌های میکروالکترومکانیکی به شمار می‌رود. در لیتوگرافی، ابتدا طرحی از یک الگو بر روی ماسک تشکیل می‌شود و سپس آن طرح به ماده دلخواه جهت تولید محصول مورد نظر منتقل می‌شود. با کمک این روش می‌توان ساختارهایی با دقت و ابعاد نانومتری ساخت.

در قرن بیست و یکم با رشد صنعت میکرو و نانوالکترونیک، ابعاد اجزا در این سامانه‌ها و به‌خصوص در مدارهای میکروالکترونیک به‌طور مداوم در حال کوچک شدن است. این پدیده می‌تواند مزایایی از جمله کاهش در مصرف مواد اولیه، انرژی، قیمت تمام شده و ابعاد قطعات را در بر داشته باشد.

به تازگی شرکت توسعه فناوری ریزمقیاس آژینه دستگاه نیمه‌خودکار لیتوگرافی کامل را تولید و به بازار عرضه کرده است. این دستگاه برای استفاده در ساخت مدارهای مجتمع، ابزارهای ذخیره اطلاعات، حسگرهای کوچک، سامانه‌های میکروالکترومکانیک (MEMS) و نانو الکترومکانیک (NEMS) قابل استفاده است. اولویت شرکت آژینه ورود به عرصه‌هایی است که نیاز کشور بوده و محصولات موجود در آن زمینه‌ها با کمبود روبروست.

در این راستا این شرکت در جهت تولید دستگاه‌های لیتوگرافی فعالیت‌هایی انجام داده و چندین محصول در دست تولید دارد. دستگاه لیتوگرافی مدل ALR-365 MAU4 جهت انجام فرآیند لیتوگرافی بطور نیمه‌خودکار و قابل برنامه‌ریزی است. این دستگاه قابلیت تغییر به سامانه‌ای خودکار را نیز دارا است که می‌تواند نمونه با ابعاد استاندارد را گرفته و فرآیند را به صورت خودکار اجرا کند. ولی در این نمونه بعضی از فرآیندها به صورت نیمه‌خودکار انجام می‌شود، بخصوص فرآیند نوردهی و تنظیم زمان و سرعت چرخش خودکار صورت می‌گیرد.

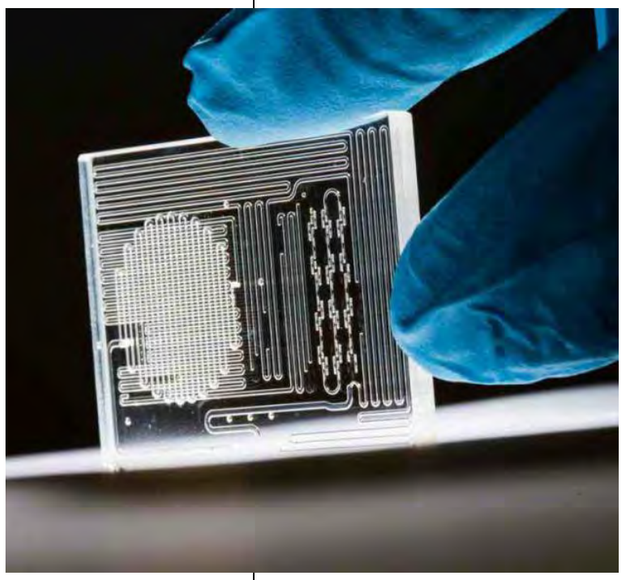
بخش یکپارچه فرآیند لیتوگرافی بدون سامانه انطباق از دو بخش مجزا تشکیل شده است. این دو بخش در یک محفظه ایزوله، فرآیند لیتوگرافی را از ابتدا اجرا می‌کند. این فرآیندها شامل مراحلی مانند لایه‌نشانی چرخشی، پخت رزیست، نوردهی و بازپخت است. این دستگاه پوشش‌دهی پلیمرها را به روش چرخشی و کلیه مراحل پخت را به شکل کنترل شده‌ای انجام می‌دهد. همچنین انجام فرآیند برای فتورزیست‌های مثبت (منفی) و لیتوگرافی لایه‌ها به صورت مجزا با نوردهی نمونه‌ها به وسیله اشعه ماورابنفش تکفام برای پخت صورت می‌گیرد. این دستگاه مجهز به سامانه نگهدارنده نمونه با استفاده از خلا است که در سه اندازه استاندارد ساخته شده و قابلیت استفاده در ساخت ادوات MEMS، میکروفلوئیدیک، برخی حسگرها و کاربردهای مرتبط با نانو را دارد.

ساخت دستگاه ریزسیال برای تولید قطرات میکرومتری

ریزسیال‌شناسی یا میکروفلوئیدیک علم بررسی رفتار مایعات و ذرات در حال حرکت درون کانال‌هایی با ابعاد میکرومتری است. سامانه‌های ریزسیال ابزارهای دقیقی هستند که مقدار کمی مایع را در کانال‌هایی با شکل‌های مختلف پردازش می‌کند. در این ادوات، جداسازی و ترکیب مایعات متفاوت توسط دریچه‌های کوچک کنترل شده و امکان برقراری جریان مایع با دبی و فشار قابل تنظیم است.

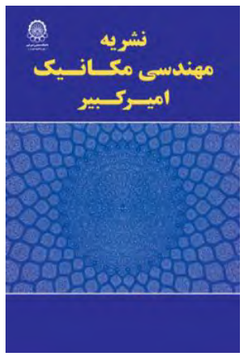
در سال‌های اخیر، دستگاه‌های ریزسیال به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های فناوری سامانه میکروالکترومکانیکی (MEMS) شناخته شده‌اند. بیش از ۲۵۰ شرکت و تیم تحقیقاتی در سراسر جهان بر روی این دستگاه‌ها کار می‌کنند. کاربرد عمده دستگاه‌های ریزوسیال در علوم زیستی است زیرا آزمایش‌های کنترل شده بطور دقیق می‌توانند با هزینه کمتر و سرعت بالاتری عمل کنند. این دستگاه‌ها در تشخیص بیماری‌ها، ارسال دارو به داخل تومورها و حرارت درمانی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند.

محققان دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود در پژوهش جدید خود موفق به تولید ریز قطراتی با امکان کنترل اندازه در یک ریزکانال شده‌اند. در این پژوهش، یک دستگاه ریزسیال جهت تولید قطرات با قطر دقیق با استفاده از یک سامانه حلقه بسته طراحی و به صورت تجربی ارزیابی شده است.

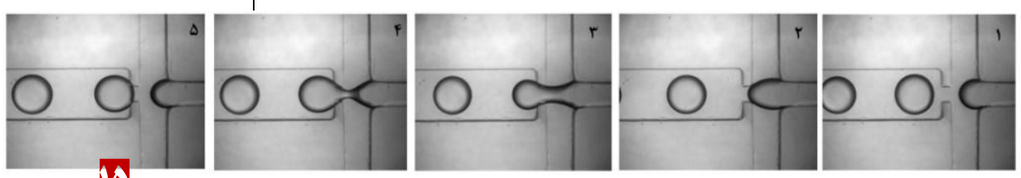


این محققان با استفاده از روش فوتولیتوگرافی ریزکانال‌های را ساخته‌اند که توانایی تولید قطرات کوچک یکنواخت در ابعاد میکرومتری را دارد. تولید قطرات برای کاربردهای مختلف ریزسیالات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با تولید قطرات آبی حامل مواد بیولوژیکی و بیوشیمیایی در یک محیط روغنی، واکنشگرها می‌توانند بدون گسستگی و تماس با یکدیگر منتقل شوند.

در اغلب کاربردهای پزشکی و ریزسیالاتی، به قطره‌هایی با قطر یکنواخت نیاز است تا نتایجی قابل اطمینان و کنترل شده بدست آید. دستگاه ساخته شده توسط این محققان، توانایی تولید قطره با سرعت بالا و کنترل دقیق حجم آن را دارد.



گزارش کامل این پژوهش در نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر شماره ۷ چاپ شده است.



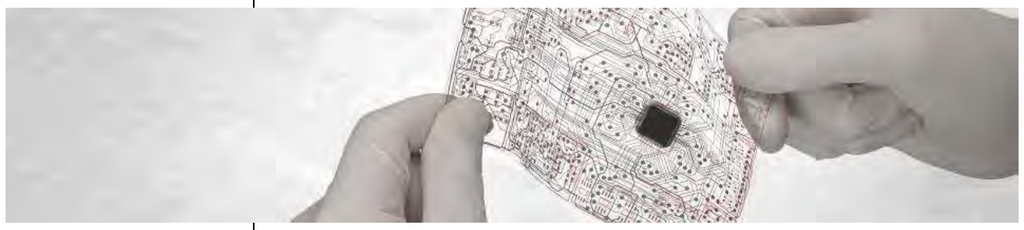
اخبار خارجی

نسل جدید از سلول‌های خورشیدی ارگانیک چاپی

سلول‌های خورشیدی ارگانیک چاپ شده یکی از امیدوارکننده‌ترین فناوری‌ها در چشم‌انداز لوازم الکترونیکی چاپی است.

سلول‌های خورشیدی ساخته شده از مواد ارگانیک در مقایسه با همتای سیلیکانی خود، بازده بسیار کمتری دارند. اما به دلیل هزینه ساخت پایین و همچنین قابلیت‌هایی مانند انعطاف‌پذیری برای مصارف غیرصنعتی مناسب هستند. خصوصیت دیگر آن‌ها انعطاف‌پذیری در طول موجی است که در آن بیشترین جذب را دارند. در نتیجه اگر برای مثال، ماده آلی با جذب در ناحیه زیر قرمز استفاده شود، از سلول خورشیدی ارگانیک می‌توان در شیشه‌های اتومبیل، شیشه‌های خانه‌ها و هر مکان دیگری که باید شفاف باشد، استفاده کرد.

امروزه برخی از شرکت‌ها در زمینه فتوولتائیک آلی (OPV) موفقیت‌هایی کسب کرده‌اند. با این حال، علاقه به حسگرها و نیاز به ایجاد سامانه‌های جمع‌آوری انرژی اهمیت بسیاری دارد. این همان جایی است که شرکت سوئدی Epishine وارد می‌شود. به تازگی این شرکت اولین محصول فتوولتائیک تجاری خود را عرضه کرده است. ماژول‌های جمع‌آوری انرژی نور (LEHs) یک سلول خورشیدی آلی نازک و انعطاف‌پذیر که می‌تواند نیاز به باتری را کاهش داده یا از بین ببرد. سلول‌های خورشیدی ارگانیک Epishine کوچک، نازک و انعطاف‌پذیر هستند. آنها روی پلاستیک قابل بازیافت و با استفاده از فرآیندهای رول به رول چاپ می‌شوند. سلول‌ها را می‌توان به راحتی در هرگونه تجهیزات الکترونیکی کم مصرف ادغام کرد، جایی که نور محیط داخلی را به برق تبدیل می‌کند.



فناوری الکترونیک چاپی گامی برای پیشرفت در صنعت الکترونیک

توسعه الکترونیک چاپی (PE) با استفاده از مواد جدید فرصت‌های تازه‌ای را در زمینه‌هایی مانند پزشکی و صنعتی الکتریکی ایجاد کرده است.

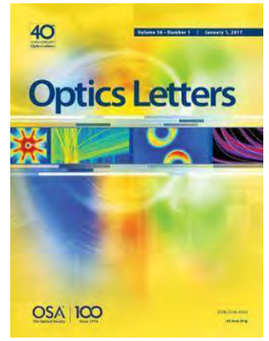
وسایل الکترونیکی چاپی با قابلیت انعطاف‌پذیر مناسب برای خم شدن در فضاهایی با ابعاد کوچک هستند. در همین راستا شرکت مولکس، که یک شرکت ساخت قطعات الکترونیکی آمریکایی است که در زمینه تولید کلیدهای مدار، اتصالات الکتریکی، فیبر نوری، مدارهای مجتمع و رابط سوئیچ شبکه فعالیت می‌نماید. این شرکت به تازگی طراحی و تولید طیف وسیعی از مدارهای چاپی و انعطاف‌پذیر را در دستور کار خود قرار داده است.

یکی از محصولات این شرکت بردهای الکتریکی انعطاف‌پذیر نقره‌ای است که اجزای پیچیده آن روی بستر پلی استر چاپ شده است. در این فناوری جدید از جوهر نقره‌ای به روش چاپ رول به رول استفاده شده است.

این بردها بر خلاف بردهای الکتریکی مسی سنتی از نظر زیست محیطی مشکلی نداشته و بازیافت آنها به راحتی صورت می‌گیرد.

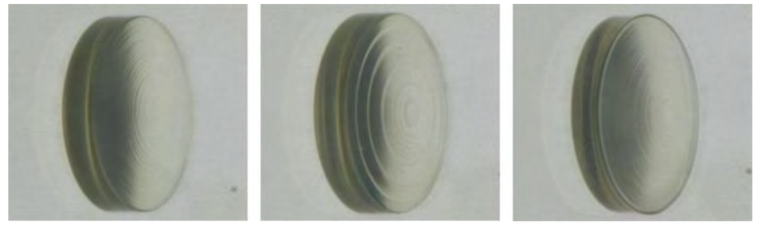
مدار انعطاف‌پذیر نقره‌ای مولکس با دقت بالایی چاپ شده و امکان اتصال قطعات الکترونیکی مانند خازن و ترانزیستور را با استفاده از لحیم کاری میسر است. همچنین این مدارها از استحکام کافی در برابر ارتعاشات و حرکت اتصالات برخوردار است و این اتصالات به راحتی جدا نمی شود.

یکی دیگر از محصولات قابل توجه این شرکت، تولید باتری‌های انعطاف‌پذیر و سازگار با محیط زیست برای تأمین برق است. این نوع باتری‌ها با توجه قابلیت انعطاف‌پذیری امکان استفاده در انواع لباس‌ها الکترونیکی و حتی داخل بدن بیماران قلبی را دارند.



نتایج این پژوهش در نشریه
Optics Letters
به چاپ رسیده است.

Doi.org/10.1364/OL.423196



بهبود تصاویر رنگی توسط میکرو عدسی‌های چاپ سه‌بعدی

محققان دانشگاه اشتوتگارت، نوعی فرآیند چاپ سه‌بعدی موسوم به لیتوگرافی دو فوتونی را معرفی کرده‌اند که از آن برای ساختن لنزهای مینیاتوری آپوکروماتیک بسیار دقیق و پیچیده که اندازه آنها فقط چند میکرومتر است و انحرافات رنگی را کاهش می‌دهند، استفاده می‌شود.

لیتوگرافی دو فوتونی از یک پرتو لیزر متمرکز برای پلیمریزاسیون مواد حساس به نور مایع (فوتورزیست) استفاده می‌کند.

جذب دو فوتونی در حجم‌های میکرومتر مکعبی منجر به پلیمریزاسیون فوتورزیست می‌شود که این امر باعث ایجاد ساختارهای نوری پیچیده در مقیاس میکرومتر می‌شود.

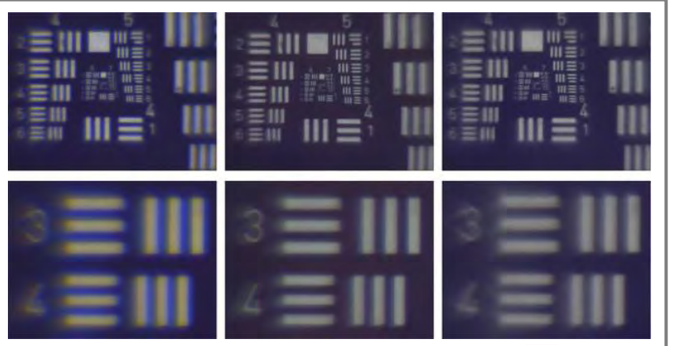
این تیم تحقیقاتی طی ۱۰ سال گذشته در حال بررسی ادوات ریز نوری ساخته شده با لیتوگرافی دو فوتونی بوده است.

نحوه شکست نور هنگام ورود به عدسی به طول موج آن بستگی دارد. به عنوان مثال، بدون اصلاح عدسی، نور قرمز در نقطه‌ای متفاوت از نور آبی منعکس می‌شود و باعث ایجاد حاشیه یا انحرافات رنگی در تصاویر می‌شود. محققان با ترکیب عدسی‌های شکست پراش با یک عدسی دیگر که از یک فوتورزیست با خواص نوری متفاوت ساخته شده است، یک عدسی آپوکروماتیک طراحی کردند.

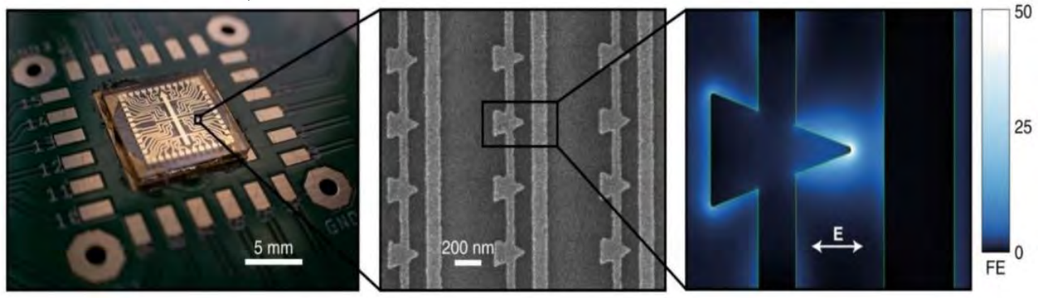
قرار دادن عدسی‌های دو ماده‌ای با سطح شکست پراش، انحرافات رنگی را بیشتر کاهش می‌دهد، بنابراین عملکرد تصویربرداری را بهبود می‌بخشد.

قابلیت چاپ سه‌بعدی ادوات ریز نوری پیچیده به این معنی است که می‌توان آنها را به طور مستقیم بر روی سطوح مختلف مانند تراشه‌های CCD یا CMOS مورد استفاده در دوربین‌های دیجیتال ایجاد کرد. به علاوه می‌توان آنها را در انتهای فیبرهای نوری به گونه‌ای چاپ کرد که در آندوسکوپ‌های پزشکی بسیار کوچک، باعث بهبود کیفیت تصویربرداری شود.

از این عدسی‌های مینیاتوری می‌توان در دوربین‌های کوچک و آندوسکوپ برای اصلاح اعوجاج رنگ در حین تصویربرداری بهره گرفت.



محققان برای نشان دادن اینکه عدسی آپوکروماتیک جدید می‌تواند انحراف رنگی را کاهش دهد، محل نقطه کانونی را برای سه طول موج خاص اندازه‌گیری کردند و آن را با یک عدسی انکساری ساده بدون اصلاح رنگ مقایسه کردند. در لنز آپوکروماتیک جدید هیچ اثری از ابیراهی مشاهده نمی‌شود.



ساخت ریزتراشه‌های تشخیص میدان الکتریکی نور مرئی

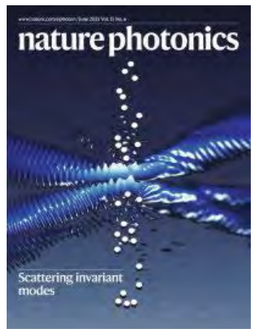
درک چگونگی نوسان امواج نور در زمان تعامل با مواد برای درک نحوه انتقال انرژی ناشی از نور در مواد، مانند سلول‌های خورشیدی یا گیاهان ضروری است. با توجه به نوسان امواج نوری با سرعتی فوق‌العاده بالا، دانشمندان هنوز موفق به ساخت دستگاهی منسجم با وضوح زمان کافی برای ضبط مستقیم این فرآیندها نشده‌اند.

اما به تازگی، تیمی از محققان MIT با لیتوگرافی دستگاه فشرده‌ای را بر روی تراشه ساخته‌اند که می‌تواند با تغییر زمان، میدان الکتریکی ضعیف امواج نور را به طور مستقیم ردیابی کند.

محققان از دیرباز به دنبال روش‌هایی برای اندازه‌گیری سامانه‌ها در زمان تغییر آن بوده‌اند. ردیابی امواج گیگاهرتز، مانند امواج مورد استفاده در تلفن یا Wi-Fi، به وضوح زمانی کمتر از ۱ نانو ثانیه (یک میلیاردم ثانیه) نیاز دارد. اما برای ردیابی امواج نور مرئی به وضوح زمان بیشتری، کمتر از ۱ فمتو ثانیه (یک میلیونیم یک میلیاردم ثانیه) نیاز است. به تازگی محققان MIT ریز تراشه‌ای را طراحی کرده‌اند که از پالس‌های کوتاه لیزری برای ایجاد چشمک‌های الکترونیکی بسیار سریع در نوک آنتن‌های نانو مقیاس بهره می‌گیرد.

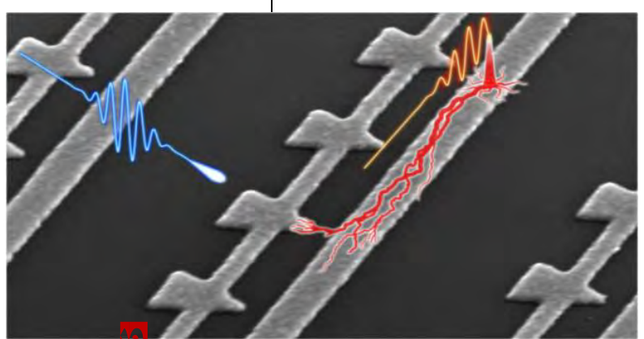
آنتن‌های نانو مقیاس طوری طراحی شده‌اند که میدان پالس کوتاه لیزر را تا حدی تقویت کنند که بتواند الکترون‌ها را از آنتن خارج کرده و یک فلاش الکترونیکی ایجاد کند و آنها را به سرعت از طریق الکترود جمع‌آوری می‌کند. این فلاش‌های الکترونیکی بسیار کوتاه هستند و طول عمرشان فقط چند فمتوثانیه است.

با استفاده از این فلاش‌های سریع، محققان توانستند از امواج نوری ضعیف‌تر که هنگام عبور از تراشه در حال نوسان هستند، تصویربرداری کنند. اکنون می‌توان شکل موج میدان فوق سریع پالس‌های لیزر بسیار ضعیف را با این دستگاه اندازه‌گیری کرد. امواج نور در اثر تعامل با ماده و بر حسب زمان تغییر می‌کنند و نشانه‌هایی از خود را در داخل مولکول‌ها باقی می‌گذارند. این دستگاه بدون نیاز به محیط کاری خاص، با حداقل پارامترهای لیزر و لوازم الکترونیکی معمولی آزمایشگاهی قابل استفاده است. این دستگاه جدید اندازه‌گیری‌های نوری با کاربردهایی در زمینه‌هایی مانند زیست‌شناسی، ایمنی غذا، تشخیص گاز و کشف دارو را ممکن می‌سازد. محققان با استفاده از این دستگاه‌های نمونه‌برداری نوری، قادر خواهند بود مسیرهای جذب نوری را در گیاهان و فوتولتائیک بهتر درک کرده یا نشانه مولکولی را در سامانه‌های پیچیده بیولوژیکی بهتر تشخیص دهند.



نتایج این پژوهش در نشریه
Nature Photonics
منتشر شده است.

Doi.org/10.1038/s41566-021-00821-y



اخبار علمی

شرح کامل این پژوهش و نتایج در نشریه Bioprinting منتشر شده است.

Doi.org/10.1016/j.bprint.2020.e00099

ساخت حسگرهای زیستی با چاپ باکتریایی روی بسترهای مختلف با استفاده از چاپگر لیزری

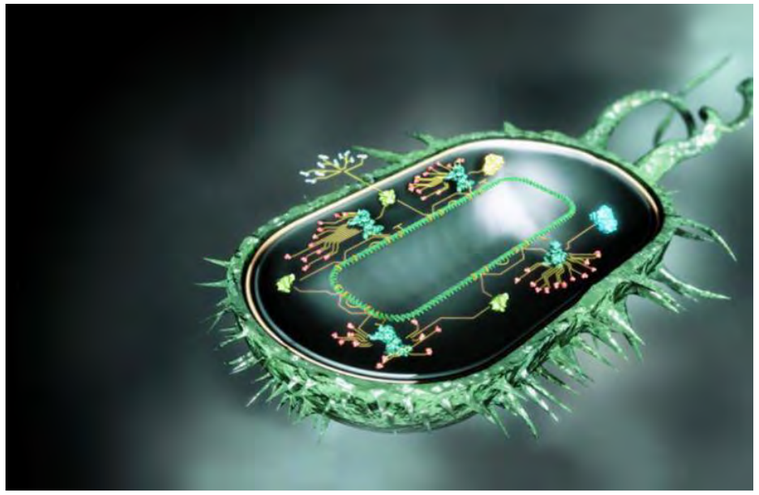
در پژوهشی که توسط محققان دانشگاه اصفهان و امیرکبیر انجام شده است، برای اولین بار از یک چاپگر لیزری تجاری برای چاپ باکتری در لایه‌های مختلف به عنوان حامل باکتری با هدف بهره‌گیری در حسگرهای زیستی، استفاده شد.

بدین منظور، اسپورهای باکتری‌های باسیلوس استئروترموفیلوس و باسیلوس آتروفائوس با تونر چاپگر مخلوط شده و به عنوان یک پودر زیستی در چاپگر لیزری معمولی برای چاپ روی یک فیلم پلی پروپیلن یا روی کاغذ کپی، کاغذ انتقال و کاغذ فیلتر استفاده شده است.

در این آزمایش اثرات مواد بستر، چگالی چاپ، الگوی چاپ و شدت رنگ بر میزان باکتری‌های بازیابی شده، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. همچنین نمونه آماده شده بر روی کاغذ فیلتر حاوی میزان باکتری بازیابی شده بیشتری بود که این امر نشان‌دهنده مناسب بودن این بستر برای چاپ باکتری است.

با این حال، چگالی و الگوی چاپ نیز بر تعداد باکتری‌ها برای دو سویه مورد آزمایش تاثیرگذار است.

بر اساس نتایج بدست آمده، آنها مدعی شده‌اند که چاپگرهای لیزری می‌توانند به طور موثری برای انتقال باکتری‌ها به بسترهای کاغذی مورد استفاده قرار گیرند و در ساخت حسگرهای زیستی به کار گرفته شوند.



ساخت حسگرهای ریزسیالی با استفاده از فناوری‌های چاپ سه‌بعدی

دستگاه‌های ریزسیال سه‌بعدی، جزء سامانه‌های میکروالکترومکانیک (MEMS) دسته‌بندی می‌شوند و در مقیاس میکرومتری بسیار کارآمد عمل می‌کنند. این دستگاه‌ها توانایی تشخیص، کنترل، فعالسازی و ایجاد جلوه‌های بزرگ مقیاس را دارند.

بر این اساس، تراشه‌های ریزسیال سامانه‌هایی هستند که می‌توان به کم آنها میکرولیترها و حجم کمتری از مایعات را کنترل و در کانال‌های اندازه کوچک (یک میلیونیم متر از یک متر) به جریان انداخت.

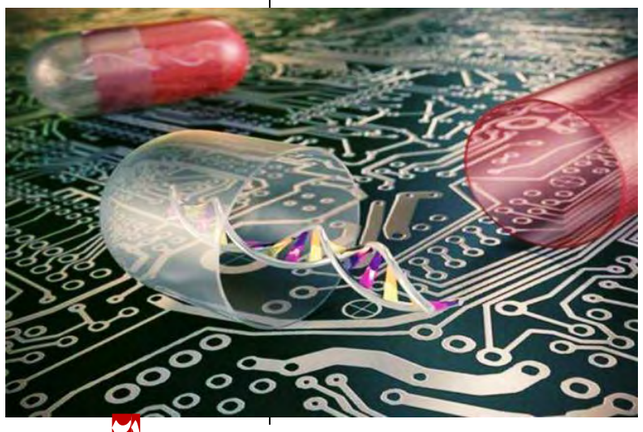
یکی از جدیدترین کاربردهای فناوری تراشه‌های میکروسیالی، تولید اندام‌های مصنوعی است که همین امر آن را به ابزاری محبوب برای تجزیه و تحلیل فرآیندها و ساز و کارهای بیوشیمی و مهندسی زیستی تبدیل کرده است.

برای این منظور، تراشه‌های ریزسیال می‌توانند به سرعت عوامل زیستی بدن، مانند نبض، جریان خون، فشار خون و انتقال داده‌های مکانی و عوامل برنامه‌ریزی شده را کنترل کنند.

علی رغم کاربردهای وسیع آن، تولید تراشه‌های ریزسیال پرهزینه و اغلب زمان‌بر است که به شیوه‌های متداول تولید آن مربوط است.

اما به تازگی از فناوری چاپ سه‌بعدی برای تولید عمده و نمونه‌سازی سریع تراشه‌های ریزسیال در مقیاس کوچک بهره گرفته شده است.

در جدیدترین مقاله‌ای کهبا همکاری مشترک محققان ایرانی دانشگاه‌های تگزاس، بارسلونا، دانشگاه مرمره استانبول و دانشگاه دامغان منتشر شده است، پیشرفت‌های اخیر در زمینه فناوری چاپ سه‌بعدی برای ساخت سریع و در نتیجه تولید انبوه تراشه‌های ریز سیال را نشان می‌دهد.



Hindawi

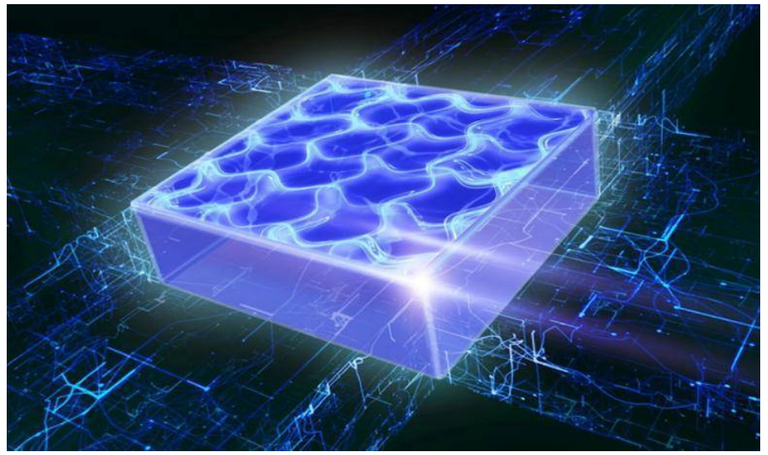
این تحقیق در نشریه Hindawi Journal of Nanomaterials به چاپ رسیده است.

Doi.org/10.1155/2021/5537074

تازه‌ها

این تحقیق در مجله Nature منتشر شده است.

Doi.org/10.5281/zenodo.4729519.

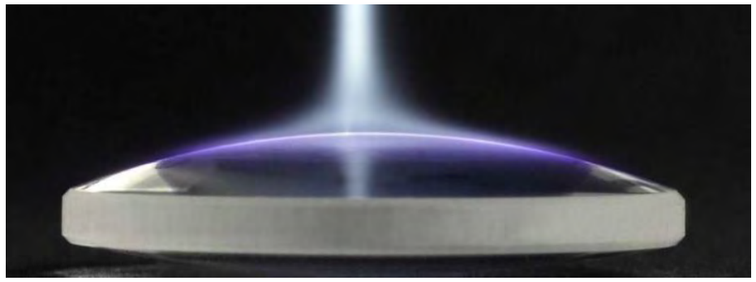


کشف حالت جدیدی از ماده با خواص کوانتومی ویژه

علاوه بر حالات شناخته شده اصلی ماده یعنی جامد، مایع، گاز و پلاسما، می‌توان حالات عجیب دیگری را هم در آزمایشگاه به وجود آورد. یکی از این حالات به عنوان "فوق جامد" شناخته می‌شود که در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است. اکنون محققان دانشگاه اینسبروک این حالت ماده را به شکل دو بعدی ساخته‌اند.

گروهی از محققان با استفاده از حالت دیگری از ماده به نام چگالش بوز-اینشتین (BEC) حالت فوق جامد را به وجود آورده‌اند. در این حالت اتم‌ها که به دمای صفر مطلق رسیده‌اند، یک ابر گازی با چگالی پایین را تشکیل می‌دهند. در آن نقطه، خواص کوانتومی عجیبی مشاهده شده است که به طور معمول در مقیاس‌های بزرگ دیده نمی‌شود. همه اتم‌های BEC در هر نقطه از ابر به طور همزمان وجود دارند.

در آزمایش‌های قبلی، تنها حالت یک بعدی از مواد فوق جامد ساخته شده بود و اتم‌ها فقط می‌توانستند در یک جهت جریان یابند. در حال حاضر، تیم اینسبروک امکان تحرک اتم‌ها را در ساختاری دو بعدی فراهم کرده است به طوری که به جای حرکت در طول یک رشته، حال می‌توانند در اطراف یک تکه کاغذ حرکت کنند. یک ماده فوق جامد دو بعدی، ماده‌ای است که همه اتم‌های آن در یک ساختار بلوری مانند یک جامد قرار گرفته‌اند اما می‌توانند همزمان آزادانه جریان یابند. حالت BEC از اتم‌های دیسپروزیم (Dy) ساخته شده بود و برهم کنش‌های مغناطیسی بین اتم‌ها باعث می‌شد آنها خود را به صورت قطراتی درآورند و در یک شبکه قرار گیرند. به طور معمول، تصور می‌شود که هر اتم در یک قطره خاص یافت شود و راهی برای قرار گرفتن بین آنها وجود نداشته باشد. با این حال، نتیجه مشاهدات نشان داد که هر ذره به صورت همزمان در تمام قطرات وجود دارد. بنابراین اساساً سامانه‌ای با مجموعه‌ای از مناطق با چگالی بالا (قطرات) خواهید داشت که همه آنها از اتم‌های توزیع شده یکسانی برخوردارند. این پیشرفت می‌تواند به فیزیکدانان اجازه دهد تا طیف وسیعی از عجایب کوانتومی را مطالعه کنند که در حالت ابر جامد یک بعدی این رخداد اتفاق نمی‌افتاد. در یک سامانه فوق جامد دو بعدی، می‌توان نحوه ایجاد گرداب‌ها را در سوراخ بین چند قطره مجاور مطالعه کرد. این گرداب‌های توصیف شده در تئوری هنوز اثبات نشده‌اند، اما نشان‌دهنده پیامد مهم مایع فوق‌سیال هستند.



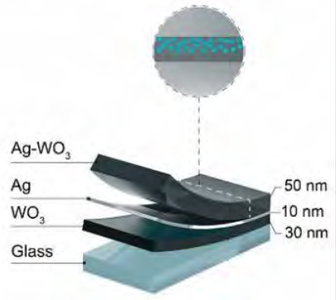
فناوری پوشش پلاسمایی وابستگی ایندیوم را در مواد الکتروکرومیک کاهش می‌دهد

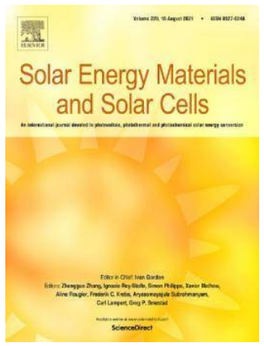
محققان دانشگاه سیدنی یک فناوری ارزان قیمت، پایدار و در دسترس را توسعه داده‌اند که می‌تواند صفحه نمایش دستگاه‌های الکترونیکی، آینه‌های اتومبیل ضد انعکاس و پنجره‌های معماری هوشمند را با کسری از هزینه فناوری فعلی تیره کند.

ایندیم عنصری است که به طور سنتی برای دستیابی به شفافیت نوری و هدایت الکتریکی برای ساخت دستگاه‌های هوشمند با خواص نوری ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گروه تحقیقاتی با حذف ایندیوم و با به کارگیری فناوری پلاسما، ساختارهای نوری شفاف، رسانای الکتریکی و الکتروکرومیک را تولید می‌کند. این ساختارها از دی‌الکتریک/فلز/دی‌الکتریک (DMD) از اکسید تنگستن (WO_3) بعنوان دی‌الکتریک و نقره (Ag) تشکیل شده‌اند و دارای سه لایه WO_3، Ag و WO_3 با آلایش Ag هستند که ساندویچ WO_3 و Ag روی شیشه پوشانده می‌شود. این محققان با استفاده از روش پاشش قوی مگنترون ضربه‌ای (HiPIMS) لایه‌های WO_3 و Ag/WO_3 را لایه‌نشانی کرده‌اند.

این ساختار ترکیبی زمانی شکل می‌گیرد که میزان بالایی از یونیزاسیون Ag در فرآیند HiPIMS رخ دهد و ساختارهای DMD منفی را به اندازه کافی تحت تأثیر قرار بدهد تا به لایه خارجی WO_3 نفوذ کند.

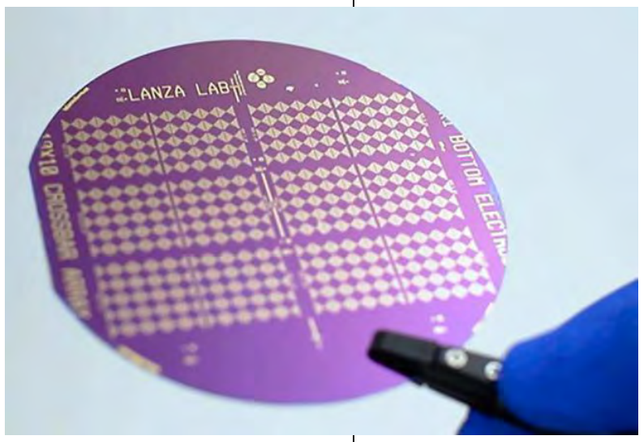
این گروه با تغییر اندازه نانوخوشه‌های نقره از طریق بازپخت خلاء در همان محفظه پاشش، در دماهای مختلف، اثر رزونانس پلاسمون سطحی را بهینه کردند. این ساختار بهینه، شفاف و رسانای الکتریکی است و ویژگی‌های الکتروکرومیک را با بازده رنگ‌آمیزی بالا، سرعت سوئیچ سریع و ثبات طولانی مدت نشان می‌دهد. از مواد تولید شده توسط پلاسما می‌توان برای پوشاندن هر سطح جامد، از جمله پلاستیک‌های قابل انعطاف، کاغذهای الکترونیکی، تلفن‌های هوشمند و پنجره‌های شیشه‌ای استفاده کرد. حال با اعمال یک جریان الکتریکی اندک به راحتی می‌توان سطح مورد نظر را از حالت شفاف به کدر تغییر دارد. بهنام اخوان عضو ارشد این گروه تحقیقاتی می‌گوید: "در این پروژه به دنبال ساخت مواد ترکیبی تولید شده با پلاسمایی هستیم که جایگزینی کم هزینه، در دسترس و سازگار با محیط زیست برای کدر شدن پنجره‌ها و صفحه رایانه‌ها باشد. وقتی شفافیت یک ابزار الکترونیکی پوشیدنی یا پنجره هوشمند را تغییر می‌دهید، این کار توسط یک دستگاه الکتروکرومیک انجام می‌گیرد. تاکنون، این دستگاه‌ها برای انجام کار از موادی مانند ایندیوم کمیاب استفاده می‌کردند. آنچه ما ایجاد کرده‌ایم، فناوری است که نیاز به ایندیوم را برطرف می‌کند و در عوض از ساختار سه لایه‌ی مهندسی شده توسط فرآیند پلاسما که تولید آن بسیار ارزان‌تر است، استفاده می‌شود ". محققان این پروژه بر این باورند که رویکرد مبتنی بر پلاسما برای ساخت پوشش‌های نانوکامپوزیتی با رسانای شفاف بر روی بسترهای بدون ایندیوم، پتانسیل قابل توجهی برای تولیدکنندگان مواد نوری الکترونی نسل بعدی مانند دستگاه‌های الکتروکرومیک دارد.



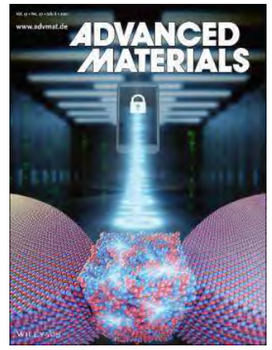


تحقیقات صورت گرفته توسط این تیم در Solar Energy Materials and Solar Cells منتشر شده است.

Doi.org/10.1016/j.solmat.2021.111268



ممریستورهای جدید برای تولید اعداد تصادفی

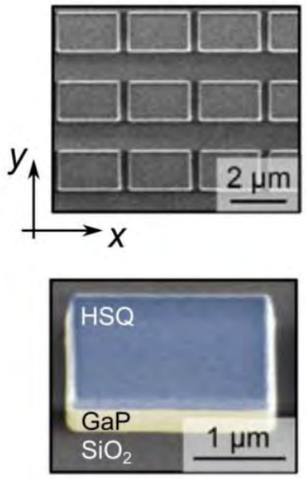


گزارش کامل این تحقیقات در *Advanced Materials* به چاپ رسیده است.

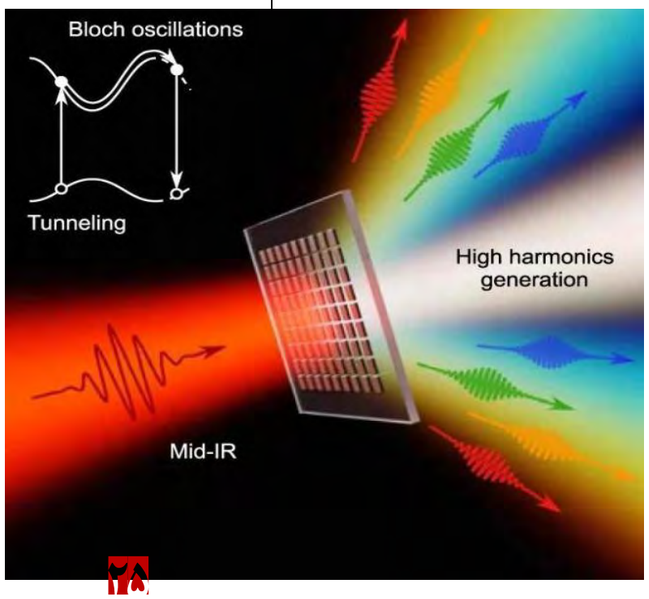
DOI:
10.1002/adma.202100185

رمزگذاری داده‌های پیشرفته مستلزم استفاده از مولد اعداد تصادفی واقعی (TRNG) برای تولید دنباله‌های غیرقابل پیش‌بینی بیت است.
برخی از پدیده‌های طبیعی الگوهای مناسبی برای تولید اعداد تصادفی هستند. به عنوان مثال، برخی پدیده‌های فیزیکی از جمله اختلالات حرارتی در دیودهای زنر، دارای رفتاری کاملا تصادفی هستند و می‌توانند پایه‌ای برای تولید اعداد تصادفی فیزیکی و سخت‌افزاری باشند. با این حال مشکل اساسی این دیودها مصرف بالای برق و کاهش میزان تصادفی بودن اعداد با گذشت زمان به دلیل تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و الکترونیکی آنها است.
به تازگی گروه تحقیقاتی آزمایشگاه لانزا در دانشگاه سوژو چین یک مولد اعداد تصادفی در مقیاس نانو را ساخته است که با افزایش ثبات طولانی مدت و کاهش مصرف برق همراه است. ممریستورها، مخفف عبارت "مقاومت حافظه"، قطعات الکترونیکی منفعل کوچکی هستند که که مقاومتشان با اعمال فشار الکتریکی بین دو حالت قابل تغییر است.
با این حال، آنها نوعی نوفه الکتریکی به نام نوفه تلگراف تصادفی (RTN) تولید می‌کنند که گاهی اوقات به دلیل صدایی که در صورت اتصال به بلندگو به وجود می‌آورند، نوفه پاپ کورن نامیده می‌شود که برای تولید اعداد تصادفی مناسب است. چالش گروه لانزا طراحی و ساخت یک دستگاه ممریستور بود که بتواند در طول زمان RTN پایداری تولید کند.
پورفسور ماریو لانزا می‌گوید: "ممریستورها ساختارهایی متشکل از نانوسل فلز/عایق/فلزی (MIM) هستند که بر اساس مواد دو بعدی ساخته شده‌اند و دارای سرعت عمل بالا، مصرف انرژی کم، استقامت و زمان ماندگاری بسیار زیاد داده‌ها هستند. به همین دلیل، ممریستورها برای کاربردهایی مانند حافظه‌های الکترونیکی با چگالی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین این قطعات برای سامانه‌های رمزگذاری بسیار مفید هستند زیرا می‌توانند سیگنال‌های الکترونیکی با نوسانات با درجه تصادفی فوق‌العاده بالایی را تولید کنند".
لانزا می‌گوید: "چالش اصلی این است که با گذشت زمان مقاومت ساختار اتمی فیلم نازک کاهش می‌یابد و باعث می‌شود سیگنال RTN از بین برود. استفاده از عایق‌های سنتی، یعنی اکسیدهای فلزات واسطه مانند HfO_2 وAl_2O_3، به دلیل تشکیل و گسترش جانبی خوشه‌های معیوب به اندازه کافی پایدار نیستند و در نتیجه نوسانات جریان نامطلوب شده و RTN ناپدید می‌شود. اما در این دستگاه، از نیترید بور شش ضلعی چندلایه (h-BN) استفاده شده است که دارای ساختار اتمی بسیار پایدار بوده و در برابر این تأثیر مصون است".
تیم تحقیقاتی آزمایشگاه لانزا صدها دستگاه را با استفاده از روش‌های سازگار با صنعت ساخته و آنها را با استفاده از طیف وسیعی از روش‌ها، از جمله آزمایش تصادفی شامل تولید گذرواژه‌هایی یک‌بار مصرف امتحان کرده‌اند که در تمامی حالت‌ها نتایج قابل قبولی از خود نشان داده‌اند.

تبدیل پالس‌های لیزر به هارمونیک‌های بالا



محققان دانشگاه کرنل از طریق نانوساختاری جدید امکان تبدیل پالس‌های لیزر به هارمونیک بالا را میسر ساختند. این تبدیل پالس برای ابزارهای علمی جدید تصویربرداری با وضوح بالا و همچنین مطالعه فرآیندهای فیزیکی که در مقیاس یک ثانیه رخ می‌دهد، بسیار مفید و کاربردی است.
برای ادغام فوتون‌ها از طریق هارمونیک‌های بالا، از یک لیزر پالسی با یک فوتون فوق کوتاه و انرژی بالا استفاده قرار می‌شود. در این حالت نور ماوراء بنفش شدید (EUV) و اشعه ایکس تولید می‌شود که برای اهداف مختلف علمی می‌تواند به کار گرفته شود.
در گذشته، از گازها به عنوان منابع هارمونیک استفاده می‌شد، اما به تازگی یک گروه تحقیقاتی به رهبری گنادی شوتس در دانشکده مهندسی کرنل دریافتند که نانوساختارهای مهندسی شده راه حل ساده‌تری را ارائه می‌دهند. نانوساختارهایی که این گروه تولید کردند از یک سطح فوق نازک گالیم فسفید شکل گرفته که بسیاری از مشکلات معمول مربوط به تولید هارمونیک بالا در گازها و دیگر جامدات را برطرف می‌کند. فسفید گالیم بدون جذب مجدد هارمونیک اجازه می‌دهد ساختار با طیف کامل پالس لیزر تعامل کند.
برخورد لیزر مادون قرمز با سطح نانوساختارهای گالیم فسفید، به طور موثر سبب تولید هارمونیک زوج و فرد بالا می‌شود که طیف وسیعی از انرژی فوتون‌ها را بین ۱/۳ تا ۳ الکترون ولت پوشش می‌دهد.
این سطح از بازده تبدیل، دانشمندان را قادر می‌سازد تا دینامیک مولکولی و الکترونیکی درون یک ماده را تنها با یک شلیک پرتوی لیزری مشاهده کنند.
این عمل به حفظ نمونه‌هایی که ممکن است بر اثر آنالیزهای با قدرت بالا تخریب شوند، کمک شایانی می‌کند.
در ادامه، این گروه تحقیقاتی قصد دارد یک منبع حالت جامد مانند کریستال‌ها را با نانوساختارها جایگزین کند تا از این طریق عملکرد و امکانات دستگاه‌های هارمونیک بالا را بهبود بخشد. هرچند که مواد دو بعدی، اتم‌های تک، شبکه‌های اتمی مصنوعی و سایر سامانه‌های کوانتومی نیز گزینه‌های مناسبی برای انجام این عمل هستند.



این تحقیق در *Nature Communications* منتشر شده است

Doi.org/10.1038/s41467-021-24450-9

نانوساختارهای نوری

افسران محافظ چاپ امنیتی

نانوساختارهای نوری

افسران محافظ چاپ امنیتی

به قلم علی کاظم‌پور
kazempoorali.a@gmail.com

هیچ شکی وجود ندارد که امروزه تولید غیرقانونی اسناد و شناسه‌های جعلی یک تجارت بزرگ در سطح جهان است.

گستره این تجارت غیرقانونی شامل پول، انواع اسناد، گذرنامه‌ها و کارت‌های شناسایی، کالاها و مشابه آن می‌شود که سالانه بیش از میلیاردها دلار ضرر مالی به همراه دارد.

همچنین اعتبار بسیاری از شرکت‌های خصوصی و سازمان‌های دولتی در دنیا ممکن است تحت تأثیر این تجارت، آسیب‌های بزرگی ببینند.

حال سوال این است که آیا می‌توان از این حجم عظیم زیان مالی و اجتماعی جلوگیری کرد؟! نقاط ضعف امنیت اسناد و کالاها چیست؟

سرقت هویت در مقیاس جهانی علاوه بر مشکلات مالی بسیاری که برای شهروندان عادی ایجاد می‌کند، در بسیاری از موارد نیز باعث مورد سوءاستفاده قرارگرفتن هویت مردم بی‌گناه شده است. در نقاط مختلف جهان، میلیون‌ها نفر قربانی سرقت هویت شده‌اند. گزارشات اخیر از چین در مورد وجود بیش از یک میلیون سند هویت جعلی خبر می‌دهد. در عین حال، اقدامات ضدجعل شامل تجهیزات و نیروی انسانی که وظیفه شناسایی اسناد جعلی و مجرمان را دارند نیز، هزینه‌های هنگفتی را برای دولت‌ها به دنبال خواهد داشت. واضح است که علاوه بر تبعات سنگین اقتصادی و مالی، در بسیاری از موارد،

عدم وجود امنیت در اسناد و هویت‌ها، زیان‌های جبران‌ناپذیر سیاسی و امنیتی را نیز برای کشورها به همراه داشته است. پیشرفت‌های بسیاری در حوزه‌های مختلف فناوری چاپ امنیتی اسناد رخ داده است. با این حال مشکلی که وجود دارد این است که ظهور فناوری‌های جدید، امکان رمزگشایی، کپی‌برداری و جعل اسناد را نیز آسان‌تر می‌کند.

بنابراین یکی از چالش‌های مهم در زمینه رشد صنایع چاپ امنیتی آن است که این فناوری‌ها همواره باید از روش‌های تقلب و جعل دست کم یک قدم جلوتر باشند. چاپ امنیتی، حوزه‌ای از صنعت چاپ است که امنیت اقلامی مانند اسکناس، اوراق بهادار، گذرنامه، برچسب‌های امنیتی، شناسایی انواع کالا، گواهی سهام، تمبر پستی، شناسنامه و انواع کارت‌های شناسایی و کلیدهای امنیتی را تامین می‌کند.

از این رو، هدف اصلی چاپ امنیتی، جلوگیری از جعل، کپی‌برداری و تقلب در هر سند یا کالایی است که قابلیت جعل و کپی دارد. انواع مختلفی از روش‌های چاپ وجود دارد که هر یک برای کاربرد خاصی مناسب است. به طور مثال گاهی اوقات وزن سنگین‌تری از جوهر مخصوص امنیتی روی سطح، مورد نیاز است تا ویژگی امنیتی مورد نظر کیفیت مطلوب را داشته باشد. متناسب با سطح امنیتی لازم، استفاده از روش چاپی که ظرافت‌های بیشتری داشته باشد، مطمئن‌تر خواهد بود.

در سال‌های اخیر و در بازار رو به رشد صنعت چاپ امنیتی، فناوران در تلاشند تا ایده‌های جدید را با ویژگی‌های امنیتی بیشتر ارائه دهند. امروزه قطعات حیاتی در صنعت چاپ امنیتی، با استفاده از فناوری‌های فوتونیکی و مواد پیشرفته مهندسی شده در ابعاد نانو به دست می‌آیند. فناوری تولید اسناد امنیتی، تنها با استفاده از بسترهای معمولی مانند کاغذ، پلاستیک و پلیمر را نمی‌توان یک فناوری آینده‌نگر دانست. بلکه راه حل مناسب را باید در چندین حوزه فناوری و تلفیق آن‌ها جستجو کرد.

بسترهای چاپ اغلب کاغذ و پلیمر هستند. بسترهای امنیتی با ویژگی‌ها و ملاحظات خاصی جهت جلوگیری از جعل طراحی می‌شوند.

پلی‌کربنات به طور گسترده‌ای در چاپ امنیتی اسناد شناسایی استفاده می‌شود. به طور مثال، برای ایمن‌سازی عکس رنگی در یک سند شناسایی از پلی‌کربنات استفاده می‌شود. نور لیزرهای چهار رنگ که به جوهر خاصی در ساختار داخلی سند برخورد می‌کند قابلیت شناسایی و صحت تصویر را فراهم می‌کند.

انواع بسترهای چاپ امنیتی

بسترهای امنیتی بسیاری با پیشرفت فناوری به کار گرفته شده‌اند. استفاده از مواد فوتوکرومیک، ترموکرومیک و فسفرسانس در کاغذها و پلیمرها به وفور در چاپ امنیتی استفاده می‌شوند. از این مواد در جوهرهای امنیتی نیز استفاده می‌شود. همچنین جوهرهای متغیر نوری، حساس به امواج ماوراءبنفش و مادون قرمز هم از گزینه‌های دیگر جوهرهای امنیتی هستند.

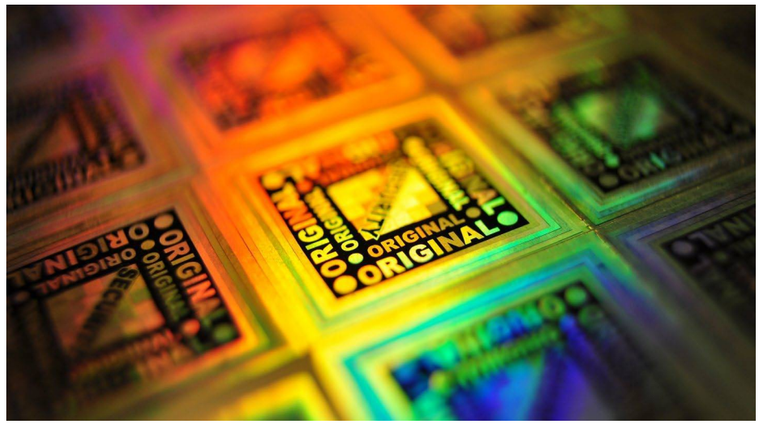
اکثر اسکناس‌ها از کاغذ سنگین ساخته شده‌اند و از الیاف پنبه نیز برای استحکام و دوام آن‌ها استفاده می‌شود. در برخی موارد کتان یا الیاف مخصوص رنگی اضافه می‌شوند تا کاغذ ویژگی منحصربه فردی پیدا کند.

برخی از کشورها مانند مکزیک، نیوزلند، انگلستان و استرالیا، اسکناس های پلیمری تولید می‌کنند تا طول عمر آن را افزایش داده و امکان ورود پنجره‌های کوچک شفاف در آن میسر شود. این پنجره‌ها به عنوان یک ویژگی امنیتی به شمار می‌روند که بازتولید آن با استفاده از روش‌های متداول جعل و کپی‌برداری دشوار است. اسکناس‌های پلیمری اغلب از پلی‌پروپیلن دو محوره (BOPP) ساخته می‌شوند.

ماندگاری اسکناس‌های پلیمری به طور قابل توجهی بیشتر از اسکناس کاغذی است که باعث کاهش تأثیرات زیست‌محیطی، کاهش هزینه تولید و جایگزینی آن‌ها می‌شود.

برای دست‌یابی به سطوح امنیتی بالاتر، استفاده از روش‌های ذکر شده آن‌چنان کارساز نیست و با ظهور فناوری‌های جدید چاپ و کپی‌برداری و در دسترس بودن آن‌ها، امکان کپی و جعل بسیاری از اسناد وجود دارد. از این‌رو باید یک گام به جلوتر برویم. جایی که فناوری چاپ هولوگرافی در خط مقدم صنعت چاپ امنیتی، پیشتاز است. ویژگی های ذاتی هولوگرام‌ها، جعل و کپی کردن جلوه‌های بصری آن‌ها را بسیار دشوار و در برخی موارد غیرممکن می‌کند.

هولوگرافی، فناوری پیشتاز در صنعت چاپ امنیتی



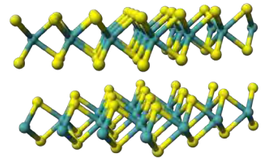
فناوری هولوگرافی ابزار قدرتمندی برای محافظت و احراز هویت است و همچنین در مورد خطرات جعل و تقلب در چاپ امنیتی هشدار می‌دهد. اما تولیدکنندگان به چالش‌های فنی که در هولوگرام‌های معمولی وجود دارد آگاه هستند. این آگاهی ناشی از جعل و تقلب در اسنادی است که به طور مکرر رخ می‌دهد. به طور مثال، ما شاهد افزایش قابل توجهی در تعداد گذرنامه‌ها و سایر اسناد صادر شده در سال‌های اخیر هستیم. بدون شک افزایش این اسناد، جعل و تقلب در آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد. تقریبا در همه این اسناد از برچسب‌های متغیر نوری (OVD) و هولوگرام‌ها استفاده شده است و در حال حاضر در خط مقدم امنیت در چاپ هستند. OVDها در آینده با سایر فناوری‌های چاپ امنیتی ترکیب خواهند شد تا عدم جعل آن‌ها با استفاده از فناوری‌های معمولی اسکن و کپی‌برداری تضمین شود.

نسل جدیدی از هولوگرام‌های مبتکرانه با امنیت بالا در حال ظهور است که باعث بهبود امنیت و حفاظت از اسناد شناسایی می‌شود. این هولوگرام‌ها به کسانی که مسئولیت اجرای قانون و یا نظارت را دارند کمک می‌کند تا همیشه از متخلفان یک قدم جلوتر باشند.

یکی از انقلاب‌های در حال وقوع در زمینه هولوگرافی، استفاده از تصاویر نانوری است. به عبارت ساده، این تصاویر رفتار نور را در مقیاس نانومتری (۱۰-۹ متر) تغییر می‌دهند. ترکیب تصاویر نانوری باعث می‌شود هولوگرام‌های امنیتی در برابر هر نوع جعل، ایمن باشند.

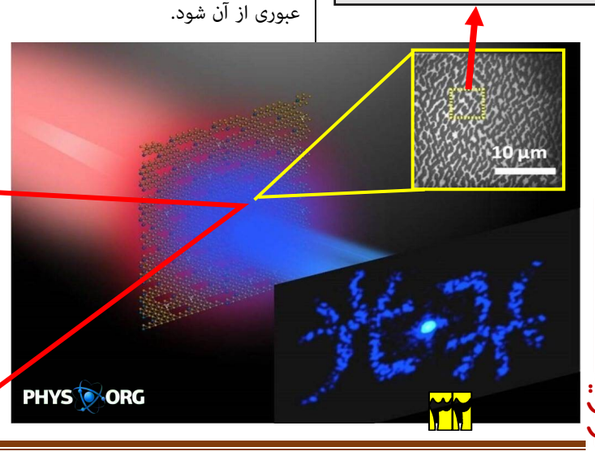
OVDهای نانویی، تمام ویژگی‌های مطلوب یک هولوگرام اعم از وضوح، انعطاف‌پذیری و عملکرد مناسب را دارند.OVD های نانویی با استفاده از سامانه‌های تصویربرداری نوری نانویی ساخته می‌شوند. این سامانه‌ها ویژگی‌هایی را ثبت می‌کنند که با استفاده از عناصر نانوری مسطح و توسط کامپیوتر ترکیب می‌شود.

«Holostik» یکی از شرکت‌های پیشگام تهیه هولوگرام امنیتی پیشرفته و سایر محصولات و راه‌حل‌های ضد تقلب و جعل است. این شرکت هندی همچنین هولوگرام‌های امنیتی نانونوری را برای صنایع مختلف ارائه می‌دهد که امنیت مطلوب محصولات و نام تجاری را در برابر تقلب تضمین می‌کند.



محققان با آزمایش لیزر فوق سریع بر روی تک‌لایه نانومتری تنگستن دی‌سولفید، یک هولوگرام نوری غیرخطی با راندمان تبدیل بالا و ضخامت اتمی کم را برای بازسازی تصاویر پیچیده هولوگرافی در فرکانس هماهنگ دوم طراحی کرده‌اند. ویژگی غیرخطی این هولوگرام می‌تواند به عنوان یک پنجره امنیتی در چاپ هولوگرام در نظر گرفته شود.

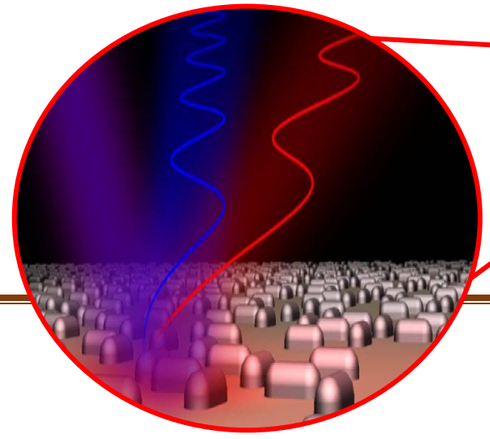
ساختار دوبعدی تنگستن دی‌سولفید در هولوگرام نوری غیرخطی



تصاویر نانونوری هولوگرام‌های امنیتی با استفاده از ریزساختارهای سه بعدی مطلوب و با استفاده از فناوری لیتوگرافی نوشتاری مستقیم ساخته می‌شوند. این ساختارهای مسطح در ابعاد ۳۰۵ نانومتری در یک لایه حساس به نور با ضخامت کمتر از ۳۰ نانومتر طراحی می‌شوند. در واقع مواد با پراش نور و ایجاد الگوهای تداخلی، تصاویری را ایجاد می‌کنند که به صورت سه‌بعدی دیده می‌شوند. «مین‌گو» و همکارانش از دانشگاه RMIT در ملبورن، به تازگی دریافته‌اند که یک چاه کوانتومی لایه نازک، ساخته شده با یک عایق توپولوژیکی خاص می‌تواند به عنوان یک کاواک تشدید عمل کند و باعث افزایش پراش نور عبوری از آن شود.

هولوگرام های مرسوم فاز نور را مدوله می‌کنند تا توهم عمق سه‌بعدی ایجاد شود. اما برای ایجاد تغییرات فاز کافی و کنترل ویژگی‌های نور، این هولوگرام ها باید در ضخامت طول موج‌های نوری ساخته شوند. مواد عایق توپولوژیکی یکی از گزینه‌های اصلی برای ساخت هولوگرام‌های نانونوری هستند. این مواد دارای ضریب شکست پایینی در لایه سطحی خود هستند اما ضریب شکست فوق‌العاده بالایی در عمق خود دارند. بنابراین به عنوان کاواک تشدید نوری ذاتی، می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

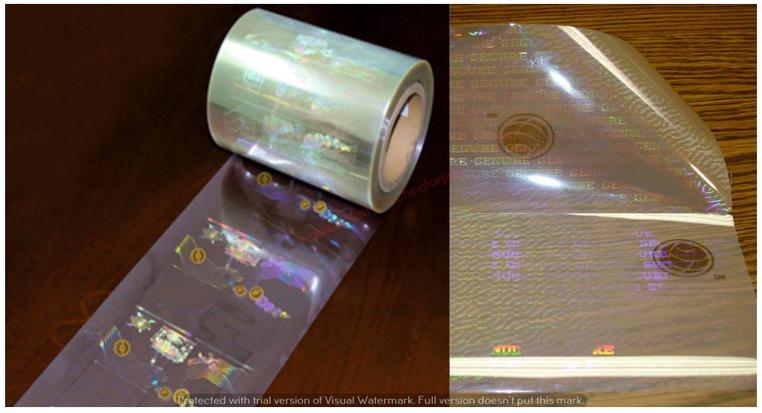
فناوری پیشرفته هولوگرام نانونوری قادر به کنترل میدان نوری(دامنه و فاز نور) و همچنین قطبش آن است. ساختارهای نانونوری سه‌بعدی می‌توانند جلوه‌های نوری منحصربه‌فردی مانند تجسم سه‌بعدی، حرکت، رنگ و بسیاری دیگر از ویژگی‌های امنیتی را ایجاد کنند. در واقع نانوساختارهای مواد نوری، سربازانی هستند که

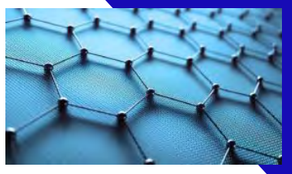


به کمک آن‌ها می‌توانیم بر ویژگی‌های نور مسلط شویم و مواردی چون دامنه، فاز، قطبش و ضریب شکست را در ابعاد زیرمیکرونی تحت کنترل خودمان در بیاوریم. در این صورت این فناوری، هر هولوگرام را به یک اثر انگشت غیرقابل کپی‌برداری برای چاپ امنیتی تبدیل خواهد کرد.

اگر کمی هوشمندانه‌تر به دنیای ریزساختار هولوگرام‌ها نگاه کنیم، یک سؤال اساسی وجود دارد که می‌تواند سرمنشأ پیشرفت این فناوری باشد. سوال اینجا است که آیا می‌توان به پارامترهای نوری در ابعاد نانو به طور هم‌زمان تسلط داشت و آن‌ها را کنترل کرد؟! اگر قدری در دنیای فناوری جسور باشیم، بدون درنگ به این سؤال پاسخ مثبت خواهیم داد. از آنجا که هولوگرام‌های فاز برای کنترل دامنه نور طراحی نشده‌اند، اغلب تحت تابش نور غیرمنسجم، یا ویژگی‌های نوری تصادفی از خود نشان می‌دهند و یا بدون تغییر به نظر می‌رسند. این هولوگرام‌های فازی، برای کاربردهای امنیتی جذابیت کم‌تری دارند و تنها تحت تابش یک نور خاص عمل می‌کنند.

از طرف دیگر تصاویر رنگی دارای ارزش تزئینی فوق‌العاده‌ای روی اسکناس‌ها، اسناد و حتی کالاهای مصرفی هستند، اما به طور کلی نمی‌توانند هیچ‌گونه طرح هولوگرافی معنی‌داری را تحت نور منسجم ایجاد کنند. این تصاویر هیچ کنترلی روی فاز نور ندارند.





محققان مرکز میکروفوتونیک سوینبرن، مطالعات جدیدی را آغاز کرده‌اند و از ظرفیت بالای اکسیدگرافن به همراه سامانه لیزری پیشرفته، برای ایجاد هولوگرام با ویژگی‌های نوری منحصربه‌فرد پرده‌برداری کرده‌اند. این هولوگرام‌ها انعطاف‌پذیرند و علاوه بر کاربردهای امنیتی، در نمایشگرهای هولوگرافی نیز می‌توانند تحول بزرگی ایجاد کنند. گرافن یک ماده کربنی دو بعدی با ویژگی‌های الکترونیکی، نوری و مکانیکی فوق‌العاده است که بستر جدیدی را برای فناوری‌های نانوفوتونیک نسل بعدی ارائه می‌دهد.

معرفی یک روش طراحی برای کنترل فاز و دامنه نور به طور هم‌زمان، ایده‌ای است که تا حدی ناشناخته مانده است و می‌تواند یک هولوگرام دومنظوره ایجاد کند. هولوگرام دومنظوره تصویری است که در نمای ساده ظاهر می‌شود اما داده‌های دیگری را به صورت رمزگذاری شده در دل خود جای داده است که قابل بازیابی است. در واقع اطلاعات هولوگرام را فقط با نور لیزر و طول موج مناسب می‌توان دریافت کرد. استفاده از یک یا چند ماسک فاز اضافی به عنوان کلید امنیتی نیز می‌تواند رمزگذاری ایمن‌تری را به دنبال داشته باشد.

محققان دانشگاه سنگاپور نوعی از هولوگرام امنیتی نوری را پیشنهاد کرده‌اند که ترکیبی از کنترل فاز و دامنه برای ادغام هولوگرام در چاپ رنگی است. از این فناوری با عنوان «چاپ رنگی هولوگرافی چندگانه» یاد می‌شود. این هولوگرام هنگامی که تحت تابش نور سفید باشد، به عنوان یک تصویر رنگی ظاهر می‌شود، اما سه طرح هولوگرافی پنهان دارد که تحت نور لیزری قرمز، سبز و آبی آشکارسازی می‌شود.

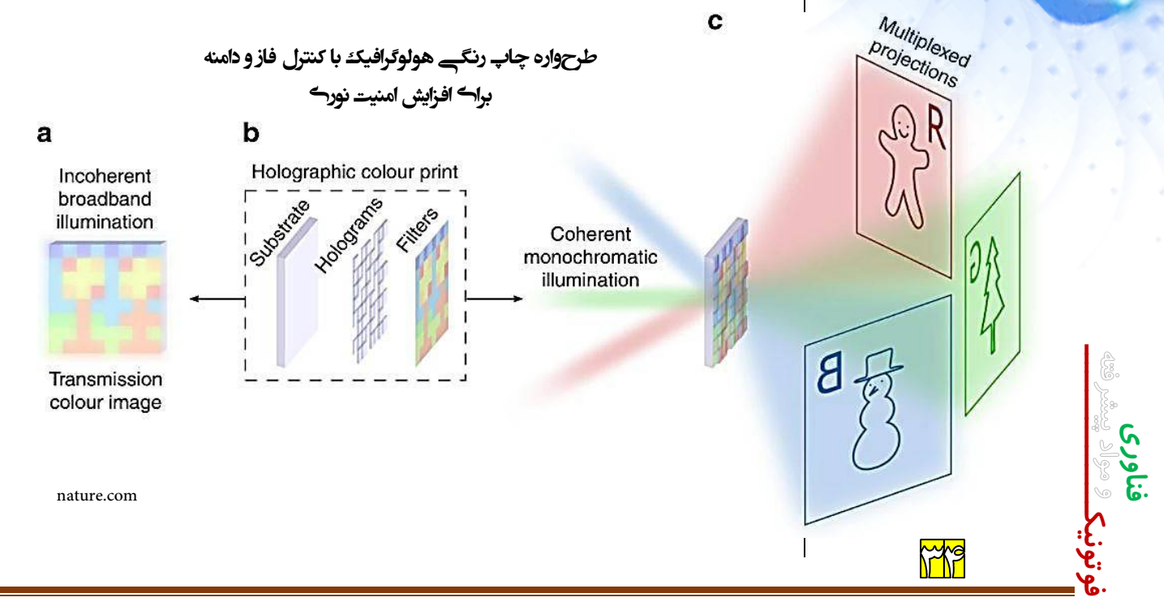
بر اساس ادعای محققان این طرح، این اولین بار است که هولوگرام‌ها در یک چاپ رنگی رمزگذاری می‌شوند که با کدگذاری فاز و رنگ به طور مستقل در پیکسل‌های جداگانه، طراحی و ساخته شده‌اند. اجازه بدهید افق دیدمان نسبت به فناوری هولوگرام‌های امنیتی را قدری دورتر بریم. چاپ چهاربعدی در ابعاد میکرو و نانو، دورنمای روشن‌تری از آینده فناوری هولوگرام‌های امنیتی را برایمان به تصویر خواهد کشید.

چاپ چهاربعدی نانومقیاس، چاپ سه‌بعدی مواد هوشمند در ابعاد نانو است که می‌توانند به محرک‌های خارجی مانند نور، دما و فشار پاسخ دهند و شکل یا ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تغییر کند. جوهرهای قابل چاپ می‌توانند شامل یک یا چند ماده هوشمند و یا ترکیبی از مواد هوشمند با مواد معمولی باشند.

ادغام مواد هوشمند جدید با نانومواد معمولی در چاپ سه بعدی باعث ایجاد مفهوم جدیدی از نانوترکیب‌های چاپ چهار بعدی می‌شود. نانومواد به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فرد خود می‌توانند مزایای متعددی برای پیشرفت در صنعت چاپ چهاربعدی امنیتی به ویژه هولوگرام‌ها به ارمغان آورند. نانوذرات تیتانات‌باریم به طور شیمیایی با گروه‌های سطحی آکریلات، اصلاح شده و در جوهرهای قابل چاپ گنجانده شده‌اند. نانوذرات اصلاح شده می‌توانند به طور مستقیم با جوهر پلیمری در معرض نور پیوندهای کووالانسی برقرار کنند. ترکیب نانوذرات اصلاح شده همچنین منجر به افزایش ده برابری ضریب پیزوالکتریک می‌شود.

می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از نانومواد برای جوهرهای قابل چاپ می‌تواند به کاربرد چاپ چهار بعدی در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی با ارزش بالا کمک کند.

تغییر شکل نانوساختارهای چاپ شده ناشی از تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی ذاتی ماده مانند حافظه شکل است. مواد زیستی نیز ظرفیت خوبی برای استفاده در چاپ چهاربعدی دارند. به طور مثال، تصور کنید ساختارهای نانو با خواص نوری متغیر بتوانند تحت تابش نور هوشمندانه تغییر کنند. این سطح از فناوری تسلط بر کنترل ویژگی‌های نور را آنقدر بالا می‌برد که در آینده هولوگرام‌های امنیتی مانند موجودات زنده به طور هوشمند عمل خواهند کرد. نانومواد نوری هوشمند چهاربعدی افسران امنیتی خواهند بود که فقط تحت شرایط نوری و شیمیایی خاصی کدهای رمزگذاری شده را نمایان خواهند کرد!

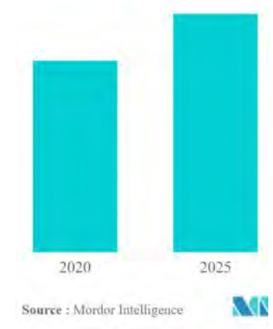


بازار فناوری‌های چاپ امنیتی در نگاه اول ممکن است گسترده به نظر نرسد. این در حالی است که در دنیای امروز که ارتباطات اقتصادی و اجتماعی و مصرف محصولات مختلف سر به فلک کشیده است، برای حفظ امنیت جانی، مالی و اجتماعی خود ناچاریم دست به دامان فناوری‌های چاپ امنیتی شویم.

با رشد جمعیت و ارتباط بیش از پیش کشورها، افزایش مهاجرت و تجارت‌های بین‌المللی را شاهد هستیم. بدون شک این مهاجرت‌ها یکی از زمینه‌های افزایش جعل در اسناد، گذرنامه‌ها و حتی اوراق بهادار و اسکناس خواهد بود. مبادلات اقتصادی به ویژه صادرات و واردات غیرقانونی نیز کالاهای جعلی را به شدت افزایش داده است. از این رو فناوری‌های چاپ امنیتی از دید بین‌المللی نیز اهمیت ویژه‌ای دارند.

بخش گردشگری به دلیل عواملی مانند رشد خطوط هوایی مقرون به صرفه و افزایش تعداد مسافران هوایی در سراسر جهان، در حال رشد است. همچنین، بر اساس گزارش سازمان جهانی گردشگری (UNWTO)، ورود گردشگران بین‌المللی در سراسر جهان، در سال ۲۰۱۸ با ۶ درصد افزایش به ۴/۱ میلیارد نفر رسیده است. در نتیجه، تقاضای ویزا و گذرنامه برای جلوگیری از جعل هویت در حال افزایش است. این امر منجر به چاپ گسترده امنیتی برای جلوگیری از فعالیت‌های تروریستی و حفظ یکپارچگی و امنیت مرزهای ملی و بین المللی شده است.

قوانین و مقررات امنیتی، نقش مهمی در پیشبرد بازار چاپ امنیتی ایفا می‌کنند. این امر بر ضرورت توسعه شرکت‌های چاپ اسکناس و تولیدکنندگان بسترهای امنیتی می‌افزاید. به عنوان مثال، پروژه «S-Prin» که توسط اینترپل تعیین شده است، یک گروه شامل مجریان قانون و فناوران چاپ امنیتی را گرد هم می‌آورد تا از گسترش ارزهای تقلبی و اسناد امنیتی جعلی در سراسر جهان بکاهد.



پیش‌بینی می‌شود بازار فناوری‌های چاپ امنیتی تا سال ۲۰۲۵ با نرخ رشد سالانه ۵/۴ درصد، به رقمی بالغ بر ۲۹ میلیارد دلار برسد. آمریکای شمالی بزرگ‌ترین سهم بازار و آسیا و اقیانوسیه سریع‌ترین رشد را خواهند داشت.

دورنما

یکی از موانع رشد بازار چاپ امنیتی، گذار به سمت اقتصاد بدون پول نقد، دیجیتالی شدن کارت‌های شناسایی و صدور گواهینامه دقیق مربوط به اوراق بهادار است. اگرچه این عوامل قدری از تخلفات را کاهش می‌دهد اما نیاز به حفظ امنیت چاپ را برطرف نمی‌کند. پیشرفت فناوری‌های چاپ و کپی‌برداری جعل اسناد را آسان‌تر می‌کند و این یکی از عوامل رشد بازار فناوری چاپ امنیتی است. چرا که برای حفظ امنیت باید همیشه یک گام از متخلفان جلوتر باشیم.

طبق آمار بین‌المللی نرخ رشد فناوری‌های چاپ امنیتی در ایران پایین است. این در حالی است که سالانه صدها نفر ایرانی قربانی جعل هویت می‌شوند. در بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله چاپ اسکناس نیز هرساله میلیاردها ریال زیان مالی گریبان‌گیر مردم و دولت است. در کشورمان هنوز از روش‌های سنتی در چاپ اسکناس استفاده می‌شود و نیاز به بومی‌سازی فناوری‌های چاپ امنیتی نظیر بسترهای پلیمری و هولوگرام‌های امنیتی نسل جدید ضروری است. در بازار کالاهای خانگی، پزشکی، لوازم آرایشی، محصولات غذایی و هرآنچه که مربوط به برندهای کالا است، ردپای تقلب و قاچاق را می‌توان دید. سالانه میلیاردها دلار کالای تقلبی در جهان مبادله می‌شود. طبق آمار سازمان غذا و دارو، سالانه حدود ۴۰ میلیون نفر از مردم کشورمان داروی تقلبی مصرف می‌کنند که ارزش آن حدود ۲۰۰۰ میلیارد دلار است. همچنین بیش از ۸۰% کالاهای اینترنتی تقلبی هستند.

به نظر می‌رسد تا کنون خیلی ساده از کنار برچسب‌های امنیتی و یا کدهای امنیتی کالاهای مصرفی عبور می‌کردیم. اما آمارها چیز دیگری می‌گویند و به سادگی می‌توان به اهمیت اصیل بودن کالاها و اسناد پی برد و جای خالی فناوری‌های چاپ امنیتی جدید را حس کرد.

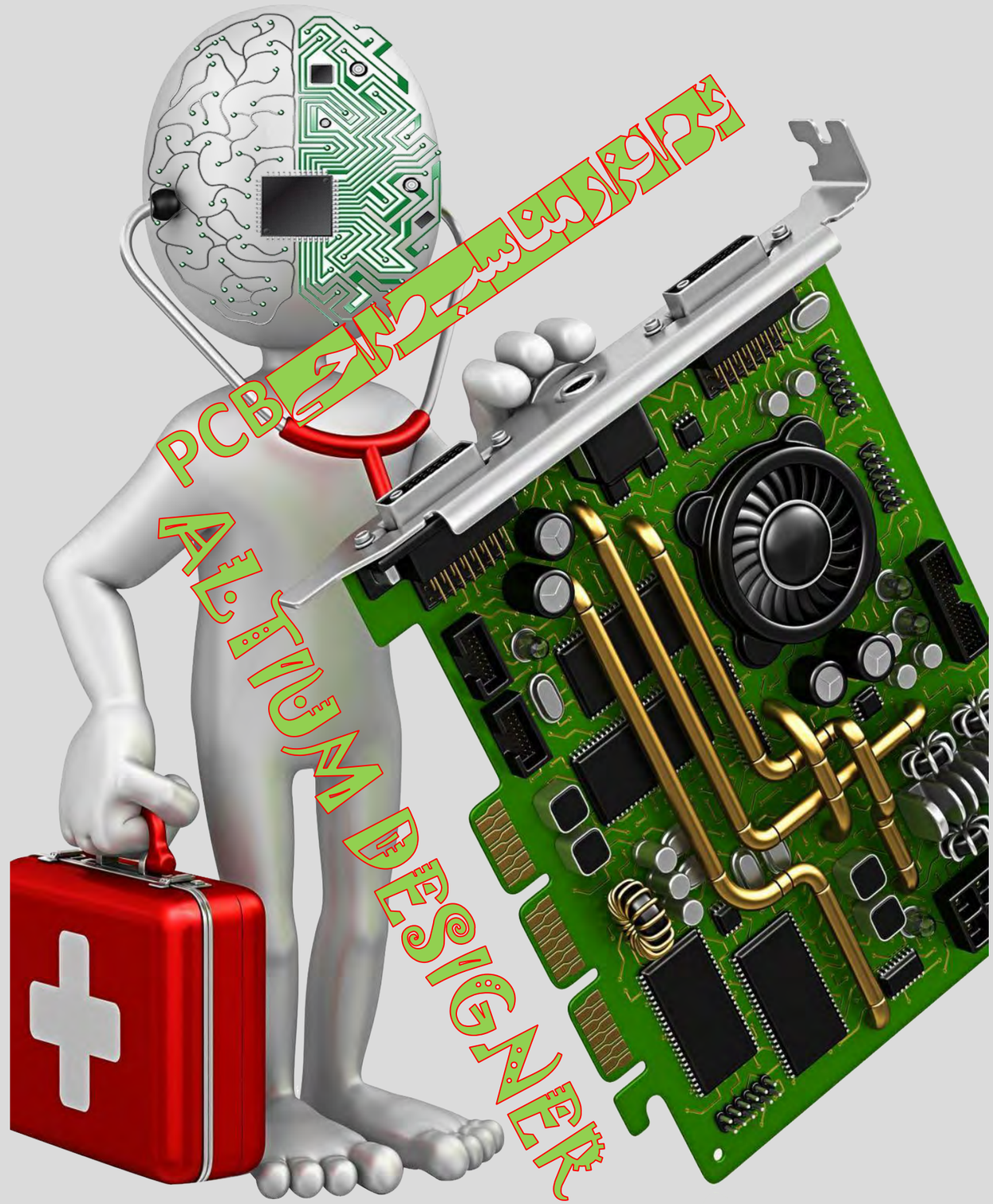
در دنیای امروز فناوری‌های چاپ امنیتی و در رأس آن هولوگرام‌ها، نقش ویژه‌ای در امنیت اقتصادی و اجتماعی افراد و جامعه دارد که نیازمند آگاهی بیشتر مردم و مسؤلان در این حوزه است تا راه پیشرفت در صنعت چاپ امنیتی باز شود و افق روشن این فناوری را بتوان مشاهده کرد.

نرخ رشد بازار فناوری‌های چاپ امنیتی
بر اساس منطقه در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۲۴

آموزش کاربردی

نرم افزار مناسب طراحی PCB

ALTIUM DESIGNER



تهیه شده توسط مهندس سعید بنده

به قلم المیرا بلندهمت
e.bolandhemmat@gmail.com

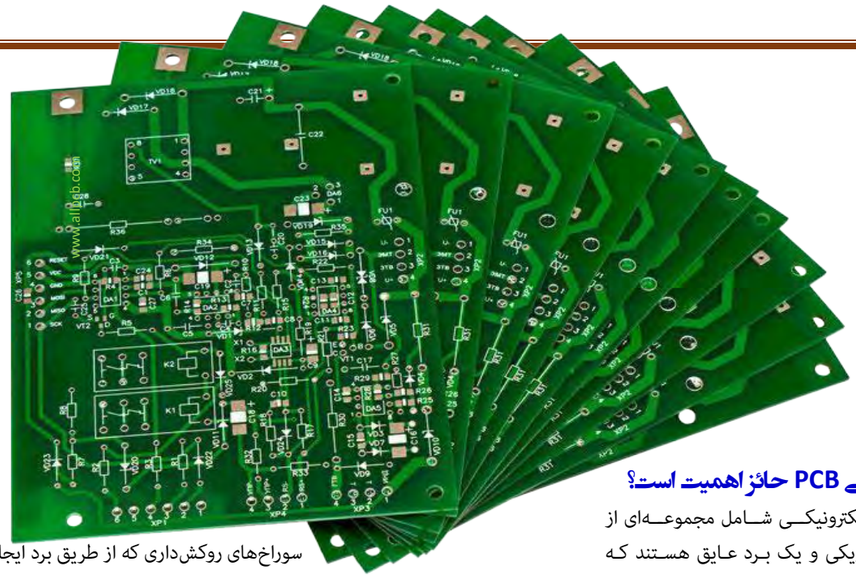
مفهوم الکترونیک چاپی بیش از صد سال پیش مطرح شد و حق مالکیت فکری فناوری مدار چاپی خام (PCB) در آلمان در اوایل سال ۱۹۰۳ ثبت شد، اما ۳۳ سال طول کشید تا تولیدPCB در مقیاس صنعتی واقعا محقق شد.

امروزه این فناوری به قدری پیشرفته، کاربردی و گسترده شده است که تقریبا ساخت هر دستگاه برقی بدون آن امکان‌ناپذیر است. تجهیزات الکترونیکی ترکیبی از اجزای الکتریکی و الکترونیکی متصل به یکدیگر است که در راستای عملکرد خاصی طراحی شده‌اند. از این رو، با توجه به فراگیر شدن استفاده از وسایل الکترونیکی چاپی در همه زمینه‌ها از دستگاه‌های شخصی گرفته تا سامانه‌های پیچیده، توسعه این فناوری بیش از پیش اهمیت یافته است. در حقیقت، این صنعت عظیم چندین میلیاردی به طور مداوم در حال رشد است.

با پیشرفت تجهیزات الکترونیکی مصرفی، توسعه تجهیزات کم‌حجم‌تر و کوچک‌سازی قطعات و تنوع‌بخشی آن‌ها امری الزامیست. همین مسئله منجر به توجه بیشتر به قطعه مهمی همچون PCB شده است. زیرا در قلب هر یک از وسایل الکترونیکی، یک PCB قرار دارد که وظیفه سیم‌کشی و سرهم‌بندی بین مولفه‌ها را بر عهده دارد، در نهایت اتصال الکتریکی بین قطعات را نیز فراهم می‌کند.

چرا طراحی PCB حائز اهمیت است؟

PCBهای الکترونیکی شامل مجموعه‌ای از مدارهای الکتریکی و یک برد عایق هستند که توسط سیم‌های مسی پوشش داده شده‌اند و قطعات الکترونیکی مدار را در یک طرف برد به هم مرتبط می‌کنند. اکثر این PCBها دارای ساختار ساده‌ای هستند، به طوری که تنها از یک لایه تشکیل شده‌اند و یک‌طرفه و تک‌بستری هستند. یک طرف بستر با یک لایه نازک فلزی (مس) پوشانده شده است که به‌طور معمول برای برنامه‌های مختلف از جمله ماشین حساب، دوربین، رادیو، تجهیزات استریو، چاپگرها و منابع تغذیه استفاده می‌شوند. PCBهای دو لایه یا دو طرفه از الگوی سیم‌کشی در دو طرف عایق برخوردار هستند. همچنین دارای یک ماده پایه با یک لایه نازک از فلز رسانا مانند مس هستند که هم در طرف قطعات و هم در قسمت لحیم قرار گرفته‌اند.



سوراخ‌های روکش‌داری که از طریق برد ایجاد شده است اجازه می‌دهد مدارها در یک طرف برد به مدارهای دیگر از طریق VIA متصل شوند.

سخت‌افزارهای پیچیده‌تر مانند کارت‌های گرافیک رایانه‌ای یا مادربردها می‌توانند از چندین لایه، گاهی تا دوازده لایه تشکیل شوند و لایه‌ها به صورت جفت اضافه می‌شوند. بردهای چند لایه، اغلب بیش از دو لایه مس در ساختار خود دارند.

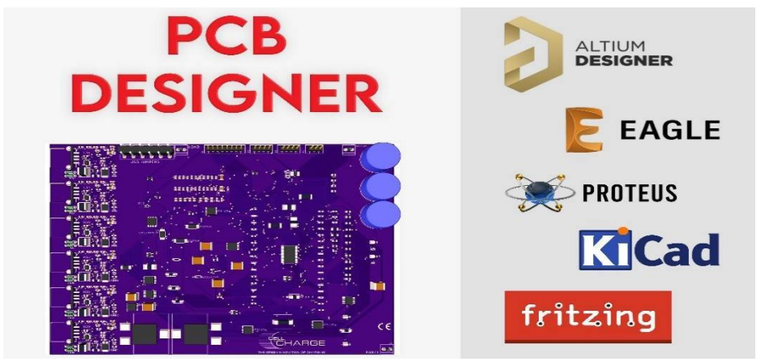
در گذشته‌ها که فناوری چاپ در دسترس نبود، از نوعی کاغذ استفاده می‌کردند و طرح را روی فیبر مدار چاپی قرار می‌دادند و برای هر برد باید این کار صورت می‌گرفت.

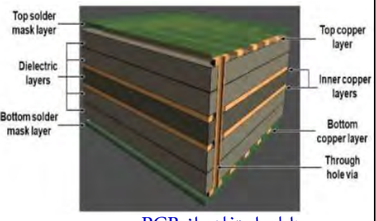
اما امروزه با استفاده از نرم‌افزار می‌توانیم حجم بالایی از این بردها را طراحی و چاپ کنیم و محدودیتی برای تولید وجود ندارد.

امروزه توسعه الکترونیک نیاز به دانش وسیعی در مورد طراحی و معماری برد مدار و پایگاه داده‌های مدرن دارد. علاوه بر این، برای کسب مهارت در هر یک از این حوزه‌ها لازم است از نرم‌افزارهای طراحی رایانه‌ای (CAD) به نحو مطلوب بهره گرفت. مهندسان از نرم‌افزار طراحی برای سهولت در فرآیند طراحی و راهبردهایی که ممکن است در توسعه محصول نقش داشته باشند، بهره می‌برند. در واقع، طراحی الکترونیکی برای پیاده‌سازی و تکمیل ایده بسیار موثر است. در نهایت ایده‌آل بودن این بردها در گرو پیشرفت فناوری و نیاز صنعت در هر جامعه خواهد بود. حال سوالی که مطرح است "چه نرم‌افزاری برای طراحی PCB مناسب و کاربرپسند است؟"

نرم‌افزار مناسب طراحی PCB

نرم‌افزار PROTEL یکی از نرم‌افزارهای طراحی PCB است که چندین سال پیش به بازار عرضه شده است و از بین دیگر نرم‌افزارها، یکی از جامع‌ترین و نوین‌ترین نرم‌افزارهای ارائه شده در زمینه PCB است. نسخه جدید این نرم‌افزار در سال ۲۰۰۱ به ALTIUM DESIGNER تغییر نام یافت که یکی از مشهورترین و قدرتمندترین نرم‌افزارهای EDA است و از آن برای طراحی مدارهای چاپی و برنامه‌نویسی تراشه‌های FPGA استفاده می‌شود.





مزایای استفاده از PCB

- کاهش وزن محصول و یکپارچگی.
- کاهش زمان تولید.
- قابلیت تکرار تولید و تولید انبوه محصول با ماشین.
- کاهش زمان بازرسی محصول.
- امکان حفظ خصوصیات مدار بدون تغییر در ظرفیت.

آموزش کاربردی

https://rosale.fashionshops2021.ru/b

نسخه جدید همه امکانات نرم‌افزار PROTEL را در بردارد، با این تفاوت که تسهیلات بیشتری را برای طراحی قطعات الکترونیکی جدید در اختیار کاربر قرار می‌دهد و طرح آماده شده را از لحاظ سخت‌افزاری و نرم‌افزاری به صورت یکپارچه ارائه می‌دهد.

ALTIUM DESIGNER شامل طرحواره، ماژول PCB، مسیریاب خودکار و ویژگی‌های مسیریابی جفت دیفرانسیلی است که از تنظیم طول مسیر و مدلسازی سه‌بعدی پشتیبانی می‌کند.

روش طراحی یک برد به صورت اجمالی:

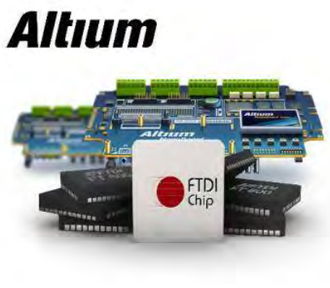
عناوین کلیدی مورد نیاز در طراحی:

امکانات ویژه‌ای که به این نسخه از نرم‌افزار افزوده شده، شامل موارد زیر است:

۱. قابلیت افزودن لایه‌های طراحی مکانیکی.
۲. پیشرفت‌های باور نکردنی در زمینه هوش مصنوعی.
۳. مشخص کردن موقعیت قطعات.
۴. ترسیم مسیرهای بین پایه‌ها.
۵. اعمال قوانین در مورد نحوه مسیرکشی.
۶. محل قرارگیری قطعات و ...

اولین گام در طراحی برد مدار چاپی، ایجاد یک پروژه است. بعد از این مرحله طراحی طرحواره مداری است. در صفحه طرحواره ایجاد شده نوارهای مختلفی وجود دارد که از این نوار برای مرجع‌دهی قطعات استفاده می‌شود. برای انتخاب قطعات از کتابخانه استفاده می‌کنیم و به صورت پیش‌فرض کتابخانه اصلی آلتیوم را انتخاب می‌کنیم. به‌طوری که می‌توانیم از مدل‌های طراحی شده قبلی که در کتابخانه‌های PCB موجود است، استفاده کنیم و طرح‌های طرحواره مداری را با استفاده از آن تجزیه و تحلیل کنیم.

سپس مجموعه قطعات مورد نیاز و اتصال بین پایه‌های قطعات را از طریق Net Lable WIRE تعیین می‌کنیم. نکته قابل توجه در این قسمت در دسترس بودن قطعه است که اگر موجود نبود، باید از تارنماهای داخلی و خارجی خریداری شود. پس از اینکه قطعات را از محیط طرحواره به محیط PCB منتقل کردیم، وقت چینش قطعات است. گاهی نیاز است چند قطعه را به هم متصل کنیم، برای این کار از Union استفاده می‌کنیم. این بخش شامل مجموعه‌ای از قطعات است که با هم یک گروه را تشکیل می‌دهند. بعد از اتمام طرحواره مرحله بعدی قرار دادن طرح در محیط PCB است که آماده طراحی است و به شکل Footprint ظاهر می‌شود و اتصالاتش با خطوط کمرنگی نمایش داده شده‌اند. در طراحی PCB می‌توان از یک تا تعداد بالایی لایه استفاده کرد که در این میان فقط عدد ۱ فرد خواهد بود و باقی اعداد به صورت زوج هستند. یک برد چندلایه از یک برد دولایه به عنوان هسته استفاده می‌کند. سایر لایه‌ها به صورت مس نازک ورقه شده بوده و به تعداد زوج در دو طرف برد قرار می‌گیرند.



یکی از این تارنماهای داخلی جست‌وجوی قطعات www.partjoo.ir است. ضمن آن که برای کسب اطلاعات بیشتر در زمینه طراحی PCB می‌توانید از کتاب "آموزش کاربردی طراحی برد مدار چاپی با آلتیوم دیزاینر" بهره ببرید.

همچنین از چسب pre-impregnated (pre-preg) که ماده‌ای نرم است، به عنوان لایه‌ای نارسانا جهت عایق نمودن لایه‌های مسی نسبت به هم استفاده می‌شود. بعد از چینش قطعات روی برد به طراحی مسیرها می‌پردازیم. روش‌های مختلفی برای این چیدمان وجود دارد که اغلب سلیقه‌ای هستند اما بر اساس قواعد یکسانی صورت می‌گیرند.

با توجه به توسعه علم الکترونیک و به‌روز شدن مدارهای چاپی، طراحی‌ها روز به روز در جهت بهره‌گیری از قطعات کوچک و کوچک‌تر پیش می‌روند. تحت این شرایط باید استفاده از یک سری قطعات همانند DIP (Dual-in-line pin) را به حداقل رساند و بیشتر از قطعات SMD (Surface-mount device) استفاده کرد.

معرفی قطعات DIP و SMD

قطعات DIP دارای پایه‌هایی هستند که از زیر لحیم شده‌اند و داخل برد قرار می‌گیرند. در نصب این قطعات مشکلاتی اعم از درست قرار نگرفتن پایه‌ها در جایگاه خود وجود دارد که به لحاظ زمانی سرعت تولید را کاهش می‌دهد.

برتری SMD نسبت به DIP:

۱: امروزه برای سرهم‌بندی قطعات بیشتر از SMD (با ابعادی کوچک) استفاده می‌کنند.

۲: به لحاظ جنس و کیفیت، SMD به علت عدم برجستگی بیش از حد قطعات بهتر است و باعث ماندگاری بیشتر می‌شود.

۳: فرآیند سرهم‌بندی بردهای SMD سریع‌تر از DIP قابل انجام است.

۴. امکان طراحی اتصالات بسیار نزدیک به یکدیگر را فراهم می‌کند.

https://dip-smd.ir/

برای دستیابی به یک طرح مناسب و حرفه‌ای، توجه به نکات زیر در طراحی ضروری است:

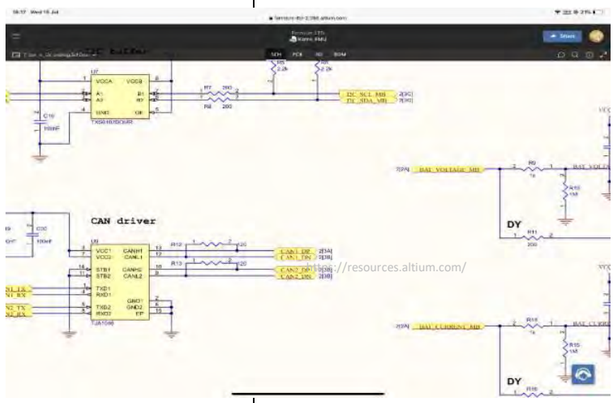
- رعایت موقعیت چیدمان قطعات مانند (کانتور، پیچ و ....).
- تجمیع قطعات در کنار هم برای هر بخش.
- چیدمان محلی و مسیرکشی اولیه.
- قرار دادن بخش‌ها در کنار هم (پازل مانند).

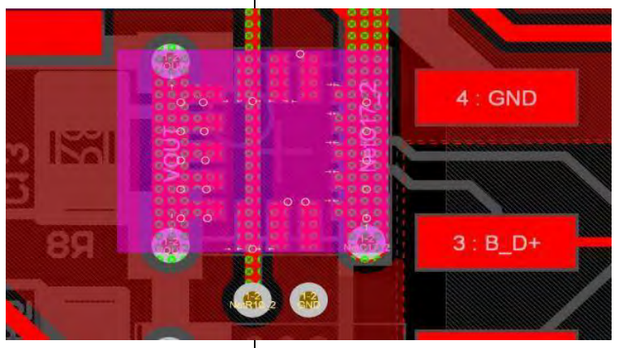
مزایای بهره‌گیری از ALTIUM DESIGNER

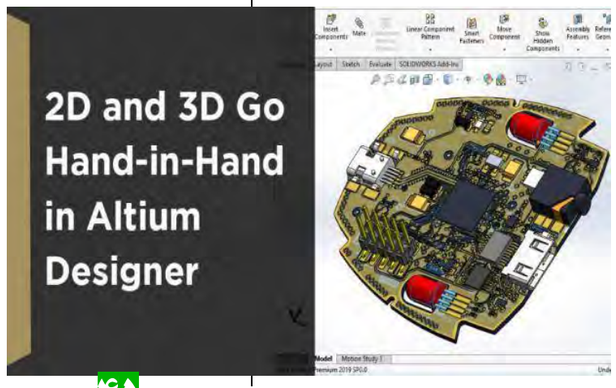
استفاده از نرم‌افزارهایی همانند نرم‌افزار معرفی شده، امکانات متعدد و مزایای جالب توجهی را در اختیار طراحان قرار خواهد داد که دستاوردهای آن می‌تواند صنعت تولید و فرآیند ساخت PCBها را بیش از پیش توسعه دهد. از جمله این امکانات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. طراحی و شبیه‌سازی نقشه‌ها.
۲. ساخت المان‌های مختلف.
۳. مسیریابی خودکار و غیرخودکار فیبر مدار چاپی.
٤. ارائه محیط‌های شبیه‌سازی سه بعدی.
٥. پشتیبانی از طرح‌های چند کاناله.
٦. ارائه شبیه‌سازی‌های سازگار با نرم‌افزارهای مشابه.
۷. ترسیم طرح‌های چندبعدی.
۸. قابلیت بررسی ویژگی‌های مختلف یک برد اعم از الکتریکی، فیزیکی و ... وجو دارد.
۹. توانایی تقسیم کار و انجام کار گروهی در طراحی طرحواره و PCB.
۱۰. با اعمال یک تغییر در هر مرحله این تغییرات در بقیه مراحل اعمال می‌شود.

وظیفه این نرم‌افزار، پیاده‌سازی طرحواره، طراحی PCB و تجزیه و تحلیل مدارهای آنالوگ و برخی مدارهای دیجیتالی و تولید مادربرد است.







https://www.fiverr.com/

LUXeXceL یک شرکت ارائه‌دهنده خدمات چاپ سه‌بعدی است که در سال ۲۰۰۹ در هلند تأسیس شد.

دستیابی به دید بهتر با فناوری چاپ سه‌بعدی نوری (LUXEXCEL)

فناوری چاپ سه بعدی که در ابتدای سال ۱۹۹۰ معرفی شد، به سرعت در حال گسترش است. از جمله اهداف فناوران در این حوزه، دستیابی به سهمی از بازار برای تولید محصولات در مقیاس کوچک است. اما انتظاری که از این فناوری می‌رود، فراتر از نمونه‌سازی و قالب‌سازی است. برای مدلسازی مربوطه می‌توان از انواع نرم‌افزارهای طراحی تا اسکنرهای سه‌بعدی، کدنویسی و حتی برنامه‌های تلفن همراه بهره گرفت. با پیشرفت‌های اخیر در فناوری چاپ در مقیاس میکرو و نانو و همچنین استفاده از مواد پیشرفته، می‌توان قطعات با ساختار پیچیده، رسانای الکتریکی و مغناطیسی مورد استفاده در سامانه‌های الکترومکانیکی یکپارچه را چاپ کرد. اجزای نوری کاربردی از جمله: عدسی‌های انحنادار و موجبرها با موفقیت در محدوده تراهرتز (THz) چاپ شده‌اند. در رژیم THz، اکثر ماشین‌های چاپ سه بعدی دارای دقت مکانیکی قابل قبولی، حدود ده میلی‌متر هستند. با این حال، محصولات نوری تولید شده برای محدوده بینایی طیف الکترومغناطیسی باید دارای خطای هندسی از مرتبه نانومتر باشند که عدد آن برای بیشتر دستگاه‌های چاپ سه‌بعدی فعلی خارج از محدوده است. در محدوده بینایی، نمونه‌هایی از اجزای نوری که با موفقیت تولید شده‌اند، شامل قطعات زیر است:

- ✓ راهنماهای نوری.
- ✓ شیشه‌های شفاف.
- ✓ رشته‌های نوری.
- ✓ حسگرهای اپتو-الکترو-مکانیکی.
- ✓ عدسی‌های کوچک.

با توجه به رشد جمعیت جهانی و اینکه حدود ۷۰ درصد از جمعیت برای بهره‌گیری از امکانات بینایی جهت دید بهتر، باید به فکر اصلاح عدسی‌ها و عینک‌های موجود باشند، در این راستا چاپ سه‌بعدی امکانات نامحدودی را برای توسعه گستره وسیعی از طرح‌ها به ارمغان می‌آورد. در واقع، این فناوری به شما این امکان را می‌دهد که ساختارهای بسیار پیچیده و دلخواهی را ایجاد کنید. حتی طرح‌هایی که به دلیل محدودیت‌های تولید سنتی امکان تولیدشان نیست، با چاپ سه بعدی به راحتی قابل پیاده‌سازی هستند. در صنعت عینک‌سازی، فناوری چاپ سه‌بعدی با در اختیار گذاشتن طیف گسترده‌ای از امکانات، در تولید قاب‌های عینک کاملا سفارشی، بسیار مطلوب عمل می‌کند.

چاپ سه بعدی اجزای نوری را می توان با فناوری‌های مختلف مورد بررسی قرار داد:

- stereolithography (SLA)
- digital light processing (DLP)
- selective laser sintering (SLS)
- fused deposition modelling (FDM)
- poly-jet
- ink-jet

اگرچه رویکردهای مختلفی در زمینه چاپ سه‌بعدی عدسی‌ها برای کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است، اما اغلب دارای معایبی همچون، محدودیت قطر (محدود به میکرومتر یا میلی‌متر)، هندسه ساده و سرعت عملکرد کند هستند. با توجه به تحقیقات به‌عمل آمده تنها شرکت توانمندی که توانسته است به مشکلات ذکر شده غلبه کند و از فناوری‌های مدرن و کاربردی برای رفع آن‌ها استفاده کند LUXeXceL است.

LUXeXceL، تنها شرکتی در جهان است که می‌تواند قطعات نوری مورد نیاز برای عینک، هدست واقعیت مجازی (VR) و انواع دیگر عدسی‌ها را با استفاده از این فناوری تولید کند.

امروزه Luxexcel با رهبران فناوری‌های پیشرفته و چشم‌پزشکان همکاری می‌کند.

این شرکت از یک فرآیند تولید افزودنی منحصر به فرد چاپی سه بعدی نوری برای پاسخ به نیازهای اساسی برنامه‌های کاربردی کلیدی استفاده می‌کند.

به گفته این شرکت، آن‌ها در تولید عدسی‌های قوی، با شفافیت بالا، دقتی مثال‌زدنی، سرعت عمل جالب توجه و با دوام تا حدی تسلط دارند که محصول نهایی عدسی‌های آن‌ها به طور مستقیم از چاپگر سه‌بعدی به‌دست می‌آید. تلاش‌های اخیر برای ایجاد عدسی‌های ساده با استفاده از فناوری چاپ شبیه جوهرافشان منجر به ساخت عدسی‌های کوچک، انعطاف‌پذیر (کمتر از ۷ میلی‌متر) شد که می‌توانند به تلفن‌های هوشمند متصل شوند و به طور بالقوه برای برنامه‌های میکروسکوپی مورد استفاده قرار گیرند. Luxexcel با ترقی و توسعه روش تولید، امکان تولید قطعات نوری با آزادی انتخاب در نوع طرح، شکل و هندسه را فراهم کرده است، به‌طوری که حتی می‌توان فرم عینک را نیز طراحی کرد. جمله ساده‌ای وجود دارد که به وضوح تمام پتانسیل چاپ سه‌بعدی را در هنگام طراحی نشان می‌دهد:

"تنها محدودیت، تخیل خود شماست."

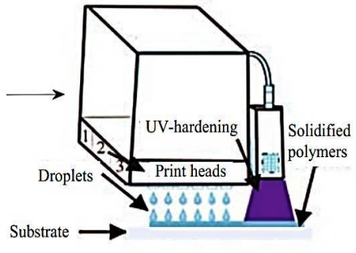
SmarTech Analysis طی گزارشی پیش‌بینی کرده است که فرصت‌های درآمد سالانه در صنعت عینک‌های چاپ سه‌بعدی تا سال ۲۰۳۰ به ۲رقمی بالغ بر میلیارد دلار برسد و درآمد کلی سالانه بیش از ۵ میلیارد دلار پیش بینی می‌شود.

LUX_Opticlear

رویکرد چاپ سه بعدی پلیمرهای نوری با استفاده از فناوری اصلاح شده چاپ جوهر افشان موسوم به Printopticalc Technology توسط Luxexcel ارائه شده است. عدسی‌ها با بهره‌گیری از چاپگرهای منحصر به فردی، به نام "LUX-Opticlear" و با استفاده از مواد مخصوصی چاپ می‌شوند. با این حال، چاپ سه بعدی نوری پلیمری با برخورداری از مزایای از قبیل هزینه کم، قابلیت تولید انبوه با کیفیت، سبکی و توانایی تشکیل سطوح پیچیده و قطعات چند منظوره، به رقیبی سرسخت برای فناوری نوری شیشه‌ای تبدیل شده است.

اساس کار فناوری Printopticalc مبتنی بر فرآیند چاپ جوهرافشان اصلاح شده است که به جای جوهر از یک پلیمر نوری تحت اشعه ماوراءبنفش استفاده می‌کند، سپس به رزین حساس به نور اجازه می‌دهد قبل از برخورد با اشعه ماوراءبنفش ته‌نشین شود که این مرحله نیاز به بهره‌گیری از ابزارهای پرهزینه و انعطاف‌ناپذیر قالب‌گیری تزریقی را از بین می‌برد. از این رو، بدون نیاز به هر نوع پیش‌پردازش مانند پولیش و ... و برخلاف سایر روش‌های تولید نوری از ابزار خاصی برای تولید محصولات استفاده نمی‌شود.

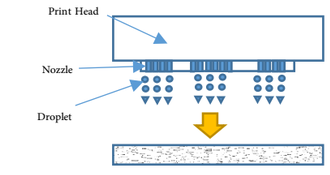
این ماده شبیه پلی (متیل متاکریلات) (PMMA) با ضریب شکست ۱/۴۹ است، اما ضریب شکست این ماده بالاتر و حدود ۱/۵۳ است.



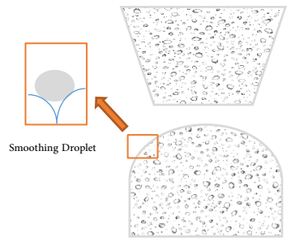
بسترها معمولا از PMMA یا سیلیس ذوب شده ساخته می‌شوند.

با ترکیب روش چاپ و قالب‌گیری جوهرافشان، می‌توان امکان نمونه‌سازی اولیه اجزای نوری در محدوده بین ۱ میلی‌متر تا ۱۸۰ میلی‌متر با شکل دلخواه را فراهم کرد و در نهایت به ساخت عدسی‌های کروی کمک کرد. به منظور ایجاد خطوط صاف در هنگام چاپ با استفاده از فناوری Capillary Bridges، در ابتدا دو نقطه نمونه را چاپ و تثبیت می‌کنیم، سپس قطره سوم را می‌گذاریم. از این روش برای ساخت سازه‌های پیچیده مختلف استفاده می‌کنند. برای آن که سطح عدسی صاف شود، لازم است از قطرات اضافی بیشتری بهره گرفت.

قطرات با گذشت زمان ادغام شده و یک لایه را تشکیل می‌دهند و در نهایت برای جامد و سفت شدن لایه مایع از تابش UV-LEDها استفاده می‌شود. روند ایجاد لایه‌های چاپ شده در یک عدسی همانند شکل زیرصورت می‌گیرد. در نتیجه، ضخامت لایه علاوه بر اندازه قطره و زمان ادغام، به میزان و زمان قرار گرفتن در معرض نور ماوراءبنفش نیز بستگی دارد.



عدسی‌های کروی قبل از ادغام قطرات و دریافت تابش فرابنفش



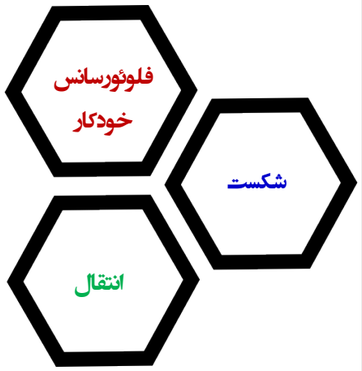
Luxexcel VisionPlatform solution یک راه حل منحصر به فرد برای ورود به دنیای عینک‌های هوشمند را پیشنهاد می‌کند که شامل بهره‌گیری از یک چاپگر سه بعدی به نام VisionEngine، مجموعه‌ای از رزین‌های سفارشی برای چاپ عدسی‌ها، نرم افزار طراحی عدسی و... است که مشتریان را قادر می‌سازد تا عدسی‌هایی چشم پزشکی با کیفیتی را بر اساس استانداردهای صنعتی از جمله تمام الزامات ANSI، ISO و FDA چاپ کنند.

از سوی دیگر، VisionPlatform7، سخت‌افزارهای مورد نیاز برای ساخت هدست واقعیت افزوده (AR) مانند: عناصر نوری هولوگرافی و فویل‌های کریستال مایع را در فرآیند چاپ سه‌بعدی ادغام می‌کند.

فناوری WaveOptics، تصاویر را از قطعات الکترونیکی به موجبر در عدسی می‌فرستد، سرانجام آن‌ها را از طریق عدسی به چشم منتقل می‌کند. در پلتفرم جدید، نورافکن، موجبر و عدسی همگی در یک مجموعه هستند. همراه با حذف سرهم‌بندی اضافی، عدسی‌های نازک و سبک را ایجاد می‌کند که قابل تنظیم هستند، همچنین مجهز به نرم‌افزاری است که امکان بارگذاری انواع مختلف فایل‌های CAD را فراهم می‌کند که با نرم‌افزار Netfabb CAD قابل خواندن است و به طور خودکار فایل‌های CAD را در فایل‌های چاپی با فرمت ویژه پردازش می‌کند. این قابلیت‌های جدید همراه با فرآیند تولید "One-Step-CAD-to-Optic" برای صنایع مختلف، بسیار کاربردی است.

برخی از این مزایا را می‌توان در شرایطی مشاهده کرد که کاهش وزن و اندازه بسته‌بندی، مقاومت در برابر ضربه، یکپارچگی عملکردی و کاهش هزینه در تولید حجم مهم است.

به طور کلی، پلیمر مورد استفاده در تولید عدسی‌های کروی شرکت Luxexcel شامل شاخص‌های زیر است:



گفتگو

مصاحبه اختصاصی با جناب آقای

دکتر سید مجید محسنی

عضو هیأت علمی دانشکده فیزیک

دانشگاه شهید بهشتی

مصاحبه اختصاصی با جناب آقای دکتر سید مجید محسنی

عضو هیأت علمی دانشکده فیزیک
دانشگاه شهید بهشتی

چاپگر سه‌بعدی نانوذرات فوتونیکی

با سلام، به منظور آشنایی مخاطبان نشریه با حضرتعالی لطفا ضمن معرفی خود قدری درباره زندگینامه شخصی و علمی‌تان بفرمایید و زمینه تخصصی کاری خود را تشریح نمایید.

به نام خدا، بنده سال ۷۵ در مقطع کارشناسی رشته فیزیک دانشگاه کاشان مشغول به تحصیل شدم و در سال ۷۹ با رتبه ممتاز دانش‌آموخته گشتم؛ سپس در گرایش ماده چگال دانشگاه شهید بهشتی مقطع ارشد وارد شدم و از سال ۷۹ تا ۸۲ در پژوهشکده لیزر تحت راهنمایی دکتر طهرانچی پایان‌نامه ارشد را گذراندم. در سال ۸۲ خدمت سربازی را به عنوان سرباز هیئت علمی در پژوهشکده لیزر دانشگاه شهید بهشتی آغاز کردم و ۵ سال در پژوهشکده بودم. بعد از آن تصمیم به ادامه تحصیل در مقطع دکتری گرفتم و در دانشگاه KTH سوئد در سال ۸۷ دوره دکتری را آغاز کردم و در رشته میکروالکترونیک و فیزیک کاربردی ادامه تحصیل دادم. انستیتو KTH بسیار کاربردی است و در آنجا با خیلی از حوزه‌های میکروالکترونیک که بشود مفاهیم فیزیکی را به صورت افزاره تعریف کرد آشنا شدم. هم دوره‌های آموزشی را گذراندم و هم دوره‌های پژوهشی و در این دوره موفق به چاپ یک مقاله در مجله ساینس شدم، بعد از آن در سال ۹۱ دانش آموخته شدم و یک دوره پسادکتری صنعتی را گذراندم. در سال ۹۲ به ایران بازگشتم و در دانشکده فیزیک دانشگاه شهید بهشتی مشغول به همکاری شدم و در حوزه فیزیک تجربی فعالیت خود را ادامه دادم و یک آزمایشگاه مواد پیشرفته راه اندازی کردم. در سال ۹۶ دانشیار شدم و همچنان در حال ادامه فعالیت هستم. شاید بیش از ۸۰ درصد فعالیت‌های بنده در حوزه فیزیک تجربی است و ۲۰ درصد هم در حوزه شبیه سازی مرتبط با فیزیک کاربردی است.

لطفا در ارتباط با حوزه فعالیت گروه پژوهشی خود توضیح دهید.

حوزه فعالیت گروه بنده مشابه مقطع دکتری بنده، پیاده‌سازی مفاهیم فیزیکی در آزمایشگاه و روی ادوات الکترونیکی است که در حوزه میکروالکترونیک و فیزیک کاربردی است. بیشتر تمرکز ما روی ادوات اسپینترونیکی، الکترونیک مواد مغناطیسی و الکترونیک ممریستورها است و حدود ۳ الی ۴ سال است که در حوزه الکترونیک چاپی متمرکز شده‌ایم. در گروه بنده حدود ۱۰ محقق پسادکتری فعالیت داشته و حدود ۱۵ دانشجوی دکتری از دانشگاه‌های مختلف همکاری داشتند و همچنین دانشجویان ارشد و کارشناسی که این گروه را تشکیل دادند. پروژه‌های ما پروژه‌های کاربردی توسعه‌ای در حوزه تولید دانش است و فعالیت‌های فناورانه خروجی این گروه است.

این گروه دانش‌بنیان با چه هدفی شکل گرفته و در آینده چه برنامه‌هایی را دنبال خواهد کرد؟ همچنین بفرمایید گروه شما چه محصولاتی را تولید می‌کند و این محصولات در کدام زمینه‌های تخصصی کاربرد دارد؟

هدف از تشکیل این گروه پیاده‌سازی مفاهیم فیزیک روی بورد الکتریکی و کاربردی‌سازی فیزیک به صورت مدارهای الکتریکی است. آینده‌ای که پیش‌بینی می‌شود البته اگر در دوران رکود قرار نگیریم و شرایط خوب باشد، ساخت حسگرهاست. انواع حسگرهای مختلف بر مبنای نانو ساختارها و مواد ۲ بعدی مثل حسگرهای مغناطیسی، دما، نور و حسگر رطوبت. همانطور که می‌دانید این ساختارها همزمان کاربردهای متعدد دارند. عملا وقتی که ما ساخت را روی بورد الکترونیکی انجام می‌دهیم، کاربردهای متعدد آن‌ها را بررسی می‌کنیم. حوزه ممریستور، اسپینترونیک و حسگرها، شاخه‌های اصلی هستند که در آینده به صورت فعالیت‌های فناورانه مورد علاقه است که به نتیجه برسند و خروجی به صورت ثبت اختراع باشد یا ادواتی باشند که قابل تجاری سازی هستند. در حوزه باتری و سلول‌های انرژی هم در یک بازه‌ای کار کردیم و چون موادی که کار می‌کنیم در این حوزه کاربرد دارند تقریبا به صورت فناورانه توانستیم باتری مثل باتری سمعک را بسازیم که آماده تجاری سازی است، اگرچه مقاله‌ای از آن بیرون نیامده اما آماده ورود به صنعت است که امیدوارم با حمایت معاونت علمی ریاست جمهوری بتوانیم برای تولید این محصول، در صورتی که برای کشور مقرون به صرفه باشد، اقدام کنیم. در قدم‌های بعدی در حوزه حسگرها و الکترونیک چاپی کار خواهیم کرد.

با توجه به موضوع این شماره نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته مرتبط با نقش این فناوری‌ها در حوزه ادوات چاپی (الکترونیک و فوتونیک چاپی)، در این مجال قدری در مورد اهمیت و کاربرد محصولات خود در این حوزه صحبت فرمایید.

با توجه به اینکه در صنایع الکترونیک به فناوری خلاء ساخت ادوات نیاز است که بسیار گران قیمت هستند، شاید بشود درصد کمی از این صنعت را با استفاده از الکترونیک چاپی ساخت، از جمله ساخت حسگرها روی این مدارها، عملا به کمک الکترونیک چاپی می‌شود موادی که در آزمایشگاه‌های متعدد داخل یا خارج از کشور تولید می‌گردد به این صورت قابل استفاده باشند و صرفا سنتز و ساخت نباشد و هرکس بتواند ساختار مورد نظرش را چاپ و استفاده کند. همچنین هزینه اتاق تمیز و تجهیزات خلاء بالا، بسیار گران است و خیلی در دسترس ما نیست. لذا صنعت الکترونیک چاپی می‌تواند جایگزینی برای ساخت درصد کمی از ادوات الکترونیکی باشد. همچنین در حوزه ترویج دانش به این صورت که بشود به صورت آموزشی نشان داد که این الکترونیک چاپی روی یک بورد می‌تواند متشکل از المان‌های مختلفی باشد، از ابتدایی‌ترین جز مثل سیم تا مهمترین جز مثل حسگر. اگر یک چاپگر بتواند مواد اولیه این ساختار را چاپ کند عملا هم می‌شود در حوزه ترویج الکترونیک، یک آزمایشگاه خیلی کوچک در اختیار مخاطب قرار داد و هم در آزمایشگاه پژوهشی می‌شود این روش را با فناوری سنتز مواد جدید ترکیب کرد و آن‌ها را روی بوردها پیاده سازی کرد. علاوه بر اینکه هدف، سنتز و ساخت باشد، استفاده نسبتا مقرون به صرفه از این مواد هم پیشنهاد بشود که برای علوم پایه و مواد بتواند یک جنبه کاربردی صنعتی یا فناورانه داشته باشد.

به نظر شما این فناوری در کشور ما تا چه حد توسعه یافته و پیش‌بینی می‌شود در سال‌های آتی چه پیشرفت‌هایی در این زمینه حاصل شود؟

تقریبا در آزمایشگاه‌های متعددی داخل کشور، سنتز مواد انجام می‌شود و در حوزه انرژی، ابر خازن یا باتری و حسگرها با یک روش نسبتا ساده‌ای شروع به توسعه و ساخت می‌کنند. اگر با یک چاپگر بشود شکل مدونی به صورت بورد پیشنهاد داد، تقریبا یک فعالیت فناورانه می‌شود پیشنهاد کرد که مواد منتج شده از این آزمایشگاه بتواند روی بورد چاپ شود و جنبه کاربردی پیدا کند. می‌دانیم ساختارهایی که در آزمایشگاه سنتز و تولید می‌شوند نیاز به افزودنی‌هایی دارند که روی سطح بچسبند، خود این مسئله، تولید دانش دارد و روی سطوحی که قرار است بچسبند اگر انعطاف پذیر باشد (از کاغذ ساده تا ورق‌های پلیمری) انگیزه‌ای برای توسعه الکترونیک انعطاف پذیر خواهد بود و دانش سنتز و ساخت را می‌شود روی یک بورد به صورت یک فعالیت فناورانه پیش برد. تقریبا اگر بشود یک چاپگر مقرون به صرفه در اختیار فناوران قرار داد می‌شود گفت که هر آزمایشگاهی با یک هزینه پایین به جای اینکه لایه نشانی بکند می‌تواند سیم روی بورد پیاده کند یا جاهای خالی که نیاز به ساخت نمونه دارد را با موادی که می‌سازد پر کند و نیازی به استفاده از فناوری خلاء نباشد و سیم‌های مورد نیاز را به صورت مدار روی بورد پیاده کند یا به عنوان المان‌های اصلی بورد الکترونیکی مثل حسگرها یا المان‌های انرژی، موادی به صورت فانکشنال و هوشمند تهیه کنند و این هم به صورت فناورانه یا پژوهش قدمی رو به جلو برای محققان است که جنبه‌های علمی و بنیادی را به سمت کاربرد می‌کشاند.

آیا دستگاه‌های مورد نیاز این حوزه در داخل کشور تولید می‌شود؟ این دستگاه‌ها از چه قابلیت‌هایی برخوردار هستند و آیا امکان رقابت با محصولات خارجی را دارند؟

در زمینه سنتز مواد در اکثر آزمایشگاه‌های داخل کشور که مواد درست می‌کنند و سنتز دارند، تجهیزات موجود است و کافی است که یک سری افزودنی‌ها به این مواد اضافه شود و در صورت در اختیار داشتن این چاپگر می‌توانند قدم بعدی را پیش ببرند. خود این چاپگر هم بر مبنای چند مکانیزم است، مکانیزم چاپ به صورت پمپ یا پیزو، که هر کدام ویسکوزیته و پارامتر خاصی برای چاپ نیاز دارد و می‌شود این مواد را با توجه به نوع چاپگر، ساخت و روی بورد پیاده سازی کرد. دستگاه چاپگر نسبت به دستگاه‌هایی که نیاز به فناوری خلاء دارند مقرون به صرفه‌تر است.

با توجه به این که یکی از مهمترین اهداف شرکت‌های دانش‌بنیان اشتغال‌زایی و بومی‌سازی دانش فنی به منظور جلوگیری از ارزبری است، میزان اشتغال‌زایی و ارزآوری مجموعه خود را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ و بفرمایید که تاکنون تا چه حدی به اهداف پیش‌بینی شده خود در این زمینه دست یافته‌اید؟

در رابطه با اشتغال‌زایی کافی است که در حوزه ترویج، کیت‌هایی را در اختیار دانش‌آموزان یا دانشجویان کارشناسی قرار داد که آزمایشگاه الکترونیک را فرا بگیرند و یا آزمایشگاه سنتز مواد به همراه کاربرد روی بوردهای الکترونیک را فرا بگیرند. برای این کار نیاز است که عده‌ای به صورت دانش‌بنیان فعالیت کنند، یعنی از حوزه سنتز و ساخت و تهیه جوهر تا حتی ساخت چاپگرهای نسبتا کوچک که بتوان در اختیار مدارس یا آزمایشگاه‌ها قرار داد و در حوزه مواد پیشرفته در دانشگاه‌ها برای پژوهش استفاده شود.

این موضوع در داخل کشور کمتر توسعه یافته و جای توسعه دارد. در کشورهای خارجی این دستگاه‌ها از مدل کوچک تا دستگاه‌های بزرگ وجود دارد. تصور کنید مشابه یک چاپگر سه‌بعدی که شاید بشود با ۳ الی ۴ میلیون تومان تهیه کرد و می‌تواند ساختار سه‌بعدی برای ابزارها و اسباب بازی و ... تولید کند، این حوزه الکترونیک چاپی هم می‌تواند به این صورت توسعه پیدا کند، هم در حوزه ساخت ماده و هم در حوزه ساخت چاپگر و خدماتی که در این حوزه فناوری وجود دارد. خود ما که شاید حدود ۳ الی ۴ سال اخیر در این زمینه فعالیت می‌کنیم اگر ۲ سال اخیر به رکود کرونا نمی‌خوردیم شاید سالی یکی دو نفر خروجی دانش بنیان داشتیم که به صورت مستقل در این حوزه خدمات بدهند. امیدوارم با بهبود شرایط با توجه به ایده‌های خروجی از دانشگاه‌های مختلف و گروه‌های مختلف، تعداد قابل توجهی بتوانند در این حوزه فعایت کنند. مشابه توسعه چاپگر سه‌بعدی که نسبتا قابل توجه بود، این حوزه نیز می‌تواند به همان صورت رشد کند.

با توجه به پیشرفت‌های علمی اخیر، جایگاه کشورمان را در این عرصه در مقایسه با کشورهای برخوردار از این فناوری در چه سطحی برآورد می‌فرمایید؟

به جز فعالیت ستاد فوتونیک و ستاد نانو که در چند سال اخیر بوده به صورت متمرکز در این زمینه فعالیتی نشده است و این حوزه در داخل کشور جای زیادی برای فعالیت دارد. از تهیه جوهر و مرکب می‌شود توسعه پیدا کند تا انواع چاپگرهایی که بتوانند خدمات متعددی بدهند.

لطفا در مورد موانع و چالش‌هایی که بر سر راه تولید محصولات خود با آن روبرو بوده‌اید و راهکارهایی که برای برون رفت از آن‌ها به کار گرفتید، بفرمایید.

چالش خاصی در این حوزه وجود ندارد و فقط می‌طلبد که توسط یک یا چند تیم، برای ترویج فناوری و کاربردهای متعددش زمان صرف شود، جوهرها و مرکب‌های مختلف ساخته بشود و در قالب پکیج‌هایی به فروش برسد. این صنعت می‌تواند توسعه پیدا کند. از طرفی در این ۲ سال اخیر، کرونا مانع حضور دانش‌آموزان در مدارس و دانشجویان در دانشگاه‌ها و شرکت‌ها شده است. امیدوارم بعد از این پاندمی بشود اتفاق خوبی در این فناوری در کشور دید. با توجه به سادگی فناوری و خروجی‌هایی که به نحوی می‌تواند در حوزه‌های مختلفی همچون فوتونیک، الکترونیک و مغناطیس، خود را نشان دهد، برای همین می‌تواند برای دانش‌آموز یا دانشجو جذابیت داشته باشد و بازار کار خوبی داشته باشد.

با توجه به شرایط اقتصادی و تحریم‌ها، ضرورت و امکان تولید و عرضه محصولات شما در داخل و احیانا خارج از کشور به چه صورت است؟

این فناوری خیلی محدود به تحریم نمی‌شود، در صورتی که در داخل کشور مواد و دستگاهای مورد نیاز تولید شود با هزینه خیلی پایین‌تر از نمونه خارجی می‌شود یک چاپگر را تهیه کرد. شاید مثلا یک چاپگر کوچک ساخت شرکت آمریکایی ۳۰۰۰ دلار باشد اما نمونه داخلی را با ۱۰۰۰ دلار می‌شود تولید کرد و به فروش رساند که می‌تواند اشتغال‌زایی هم داشته باشد و مواد آن هم در حوزه موازی با ساخت و خدمات چاپگر شاید جذابیت بیشتری داشته باشد. در کشور سنتز مواد در بسیاری از آزمایشگاه‌ها انجام می‌شود، می‌توان به جای ارائه نتایج صرفا در مقالات، بهترین نمونه‌ها را برای کاربردهای خیلی خوب صنعتی، علمی یا آموزشی توسعه داد و این می‌تواند برای کسب و کار خیلی خوب باشد. به عنوان مثال اگر تصور کنید که یک بورد الکترونیکی که بتواند المان‌های یک سلول خورشیدی را داشته باشد و سیم‌کشی شود و بتواند یک حسگر رطوبت یا نور باشد که جداگانه از خود فلورسانس دهد و بتوانیم این را نمایش دهیم، یک آزمایشگاهی است که هم در حوزه انرژی و هم در حوزه الکترونیک استفاده می‌شود و دانش‌آموز و دانشجویی که این مسئله رو می‌بینند شناخت بهتری نسبت به مواد و الکترونیک پیدا می‌کند و از حالت کلاسیکی که سال‌های متعدد دانشجویان در آزمایشگاه دیده‌اند وارد فضای پیشرفته‌تری می‌شوند که بیشتر در حوزه مواد است و به صورت مستقیم می‌توانند کاربرد مواد را روی بوردهای الکترونیکی ببینند. همچنین به جای اینکه المان‌های الکترونیکی آماده را از بازار تهیه کنند که آن هم ارزش خودش را دارد، می‌توانند مواد مختلف را با ساختارهای مختلفی تهیه کنند و روی بورد منتقل کنند و ارزشمند بودن حوزه مواد پیشرفته در حوزه الکترونیک را تجربه نمایند.

آیا زیرساخت لازم جهت تولید تجهیزات مورد نیاز این حوزه در داخل کشور فراهم است؟

زیرساخت وجود دارد و فقط کافی است که یک ترویجی شکل بگیرد که محققان و کسانی که در حوزه علم و فناوری کار می‌کنند مخصوصا در حوزه توسعه دانش، نه لزوما در حوزه تولید دانش که البته در آنجا هم می‌توانند استفاده بشود، کافی است که یک گرایش و ترویجی شکل بگیرد و عده‌ای از محققان به این سمت فعالیت کنند و اثر آن را در چند سال بعد بشود دید.

در صورت امکان، مختصری در مورد نقشه راه مجموعه خود در سال‌های پیش رو و اهداف بلند مدت آن توضیح دهید.

وقتی ابزاری مثل این چاپگر در اختیار باشد برای تولید دانش و تامین مقاله در دانشگاه و توسعه مواد به کمک دانشجویان ارشد، دکتری و محققان پسادکتری، یکی از اهداف می‌تواند به این صورت پیش برود که ماده یا کامپوزیتی برای یک کاربرد خاص توصیه شود مثلا برای یک حسگر خاص، به این صورت در بلند مدت می‌شود مواد متعدد و ساختارهای مختلف و مواد دو بعدی متعدد را برای کاربردهای مختلف با دید بلند مدت محک زد و برای فعالیت‌های پژوهشی و نمونه‌های بهترین مواد به دست آمده توسعه داد که در فعالیت‌های فناورانه در حوزه حسگرها یا ادوات منعطف یا هر حوزه‌ای که بتواند در صنعت الکترونیک مواد پیشرفته، استفاده شود.

از نگاه یک موسس یا مدیر یک گروه دانش‌بنیان بفرمایید که سهم محصولات دانش‌بنیان در توسعه اقتصاد کشور چگونه است و چه راهکارهایی را بر موفقیت گروه‌های نوپا پیشنهاد می‌فرمایید؟

در این حوزه به کمک شبکه آزمایشگاهی یا معاونت علمی ریاست جمهوری و ستادهای توسعه فناوری که در این زمینه فعالیت داشتند کارهایی انجام شده است ولی بعضا تعدادی از این دستگاه‌ها یا ادوات ساخته شده باید استانداردهای لازم را کسب کنند تا در بازارهای بین المللی بتوانند وارد بشوند و رقابت کنند؛ چرا که بازار داخل زود اشباع می‌شود وبودجه‌ها محدود است و این حوزه پر ریسک محسوب می‌شود و شاید بتواند حداکثر ۵ تا ۱۰ سال پاسخگوی دانشگاه‌ها یا موسسات باشد که بر اساس نیاز دستگاهی تهیه کنند. از طرفی چون دستگاه‌ها استاندارد خاصی را نگرفته‌اند و به خاطر قیمت پایین نسبت به دستگاه‌های خارجی خرید انجام می‌شود و یک سری از موسسات از دستگاه‌ها استفاده نمی‌کنند و صرفا بودجه‌ای برای خرید دارند، به نحوی که اگر یک دستگاه خارجی با کیفیت خریداری شود بهتر است. بودجه‌ای که به این حوزه اختصاص داده می‌شود شاید برای توسعه یک شرکت دانش‌بنیان، خوب باشد اما اگر مصرف کننده نتواند این محصولات را استفاده کند عملا این چرخه کامل نخواهد بود. بهترین کار این است که سازمان نظارت و ارزیابی برای محصولات دانش‌بنیان دستگاه محور، ایجاد شود و بتواند استانداردها را تهیه کند و طراحی صنعتی خوبی برای محققان ایجاد کند و در حوزه بازارهای بین المللی کمک کند که این دستگاه‌ها بتوانند در کشورهای منطقه عرضه شوند تا این چرخه حداقل هم دستگاه با کیفیت را تحویل مشتری دهد و هم اینکه کسب و کار این حوزه دانش‌بنیان توسعه پیدا کند. در حوزه نرم افزار کشور موفق بوده است اما در حوزه سخت افزار لازم است کارشناسی شود و آینده این حوزه دانش‌بنیان بررسی شود که هم تامین داخل با کیفیت بالا انجام شود و هم تامین بازارهای مالی خارج از کشور؛ البته به شرط خدمات آسان و قیمت بهتر از محصولات خارجی مشابه، به صورتی که کشور خارجی به اجبار نخواهد این دستگاه را تهیه کند و حتما شاخص کیفیت و استاندارد روی دستگاه‌ها باشد تا حداقل ۱۰ الی ۲۰ درصد این شرکت‌های دانش‌بنیان که شکل گرفته‌اند زنده بمانند که زنده ماندن این‌ها خود الگوی بقا این حوزه دانش‌بنیان در زمینه سخت‌افزار خواهد بود و برای نسل بعد می‌تواند زمینه ساز خیلی از فعالیت‌ها باشد.

بعنوان سخن آخر بفرمایید که ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت از کدام طرح شما و به چه شکل حمایت نمود؟ شما به عنوان یک فناور برای بهبود شیوه حمایت‌های ستاد یا سایر نهادهای دولتی چه پیشنهادی دارید؟

حمایت ستاد در ارتباط با حمایت کامل ساخت چاپگر سه بعدی نانو ذرات فوتونیکی بود که خوشبختانه ستاد و داوران ستاد قبول کردند و از دکتر لطیفی و دکتر مجلس‌آرا به خاطر حسن نظر و اعتمادی که داشتند تشکر می‌کنم. در حوزه توسعه چاپ و توسعه اندازه‌گیری‌ها هم حمایت ستاد را داشتیم که بخشی از آن دریافت شده و کار در حال انجام است. با توجه به اینکه دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان می‌توانند در این فعالیت‌ها، نطفه‌های اولیه را ایجاد کنند و بخش خصوصی این ریسک را قبول نمی‌کند، به نظر بنده این بودجه‌ها باید افزایش پیدا کند و در دانشگاه‌ها نه تنها به سخت‌افزار و دستگاه‌های بزرگ پرداخته شود بلکه به محصولات فناور محور هم پرداخته شود. فکر می‌کنم به اندازه کافی دستگاه‌هایی که بتوانند در فناوری استفاده بشود وجود دارد اما خود استفاده ما در فناوری نیاز به ریسک و توسعه دارد و به نظر من اگر ستاد این را قبول کند و به صورت حمایت پایان‌نامه‌ها یا طرح‌های دانش بنیان کماکان این مسیر را ادامه دهد شاید بعد از ۵ یا ۱۰ سال خروجی خیلی خوبی در این حوزه به وجود بیاید و عملا نسل دانش‌آموخته جدید از ارشد و دکتری در این حوزه بتوانند کسب و کار داشته باشد.

۱ چاپگرهای سه‌بعدی لیزری زیستی

فرصتی برای زندگی دوباره!

۲ امنیت و ثروت

در سایه فناوری تولید هولوگرام

در این بخش ابتدا به معرفی فناوری نوظهور چاپ سه‌بعدی زیستی و یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در این حوزه می‌پردازیم و سپس به بررسی فناوری لیزری تولید هولوگرام‌های امنیتی خواهیم پرداخت و با یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان در این زمینه آشنا خواهیم شد.

شرکت دانش‌بنیان

امیدآفرینان مهندسی آینده

اولین تولیدکننده انواع چاپگرهای سه‌بعدی زیستی و جوهرهای زیستی در ایران

شرکت دانش‌بنیان

آذرهولوگرام

تولیدکننده انواع هولوگرام‌های امنیتی در ایران

به قلم علی کاظم‌پور
kazempoorali.a@gmail.com

چاپ سه‌بعدی زیستی، فناوری تحول‌آفرینی است که توسعه و پیشرفت فرآیندهای مهندسی بافت، پزشکی ترمیمی و در نتیجه آینده صنعت پزشکی را به ارمغان می‌آورد. مهندسی بافت، رهایش کنترل شده دارو و تولید یاخته‌های جایگزین، نیازمند داربست و مدل‌های سلولی با هندسه دقیق و ساختار داخلی از پیش طراحی شده است که تنها با استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی زیستی دست‌یافتنی است.

چاپ زیستی سه‌بعدی، فناوری نوظهوری است که به منظور طراحی و ساخت سازه‌های سلولی سه‌بعدی با هدف جایگزینی ارگان از دست‌رفته و همچنین آزمودن داروها و لوازم آرایشی و بهداشتی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. جذاب‌ترین مزیت این فناوری، توانایی آن در ایجاد ساختارهای سه‌بعدی با اجزای زنده زیستی مانند سلول‌ها و مواد غذایی آن‌ها است.

فناوری چاپ جوهرافشانی و چاپ استروژن از اولین روش‌های چاپ زیستی سه بعدی هستند.

در این روش‌ها جوهر زیستی توسط یک نیرو که با حرارت، امواج آکوستیکی و یا فشار نیوماتیکی وارد می‌شود، به خارج از سرنگ رانده شده و چاپ صورت می‌گیرد. این روش‌ها معایبی نظیر درجه حرارت بالا و یا سمی بودن حلال‌ها را به دنبال دارند که چاپ زیستی را با مشکل مواجه می‌کند. محلول سمی و یا درجه حرارت بالا باعث مرگ سلول‌ها می‌شود اما استفاده از فناوری لیزری در چاپ سه‌بعدی زیستی این مشکلات را برطرف می‌کند.

شرکت «امیدآفرینان مهندسی آینده» به‌عنوان نخستین و تنها تولیدکننده تجاری دستگاه چاپگر سه‌بعدی زیستی در کشور فعالیت‌های خود را در قالب گروه «3D-Bio» از سال ۱۳۹۵ آغاز کرده و در فاصله کوتاهی از شروع فعالیت‌های خود توانست با ارائه دستگاه‌های چاپگر زیستی همگام با فناوری‌های روز دنیا و با ویژگی‌های منحصربه‌فرد، جایگاه ویژه‌ای در کشور به دست آورد و هم‌اکنون پیشگام صنعت چاپ سه‌بعدی زیستی در ایران است.

شرکت دانش‌بنیان امیدآفرینان مهندسی آینده

این شرکت دانش‌بنیان از سال ۱۳۹۶ با عنوان شرکت «امیدآفرینان مهندسی آینده» کار خود را در پارک علم و فناوری دانشگاه شریف، با تمرکز بر روی توسعه محصول ادامه داد. امیدآفرینان مهندسی آینده، با توجه به نیاز متخصصان حوزه مهندسی بافت و با اتکا به تجربه اعضای شرکت که همگی از نخبگان برتر کشور هستند، علاوه بر ارائه انواع چاپگر سه‌بعدی زیستی با فناوری بالا، اقدام به ارائه انواع جوهرهای زیستی، رده‌های مختلف بافتی قابل تولید با استفاده از این فناوری و سایر محصولات جانبی نموده است. بنا به گفته مدیرعامل شرکت امیدآفرینان، محصولات این شرکت با کیفیت مشابه برترین نمونه‌های خارجی، دارای قیمت بسیار پایین‌تری است. لذا با توجه به داشتن دانش فنی چاپ سه‌بعدی زیستی در کشور، صادرات محصولات چاپ زیستی یک فرصت بسیار مناسب و در دسترس است و صرفه جویی ارزی بالایی را به دنبال خواهد داشت.

امیدآفرینان مهندسی آینده، بر این باورند که آینده در زمان حال ساخته می‌شود و متعلق به آن‌هایی است که در این مسیر قدم بر می‌دارند، آن‌هایی که حرکت رو به جلو را ادامه می‌دهند تا افق دیدشان به واقعیت تبدیل شود. از این رو امروز، متخصصان این شرکت با شهامت تمام می‌گویند:«آینده را پرینت کنید و دوباره زندگی کنید».

روش‌های چاپ سه‌بعدی لیزری

در بین انواع روش‌های چاپ سه‌بعدی که برای تولید محصولات زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش‌های مبتنی بر لیزر بسیار محدود بوده و در ایران مهندسان شرکت امیدآفرینان موفق به توسعه دستگاه‌های چاپی شده‌اند که ضمن بهره‌گیری از فناوری‌های لیزری محصولات با کیفیت خود را تولید و روانه بازار مصرف می‌کنند.

در ادامه به بررسی رویکردهای نوین چاپ به کمک فناوری‌های فوتونیکی که این شرکت در محصولات خود مورد استفاده قرار داده است، خواهیم پرداخت.

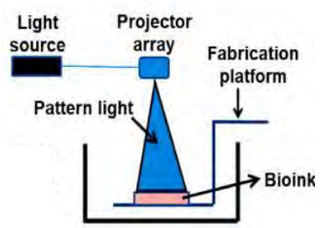
استرو لیتوگرافی

در این روش، از مخزنی حاوی محلول پلیمری یا رزین با قابلیت پخت نوری، یک لیزر با قابلیت کنترل در صفحه XY و همچنین یک صفحه چاپ با امکان حرکت در جهتZ، بهره‌گیری می‌شود. نحوه چاپ در این روش بدین صورت است که در سطح مخزن، عمل ایجاد پیوند عرضی از طریق تابش لیزر صورت گرفته و بعد از ایجاد یک لایه، صفحه چاپ به سمت پایین حرکت می‌کند و سپس لایه‌های دیگر به همین روش، از پایین به بالا روی هم ایجاد می‌شوند. وضوح چاپ در این روش از طریق تنظیم تمرکز و انرژی لیزر تا سطح بالایی قابل تنظیم است.

با توسعه پلیمرهای زیست‌سازگار و سامانه‌های پروتئینی (با خواص زیست‌فعالی، چسبندگی سلولی و قابلیت اتصال عرضی نوری)، بهره‌گیری از این روش در ایجاد داربست‌های مورد استفاده در مهندسی بافت رشد چشمگیری یافته است.

پیشرفت‌های جدید در این روش و مواد مورد استفاده، منجر به امکان بهره‌وری از نور مرئی به عنوان منبع اتصال عرضی برای جوهرهای زیستی حاوی سلول و در نتیجه کاهش صدمات ناشی از استفاده از لیزر و نور فرابنفش شده است.

Stereolithographic Bioprinting

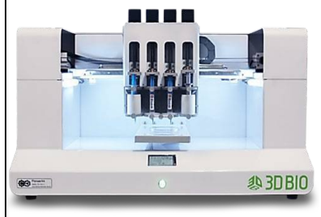


ماژول اتصال عرضی نوری امیدآفرینان آینده با توان استاندارد خروجی تا ۳۵۰ میلی وات بر سانتی‌متر مربع و طول موج استاندارد خروجی ۳۶۵ نانومتر که در انواع چاپگرهای زیستی قابل استفاده است، را مشاهده می‌کنید.

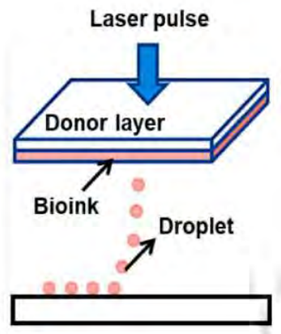
انتقال رو به جلو با کمک لیزر (LIFT)

به تازگی از فناوری LIFT در ایجاد الگوهایی در ابعاد میکرو و نانو از جنس پپتید (پیوند آمینواسیدها)، DNA و آرایه‌های سلولی به منظور استفاده در آزمایش‌های زیستی استفاده شده است.

فناوری LIFT بر اساس لیزر پالسی کار می‌کند. جزء دیگر یک لایه از جوهر زیستی حاوی سلول است که توسط لایه‌های شفاف از جنس طلا یا تیتانیوم حمایت می‌شود. این لایه انرژی لیزر را جذب کرده و انرژی حاصل از آن را به جوهر حاوی سلول انتقال می‌دهد. به هنگام رسیدن این انرژی به جوهر، یک حباب پرفشار ایجاد شده و منجر به رانش و انداختن یک قطره از جوهر زیستی به صفحه چاپ می‌شود. الگوگذاری در این روش از طریق حرکت لیزر یا صفحه جوهر ایجاد می‌شود. در چاپ زیستی بر اساس LIFT به دلیل حذف نازل، مشکلات ناشی از گرفتگی سر نازل به کلی حل شده است که این مورد موجب افزایش انعطاف در ترکیب جوهر زیستی مورد استفاده می‌شود. با



Laser-induced forward transfer

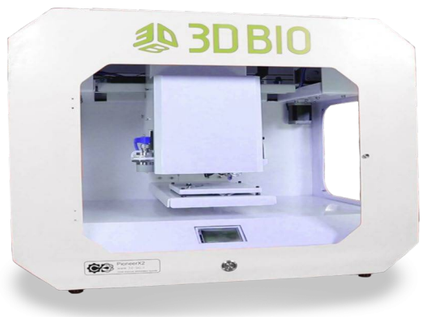


استفاده از این فناوری امکان چاپ با وضوحی به اندازه یک سلول وجود دارد. شکل بالا طرحواره‌ای از عملکرد این نوع دستگاه‌ها را به تصویر کشیده است.

چاپگرهای سه‌بعدی زیستی شرکت امیدآفرینان مهندسی آینده، به عنوان نخستین چاپگرهای زیستی تجاری در کشور، امکانات منحصربه‌فردی جهت ایجاد انواع داربست‌های زیستی مورد نیاز در حوزه‌هایی نظیر مهندسی بافت و صنایع دارویی است.

محصولات شرکت امیدآفرینان مهندسی آینده

این چاپگرها، چاپ موادی از جنس ترموپلاستیک و طیف وسیعی از هیدروژل‌ها را فراهم می‌کند. چاپگرهای زیستی امیدآفرینان مهندسی آینده در چهار مدل «BioFabX2» «BioFabX4»، «PioneerX2» و «PioneerX4»، ماژول‌های به روز مورد نیاز در چاپ زیستی را همگام با برترین برندهای دنیا در اختیار پژوهشگران، مخترعین و شرکت‌های فناور حوزه پزشکی بازساختی قرار می‌دهد. انعطاف‌پذیری منحصربه‌فرد این چاپگرهای زیستی از طریق طراحی ماژولار موجب شده است که پژوهشگران با توجه به نیاز خود ماژول‌های مورد نظر را درخواست دهند.

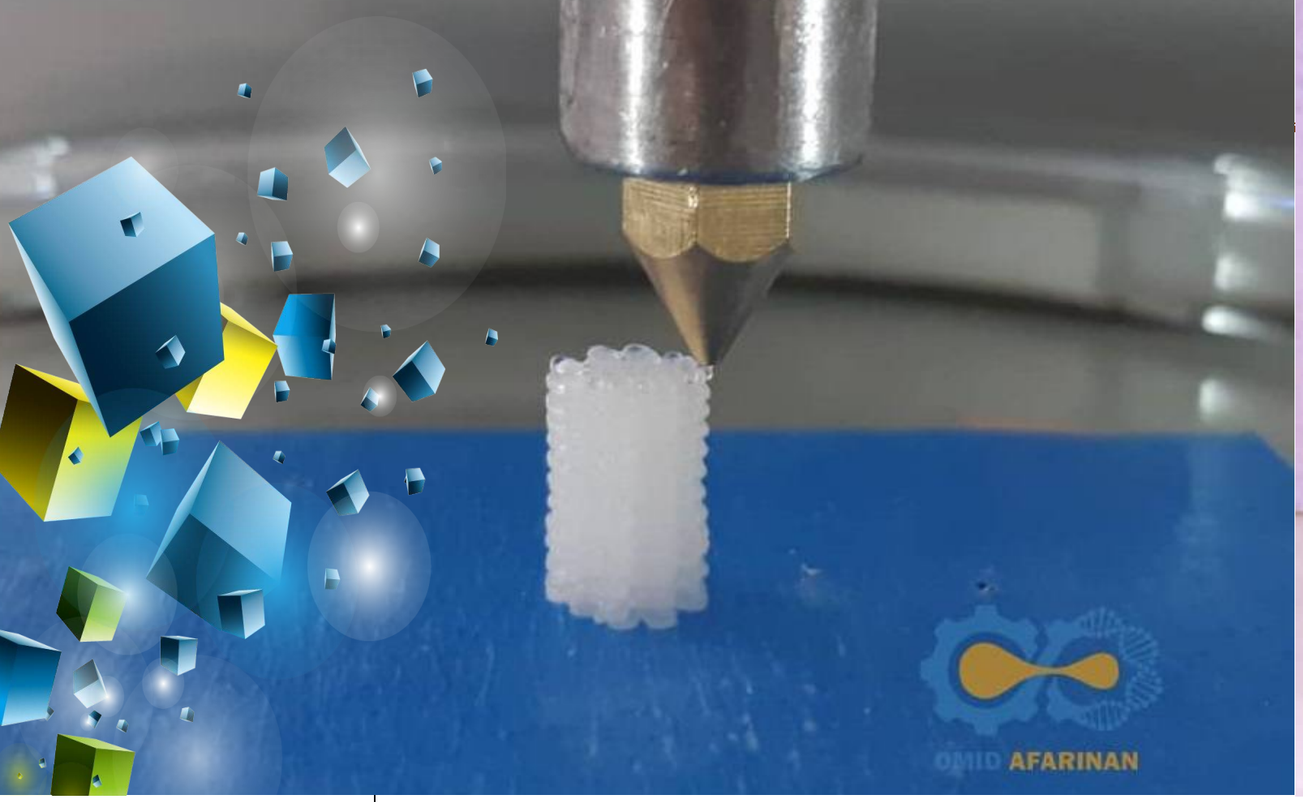


نرم‌افزار اختصاصی طراحی شده توسط گروه امیدآفرینان، تمامی مراحل مورد نیاز برای آماده‌سازی و چاپ مدل‌های بافتی را در محیطی کاربرپسند و بسیار ساده در اختیار کاربران قرار می‌دهد. امکان استفاده از انواع فناوری‌های چاپ مکانیکی و نیوماتیک، چاپ مواد ترموپلاستیک با دمای بالا، امکان اتصال عرضی نوری (کراسلینک) در طول موج‌های مرئی و فرابنفش و امکان استفاده از چاپگر زیر هود زیستی از جمله ویژگی‌های مهم این چاپگرها هستند.

چاپگرهای سه‌بعدی زیستی سری BioFab، ساخت شرکت امیدآفرینان، با اتکا به سامانه عملگرهای نیوماتیکی و قابلیت اعمال فشار بالا، چاپ گستره وسیعی از مواد زیستی جهت ایجاد بافت‌هایی همچون قلب، پوست، غضروف یا استخوان را فراهم می‌کند که این ویژگی، آزادی کاملی در انتخاب مواد زیستی را به کاربر می‌دهد. چاپگر سه‌بعدی زیستی سری BioFab، مدل BioFabX2 با دو ماژول چاپ، امکان چاپ انواع مواد زیستی و سلولی را به صورت هم‌زمان فراهم می‌کند. طراحی مجتمع و فشرده این دستگاه به گونه‌ای است که تنها با اشغال فضای محدودی در آزمایشگاه، امکانات بی نظیر چاپ زیستی را در اختیار شما قرار می‌دهد. چاپگر مدل BioFabX4 نیز با چهار ماژول چاپ، امکان چاپ چهار نوع جوهر زیستی را به صورت هم‌زمان فراهم می‌کند. این محصول دارای فناوری نوین و با کیفیت ساخت شرکت امیدآفرینان است که اطلاعات اختصاصی و ویژگی‌های آن را در تارنمای این شرکت می‌توانید مشاهده کنید. گفتنی است که انواع مختلف ماژول‌های چاپ نظیر ترموپلاستیک و نوری در شرکت امیدآفرینان تولید شده و قابلیت نصب بر روی انواع چاپگرهای این شرکت را دارد.

چاپگر سه‌بعدی زیستی مدل Pioneer نیز محصول دیگر شرکت امیدآفرینان است که کنترل بی‌نظیری را بر فرآیندهای چاپ، به ویژه در چاپ انواع هیدروژل‌ها فراهم می‌کند. با استفاده از این فناوری می‌توان سرعت و میزان عقب‌نشینی مواد را با دقت بالایی تنظیم کرد. به این ترتیب، ساختارهای هندسی پیچیده و از هم گسسته، با هیدروژل‌هایی با کم‌ترین گران‌روی قابل چاپ می‌شوند.

جوهرهای زیستی، کیت‌های میکروفلوئیدیکی و Cranio که محصولی جهت ترمیم ضایعات استخوانی است، همه از محصولات نوآورانه این شرکت خلاق ایرانی است.



جوهرهای زیستی

جوهرهای زیستی عبارتند از موادی زیست‌سازگار با ویژگی‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی و نوری مناسب که قابلیت چاپ با استفاده از چاپگر سه‌بعدی زیستی را دارند. برخی از این جوهرها (هیدروژل‌ها) می‌توانند به هنگام چاپ، حاوی سلول‌ها و مولکول‌های زیستی باشند. زیست‌سازگاری و زیست‌فعالی از جمله ویژگی‌های یک جوهر زیستی مناسب است. شرکت امیدآفرینان مهندسی آینده به عنوان نخستین شرکت ایرانی اقدام به تولید و عرضه انواع جوهرهای زیستی کرده است.

جوهرهای زیستی شرکت امیدآفرینان قابلیت چاپ بالایی داشته و محیط مناسبی را مشابه ماتریس خارج سلولی جهت رشد و تمایز سلول‌ها ایجاد می‌کنند. این شرکت علاوه بر ارائه انواع جوهرهای زیستی تجاری مانند ترموپلاستیک و هیدروژل‌ها، آمادگی تهیه وساخت جوهرهای اختصاصی مورد نیاز پژوهشگران را نیز دارد.

کیت میکروفلوئیدیک

فناوری میکروفلوئیدیک یکی از فناوری‌های نوظهور با کاربردهایی گسترده در بخش‌های تحقیقاتی و درمانی در حوزه زیست‌شناسی و پزشکی است. از مزیت‌های این فناوری می‌توان به کاهش هزینه و زمان انجام آزمایش‌ها و همچنین امکان اجرای تعداد بالای آزمایش‌ها اشاره کرد.

با توجه به مزایای مذکور، توسعه و استفاده از تراشه‌های میکروفلوئیدیکی به سرعت در حال افزایش است.

در سامانه‌های میکروفلوئیدیک، مقادیر بسیار کمی از نمونه‌های آزمایش مورد نیاز است که این امر می‌تواند هزینه‌ها را تا حد زیادی کاهش دهد و در صورت محدودیت نمونه(مانند بسیاری از آزمایش‌های مولکولی)، مشکلی ایجاد نشود.

همچنین جداسازی و تشخیص در این سامانه‌ها، با حساسیت و قدرت تفکیک بالایی صورت می‌گیرد. یکی دیگر از مزایای استفاده از تراشه‌های میکروفلوئیدیک، کاهش دخالت نیروی انسانی در روند آزمایش است که می‌تواند میزان آلودگی و ایجاد خطا را کاهش دهد.

یکی از جدیدترین کاربردهای این تراشه ساخت بافت و ارگان‌ها روی تراشه است. استفاده از این تراشه‌ها انجام بسیاری از آزمایش‌ها را ساده‌تر، کم‌هزینه‌تر و سریع‌تر می‌کند. همچنین موجب کاهش استفاده از نمونه‌های حیوانی، به دلیل امکان رشد چندین رده سلولی و قسمت‌هایی از بدن بر روی این تراشه‌ها می‌شود.

تاکنون روش‌های گوناگونی برای ایجاد این تراشه‌ها ارائه شده است که یکی از آن‌ها استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی است. به تازگی محققان شرکت امیدآفرینان مهندسی آینده با استفاده از جوهر فداشونده و چند ماده دیگر موفق به تولید این تراشه‌ها شده‌اند که ثمره آن تولید کیت میکروفلوئیدیک امیدآفرینان بوده است. این کیت امکان طراحی تراشه مورد نیاز با استفاده از چاپگر زیستی را فراهم کرده است.

Cranio (محصولی جهت ترمیم ضایعات استخوانی)

از فناوری چاپ سه‌بعدی می‌توان در خلق ایمپلنت‌های مورد نیاز در جراحی‌های مربوط به جمجمه استفاده شایانی کرد. محصول Cranio، یک محصول نوآورانه برای درمان انواع بیماری‌ها و عدم تقارن جمجمه، فک و صورت است. این محصول از جنس پلی‌متیل‌متاکریلات (PMMA) است که با بدن سازگاری کامل دارد و از آن به عنوان «سیمان استخوانی» یاد می‌شود. این محصول به طور اختصاصی بعد از مراحل تشخیصی هر بیمار، قابل سفارش و ساخت است.

امنیت و ثروت در سایه فناوری

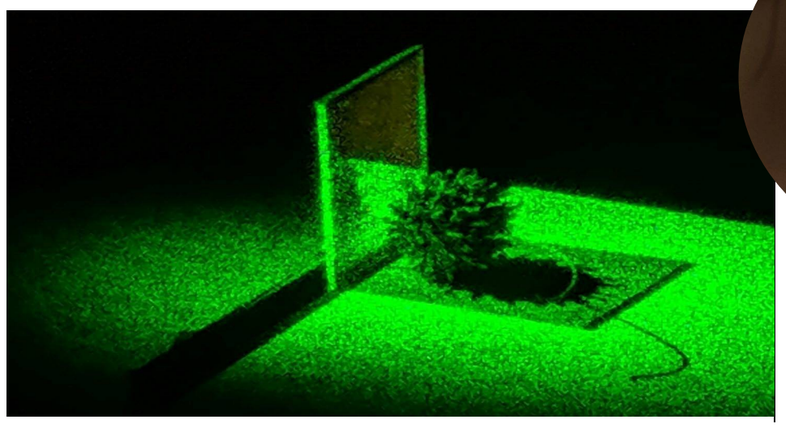
تولید هولوگرام

هنگامی که واژه‌هایی نظیر تصویر سه‌بعدی یا هولوگرام را می‌شنوید، چه چیزی به ذهن شما می‌رسد؟ احتمالا اگر تخیل قوی داشته باشید، صحنه‌هایی از فیلم‌های علمی‌تخیلی مورد علاقه خود را به خاطر می‌آورید. با اینکه فناوری هولوگرافی قدمت طولانی دارد اما عموم مردم با کاربردهای آن کمتر آشنا هستند.

امروزه یکی از کاربردهای هولگرام‌ها به وفور در زندگی روزمره ما دیده می‌شود. همان برچسب‌های رنگی که روی بسیاری از کالاها یا کارت‌های شناسایی وجود دارند و با تغییر زاویه دید، رنگ و تصویر آن‌ها تغییر می‌کند و می‌توانند دوبعدی و یا سه‌بعدی به نظر برسند. اهمیت هولوگرام‌های امنیتی و نسل آینده آن‌ها را در مقاله بخش دورنما به طور مفصل می‌توانید مطالعه نمایید.

در این بخش به نحوه چاپ هولوگرام‌ها در مقیاس انبوه می‌پردازیم و یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در این حوزه و محصولات آن را معرفی خواهیم کرد.

امروزه تصاویر هولوگرام‌هایی که در تولید انبوه ساخته می‌شوند، نیازی به شیء خارجی ندارد و توسط نرم‌افزارهای رایانه‌ای پردازش می‌شود. این تصاویر دیجیتالی روی یک صفحه شفاف مانند شیشه قرار داده می‌شوند. این صفحه شفاف با اکسیدآهن تحت عملیات شیمیایی آماده می‌شود و بعد از قرارگیری تصویر هولوگرام روی آن، با فوتورزیست آن را می‌پوشانند. ماده فوتورزیست به طول موج خاصی از نور لیزر که برای ایجاد هولوگرام مورد استفاده قرار می‌گیرد، واکنش شیمیایی نشان می‌دهد.



تولیدکنندگان هولوگرام تجاری از انواع مختلف لیزرهای مرئی مانند لیزر یاقوت، هلیوم-کادمیوم یا کریپتون-آرگون جهت چاپ هولوگرام استفاده می‌کنند.

از لیزر برای روشن کردن تصویر استفاده می‌شود و نور منعکس شده بر روی صفحه فوتورزیست تابیده می‌شود. به طور هم‌زمان، یک پرتوی مرجع از لیزر نیز به طور مستقیم بر روی صفحه فوتورزیست تابیده می‌شود.

الگوهای تداخلی این دو پرتو نور، با فوتورزیست واکنش نشان می‌دهند تا یک تصویر هولوگرافیک از جسم ثبت شود. مدت زمان قرار گرفتن در معرض تابش لیزر به طور معمول بین ۱ تا ۶۰ ثانیه است. در مدت زمان نوردهی، صفحه تحت تابش باید کاملا ثابت باشد و کوچکترین حرکتی (به اندازه یک‌چهارم طول موج لیزر)، باعث برهم خوردن طرح تداخلی شده و طرح هولوگرافی کامل محو شده و از بین می‌رود. این طرح از قله‌ها و دره‌ها و یا شیارهای بسیار ریز میکرونی تشکیل می‌شود و مانند یک توری پراش باعث می‌شود که رنگ‌های مختلفی را در یک هولوگرام مشاهده کنیم.

پس از ایجاد طرح تداخلی روی صفحه فوتورزیست که آن را صفحه مرجع (master) می‌نامند، عملیات پردازش حمام شیمیایی (نظیر آنچه در عکاسی معمولی است) انجام می‌شود.

در واقع یک لایه نازک نیکل، روی صفحه آبکاری می‌شود تا طرح ایجاد شده روی صفحه به لایه نازک نیکل منتقل شود. سپس لایه نیکل از سطح جدا می‌شود که دارای یک تصویر منفی یا آینه‌ای از طرح مورد نظر است. هم نیکل و هم نقره برای ساخت و پردازش صفحه مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرند که برای چاپ چندین نسخه از هولوگرام روی فیلم پلی‌استر یا پلی‌پروپیلن استفاده می‌شود.

از آلومینیوم، طلا و یا کروم به عنوان لایه بازتابی بسیار نازک در پشت هولوگرام‌ها استفاده می‌شود. علی‌رغم نازکی لایه فلزی، چنین هولوگرام‌هایی کاملاً مات هستند. لایه‌های نیمه‌شفاف با ضریب شکست بالا مانند ZnSe و TiO_2 می‌توانند تا حدودی هولوگرام را شفاف کنند و از حالت انعکاسی به انتقالی تغییر دهند. همچنین استفاده از مواد مختلف با ویژگی‌های نوری، فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فرد، باعث تولید انواع هولوگرام‌ها با سطوح امنیتی متفاوت شده است. هرچه سطح امنیتی بالاتر باشد قیمت هولوگرام نیز بالاتر است.

یکی از چالش‌های مهم در تولید انبوه هولوگرام‌های امنیتی، کاهش هزینه‌های تولید با روش‌های جدید است که بتواند سطح امنیتی بالایی را نیز به همراه داشته باشد. به طور مثال با افزایش هزینه‌های تولید کالاها، صیانت از اصالت کالا اهمیت ویژه‌ای برای تولیدکنندگان آن پیدا کرده است. این در حالی است که قیمت هولوگرام با سطح امنیتی بالا، به هزینه تولید اضافه می‌شود. لذا کاهش هزینه هولوگرام علاوه بر صرفه اقتصادی برای تولیدکننده کالا و مشتریان، اعتماد به محصول را نیز بالا می‌برد. چاپگرهای سه‌بعدی در مقیاس میکرو و نانو یکی از فناوری‌های نوین در حال توسعه است که می‌تواند در چاپ هولوگرام‌های امنیتی و مشکلات آن تأثیر مطلوبی داشته باشد.

شرکت «خانه چاپ چکاوک» با نام تجاری «آذرهولوگرام» یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان چاپ امنیتی است. این شرکت با به‌کارگیری تجهیزات و فناوری پیشرفته روز دنیا در زمینه لیزر و هولوگرافی و با بهره‌گیری از متخصصان مجرب در این زمینه، به عنوان یک شرکت پیشرو در تولید انواع هولوگرام و چاپ آن در تهران فعالیت می‌نماید.

محصولات شرکت آذرهولوگرام با بالاترین سطح امنیتی موجود، قابل رقابت با نمونه‌های خارجی است. این شرکت مفتخر به انجام صدها پروژه تولید و فروش هولوگرام برای مشتریان داخل و خارج از ایران است.

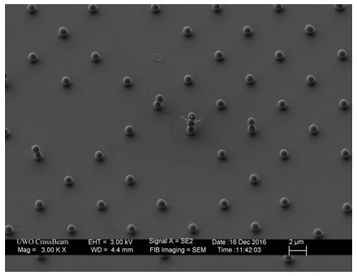
استفاده از دانش و فناوری روز دنیا در تولید محصولات، یکی از کلیدهای موفقیت این شرکت دانش‌بنیان بوده است. شرکت آذرهولوگرام توانسته است با تلفیق هولوگرافی و روش‌های چاپ سنتی و همچنین به‌کارگیری روش‌های جدید و مبتکرانه در چاپ هولوگرام، محصولاتی با کیفیت و دارای چندین جزء امنیتی تولید و عرضه نماید. این امر نه تنها منجر به رفع نیازهای داخلی و عدم وابستگی به محصولات خارجی در زمینه انواع هولوگرام و محصولات هولوگرافیک شده است بلکه با دارا بودن قابلیت رقابت با رقبای بین‌المللی، توانسته است به عنوان شرکتی پیشرو در زمینه چاپ هولوگرام و فروش هولوگرام در بازارهای بین‌المللی شناخته شود.

شرکت آذرهولوگرام علی‌رغم تولید انواع هولوگرام‌ها با سطوح امنیتی مختلف و ترکیب اجزاء امنیتی چندگانه، دست از نوآوری و توسعه برنداشته است و محققان این شرکت در تلاش هستند که اجزاء امنیتی ترکیبی جدیدی را در ساخت هولوگرام‌ها به کار بگیرند. آذرهولوگرام در سال ۲۰۱۶ به عنوان یکی از برترین تولیدکنندگان از سوی فدراسیون جهانی چاپ امنیتی برگزیده شد. این جایزه به نوعی اسکار چاپ امنیتی در جهان محسوب می‌شود که برای اولین بار این تولیدکننده ایرانی موفق به کسب آن شده است. در ادامه با انواع هولوگرام‌هایی که این شرکت به صورت انبوه و سفارشی تولید کرده است آشنا می‌شویم.

محصولات شرکت آذرهولوگرام

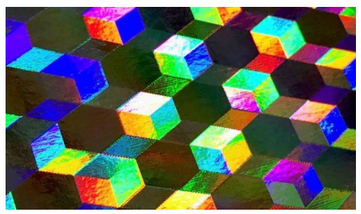
هولوگرام میکرونی

در این هولوگرام‌ها تصاویر یا نوشته‌های بسیار ریز میکرونی را می‌توان با استفاده از روش لیتوگرافی لیزری و یا الکترونی در هولوگرام گنجاند. این تصاویر ویژگی فوق امنیتی به هولگرام می‌بخشند و با چشم غیرمسلح قابل رؤیت نیستند. این تصاویر و نوشته‌های میکرونی در واقع یک نوع رمزنگاری مخفی است. در نمونه هولوگرام شرکت آذرهولوگرام، تصویر یک پروانه با ابعاد ۱۹۴ در ۱۵۰ میکرون داخل هولوگرام قرار داده شده است.



هولوگرام ماتریس نقطه‌ای (Dot Matrix)

در تولید هولوگرام ماتریس نقطه‌ای، تصویر به صورت یک ماتریس برای رایانه تعریف می‌شود. سطح حساس به نور با فرمان رایانه توسط نور لیزر پردازش می‌شود. در این شیوه سطح هولوگرام به صورت نقاط فرورفته ظاهر شده که میلیون‌ها «هولوپیکسل» را تشکیل می‌دهد و باعث پراکندگی نور و ایجاد طرح مورد نظر روی هولوگرام می‌شود.



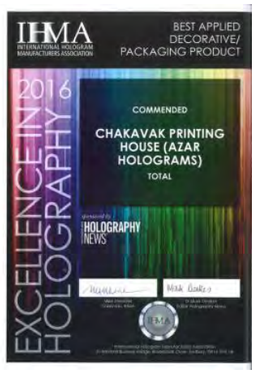
هولوگرام مخفی

در هولوگرام مخفی، متن و یا تصویر به گونه‌ای در داخل هولوگرام قرار می‌گیرد که در حالت عادی غیرقابل رؤیت است و برای مشاهده آن باید نور لیزر به هولوگرام تابانده شود. در این حالت کد یا تصویر مخفی موجود در هولوگرام در بازتاب لیزر قابل رؤیت خواهد بود. همچنین شرکت آذرهولوگرام تنها شرکت در خاورمیانه است که هولوگرام مخفی با تصاویر متحرک را روانه بازار کرده است.

هولوگرام دوبعدی-سه‌بعدی

این هولوگرام‌ها از قرارگیری دو یا چند لایه دوبعدی روی هم ساخته می‌شوند و حس وجود عمق را در لایه‌های تصویر ایجاد می‌نمایند. گفتنی است که با فناوری‌های پیشرفته می‌توان انواع هولوگرام‌ها را با هم ترکیب کرد و سطح امنیتی آن را بسیار بالاتر برد. سایر محصولات شرکت آذرهولوگرام را در تارنمای این شرکت می‌توانید مشاهده نمایید.

آذر هولوگرام در دو دوره نمایشگاه «لیبل اکسپو بروکسل»، حضور پررنگی را تجربه کرده است و همین امر سبب همکاری با شرکت‌های خارجی و استفاده از تجارب بین‌المللی و همچنین گسترش صادرات محصولات این شرکت شده است.

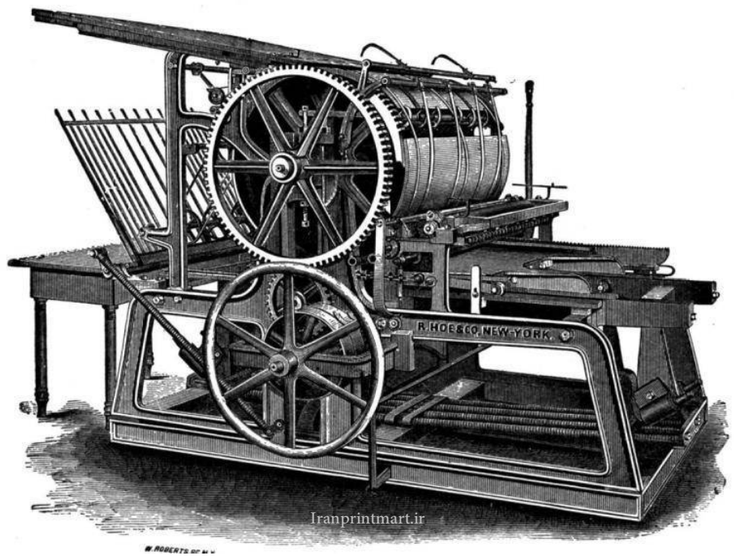


علم و ثروت
فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته
ماهنامه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته
شماره یازدهم شهریور ۱۴۰۰

نوآورانه

- چاپ سنگی یا لیتوگرافی
- دستیابی به فناوری‌های نوین با لیتوگرافی EUV
- چاپ سه‌بعدی انواع ادوات نوری
- انقلابی شگرف در ساخت ادوات ریزنوری

چاپ سنگی یا لیتوگرافی



آلویس زنفلدر (Alois Senefelder) یک آوازخوان در آلمان بود که به علت هزینه‌های زیادی که چاپ داشت، برای این که بتواند تصنیف‌هایش را چاپ کند، به‌طور تصادفی با کاربرد تیزاب بر روی سنگ‌های نرم و سبک‌وزن کنار رود راین آشنا شد و به روش چاپ سنگی دست یافت.

به قلم علی کاویان‌فر
kavianfar.optonics@yahoo.com

صنعت چاپ، یکی از ریشه‌دارترین صنایع جهان است. مردم همواره به فکر ایجاد نقش بر روی سطوح مختلف بوده‌اند. پیدایش تاریخچه چاپ به 3500 سال قبل از میلاد باز می‌گردد. اولین شواهد از وجود فناوری‌های بدوی چاپ مربوط به منطقه شوش در ایران است. در آن زمان از خاک رس برای مهروموم نامه‌ها استفاده می‌شد و این به نوعی جزء اولین موارد یافت شده در تاریخ محسوب می‌شود. سال‌ها بعد (حدود سال ۲۲۰ میلادی) در کشور چین چاپ بر روی بلوک‌های چوبی رواج پیدا کرد. حدود هزار سال بعد در همان کشور، اولین نمونه از چاپ بر روی کاغذ با استفاده از جوهر پدید آمد. از آن زمان به بعد صنعت چاپ با پیشرفت چشمگیری روبرو شد. در سال ۱٤٤۰ میلادی، روش چاپ پرسی (چاپ با استفاده از فشار زیاد) معرفی شد. دستگاه‌های چاپ پرسی در آن زمان بزرگ بودند و می‌توانستند جوهر را بر روی پارچه یا کاغذ چاپ کنند. در بین سال‌های ۱۸٤۰ تا ۱۹٦۰ میلادی روش‌های متعددی معرفی شدند که هر یک دارای توانایی‌های منحصر به فردی در زمینه چاپ بودند اما نواقصی را نیز در برداشتند که همین نواقص منجر به ظهور روش‌های پیشرفته‌تری می‌شد که سرعت و دقت بالاتری را ارائه می‌دادند. نمونه‌ای از بهترین روش‌های معرفی شده در این سال‌ها عبارت‌اند از:

چاپ سیلک‌اسکرین (چاپ‌سیلک)، در سال ۱۹۱۱ معرفی شد که از یک فیلتر مشبک برای تعیین نقاط مجاز به ورود جوهر استفاده می‌کرد.

چاپ سوزنی (ضربه‌ای)، در سال ۱۹۲۵ معرفی شد که ترکیبی از سوزن‌های آغشته به جوهر و سامانه الکتریکی را برای ایجاد تصویر روی پارچه یا کاغذ به کار می‌گرفت. الکتروفوتوگرافی که از جریان الکتریسیته و نیروی جاذبه بین بارهای منفی و مثبت جهت تثبیت جوهر بر روی کاغذ استفاده می‌کرد، در سال ۱۹۳۸ معرفی شد. همچنین چاپگر تصعید رنگ با استفاده از فرآیند تصعید، جوهر را به بخار تبدیل می‌کرد که این کار باعث می‌شد بخار جوهر پس از سرد شدن بر روی پارچه یا کاغذ ثابت بماند و تبدیل به تصویرگردد. این فناوری نیز در سال ۱۹۵۷ معرفی شد.

در این میان نوعی از فناوری به نام چاپ سنگی یا لیتوگرافی در سال ۱۷۹٦ میلادی توسط آلمانی‌ها معرفی شد. واژه لیتوگرافی یک کلمه یونانی است که از دو بخش تشکیل شده است. در آن کلمه "لیتو" به معنای سنگ و "گراف" به معنای نوشتن است. روش چاپ سنگی یا لیتوگرافی در واقع به این صورت بود که از روغن یا چربی برای ایجاد نقش بر روی یک سنگ نرم استفاده می‌کردند و در نتیجه تصویر به شکل قسمت‌های روغن‌دوست و نواحی غیرتصویر به صورت قسمت‌های آب‌دوست در می‌آمد و با توجه به اینکه روغن و آب با یکدیگر مخلوط نمی‌شوند تصویر بر روی سنگ آهک منتقل شده و با استفاده از روش‌های شیمیایی برجسته می‌شد و می‌توانستند آن را بر روی کاغذ چاپ کنند. لیتوگرافی در آن زمان یکی از مرسوم‌ترین روش‌های چاپ بود و در حال حاضر نیز کاربردهای زیادی دارد. هر چند که در طول این دوره که بازه زمانی بسیار زیادی از تاریخ بشر- را دربر می‌گیرد، تغییر و تحولات بسیاری در حوزه چاپ انجام شده است.

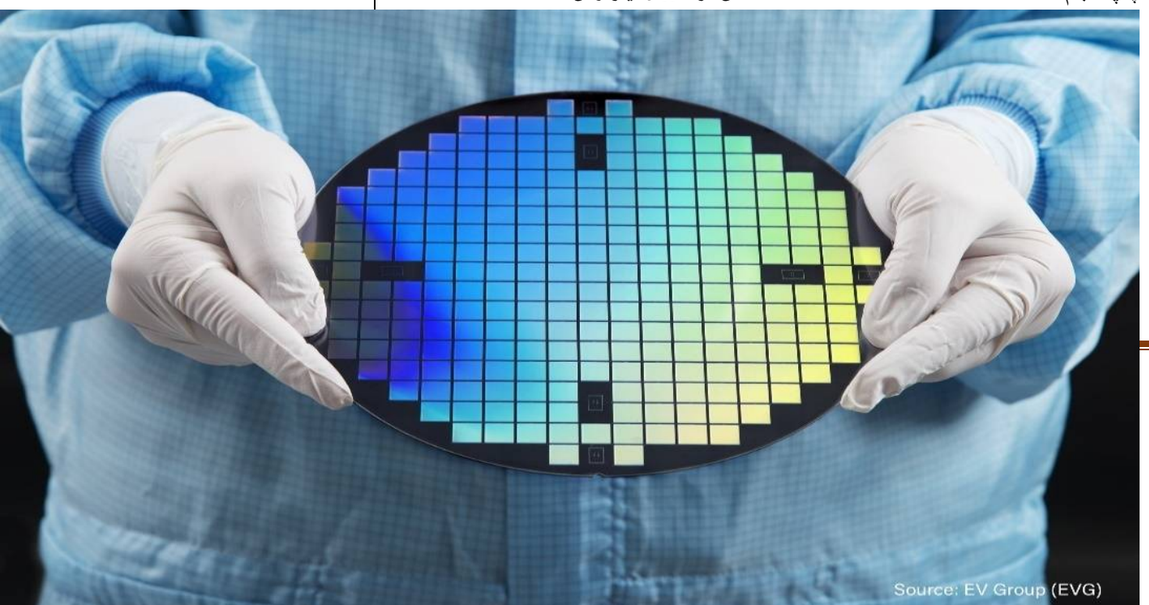
لیتوگرافی امروزی

امروزه لیتوگرافی را می‌توان به روش‌های مختلفی انجام داد که در آن به جای سنگ از موادی همچون فلزات، پلیمرها، سیلیکان و غیره استفاده می‌شود. در طول زمان با پیشرفت ابزارها و به وجود آمدن فناوری‌های جدید، لیتوگرافی به صورت روش‌های بسیار پیچیده و دقیق توسعه داده شده است. به طوری که در دهه‌های اخیر از روش‌های لیتوگرافی به صورت گسترده در چاپ کتاب و مجلات، پوسترها، تولید مدارهای مجتمع و قطعات الکترونیکی استفاده می‌شود.

چالشی که امروزه صنعت الکترونیک و به‌خصوص در حوزه تولید مدارهای الکترونیکی با آن روبرو است، کاهش ابعاد و اندازه قطعات به کار رفته در مدار الکتریکی است. این کاهش در ابعاد موجب بالاتر رفتن بازدهی و افزایش سرعت عملکرد قطعات الکترونیکی می‌شود. طبق تخمین یکی از محققان این حوزه به نام مور (Moor)در دهه ۸۰ میلادی، تعداد ترانزیستورهایی که در هر اینچ مربع از مدارهای مجتمع قرار دارند، از زمان اختراع‌شان هر ۱۸ ماه یکبار، دو برابر می‌شود. بنابراین بهره‌گیری از روش‌های مناسب جهت تولید قطعات الکترونیکی در مقیاس‌های کوچک‌تر (میکرو و نانو) در صنایع الکترونیک ضروری است. یکی از روش‌هایی که در ساخت قطعات مختلف در مقیاس کوچک از جمله مقیاس نانو استفاده می‌شود، روش لیتوگرافی است.

مزایای چاپ لیتوگرافی:

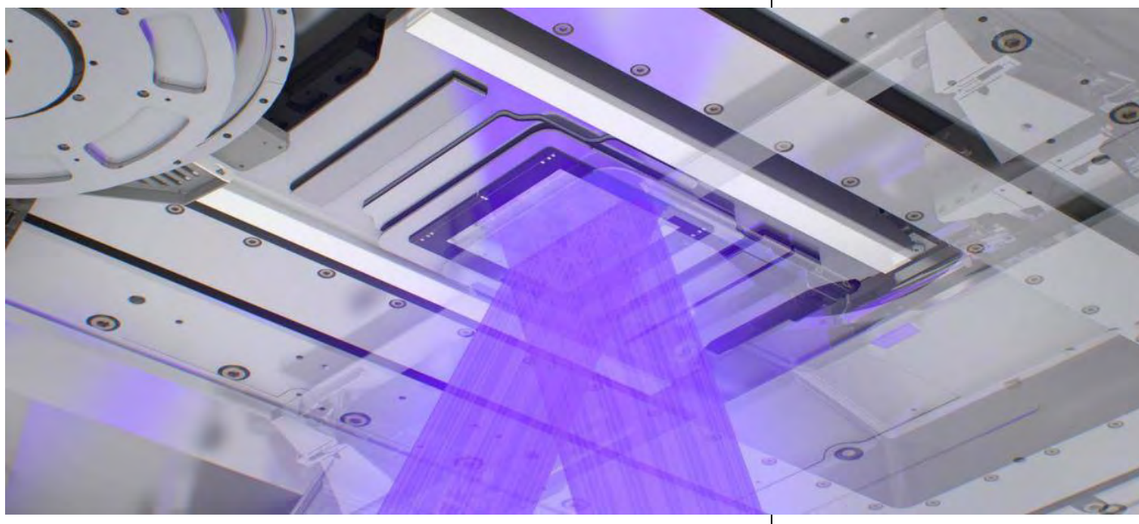
- مقرون به صرفه‌ترین روش چاپ برای چاپ در ابعاد بزرگ
- انعطاف‌پذیر بودن ابعاد و بافت کاغذ
- امکان استفاده از طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها
- کیفیت تصویر بی‌نظیر



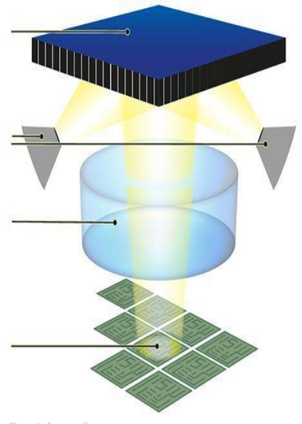
در مقیاس نانو این روش را نانولیتوگرافی می‌نامند. از نانولیتوگرافی در ساخت این موارد استفاده می‌شود: مدارهای مجتمع، ابزارهای ذخیره اطلاعات، حسگرها، سامانه‌های میکروالکترومکانیک، سامانه‌های نانوالکترومکانیک و تراشه‌های زیستی.

دسته‌بندی‌های مختلفی برای لیتوگرافی ارائه شده است که متداول‌ترین آن‌ها لیتوگرافی نوری (فرابنفش)، الکترونی، یونی و اشعه ایکس است. در بین این روش‌ها، لیتوگرافی نوری یکی از رایج‌ترین روش‌های تولید در صنعت قطعات نیم‌رساناها است.

لیتوگرافی نوری (فرابنفش)



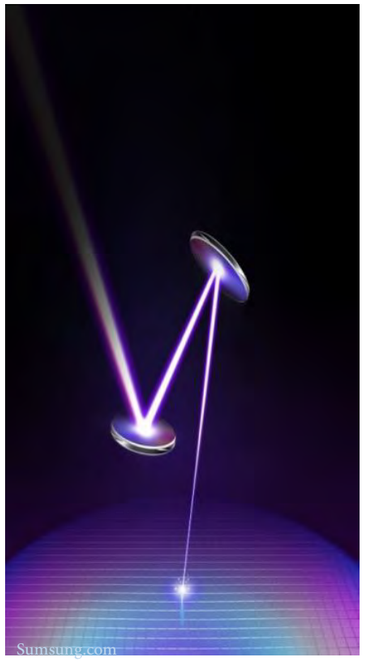
در این فرآیند، ابتدا یک لایه پلیمری حساس به نور موسوم به فوتورزیست روی سطح یک زیرلایه نشانده می‌شود. سپس پرتو نور از یک ماسک نوری عبور کرده و طرح مورد نظر را روی پلیمر ایجاد می‌کند. پس از ایجاد طرح روی پلیمر واسط و انجام یک سری فرآیندهای شیمیایی، طرح به لایه زیرین منتقل می‌شود. طی این فرآیندها نواحی نور دیده فوتورزیست در برابر خوردگی مقاوم شده و بخش‌های دیگر در توسط واکنشگرهای شیمیایی حذف می‌شوند و به این ترتیب طرح بر روی سطح مورد نظر منتقل می‌شود.



Renishaw.fr

تابش فرابنفش

تابش فرابنفش بخشی از طیف الکترومغناطیس است که گستره طول‌موج آن کوتاه‌تر از طول‌موج نور مرئی است (۱۰ نانومتر الی ۴۰۰ نانومتر). این تابش حدود ده درصد از تابش نور خورشید ورودی به سطح زمین را در بر می‌گیرد. تاریخچه کشف این تابش پرانرژی به سال ۱۸۰۱ میلادی برمی‌گردد. این کشف شگفت‌انگیز توسط دانشمند آلمانی یوهان ویلهلم رتر انجام شد. طیف فرابنفش کاربردهای گسترده‌ای دارد که با توجه به کاربرد، هر بخش از این طیف نام‌گذاری منحصر به فرد خود را دارد. ناحیه مدنظر ما در این بخش طول موج ۱۰ نانومتر تا ۱۲۴ نانومتر است که به آن EUV می‌گویند.



Sumsung.com

این بخش از طیف انرژی بسیار بالایی دارد و به واسطه کاربردهای متنوع در زمینه طیف‌سنجی، تصویربرداری فضایی و لیتوگرافی، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

حال که با تابش نور فرابنفش آشنا شدیم، می‌توانیم به فناوری لیتوگرافی فرابنفش بپردازیم و مزایا و کاربردهای آن را در صنایع مختلف بررسی کنیم. اما ابتدا لازم است دریابیم که توسعه این فناوری از چه زمانی آغاز شده و چگونه به این شکل پیشرفته و امروزی تبدیل شده است که توانسته بازار تراشه‌های کامپیوتر را متحول کند.

لیتوگرافی EUV

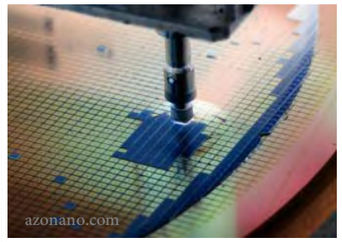
همانطور که در قسمت‌های قبل گفته شد، لیتوگرافی دارای پیشینه حداقل دویست ساله است و در طول این مدت زمان همواره دستخوش تغییر و تحول شده است. امروزه روش‌های نوین لیتوگرافی برای ساخت ادوات الکتریکی و فوتونیکی با ابعاد بسیار کوچک و دقت بالا به گونه‌ای توسعه یافته‌اند که تضمین‌کننده کارایی مطلوب این قطعات کاربردی باشند.

میکرولیتوگرافی و نانولیتوگرافی به نسل جدیدی از روش‌های از لیتوگرافی اشاره دارند که قادر به چاپ اجزای یک دستگاه در ابعادی کوچکتر از گستره دید انسان هستند.

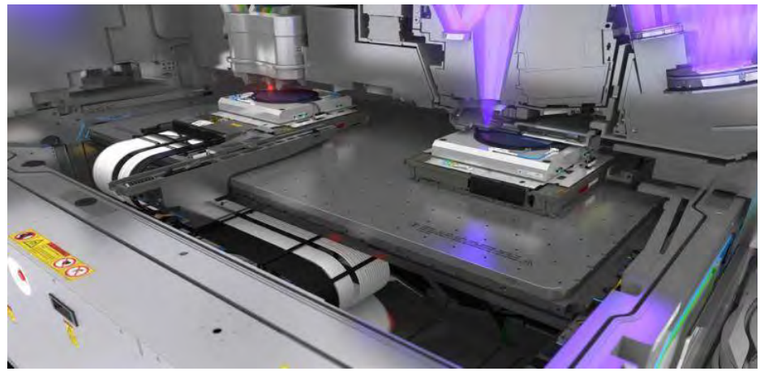
به طور معمول میکرولیتوگرافی به ابعاد کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر و نانولیتوگرافی به ابعاد کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر اشاره دارد. این دو به ویژه در زمینه علم الکترونیک کاربرد زیادی دارند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای نانولیتوگرافی در ایجاد تراشه‌های زیستی است که کاربرد پزشکی دارند.

sciencestockphotos.com

تصور کنید که ۲۵۶ گیگابایت اطلاعات فقط بر روی یک تراشه به اندازه ناخن شما قرار بگیرد که هر قطعه آن کوچک‌تر از موی انسان است و همه این‌ها به دلیل پیشرفت در فرآیند لیتوگرافی فرابنفش است.



پس از سه دهه پیشرفت، اکنون نسل جدیدی از مدار مجتمع برای تولید چیپ‌های نیمه‌رسانا در دسترس است. این محصول از فرآیند لیتوگرافی فرابنفش استفاده می‌کند.

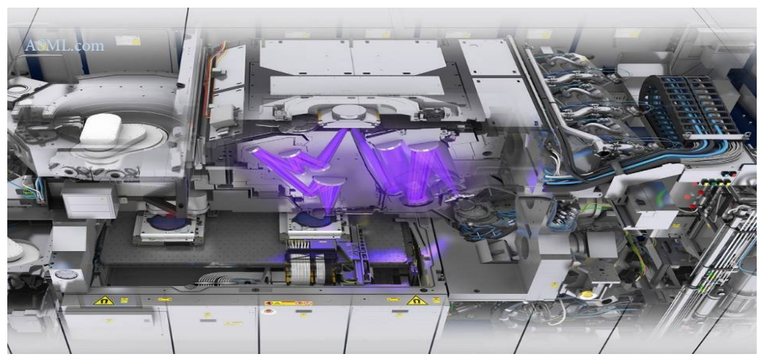


لیتوگرافی نوری زیرمجموعه دو روش مذکور است و در چند دهه اخیر به نقطه اوج خود نزدیک شده است. در حقیقت ایده لیتوگرافی نوری با ایده ساخت مدار مجتمع آغاز شده است. در دهه‌های اخیر محققان به این فکر افتاده‌اند که از منبع نور فرابنفش در لیتوگرافی استفاده کنند و به نوعی شاید بتوان گفت که این جدیدترین نوع لیتوگرافی است.

از سال ۲۰۲۰ شرکت‌های بزرگی همچون سامسونگ و TSMC از فناوری لیتوگرافی EUV بهره گرفته‌اند. در این نوع لیتوگرافی ابزاری به نام ماسک وجود دارد. این صفحات تیره رنگ، شیارها یا حفره‌هایی دارند که نور از بین آن‌ها عبور می‌کند. این ماسک‌ها را با استفاده از لایه‌های متناوبی از جنس مولیبدن و سیلیکان می‌سازند. در واقع ماسک‌های EUV دارای ۴۰ لایه متناوب متشکل از این دو ماده هستند و با بازتاب نور عمل می‌کنند.

در واقع، این نوع ماسک‌های پیشرفته با استفاده از پراش براگ باعث بازتاب نور می‌شوند.

چشمه نور EUV در واقع مهم‌ترین بخش این روش لیتوگرافی است. پرتوهای EUV را می‌توان با استفاده از پلاسمایی با چگالی و دمای بسیار بالا تولید کرد. به طور کلی، دو روش برای تولید چنین پلاسمایی وجو دارد: روش اول شامل پلاسمای تولید شده با لیزر است که با متمرکز ساختن یک باریکه پرتوان از نور لیزر بر روی یک ماده مشخص ایجاد می‌شود و دومی پلاسمایی است که در اثر تخلیه جریان بالای پالسی بین الکترودها در حضور ماده مشخصی شکل می‌گیرد. باید توجه داشت که اتم‌های خنثی نمی‌توانند تابش EUV را منتشر کنند، در نتیجه برای انتشار EUV لازم است اتم‌ها یونیزه شوند و این امر تنها در حضور یک پلاسمای متراکم داغ محقق می‌شود. از سال ۲۰۱۶، محققان از پلاسمای قلع تولید شده با پالس لیزر برای تولید نور EUV بهره گرفته‌اند.



ASML

یکی از پیشگامان فناوری لیتوگرافی فرابنفش شرکت ASML است که در سال ۱۹۸۸ اولین سامانه لیتوگرافی فرابنفش را معرفی کرد. این شرکت با بیش از بیست و هشت هزار کارمند از کشورهای مختلف در بسیاری از کشورها شعبه دارد اما شعبه اصلی آن در کشور هلند است. این شرکت را دو غول بزرگ الکترونیک یعنی Philips و ASML با راه‌اندازی بخش تحقیق و توسعه در زمینه لیتوگرافی پایه‌گذاری کردند.

در زمان شروع این شرکت تنها ۱۰۰ نفر کارمند داشت ولی رفته رفته و به دلیل نوآوری‌های عالی در این زمینه منابعش را توسعه داد به طوری که در سال ۲۰۱۰ میلادی نه تنها تعداد کارمندان چندین برابر شده بود بلکه پا در مسیری گذاشت که تا به امروز هنوز هم مالک یکی از جدیدترین و نوآورانه‌ترین فناوری‌ها در حوزه الکترونیک و فوتونیک محسوب می‌شود. در حقیقت لیتوگرافی EUV از طول‌موج کوتاه نور برای تولید تراشه‌های کوچک‌تر به منظور دستیابی به تراشه‌های قدرتمندتر و سریع‌تر استفاده می‌کند. از سال ۲۰۲۰ و به دلیل شیوع ویروس کووید-۱۹، این شرکت خدمات خود را از راه دور ارائه کرد. در نوامبر سال ۲۰۲۰، گروهی دیگر به نام Berliner Glas Group به این شرکت پیوستند و امیدوارند که بتوانند تا سال ۲۰۲۳ از پروژه‌های عظیمی را رونمایی کنند. این شرکت در حال حاضر بیش از ۴۰۵ پروژه را به صورت رسمی پشتیبانی مالی می‌کند. در واقع، ASML این پیشرفت‌ها را مدیون لیتوگرافی فرابنفش و کاربردهای آن است. امروزه ASML بزرگ‌ترین شرکت در زمینه لیتوگرافی EUV است و از سایر رقبای خود فاصله زیادی گرفته است.

حال که با نوین‌ترین فناوری لیتوگرافی در سال‌های اخیر و یکی از بنیان‌گذاران آن آشنا شدیم، قصد داریم در بخش بعدی یکی دیگر از آخرین فناوری‌های چاپ ادوات الکترونیکی را معرفی کنیم که از چاپ سه‌بعدی برای تولید ادوات نوری حساس بهره می‌گیرد.

در دهه گذشته شرکت ASML در بازار لیتوگرافی نیم‌رسانا در بین سه شرکت رقیب دیگر پیشرو بوده است.

چاپ سه‌بعدی ادوات نوری

اولین شواهد چاپ سه‌بعدی را می‌توان در اوایل دهه هشتاد در ژاپن جستجو کرد. در سال ۱۹۸۱، هیدو کوداما در تلاش بود تا راهی برای معرفی یک سامانه نمونه‌سازی پیدا کند. او یک روش لایه‌به‌لایه با استفاده از رزین حساس به نور که با نور UV پلیمریزاسیون شده بود، ارائه کرد. در سال ۱۹۸۸، کارل دکارد در دانشگاه تگزاس حق ثبت اختراع فناوری پخت لیزری (SLS) را از آن خود کرد.

این سامانه با استفاده از لیزر، به جای استفاده از پیش‌ماده مایع، پودرها را ذوب می‌کرد. در دهه ۹۰ میلادی، بسیاری از شرکت‌ها و استارت آپ‌ها کار خود را با آزمایش فناوری‌های مختلف آغاز کردند.

در سال ۲۰۰۶، اولین چاپگر SLS موجود در بازار عرضه شد. در سال ۲۰۰۸، اولین پای مصنوعی چاپ شد و چاپ سه‌بعدی را در مرکز توجه قرار داد و این واژه را به میلیون ها نفر در سراسر جهان معرفی کرد.

در سال ۲۰۱۰ قیمت چاپگرهای سه‌بعدی کاهش یافت و در دسترس عموم قرار گرفت. در کنار کاهش قیمت‌ها، کیفیت و سهولت چاپ نیز افزایش یافت. چرا که در این زمان شرکت‌های بسیاری از این فناوری استفاده می‌کردند.

در سال ۲۰۱۹، چاپ سه‌بعدی به طور مداوم در توسعه سمعک و سایر کاربردهای مراقبت‌های بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گرفت و بسیاری از صنایع و بخش‌ها این فناوری را در گردش کار روزمره خود به کار می‌بردند.

در سال ۲۰۲۰، چاپگرهای سه‌بعدی به سطحی از کیفیت و قیمت رسیدند که امکان بهره‌گیری از آنها در مراکز مختلف فراهم شد.

چاپ سه‌بعدی امروز

امروزه چاپگرهای سه‌بعدی انواع مختلفی دارند و از فناوری‌های متفاوتی بهره می‌گیرند که همه آنها در طی زمان به تدریج پیشرفت کرده‌اند. شاید در کل جهان بالغ بر ۱۸۰ نوع چاپگر سه‌بعدی وجود داشته باشد که هر روز به تعداد آن‌ها نیز افزوده می‌شود. تقسیم‌بندی فناوری چاپگرهای سه‌بعدی هم تقریبا کار پیچیده‌ای محسوب می‌شود.

در بین همه این تقسیم‌بندی‌ها، از فناوری‌های مختلفی مانند استریولیتوگرافی (SLA)، پردازش نور دیجیتال (DLP) و پخت لیزری (SLS) می‌توان برای چاپ سه‌بعدی ادوات نوری به بهترین شکل ممکن بهره گرفت.

چاپگر سه‌بعدی SLA یا استریولیتوگرافی

یکی از زیرمجموعه‌های چاپگرهای سه‌بعدی رزینی است که به صورت کلی از رزین مایع حساس به نور فرابنفش بهره می‌برد. این بدین معنی است که قطعات تولید شده یا این فناوری از جنس پلیمر هستند. در چاپگرهای سه‌بعدی SLA لیزری، جهت هدایت پرتوی لیزر و اصابت آن به رزین مایع حساس به نور فرابنفش از سامانه هدایت اسکن headlaser استفاده می‌شود.

چاپگر سه‌بعدی LDP

یکی دیگر از چاپگرهای سه‌بعدی رزینی است که در واقع از یک ویدئو پروژکتور و یک سامانه مکانیکی ساخته شده است. در این چاپگر نیز از رزین مایع حساس به نور استفاده می‌شود. عملیات چاپ در این چاپگرها بدین صورت انجام می‌شود که نورافکن در پایین دستگاه و در زیر ظرف رزین قرار دارد و هر بار نرم‌افزار تصویر یک لایه را برای نورافکن ارسال می‌کند و تابش نور از نورافکن به سطح رزین موجب پخته شدن و شکل‌گیری آن می‌شود.

چاپگر سه‌بعدی SLS

در این نوع از چاپگرها از پودر پلیمربه عنوان پیش‌ماده استفاده می‌شود. این پودر تحت تابش نور لیزر سفت و سخت می‌شود.

چاپ سه‌بعدی ادوات نوری مانند عدسی‌ها برای عینک و یا کاربردهای مشابه، پس از تجاری شدن کامل این فناوری، بسیار سریع‌تر و ارزان‌تر انجام خواهد شد. چاپ عدسی‌های چشمی با فناوری‌های سه‌بعدی به دلیل الزاماتی همچون دقت و صافی سطح، فرآیندی چالش برانگیز است. برای موفقیت تجاری، عینک‌های چاپ شده با این فناوری باید عملکرد نوری رضایت‌بخشی داشته باشند. ضمن آن که باید از مزایایی همچون صرفه اقتصادی توام با کاهش هزینه نیز برخوردار باشند. اگرچه دستیابی به این ترکیب دشوار است، اما کنترل نسبت هزینه به عملکرد در آینده می‌تواند چاپ سه‌بعدی عدسی چشم را به واقعیت تبدیل کند. کما اینکه در ادامه خواهید دید که با بهره‌گیری از رویکردی نوین، محققان از هم‌اکنون موفق شدند، این موانع را برطرف کنند.

انقلابی در صنعت چاپ ادوات ریز نوری

به تازگی محققان آلمانی دانشگاه اشتوتگارت گام بلندی در جهت توسعه فناوری‌های چاپ سه‌بعدی برداشته‌اند. آنها در آخرین دستاورد خود پس از دو سال تحقیق و پژوهش موفق شدند، رویکرد نوینی را ارائه دهند که امکان تولید ادوات نوری با ابعادی کوچک‌تر از یک نانومتر را میسر می‌کند.

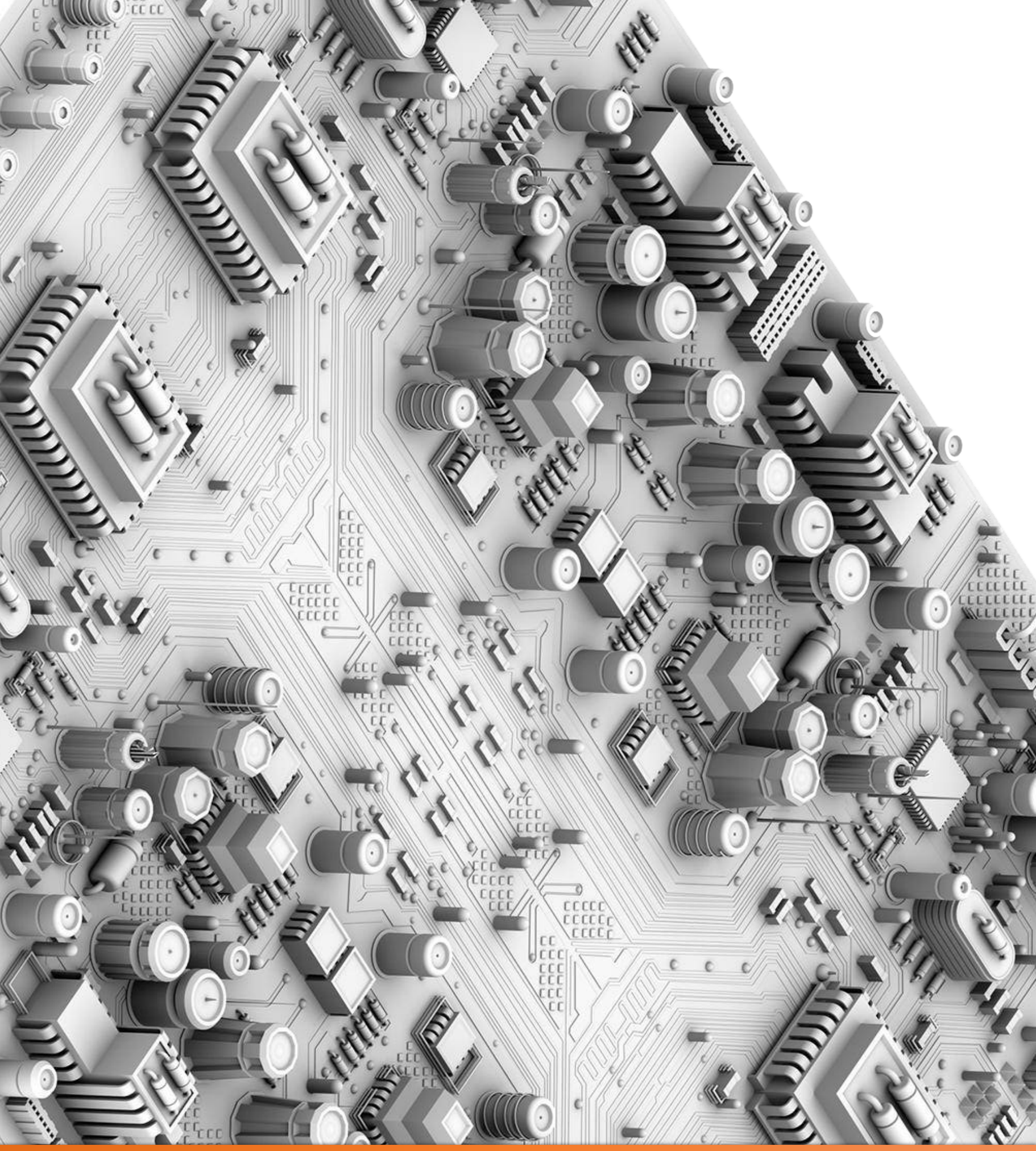
آنها با بهره‌گیری از فناوری چاپگر سه‌بعدی و همچنین لیزر فمتوثانیه ادوات نوری خود را به چاپ رساندند.

در گذشته نیز روش‌های مشابهی مورد استفاده قرار گرفته بود اما به دلیل شرایط محیطی، فرآیندهای چاپ ادوات ریز نوری با چالش‌های متعددی مواجه شده بود. از این رو، محققان برای حل چالش‌های پیش رو، این بار از سامانه لیتوگرافی سه‌بعدی دو فوتونی بهره گرفتند که نتایج حاصل جالب توجه بود.

تا پیش از این، چاپ لیزری فمتوثانیه تنها در آزمایشگاه انجام می‌شد، اما بنا به گفته این گروه تحقیقاتی، روش ارائه شده را می‌توان برای تولید انبوه ادوات نوری در ابعاد میکرو و نانو و با دقتی بالا به کار گرفت.

با این دستاورد، به زودی شاهد تحول چشمگیری در حوزه‌های صنعت و پزشکی خواهیم بود. از هم اکنون می‌توانید تصور کنید که دستگاه‌های آندوسکوپ تولید شده با این فناوری، در ابعادی به مراتب کوچک‌تر از انواع معمول امروزیشان تولید شوند و همین یک مورد خود به تنهایی می‌تواند راهگشای بسیاری از چالش‌های درمانی کنونی باشد.

به تازگی محققان آلمانی موفق شدند، رویکرد نوینی را ارائه دهند که امکان تولید ادوات نوری با ابعادی کوچک‌تر از یک نانومتر را میسر می‌کند.



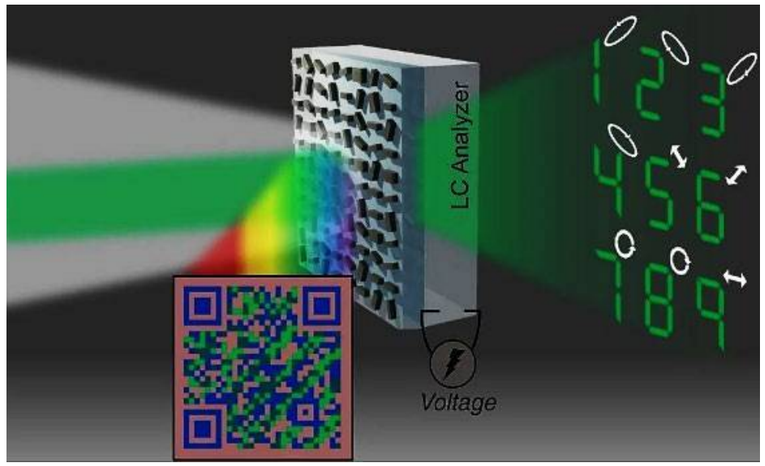
حسگر الکترومکانیکی چاپی با حساسیتی فوق‌العاده

برچسب‌های نوری با امنیتی نفوذناپذیر

دروازه‌های علم

به قلم سیده ثریا موسوی
s.soraya.mosavy@gmail.com

برچسب‌های نور با نفوذناپذیری امنیتی



اگر بخش دورنمای این شماره را مطالعه کرده باشید، حتما به اهمیت بهره‌گیری و کارآمدی برچسب‌های هوشمند و امنیتی پی برده‌اید.

در واقع استفاده از یک برچسب ضد جعل، امکان هرگونه تقلب را از بین خواهد برد، البته به شرطی که این برچسب‌ها با روش‌های پیشنهادی دانشمندان ساخته شده باشند. در این مجال قصد داریم یکی از نوین‌ترین رویکردهای ساخت برچسب‌های هولوگرامی را که به تازگی توسط محققان دانشگاه پوس تک (POSTECH) کره ارائه شده است، به صورت اجمالی بررسی کنیم. ابزاری که در این پژوهش بدان پرداخته شده است، با کنترل انواع اطلاعات نوری از جمله رنگ، فاز و قطبش در یک دستگاه نوری عمل می‌کند.

تیم تحقیقاتی مذکور رویکرد نوینی را برای چاپ هولوگرام رمزگذاری شده پیشنهاد کرده است که به خاطر استفاده از امکانات ابرسطح (Metasurface) هم در نور طبیعی و هم نور لیزر کارایی جالب توجهی دارد. در واقع ابرسطح استفاده شده در این پژوهش لایه فوق نازکی از مواد نوری است که ضخامتی در حد یک هزارم موی انسان دارد.

پیش از آن که به کم و کیف ساخت این برچسب‌ها بپردازیم، جالب است بدانید که محققان پوس‌تک هولوگرام ابداعی خود را "هولوگرام برداری یا Vectorial hologram" نامیده‌اند. آیا می‌توانید حدس بزنید که دلیل این نامگذاری چیست؟

برای پاسخ به این سوال، لازم است قدری در مورد مفاهیم فیزیکی دخیل در این فناوری اطلاعات کسب کنیم. پس با ما همراه باشید تا در ادامه از صحت حدس خود مطمئن شوید.

همانطور که می‌دانید امواج الکترومغناطیسی با برخورداری از ویژگی‌های متمایزشان از قبیل فاز، قطبش و حالت‌های اندازه حرکت زاویه‌ای چرخشی (Orbital angular momentum) که به اختصار (OAM) نامیده می‌شود، گستره وسیعی از اطلاعات را با خود حمل کنند.

امروزه مثال‌های متعددی از بهره‌گیری از مشخصه‌های نوری در زمینه‌های مختلف علمی و فناوری مشاهده می‌شود. از نمایشگرهای تمام رنگی که از طریق مهندسی طیف ساخته می‌شوند، گرفته تا نمایشگرهای هولوگرافیکی که از طریق تنظیم فاز نور خروجی عمل می‌کنند و یا فناوری‌های میکروسکوپی پیشرفته‌ای که با کنترل قطبش کار می‌کنند. حتی در ارتباطات از طریق رشته‌های نوری با انتقال حالت‌های OAM، اطلاعات مختلف مبادله می‌شود. این یعنی انسان در تلاش است تا از همه ظرفیت‌های امواج الکترومغناطیسی برای دستیابی به امکانات بیشتر بهره گیرد.

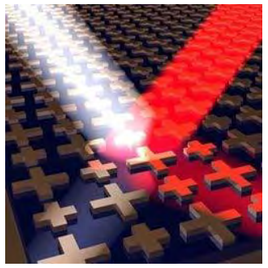
حال باید دید که دانشمندان این بار چگونه امواج الکترومغناطیسی را تحت سیطره خود درآورده‌اند. برای این منظور باید مولفه دوم این پژوهش یعنی ابر سطوح را مورد مطالعه قرار دهیم. در واقع ابرسطوح از ساختارهای زیر-طول موجی خاصی تشکیل شده‌اند. اصطلاح زیر طول موج یا Subwavelength، اغلب برای توصیف ابعاد اجسامی به کار می‌رود که یک یا چند بعد آن‌ها از طول موج، موجی که با آن در تقابل هستند، کوچک‌تر باشد. در مقیاس زیر طول موجی، امکان تنظیم آزادانه درجات آزادی مختلف نور فراهم می‌شود که همین امر موجب علاقمندی دانشمندان به ابرسطوح شده است.

شکل زیر تصویر نوری از هولوگرام ساخته شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. ضمن آن که شما می‌توانید ساختارهای موجود در ابرسطوح این افزاره را که به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی ثبت شده است، مشاهده کنید.

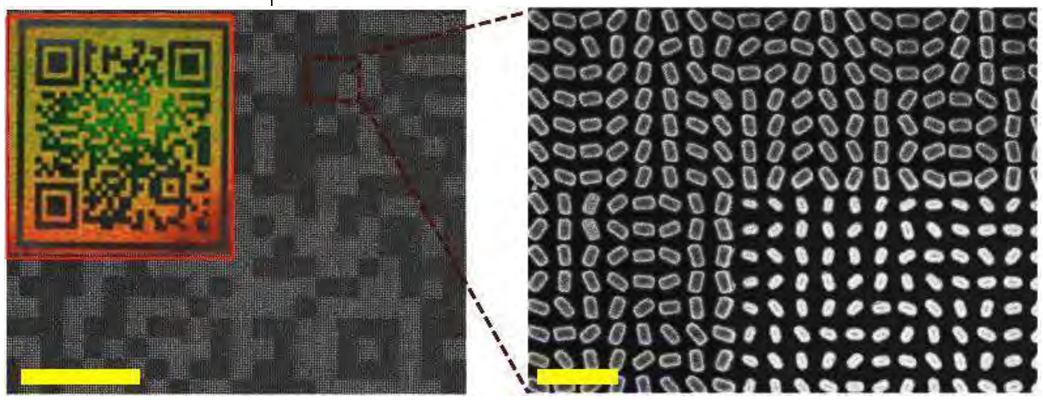
در واقع ابر سطح چیدمانی دو بعدی از ابراتم‌ها هستند که به صورت متناوب و اغلب تصادفی ساختارهایی تکرارشونده را ایجاد می‌کنند.

یکی از مزایای ابرسطوح در مقایسه با سامانه‌های نوری حجیم، این است که چون در ابرسطوح چندین درجه آزادی نور به طور همزمان قابل تنظیم است، حتی یک جزء نوری متشکل از این سطوح هم به تنهایی می‌تواند عملکردی چندگانه را ارائه دهد. به عنوان مثال، مدولاتورهای نور فضایی موسوم به SLMهای معمولی که برای دستکاری یک جبهه موج یا تولید تصاویر هولوگرافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند، تنها قادرند یکی از دو جنبه نور یعنی یا فاز یا دامنه نور را تنظیم کنند. از این رو، دستیابی به تعدیل کامل پرتو فضایی و در نتیجه ثبت تصاویر هولوگرافیک واقعی و سه بعدی به کمک آنها امری دشوار است. اما ابرسطوح به واسطه فراهم شدن امکان تنظیم فاز و دامنه به صورت همزمان، تعدیل کامل باریکه فضایی میسر می‌شود که همین امر منجر به تولید تصاویر هولوگرافیک سه بعدی واقعی می‌شود.

در واقع ابرمواد به موادی با ساختارهای سلولی (ابر اتم‌ها) متناوب اطلاق می‌شود که اندازه آنها بزرگ‌تر از اتم است اما در مقایسه با طول موجی که با آن برهم‌کنش می‌کنند کوچکتر هستند.

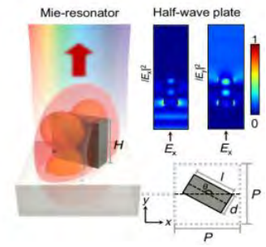


میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و در نتیجه به نور، توسط اتم‌ها انجام می شود. اما در ابرمواد، سلول‌ها نقش اتم‌ها را ایفا می‌کنند.



دروازه‌های علم
ماهنامه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته
شماره یازدهم شهریور ۱۴۰۰
فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

امروزه از نظریه Mie برای طراحی ابرمواد بهره گرفته می‌شود. این ابرمواد اغلب شامل ترکیب‌هایی سه بعدی از اجزای فلزی و غیرفلزی هستند که اجزایشان به صورت تناوبی و تصادفی درون ماتریسی با گذردهی پایین تعبیه شده‌اند. در چنین طرحی، تشدید Mie باعث ایجاد تشدید در ضرایب پراکندگی دوقطبی‌های مغناطیسی و الکتریکی می‌شود.



تشدیدهای دوقطبی‌های الکتریکی و مغناطیسی خود به عنوان اتم‌هایی مصنوعی عمل می‌کنند که اساس شکل‌گیری مواد نوری نوین است. شکل بالا ابر اتم‌های چندمنظوره این پژوهش را نشان می‌دهد که هم به عنوان مشدد Mie و هم صفحه نیم موج عمل می‌کنند.

علاوه بر این، امروزه ساخت ادواتی با نمایشگر دوگانه که ترکیبی از هولگرافی و چاپ رنگی را ارائه می‌دهند، نیز در حال بررسی است. چنین ادواتی وقتی که تحت تابش نور سفید قرار می‌گیرند، یک تصویر رنگی را نشان می‌دهند اما تحت تابش نور لیزر یک تصویر هولوگرافیک رمزدار را تولید می‌کنند و این یعنی چندین نوع اطلاعات درون یک قطعه نوری واحد کدگذاری شده است.

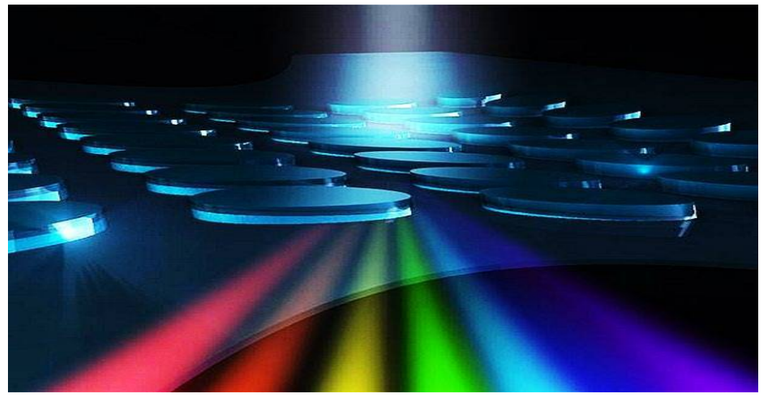
ادواتی که تا پیش از این بر پایه ابر سطوح ساخته شده بودند، تنها می‌توانستند یک ویژگی نور مانند رنگ، فاز یا قطبش را تنظیم کنند. ایده محققان برای غلبه بر این محدودیت، گروه‌بندی چندین ابر سطح بود که نتیجه آن تولید یک سطح پیکسل‌بندی شده با عملکردی دوگانه بود. چنین ساختاری برای کاربردهای رمزگذاری پیشرفته بسیار موثر عمل خواهد کرد.

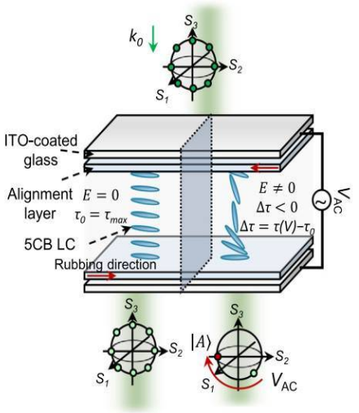
عملکرد دوگانه این ابرسطح از ویژگی‌های ابر اتم (Meta-Atom) دوکاره‌ای نشئت می‌گیرد که از یک سو به عنوان یک تشدیدکننده Mei و از سوی دیگر مانند یک صفحه نیم موج جایگزیده عمل می‌کند. همین ویژگی امکان چند رنگ و فاز شدن هر موقعیت فضایی در ابرسطح را فراهم می‌کند. علاوه بر آن، گروه‌بندی ابراتم‌ها امکان تولید باریکه خروجی با حالت‌های قطبش دلخواه را میسر می‌کند. در واقع، دانشمندان با استفاده از اندازه ساختار واحدی که اساس ابرسطح بر پایه آن بنا گذاشته شده است، رنگ را تنظیم می‌کنند، با تنظیم زوایای جهتگیری اجزا، فاز و با تغییر نسبت و اختلاف زاویه نسبی هر گروه پیکسل، قطبش را کنترل می‌کنند. نسبت و اختلاف زاویه نسبی می‌تواند درون هر گروه پیکسلی نور با قطبش دایره‌ای راستگرد یا چپگرد را ایجاد کند.

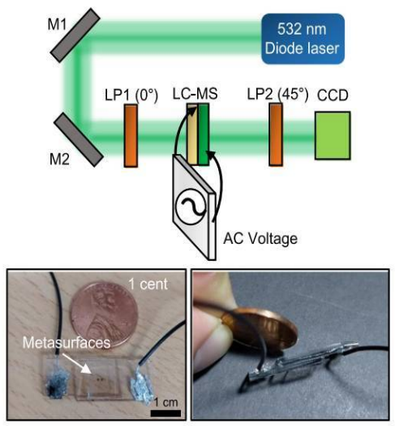
همچنین آنها برای ساده کردن فرآیند مرتب‌سازی قطبش با اعمال یک بایاس الکتریکی که منجر به دستیابی به هولوگرام‌های قطبیده کامل می‌شود، از یک تعدیل‌کننده کریستال مایع به جای ترکیب یک قطبش‌گر و بازدارنده بهره گرفتند.

به این ترتیب آنها توانستند ویژگی‌های متعددی از نور مانند رنگ، فاز و قطبش را به کمک ابرسطوح پیکسل‌شده مهندسی کنند که در آن چاپ رنگی ساختاری کدگذاری شده تحت تابش نور سفید قابل مشاهده است و هولوگرام‌های برداری قطبیده با ترکیبی از یک منبع لیزری و قطبش‌گر خروجی، به صورت پویا قابل بازسازی است. این دستگاه امنیتی نوری که به صورت الکتریکی قابل تنظیم است، نوعی از رمزگذاری دو مرحله‌ای پیشرفته را به نمایش می‌گذارد.

در مرحله اول، تصویر رنگی می‌بایست رمزگشایی شود تا کلیدی که برای قفل‌گشایی کامل لازم است،







در اختیارتان قرار گیرد. در مرحله بعد اطلاعات رمزگذاری شده از طریق تصاویر هولوگرافیک برداری توسط همان کلید رمزگشایی می‌شوند. این فناوری از ساز و کار امنیتی نوینی موسوم به OTP (one-time password) به معنای رمزگشایی دو مرحله‌ای با رمز یک بار مصرف تبعیت می‌کند. ساز و کاری که می‌تواند کلمه عبور مورد نیاز کاربر را برای دسترسی به سامانه‌های بانکی، تولید کند. به این ترتیب که وقتی کاربر QR کد دستگاه ابر-نوری را با گوشی هوشمند خود اسکن می‌کند، رمز عبوری تصادفی از اعداد برایش تولید می‌شود، سپس وقتی که این رمز رابرای دستگاه ابر –نوری به صورت مقدار ولتاژی اعمال می‌کند، رمز عبور ثانویه بر روی تصویر هولوگرافی رمزگذاری شده نمایش داده می‌شود.

شکل بالا ابزار هولوگرافیک برداری ساخته شده را نشان می‌دهد که به صورت الکتریکی قابل تنظیم است. در تصویر سمت چپ طرحواره‌ای از سلول کریستال مایع نمایش داده شده است. همانطور که می‌بینید در ابتدا، مولکول‌های کریستال مایع هم‌راستا با لایه جهتمند پلی ایمید (PI) مرتب شده‌اند که در این حالت، τ عقب‌ماندگی نور عبوری، بیشترین مقدار خود را دارد. اما پس از اعمال ولتاژ، مولکول‌های کریستال مایع در جهت موازی با بایاس الکتریکی به صف می‌شوند که همین امر منجر به کاهش عقب‌ماندگی و در نتیجه تغییر قطبش نور عبوری می‌شود. در شکل بالا سمت راست، طرحواره‌ای از چیدمان نوری فرآیند تنظیم قطبش هولوگرام برداری را می‌بینید که متشکل از آینه‌های M1 و M2، قطبش‌گر خطی LP1، ابرسطوح تجمیع شده با کریستال‌های مایع موسوم به LC-MS، قطبش‌گر خطی LP2 و نیز یک دستگاه CCD است. شکل سوم نیز تصویری از دستگاه ساخته شده را نشان می‌دهد.

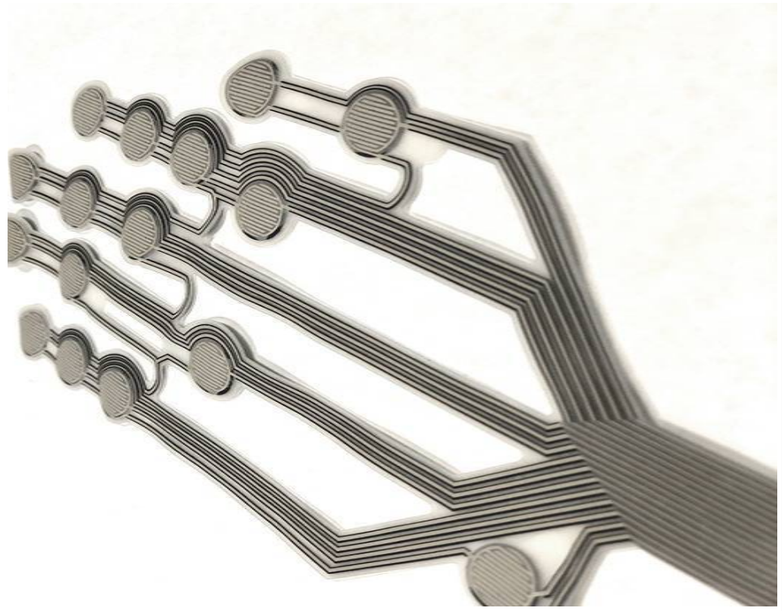
در پایان قصد داریم رویکردی را که برای ساخت این دستگاه مورد استفاده قرار گرفته است، شرح دهیم. روند ساخت دستگاه به ترتیب زیر دنبال شده است. ابرسطوح بر روی بسترهایی از جنس شیشه ساخته شده‌اند. برای این منظور، ابتدا یک لایه a-Si:H با ضخامت ۳۵۰ نانومتر با روش لایه‌نشانی بخار شیمیایی به کمک پلاسما (PECVD) در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد آماده شد. سپس الگوهای ابرسطح طی فرآیند لیتوگرافی باریکه الکترونی استاندارد بر روی یک ماده حساس به نور مثبت منتقل شدند. بعد از انتقال طرح و انجام فرآیند ظهور، یک لایه ۵۰ نانومتری از جنس کروم لایه‌نشانی و پس از آن فرآیند lift-off انجام شد. در مرحله بعد، از ماسک زدایش کروم برای انتقال الگوی ابرسطح به لایه a-Si:H طی فرآیند زدایش خشک استفاده شد. در نهایت ماسک زدایش کروم با استفاده از محلول خورنده شیمیایی مخصوص کروم (CR-7) برداشته شد.

در این پژوهش شما می‌توانید محاسبات نظری و شبیه‌سازی‌های جالبی را که برای طراحی دستگاهی با قابلیت تنظیم غیروابسته فاز و دامنه نور انجام شده است، مطالعه کنید. برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توانید به مرجع زیر مراجعه نمایید.

Kim, I., Jang, J., Kim, G. *et al.* Pixelated bifunctional metasurface-driven dynamic vectorial holographic color prints for photonic security platform. *Nat Commun* **12,** 3614 (2021). https://doi.org/10.1038/s41467-021-23814-5

حسگر الکترومکانیکی چاپی با حساسیتی فوق‌العاده

یک گروه تحقیقاتی با سرپرستی پروفسور جاناتان کلمن از دانشکده فیزیک Trinity، روشی را برای فرموله کردن جوهرهای مبتنی بر G-Putty توسعه دادند. به این ترتیب آنها موفق شدند آن را به صورت یک لایه نازک روی بسترهای الاستیک چاپ کرده و بر روی پوست نصب کنند و خواص حسگری آن را مورد مطالعه قرار دهند.



در این بخش می‌خواهیم به بررسی یکی دیگر از فناوری‌های چاپی نوینی که محققان بتازگی از آن رونمایی کرده‌اند، بپردازیم. محققان مرکز AMBER، نسل جدیدی از فناوری پیشرفته حسگرهای مبتنی بر گرافن را توسعه داده‌اند که با بهره‌گیری از ماده نوآورانه G-putty عمل می‌کنند.

حسگرهای چاپ شده توسط این گروه، ۵۰ برابر حساس‌تر از انواع صنعتی استاندارد است. همچنین در مقایسه با حسگرهای نانویی با در نظر گرفتن معیاری به نام انعطاف‌پذیری به مراتب بهتر عمل می‌کنند.

فناوری معرفی شده توسط این تیم تحقیقاتی با دستیابی به حداکثر میزان حساسیت و همچنین انعطاف‌پذیری بدون کاهش در نحوه عملکرد، به گزینه ایده‌آلی برای استفاده در دستگاه‌های تشخیص پزشکی و الکترونیک پوشیدنی تبدیل شده است.

G-putty ماده‌ای ترکیبی متشکل از گرافن و نوعی پلیمر موسوم به پلی سیلوکسان است که حساسیت الکترومکانیکی بسیار بالایی دارد. اما ویسکوالاستیسیته بالای آن باعث شده است که این ماده برای کاربردهای حسگری نامناسب باشد. چرا که اثرات هیسترتیک و وابسته به سرعت/فرکانس عملکرد حسگری این مواد را با چالش روبرو می‌کند.

اما در این پژوهش محققان نشان داده‌اند که می‌توان G-putty را به جوهر تبدیل کرد و آن را به صورت لایه‌های نازک الگودهی شده بر روی بسترهایی الاستیک چاپ کرد.

جدایش جزئی فاز گرافن-پلیمر در طی فرآیند چاپ، رسانایی لایه نازک را در مقایسه با حالت توده‌ای آن حدود ۱۰۶ برابر افزایش می‌دهد.

این در حالی است که اثرات مکانیکی بستر تا حد زیادی پسماند (هیسترسیس) را از بین برده و اثرات وابستگی فرکانسی و میزان کرنش را به طور کامل حذف کرده است.

به این ترتیب، امکان ساخت حسگرهای پوشیدنی کارآمد با ضریب سنجش بالا میسر شد. این حسگرها می‌توانند برای اندازه‌گیری نبض مورد استفاده قرار گیرند.

از حسگرهای الگودهی شده همچنین برای سنجش ارتعاش سیگنال‌های کوچک نیز می‌توان بهره برد.

به گفته این محققان:" ما فرض کردیم که مشکلات هیسترسیس از طریق چاپ G-Putty به صورت لایه‌های نازک بر روی زیرلایه برطرف خواهد شد. پس ویژگی‌های مکانیکی حسگر تحت تاثیر خصوصیات مکانیکی لایه زیرین تغییر می‌کند و همین امر باعث جلوگیری از کاهش خاصیت ویسکوالاستیک G-putty می‌شود. علاوه بر این، برخلاف سایر روش‌های لایه‌نشانی گرافن بر روی سطوح پلیمری، لایه‌های چاپ شده می‌توانند براحتی الگودهی شوند."

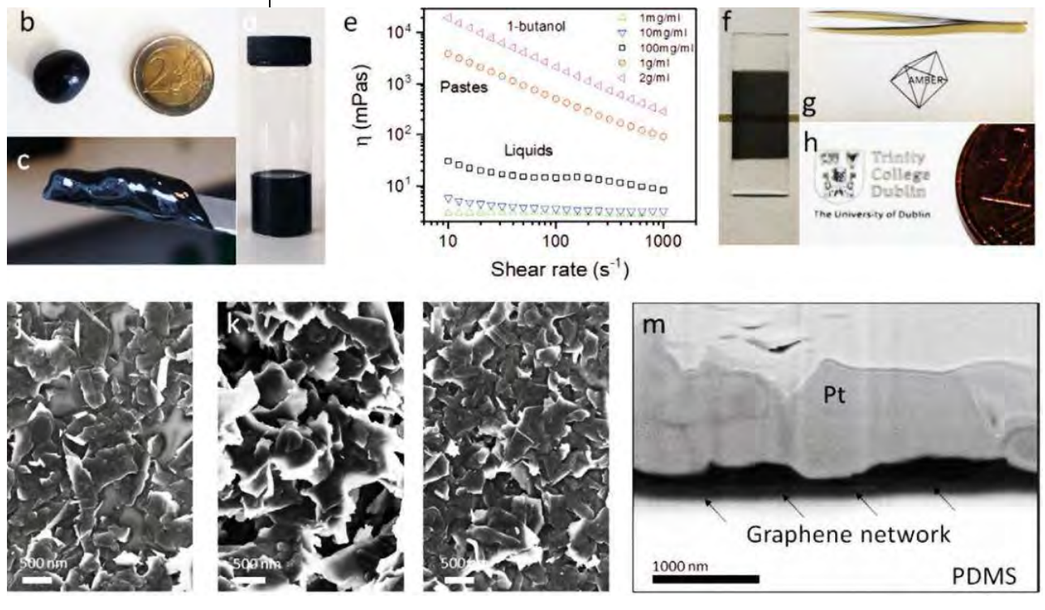
برای آماده‌سازی G-putty، آنها از نانوصفحات گرافنی لایه لایه شده مایع با اندازه‌ای در حدود ۵۰۰ نانومتر استفاده کردند. ماده نهایی به کمک امواج فراصوت (Ultrasonically) و پراکندن ماده درون حلال‌هایی مانند بوتانول یا کلروفرم به دست آمد. بسته به حجم حلال استفاده شده، آنها توانستند جوهرهای مایع یا خمیری را با گران‌روی‌های متنوعی بیشتر از سه مرتبه بزرگی آماده کنند. دستیابی به چنین گستره متغیری از گران‌روی بسیار حائز اهمیت بود.

چرا که گران‌روی مورد نیاز برای خمیرهای چاپ صفحه‌ای بین ۱ تا ۱۰ Pa s است. در حالی که برای چاپ جوهرافشان از جوهرهایی با گران‌روی‌های بسیار پایین در محدوده ۴ تا ۳۰ mPa s استفاده می‌شود.

از این رو، با تنظیم حلال مصرفی، به تبع آن تنظیم غلظت خمیر/جوهر و بهره‌گیری از روش‌های لایه‌نشانی اسپری، چاپ صفحه‌ای و چاپ جت آئروسل، آنها موفق شدند لایه‌هایی از G-putty را بر روی بسترهایی از جنس polydimethylsiloxane (PDMS) بنشانند و آن را در حین لایه‌نشانی الگودهی کنند.

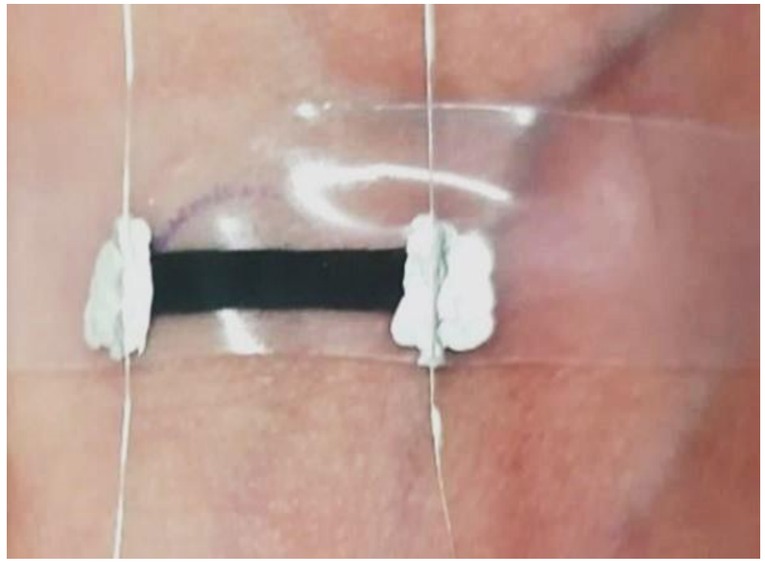
پس از انجام اندازه‌گیری‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی آنها دریافتند که سطح لایه‌ها حاوی مقادیر بالایی از نانوصفحات گرافنی و مقدار کمی پلیمر است که این میزان پلیمر تنها به عنوان یک هم‌بند عمل می‌کند.

این غلظت بالای گرافن در یک لایه در حالی ایجاد شده است که میزان گرافن اولیه، رقمی در حدود ۱۵ درصد وزنی بوده است.



در شکل زیر قسمت(b) شکل توده‌ای G-putty در قسمت (c) شکل خمیری آن و (d) جوهر آماده شده در کلروفرم را مشاهده می‌کنید. قسمت (e) اندازه‌گیری رئولوژی مربوط به جوهر آماده شده با بوتانول را نمایش می دهد.
قسمت‌های (f-h) لایه‌های نازک چاپ شده به روش‌های مذکور را نشان می‌دهد. (f) چاپ به روش اسپری، (g) چاپ صفحه‌ای و (h) چاپ جت آئروسل.
شکل‌های (j-m) هم تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گرفته شده از لایه‌های مذکور به همان ترتیب را نشان می‌دهد.

فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته
ماهنامه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته
شماره یازدهم شهریور ۱۴۰۰



این امر حاکی از آن است که در حین فرآیند لایه‌نشانی بخشی از فاز نانوصفحات-پلیمر جدا شده است. آنها برای جلوگیری از آسیب دیدن نمونه‌ها لایه‌ای از جنس پلاتین را نیز لایه‌نشانی کردند.

در ادامه آنها به بررسی مشخصه‌های الکتریکی نمونه‌ها پرداختند. با انجام این اندازه‌گیری‌ها، آنها دریافتند که با گذار از حالت توده‌ای به لایه نازک، توان تراوش (Percolation exponent) کاهش می‌یابد. در حالی که رسانندگی افزایش یافته و این امر به خاطر کاهش مقاومت تونل‌زنی بین نانوصفحات رخ داده است. بر این اساس، لایه‌های G-Putty اسپری شده، رسانش بالایی در حدود $300\ Sm^{-1}$ را از خود نشان دادند که دست کم ۱۰۶ برابر رسانندگی این مواد در حالت توده‌ای بود. هر چند که میزان رسانندگی این نمونه از اکثر نانوترکیب‌های گزارش شده نیز بیشتر بود.

این میزان بالای رسانندگی، برای توسعه حسگرهای کرنش لایه نازک چاپی بر پایه G-putty از بسیار جالب توجه بود.

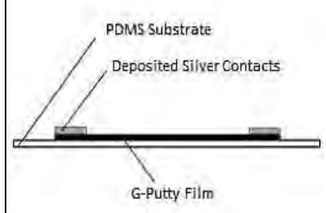
با بررسی رابطه بین کرنش و مقاومت، محققان به این نتیجه رسیدند که اثر کرنش بر میزان انتقال بار نانوصفحات چندان اهمیت ندارد، در حالی که تغییرات القایی توسط کرنش در ساختار شبکه‌ای G-putty در حالت توده‌ای بسیار مشهود بود. این امر نشان‌دهند آن است که رفتار حسگری لایه‌های مورد بررسی بسیار پایدار است و بر اساس نتایج، پاسخ مقاومتی این حسگرها زمانی که در معرض چرخه‌های کشیدگی-رهایش تکرارشونده قرار می‌گیرند، به طور کامل تکرارپذیر است.

ضمن آن که در هنگام انجام این چرخه‌ها، لایه‌ها همچنان به بستر متصل مانده و هیچ گونه تغییر شکلی در آنها مشاهد نشد.

پاسخ‌های حسگری در برابر اعمال دما نیز تا حد زیادی پایدار باقی ماند. به عنوان مثال، پس از گرم کردن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سانتیگراد، پاسخ چرخه‌ای به میزان بسیار ناچیزی کاهش یافت.

در بررسی دیگری که توسط این گروه انجام شد، آنها دریافتند که کرنش ارتباط نزدیکی با ضخامت لایه‌های آماده شده دارد. به طوری که در مجاورت فصل مشترک لایه-جایی که سطح زیرین لایه به بستر متصل می‌شود- مقدار بسیار کمی واهلش (Relaxation) ایجاد می‌شود. اما برای لایه‌هایی با ضخامت بیشتر، این واهلش حتی درون لایه و دور از فصل مشترک هم ممکن است رخ دهد. علاوه بر آن، لایه‌های بسیار نازک رفتار شبه الاستیک توام با پاسخ مکانیکی از خود نشان دادند که به واسطه بستر ایجاد می‌شود.

چنانچه در سامانه‌ای مقاومت لایه نازک به اندازه کافی کم باشد که امکان سنجش الکترومکانیکی فراهم شود، چنین سامانه‌ای می‌تواند به عنوان حسگر مورد استفاده قرار گیرند. از این رو، در گام بعدی آنها رفتار حسگری لایه‌های خود را مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور، لایه‌هایی از G-putty را به کمک چاپ صفحه‌ای

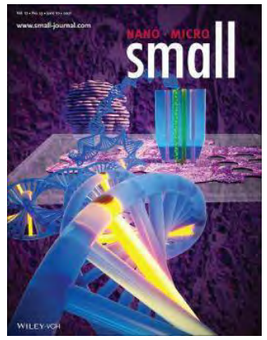


شکل بالا نمایی از حسگر چاپ شده، شامل بستر، لایه G-putty و لایه‌های تماس فلزی را مشاهده می‌کنید.

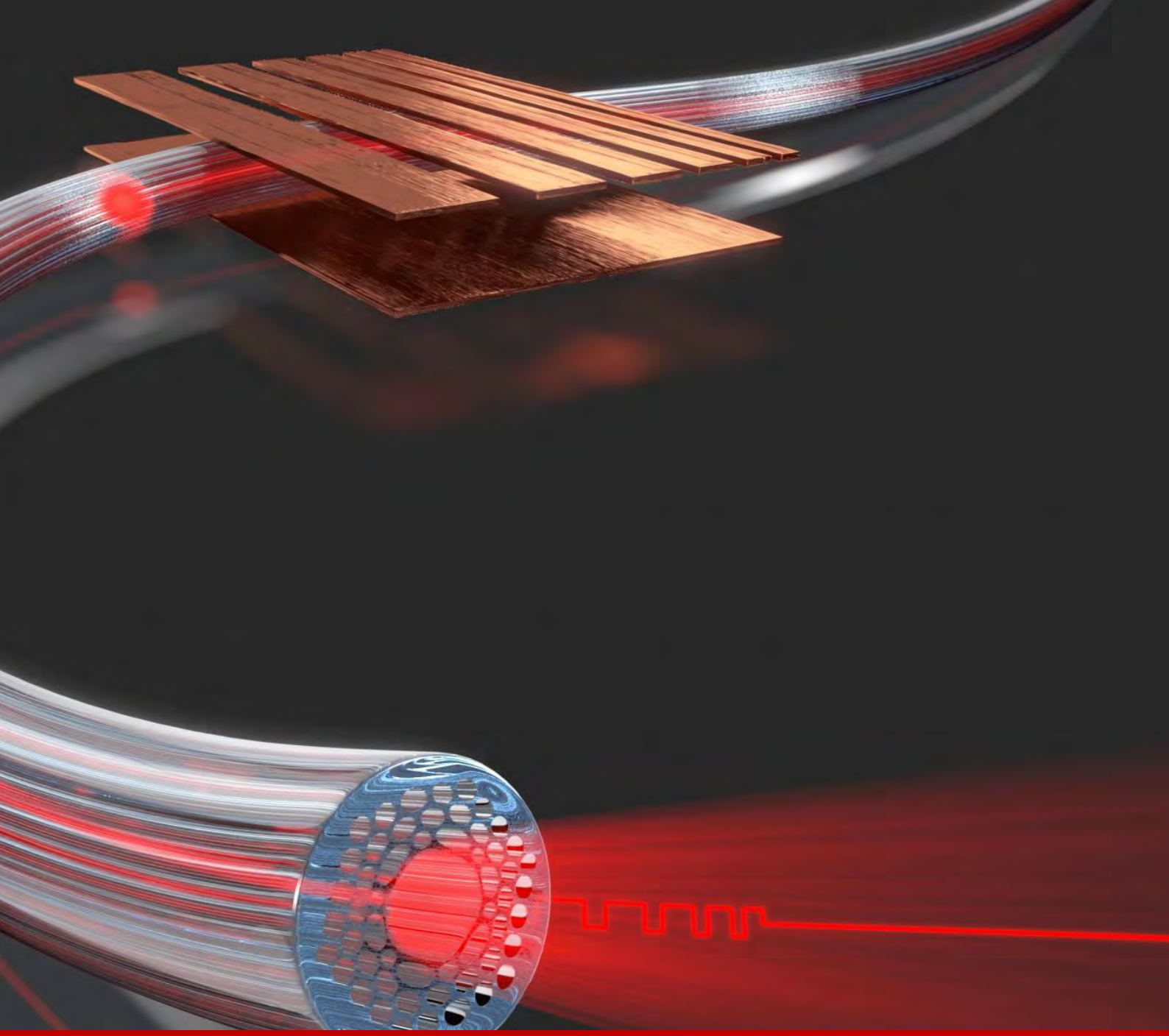
به گفته دکتر کلمن:
"یکی از مزایای استفاده از سامانه ارزان قیمت ما این است که می‌توانیم پارامترهای مختلف را در طول فرآیند تولید کنترل کنیم و این امکان را داریم تا حساسیت مواد خود را بر اساس باهداف خاصی که نیاز به تشخیص کرنش‌های بسیار جزئی دارد، تنظیم کنیم."

بر روی نوارهایی از PMDS که شباهت زیادی به پوست انسان دارد، ایجاد کردند. حتی با چنین آرایش ساده‌ای هم آنها موفق شدند تعداد ضربان قلب را در شریان شعاعی اندازه‌گیری کنند و شکل موجی آن را با مشخصات مورد نظر دریافت کنند. نتایجی مشابه برای لایه‌هایی که بر روی چسب زخم‌های تجاری آماده شده بود، نیز به دست آمد. از این حسگرها همچنین می‌توان برای تشخیص مشکلاتی مانند دیسفاژی (مشکلات بلع) نیز بهره گرفت که فقط توسط متخصص و با روش‌های تهاجمی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در شکل زیر شما می‌توانید نمونه‌های آماده شده از لایه‌های G-putty را که با روش‌های مختلف چاپ شده است و همچنین کاربردهایش را ببینید. با نصب این حسگر بر روی بدنه دوچرخه می‌توان فرکانس پدال زدن را اندازه‌گیری کرد.



Daniel P. O'Driscoll, Sean McMahon, James Garcia, Sonia Biccai, Cian Gabbett, Adam G. Kelly, Sebastian Barwich, Matthias Moebius, Conor S. Boland, Jonathan N. Coleman. Printable G-Putty for Frequency- and Rate-Independent, High-Performance Strain Sensors. *Small*, 2021; 2006542 DOI: 10.1002/smll.202006542



scitechdaily.com/Perovskite-Thin-Film-Printed-Solar-Cells-scaled

19
18
17
16