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

ماهنامه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

سال اول. شماره ۱. آذر ۱۳۹۸

برنامه‌های راهبردی ستاد
در گفتگو با
دکتر لطیفی

فوتونیک
کلید هوشمند سازی
زندگی در هزاره سوم

نفوذ نیروگاه‌های
فوتوولتائیک
در سیستم انرژی ایران

فناوری در خدمت
انسان
با ماشین بینایی

حـــوزه لیـــزر دارای ظرفیت‌هـــا و توانمنـــدی‌های بـــالقوه خارق‌العـاده‌ای اســت کــه بـا برنامــه‌ریزی صـحیح، کشـور می‌تواند از تمامی ظرفیت‌های آن بهره‌مند شود.

تحـول ایـران از کشـوری نفـت‌محور بـه دانش‌بنیـان، نقطـه جهـــش کشـــورمان اســـت. ایـــران در کنـــار بهره‌منـــدی از سرمایـه‌های عظـیم و ارزنـده زیرزمینـی خـود، از نـوآوری و دانش جوان تحصیل‌کرده بـه عنـوان سرمایـه ارزنـده دیگـری بهره می‌جوید؛ لازم است تا کشورهایی که منـابع زیرزمینـی را به عنوان محور نخست حیات اقتصادی خود می‌شناسـند، نگاهی تازه به ایـن سرمایـه غیرملمـوس و ارزشـمند داشـته باشند.

محقق شدن زیست‌بوم مشترک همکاری‌های فناورانـه ایـران و دیگر کشورها به کمـک فعـالان دانشـی و فنـاوری ممکـن است. تعامل میان کشورها از مسـیر سرمایه‌گـذاران، فعـالان دانش‌بنیان و استارت اپی عبور می‌کنـد و دولت‌هـا بایـد بـا کمـک بـه ایجـاد پارک‌هـای علـم و فنـاوری، کارخانـه‌های نوآوری، مراکز رشد، شتاب‌دهنده‌ها و بسترهای تبادل دانش و فناوری به صورت مشترک این مسیر را هموار و برای عبور قطار تعامل‌های علمی و فناوری، ریل گذاری کنند.

دکتر سورنا ستاری

معاون علمی و فناوری ریاست جمهوری

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

نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته

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

مدیر مسئول و سردبیر: محمد حسین مجلس آرا

جانشین سردبیر: بابک عفافی

ویراستار و دبیر علمی: سیده ثریا موسوی

تحریریه: علی کاویانفر، محمد فلاحی اردکانی، خلیل اسلامی جهرمی،
رزیتا روزبهانی، کیوان حصاری، سیده ثریا موسوی، بابک عفافی

روابط عمومی: کیوان حصاری

طرح روی جلد و صفحه آرایی: بابک عفافی

گروه مشاورین: آرین گودرزی، محمدجعفر نظری، مریم بهرامی کهیش‌نژاد، زهرا عربگل، سید محمد قریشی،
سید حسین نکومنش‌فرد
پشتیبانی: کیومرث مهدی‌نیا گتابی

با همکاری انجمن اپتیک و فوتونیک ایران

تارنما: pam.isti.ir
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

فهرست مطالب

گفتگو

گفتگو با دبیر ستاد توسعه فناوری.....۳

فوتونیک در جهان

اخبار فناوری.....۹

استفاده از فناوری هولوگرافیک در شیشه خودرو

توسعه پنجره‌های دو جداره خورشیدی

نوآورانه

ماشین بینایی.....۵۳

دورنما

فوتونیک، کلید ورود به هزاره سوم.....۲۳

فوتونیک به زبان ساده

طیف‌سنجی فوتوآکوستیک.....۶۱

از علم تا ثروت

فوتونیک و مواد پیشرفته در خدمت صنعت فوتوولتائیک.....۳۵

نفوذ نیروگاه‌های فوتوولتائیک در سیستم انرژی ایران.....۴۷

آموزش کاربردی

معرفی نرم‌افزار LabVIEW.....۶۹

مقالات تخصصی

دروازه‌های علم.....۷۹

گفتگو

گفتگو با جناب آقای دکتر لطیفی

دبیر محترم ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت

در خصوص برنامه‌های راهبردی ستاد

معرفی دکتر حمید لطفی

جناب آقای دکتر لطیفی، دبیر محترم ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت، عضو محترم هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه شهید بهشتی با رتبه علمی استادی می‌باشند و از سال ۱۳۷۰ در این دانشگاه مشغول به فعالیت‌های علمی و پژوهشی هستند.

مختصری درباره ستاد توسعه فناوری فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت

بر اساس برآوردها، در سال ۲۰۱۷ ارزش بازار حوزه فوتونیک در جهان بالغ بر ۵۰۰ میلیارد دلار بوده است. این صنعت تنها در اروپا تا کنون بر اساس آمارهای رسمی اتحادیه اروپا، بیش از ۳۰۰ هزار تن را در بالغ بر ۵۰۰۰ شرکت کوچک و متوسط مشغول به کار کرده است.

با توجه به اهمیت این موضوع و اهتمام معاونت علمی و فناوری، بهمن ماه سال ۱۳۹۴ و خرداد ماه ۱۳۹۵ دو ستاد توسعه فناوری‌های «لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی» و «مواد و ساخت پیشرفته» با هدف ساماندهی، کمک به ارتقای وضعیت تولید، تجاری‌سازی، توسعه فناوری و زیرساخت‌های مرتبط با این دو حوزه مهم تشکیل شدند.

این دو ستاد در طول حدود ۳ سال فعالیت خود، با تشکیل کارگروه‌های مختلف، تلاش حداکثری را با توجه به منابع موجود در راستای ماموریت‌های شش‌گانه حمایت از دستیابی به مرجعیت علمی کشور و ایجاد زیرساخت‌های راهبردی ملی در حوزه‌های خاص؛ ترویج و فرهنگ علم، فناوری و کارآفرینی؛ تسهیل تبادلات و همکاری های علمی و فناوری بین‌المللی؛ توسعه فناوری‌های راهبردی متناسب با نیازهای کشور؛ ارتقای فناوری در صنایع موجود و توسعه کسب و کارهای جدید دانش‌بنیان و توسعه بازار محصولات دانش‌بنیان در حوزه تخصصی مربوطه پیگیری نمودند.

حمایت از طرح‌های توسعه فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان با توجه به نیازها و تقاضاهای داخلی؛ حمایت از برگزاری نشست‌ها، پانل، سمینار، دوره‌های آموزشی ملی و بین‌المللی، نمایشگاه، کنفرانس در مقاطع مختلف اعم از دانش‌آموزان، دانشجویان، دبیران و صنعتی؛ تدوین پیش‌نویس سند و نقشه‌راه حوزه مربوطه و پیگیری تصویب آن در شورای عالی انقلاب فرهنگی؛ تدوین پیش‌نویس نقشه‌راه ملی توسعه فناوری و صنعت چاپ سه‌بعدی ایران؛ پیگیری مقدمات تاسیس انجمن علمی و صنفی، حمایت از راه‌اندازی و تجهیز موسسه؛ ایجاد و توسعه شبکه تعاملات، ارتباطات و همکاری‌های فناورانه در سطح داخلی و بین‌المللی؛ دعوت از مراکز علمی و فناوری بین‌المللی برای سفر به ایران و مشارکت در رویدادها و برنامه‌های داخلی مرتبط؛ شناسایی و جذب نخبگان برجسته دانشگاهی و حوزه کسب و کار غیر مقیم؛ تعریف و حمایت از پروژه‌های مشترک تبادل فناوری و...از جمله تلاش‌ها و اقدامات این دو ستاد بوده است.

با اتخاذ سیاست‌های جدید معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، این دو ستاد در آبان ماه سال ۱۳۹۷ ادغام شده و ستاد توسعه فناوری‌های فوتونیک، لیزر، مواد پیشرفته و ساخت مسئولیت راهبری، سیاست‌گذاری و هماهنگی برای توسعه فناوری این دو حوزه راهبردی در کشور را به عهده گرفت.

جناب آقای دکتر، در ارتباط با شروع کار خود به عنوان دبیر ستاد و عملکرد ستاد از زمان حضور جنابعالی، در صورت امکان توضیح دهید؟

شروع هر کاری سخت است، دبیرهای پیشین ستادهای قبلی، آقای دکتر ذبیحی دبیر ستاد فوتونیک و لیزر و آقای دکتر شکریه دبیر ستاد مواد پیشرفته و ساخت بودند که بسیار زحمت کشیدند و این کار را شروع کردند و پایه‌های آن را گذاشتند. اکنون ما از زحمات این عزیزان استفاده می‌کنیم.

در حال حاضر بعد از ادغام این دو ستاد ما دو گروه مواد پیشرفته و ساخت و گروه فوتونیک و لیزر داریم که هر کدام در حال برنامه‌ریزی کارهایشان هستند. کار اولیه‌ای که شروع شد این بود که به همکارانمان در سطح کشور اطلاع دادیم، به ما پیشنهاد پروژه بدهند.

در یک بازه زمانی ۲ ماهه، در حدود ۱۲۵ طرح پروژه به دست ما رسید. این طرح‌ها بررسی شد و حدود ۶۰ عدد از این پروژه‌ها مورد تصویب قرار گرفت. تصویب هم به این صورت بود که بعد از داوری‌های مختلف، تعدادی از پروژه‌ها که در اولویت و در راستای اهداف ستاد بودند مورد قبول قرار گرفتند، قراردادهای آنها بسته شد و پیش پرداخت‌هایشان هم شروع شده که امیدواریم کارشان را بتوانند به خوبی پیش ببرند. از این شصت پروژه، ده پروژه وام بوده که در حال پروسه پرداخت وام هستند و در بقیه پروژه‌ها پرداخت‌ها انجام شده است. این کارهای اولیه است که راه اندازی شده اما اهداف ستاد شامل کارهای بزرگتری هست که نیاز به سرمایه گذاری‌های بزرگ تر و پروژه‌های بزرگتر دارد که در حال کار برروی آنها هستیم.

این ۶۰ پروژه مصوب بیشتر به صورت طرح‌های تحقیقاتی دانشگاهی هستند یا محصول محور؟

هدف اصلی ما تماما محصول محور است اما بسیاری از مجری‌ها از دانشگاه‌ها بودند و استادهای جوان یا فارغ التحصیل‌های جوان دانشگاه‌ها بوده‌اند که این طرح‌ها را انجام می‌دهند. ولی در نهایت هدف محصولی است که روی میز بیاید و هدف تحقیقات نیست؛ البته تحقیقات آن را باید انجام دهند ولی هدف ما فقط محصول بوده است.

در ارتباط با ماموریت‌های اصلی ستاد، دستورالعمل‌هایی شامل شش محور وجود دارد که از طرف معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری نوشته شده است و شامل حمایت از دستیابی به مرجعیت علمی کشور و ایجاد زیرساخت‌های راهبردی ملی در حوزه‌های فوتونیک و مواد پیشرفته، ترویج و فرهنگ سازی علم، فناوری و کارآفرینی، توسعه بازار محصولات دانش بنیان، تسهیل تبادلات و همکاری‌های علمی و فناوری بین المللی، توسعه فناوری‌های راهبردی متناسب با نیازهای کشور و ارتقاء فناوری صنایع موجود و ایجاد صنایع جدید دانش بنیان می‌باشد.

وظیفه اصلی ستادهای توسعه فناوری این است که اتاق فکری باشند برای مملکت که بتوانند به کمک برنامه‌ریزی‌هایی که انجام می‌دهند، موضوعات فناوری را در کشور گسترش دهند. هدف آن هم نهایتاً این است که محصولاتی از این نوع فعالیت‌ها ایجاد بشود و شرکت‌های دانش بنیان را تشکیل بدهند و دستاوردهای آن را به صورت محصول به بازار ارائه بدهند. کار اصلی همان ایجاد شغل است.

در صورت امکان، مختصری در ارتباط با برنامه‌های ستاد در سال ۹۸ توضیح دهید؟

برنامه‌ریزی‌های انجام شده در حوزه مواد شامل یکسری اولویت‌ها می‌شود که در حال انجام است. همان طور که می‌دانید در بحث مواد، کشور بسیار وابسته است و اثر تحریم‌ها هم که شروع شده، بسیار خود را در این زمینه نشان داده است. در بحث مواد زنجیره تامین مواد مورد مطالعه قرار گرفته و نکات کلیدی و مهم آن به دست آمده است و در بعضی از موارد در حال مذاکره با افراد و شرکت‌های مختلف برای انجام سرمایه‌گذاری و پیشبرد کار هستیم تا بعضی از مشکلات رفع شود؛ البته این‌ها پروژه‌های بزرگی است و نیازمند حوصله است.

در حوزه فوتونیک و لیزر هم یکسری اولویت‌بندی‌ها قرار داده شده که کاربردهای نور در بحث‌های بیوفوتونیک، پردازش مواد با لیزر و اندازه‌گیری با لیزر در اولویت‌های ماست که همه اینها با هدف ساخت محصولاتی قابل عرضه در بازار، شامل بازار جهانی و بازار داخلی می‌باشد؛ به قول معروف خط‌کش ما در ارزیابی پروژه‌هاست. بسیاری از پروژه‌های خوب وجود دارد که استادان قصد انجام آنها را دارند ولی در فاز تحقیقاتی هستند که متاسفانه نمی‌توانند خیلی مورد حمایت قرار گیرند.

برنامه‌هایی که فرمودید تا الان چه میزان پیشرفت داشته‌اند و آیا این میزان پیشرفت برای شما رضایت بخش بوده است؟

سال گذشته توانستیم که در حدود ۶۰ پروژه را روی غلتک اندازیم که راضی کننده است، اما نیازهای کشور بسیار بیشتر از اینهاست و یک راه طولانی در پیش داریم که نیازمند یک همکاری همه جانبه است. نکته مهمی که وجود دارد این است که نگرش خیلی از اساتید باید عوض شود که در این شرایط بتوانند کارها را در راستای منافع و نیازهای کوتاه‌مدت کشور جهت‌دهی نمایند و برخی از توانمندی‌های خود را به این سمت سوق دهند و بتوانند مشکلات کشور را حل کنند. ما در حال حاضر در تمام زمینه‌ها به خاطر تحریم مشکل داریم که فرصتی طلایی است برای همه که بتوانند از این فرصت استفاده کنند و محصولاتی را به بازار عرضه نمایند.

چه موانع و چالش‌هایی را بر سر راه توسعه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته می‌بینید؟

در بحث مواد بزرگترین چالش ما سرمایه‌گذاری‌های کلانی است که لازم است در این حوزه صورت گیرد. برای سرمایه‌گذاری در کارهایی که از لحاظ اقتصادی به صرفه باشند نوع سرمایه‌گذاری بسیار کلان است. ممکن است امکان تولید بسیاری از محصولات وجود داشته باشد اما به دلیل اینکه در مقیاس صنعتی نباشد اصلاً کار قابل رقابت نیست و نمی‌توان بر روی تولید آن صحبت کرد. البته الان که تحریم هستیم، اما به هرحال شرکت‌ها باید بتوانند که محصولات را با یک قیمت معقول تولید کنند.

برای دستیابی به قیمت معقول هم تا کارخانه‌ها به اندازه کافی بزرگ نباشند نمی‌شود قیمت‌ها را پایین آورد. همینطور در بحث فوتونیک و لیزر محصولاتی که بتوان به بازار عرضه کرد، نیازمند هزینه‌های اولیه کمتر و تکنولوژی بالاتر هستند که محدودیت بازار آن بیشتر است. اینکه شرکتی بتواند محصولی تولید کند و به تعداد کافی در کشور خریداری شود و کار بر روی آن به صرفه باشد هم چالشی است که باید با دقت بعضی از این کارها انتخاب شود؛ شرکت‌ها هم باید خیلی با حساب و کتاب کارها را انجام دهند.

ظرفیت کشور را در در این حوزه به چه شکل می‌بینید آیا ظرفیت کار کردن در حال حاضر مهیا است؟

در بحث مواد پیشرفته، ما دنیای نیاز هستیم و نیازها بسیار زیاد است، در بحث فوتونیک و لیزر هم نیازهای زیادی وجود دارد که متاسفانه اکثراً با واردات در حال تامین هست. در بحث‌های پردازش مواد، از برش، جوش و دیگر کارها تا بسیاری کارهای فوتونیکی دیگر در زمینه پزشکی و صنعت تقریباً بسیاری از مواد و تجهیزات، وارداتی است. غلبه بر فضای پذیرش محصولات داخل و جایگزین نمودن محصولات داخلی به جای محصولات خارجی نیز یک چالش است که خوشبختانه به خاطر تحریم، قیمت‌ها بسیار بالا رفته و شانس موفقیت محصولات داخلی را بالا برده است.

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

زیرساخت در این زمینه‌ها کم هست به عنوان مثال در صنعت، لیزرهای با قابلیت اطمینان بالا نداریم، صنعت ساخت تجهیزات اپتیکی با هزینه‌های پایین و همچنین صنعت تولید موادی که برای بعضی از قطعات اپتیکی استفاده می‌شود را نداریم.

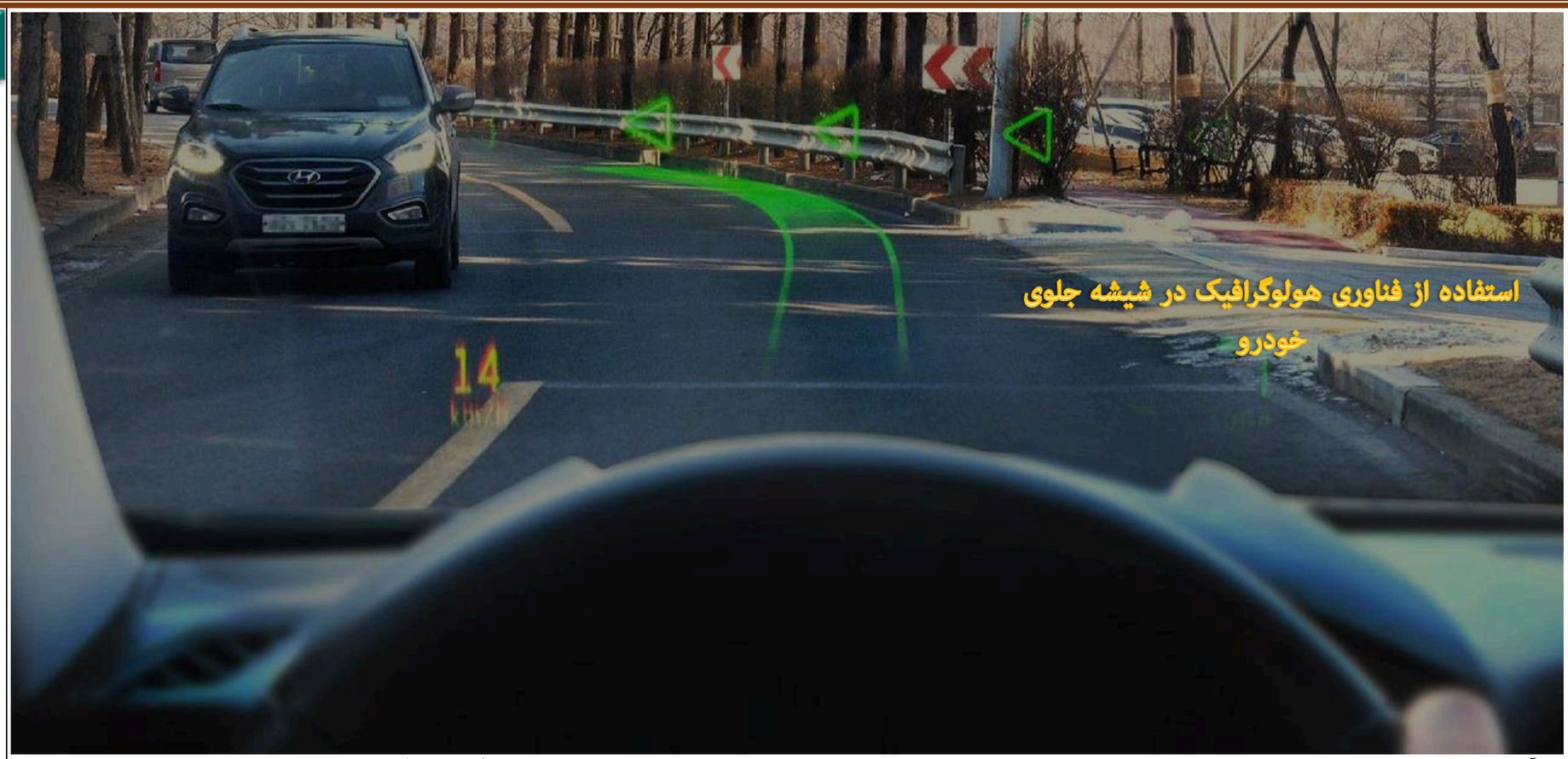
به عنوان مثال برای پایداری لیزرهایی که ساخته می‌شوند نیاز به مواد خاصی هست که در اثر نوسانات دما، تنظیم آنها به هم نخورد و توان آن کم نشود. در همه اینها به یک تکنولوژی‌هایی در زمینه‌های متخلف نیاز است که به طور کامل وجود ندارد. بایستی شرکت‌های خوبی در هرکدام از این زمینه‌ها ایجاد شود که بتوانند پشتیبان هم باشند. در دنیا دیگر به این صورت نیست که یک شرکت همه چیز را خودش بسازد و بخشی از نیاز خود را به شرکت‌های کوچک واگذار می‌کند. برای ما شبکه‌ای که در آن همه قطعات اپتیکی، الکترونیکی و مکانیکی، در داخل کشور با کیفیت بالا در اختیار باشد، هنوز وجود ندارد.

پیش بینی شما از سهم ایران در بازارهای جهانی به چه شکل است و برنامه‌ریزی‌های ستاد چقدر می تواند کمک کند به اینکه ایران سهمی در بازارهای جهانی داشته باشد؟

در حال حاضر فکر می‌کنم که تمرکز ما بر روی بازار داخلی است. بازار جهانی فعلا از دسترس ما خارج است. برای وارد شدن به بازارهای خارجی بایستی ابتدا بازارهای داخلی را راضی کنیم. به نظرم باید چند سال محصولات ما در داخل امتحان خود را پس بدهد و اشکالاتش برطرف شود. چیزی که به خارج فرستاده می‌شود واقعا آبرو، حیثیت و اعتبار ماست و باید بسیار مطمئن به خارج فرستاده شود. فکر می‌کنم تا چند سال آینده باید بتوانیم بازار داخلی را از محصولات داخل کشور راضی کنیم و بعد به صورت اتوماتیک این محصولات راه خود را به بازار جهانی باز خواهند کرد. البته در حال حاضر هم که به خاطر تحریم‌ها مشکلات زیادی در صادرات داریم.

فوتونیک در جهان

اخبار فناوری



اخبار فناوری

به قلم کیوان حصاری

keyvan.hesari@gmail.com

در آینده‌ای نه چندان دور، سیستم‌های نمایش‌گر فرانما (**Heads up Display**) قادر خواهند بود اطلاعات به مراتب بیشتری را نسبت به نمایشگرهای خودروهای امروزی ارائه دهند. سیستم نمایش‌گر فرانما، یک تصویر دیجیتال شفاف است که بر روی شیشه جلوی خودرو بازتاب می‌شود و تمامی اطلاعاتی را که راننده می‌تواند از طریق داشبورد به آن‌ها دسترسی داشته باشد را به نمایش می‌گذارد. فناوری کلیدی به کار رفته در این زمینه، واقعیت افزوده‌ی هولوگرافی است که قابلیت تبدیل شیشه جلو به یک صفحه نمایش بزرگ را دارد و می‌تواند امکانات بسیاری از قبیل نمایش جهت تغییر مسیر در مسیر انتخابی، بهینه مسیر حرکت و حتی اطلاعات مکان‌های خدماتی، همانند رستوران‌های نزدیک و جاذبه‌های توریستی را ارائه دهد.

شرکت سوئیسی WAY RAY در حال توسعه چنین سیستمی است. هیوندای و پورشه، به عنوان سرمایه‌گذاران اصلی این شرکت یک سیستم جهت یابی واقعیت افزوده هولوگرافیک را در جنسیس G80 مفهومی در نمایشگاه لوازم مصرفی الکترونیکی CES ۲۰۱۹ به نمایش گذاشتند. جگوار لندرور نیز نمونه‌ی مشابهی را در ۲۰۱۴سال ارائه کرده بودند. ابزار ساخته شده توسط Way Ray شامل یک عنصر اپتیکی هولوگرافیک است که در واقع قلب تپنده این وسیله به شمار می‌رود.

این قسمت اپتیکی هولوگرافیک از یک فیلم فوتوپلیمری تشکیل شده که بین دو لایه‌ی محافظ داخلی و بیرونی قرار گرفته است و خواص تناوبی نانوساختارهای به کار در رفته در آن را بعد از فرآیند ضبط حفظ می‌کند.

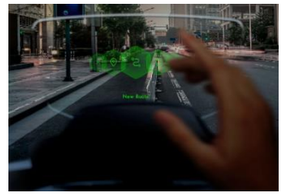
مجموع پارامترهای این نانوساختارها خواص منحصر به فردی را در این عنصر اپتیکی هولوگرافیک ایجاد می‌کند.

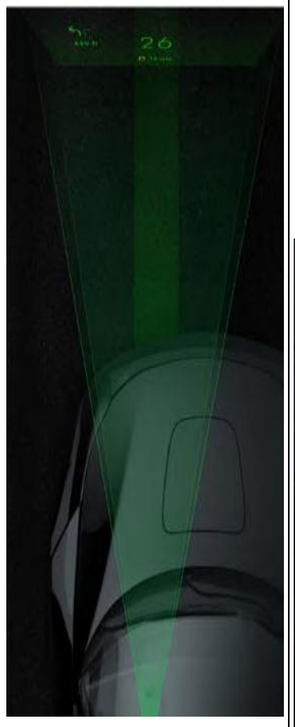
همچنین این سیستم به یک دوربین با کیفیت بالا مجهز است که به صورت پیوسته از محیط نقشه‌برداری می‌کند و به طور همزمان مکان خودرو را درون نقشه ردیابی می‌کند. این فرآیند که (Simultaneous Localization And Mapping) SLAM نامیده می‌شود به طور همزمان کار مکان‌یابی و نقشه‌برداری را انجام می‌دهد.

اولین سیستم جهت‌یابی
واقعیت افزوده
هولوگرافیک برای خودروها

از مزایای ویژه‌ی استفاده از این سیستم می‌توان به افزایش میزان ایمنی رانندگانی که از سیستم جهت‌یابی خودرو خود کمک می‌گیرند، اشاره کرد. به طوری که این سیستم قادر است به ساده‌ترین اشاره‌ی راننده پاسخ دهد. از این رو، او می‌تواند بدون تماشا کردن داشبورد دستورات اجرایی لازم را اعمال کند. اطلاعات به نمایش در آمده بر روی واقعیت افزوده‌ی حقیقی به صورت یکپارچه با جهان واقعی ادغام شده است که به راننده اجازه تمرکز بر جاده و انجام رانندگی ایمن را می‌دهد. در واقع نوعی واقعیت مجازی در اطراف خودرو، هماهنگ با مسیری که خودرو در آن در حال حرکت است، ایجاد می‌کند. سیستم به کار رفته در G80 مفهومی با امکانات ناوبری و نیز تجهیزات کمکی الکترونیکی راننده مانند هشدار خروج از خط و برخورد با جلو طراحی شده است. به طوری که در صورت نزدیک شدن بیش از حد به شئ مقابل، علاوه بر نمایش شئ به صورت برجسته، هشدارهای بصری اضافی نیز داده می‌شود. مهم‌تر از تمام این‌ها، بهره‌گیری از تصاویر پویا در جنبه‌ی واقعیت افزوده است که می‌تواند اجسام در حال حرکت را ردیابی کند. البته هیوندای هنوز اعلام نکرده است که چه زمانی می‌توانیم انتظار چنین سیستمی را در محصولاتش داشته باشیم اما این خودروساز گفته که در حال کار با Way Ray برای گسترش فناوری واقعیت افزوده و هولوگرافیک است که قادر خواهد بود اشیا و اهداف بسیار بیشتری را برجسته کند و با علائم الکترونیکی کمکی بیشتری ادغام کند. همچنین هیوندای اعلام کرده که در نهایت این فناوری با فناوری دیگری موسوم به V2X (ارتباطات خودرویی) ادغام خواهد شد. به طوری که اطلاعات بسیار بیشتری همچون اطلاعات چراغ‌های راهنما، خودروهای اطراف، شرایط جاده و شرایط آب و هوایی نیز قابل نمایش خواهد بود.

حرکات کنترلی به گونه‌ای است که به راننده این امکان را می‌دهد به طور ایمن در منو جستجو کرده، مسیر حرکت را تعویض و نقاط مورد نظر را انتخاب کند.





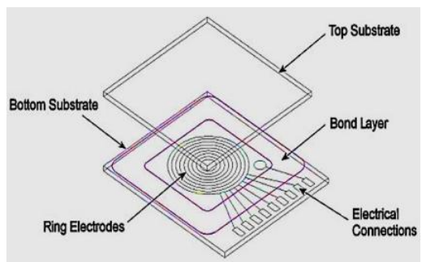
امکان نمایش تصاویر مجازی بزرگ و قرار دادن آن در جلوی خودرو

کمپانی ژاپنی Mistui Chemicas نسل جدیدی از عینک‌ها را ارائه داده است که می‌تواند به سادگی با لمس دکمه‌ای که بر روی قاب عینک تعبیه شده است، قابلیت تمرکز بر فواصل دور و نزدیک را تغییر داده و یا به حالت قبل بازگردد.

سال‌های اخیر با افزایش روزافزون تقاضا در زمینه‌ی توسعه‌ی دفناوری‌های پوشیدنی، نسل جدید چنین عینک‌هایی با قابلیت‌های نوآورانه نیز مورد توجه بسیاری قرار گرفته است.

کمپانی Mistui Chemicas مستقر در توکیو نسل جدیدی از عینک‌ها را تولید کرده است که با استفاده از کنترل توان الکتریکی دید راحتتری را به ارمغان می‌آورد. از ترکیب مواد با میزان ضریب شکست بالا با فناوری عدسی‌های بلور مایع، این کمپانی موفق شده است قابلیت تمرکز بر روی فواصل به صورت لمسی را برای دید نزدیک و دور ایجاد کند.

در نگاه اول این عینک با قدرت تمرکز لمسی یک عینک شیک ساده به نظر می‌آید اما درون قاب یک مدار الکتریکی کوچکی گنجانده شده است. با فشار دادن حسگر نصب شده در کناره‌ی قاب، بلور مایع به طور سریع برای تغییر تمرکز فواصل از دور تا نزدیک (و بر عکس) فعال می‌شود.



این عدسی‌ها متشکل از یک لایه بلور مایع است که بین دو زیر لایه قرار گرفته و یک میکرو نمایشگر شامل الکترودهایی با طرح‌های انتخاب شده هستند. با اعمال مقادیر کوچک الکتریسیته، این الکترودها لایه‌های بلور مایع را به منظور دستیابی به پروفایل انحنای اپتیکی مشخص فعال می‌کنند. این عینک بدون نیاز به تغییر جریان بین جفت شیشه‌ها و کشیدن گردن در زاویه‌های نامناسب امکان دید گسترده و واضح در یک وضعیت راحت را ایجاد می‌کند. تامین انرژی این محصول توسط یک باتری با شارژ راحت و ماندگاری بالا (ده روز با یک بار شارژ) انجام می‌شود. وزنی تقریباً برابر با عینک‌های معمولی دارد و دارای لایه‌ی پوششی ضد آب است.

این عینک در رنگ‌ها و مدل‌های مختلف قاب ارائه خواهد شد و به زودی نیز به صورت یک سری جدید نازک و با قاب تیتانیومی سبک وزن عرضه خواهد شد. این محصول که اخیرا برنده "جایزه طراحی خوب ۲۰۱۸" شده است. به نظر می‌رسد که با پیشنهاد قیمت فروش ۲۴۵۰ دلار در حال حاضر تا حدودی یک کالای لوکس باقی بماند.

اما این فناوری، رویکردهای جالبی را در زمینه‌ی ارائه‌ی عینک‌هایی با امکانات بیشتر ایجاد می‌کند. در آینده ممکن است زمانی چنین ابزارهایی با قیمتی ارزان‌تر و به صورت گسترده‌تر در بازار عرضه شوند.

شیشه‌های هوشمند ارزان قیمت

شیشه‌های هوشمند که با مایع ارزان‌تر پر شده‌اند، دارای شفافیت بیشتر در حالت شفاف و بازتابندگی بیشتر در حالت بازتاب هستند.

فناوری شیشه‌های هوشمند سازگار با محیط زیست، نور و گرما را در زمستان جذب می کند و در تابستان آن‌ها را بازتاب می‌دهد.

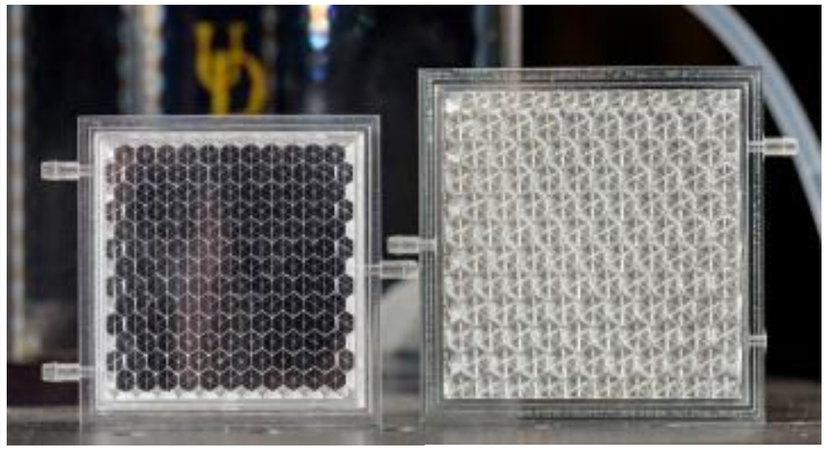
مهندسان الکترونیک دانشگاه Del Awre در سال‌های اخیر فناوری شیشه‌های هوشمند را توسعه داده‌اند. این شیشه‌ها در ابتدا مات و کدر هستند، اما هنگامی که با مایعی با ضریب شکست متناسب پر می‌شوند، شفاف می‌شوند. همانطور که در بخش پایین قاب پنجره در تصویر نشان داده شده است.

کیت گوسن استادیار مهندسی برق و کامپیوتر و همکارانش، پنل‌هایی را ساخته‌اند که می‌تواند بین حالت اجازه عبور و مسدود کردن نور سوِیچ کند. فناوری این شیشه‌ها در پنجره‌های سازگار با محیط زیست، شیشه‌ی جلوی خودرو، پنجره‌های سقفی و پوشش های ساختمانی که نور و گرما را در زمستان جذب و در تابستان بازتاب می‌دهد، قابل استفاده است. به گفته گوسن اگر چه این شیشه اولین شیشه هوشمند نیست اما ابتکار این تیم در طراحی این شیشه‌ها با قیمتی در حدود یک دهم نمونه‌های دیگر است وحتی در مقایسه با آنها دارای شفافیت بیشتر در حالت شفاف و بازتابندگی بیشتر در حالت بازتاب است. گوسن همچنین اظهار امیدواری کرده است که روزی خواهد آمد که ما دیگر به پرده‌ها و سرپوش برای پنجره‌ها نیاز نخواهیم داشت و تنها با فشردن یک دکمه.قادر به مسدودسازی و ورود نور خواهیم بود.

گوسن آخرین نمونه‌ی اولیه شیشه هوشمند خود را در سخنرانی اصلی در کنفرانس مواد هوشمند و روش های سنجش غیرمخرب در سیستم‌های انرژی SPID به اشتراک گذاشت.

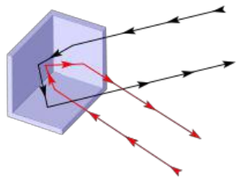
اصول پنهان شده در پس فناوری شیشه هوشمند به صورت شگفت‌آوری ساده است. این شیشه در ابتدا از دو صفحه پلاستیکی تشکیل شده که به وسیله حفره‌های نازکی از هم جدا شده‌اند. پلاستیک شامل ساختارهای کوچک مربعی شکل است که باعث بازتابندگی برگشتی نور می‌شود. به این معنی که نور را به عقب و به سمت منبع انعکاس می‌دهد. سپس محفظه با ماده‌ای به نام متیل سالیسیلات که یک عصاره‌ی ارزان قیمت و به عنوان ماده فعال در برخی از کرم‌های تسکین درد است، پر می‌شود. این مایع دارای خواص اپتیکی و قابلیت برهم‌کنش با نور مرئی است که با ویژگی اپتیکی پلاستیک بازتابنده هماهنگ می‌شود. از ترکیب این ویژگی‌ها به سبب انطباق ضرایب شکست، سیستم شفاف شده و نور می‌تواند از میان آن عبور کند.

این گروه تحقیقاتی در حال حاضر در حال تست کارایی این سیستم در بازه‌های گسترده‌ای از دماها هستند؛ به ویژه در نزدیکی دماهایی که می‌تواند باعث انجماد مایع درون آن شود که بسته به ماده نهایی مورد استفاده در حدود ۳ تا ۱۶ درجه فارنهایت است.



این سیستم شیشه هوشمند می‌تواند بدون آن که تخریبی در آن صورت گیرد، هزاران بار از حالت شفاف به بازتابنده سوئیچ کند. در طراحی جدید این سیستم به جای استفاده از ساختارهای مکعبی اولیه، طراحی بر پایه بازتاب کلی داخلی در ساختارهای یک بعدی عمودی صورت گرفته است که تا زاویه‌های ۶۰ درجه میزان بازتابندگی بالایی دارند.

برای ساخت نمونه اولیه این شیشه از پرینتر سه بعدی استفاده شده است اما در نهایت می‌توان این فناوری را در حجم بالا و قیمت کم به روش قالب‌گیری تزریقی تولید کرد.



انعکاس بازگشتی نور توسط ساختار مکعبی شکل این شیشه هوشمند

فوتونیک در جهان

توسعه پنجره‌های دوجداره خورشیدی

محققان آزمایشگاه Los Almos در حال ساخت پنجره‌های دو جداره‌ای هستند که الکتریسیته را با بازدهی بالاتری تولید می‌کند.

این ویژگی با معماری جدید پنجره‌هایی ممکن می‌شود که در آن از دو لایه مختلف از نقاط کوانتومی کم هزینه و کوک شده برای جذب قسمت‌های مختلف طیف خورشید استفاده می‌شود.

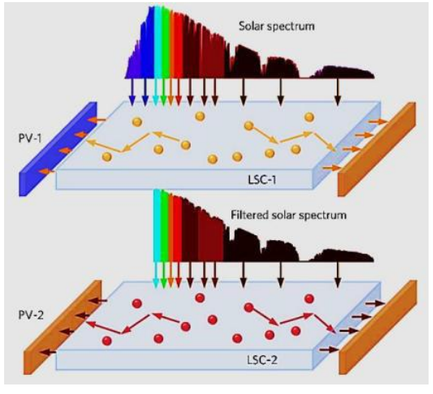
این رویکرد مکمل فناوری فوتوولتائیک موجود است که با افزودن جمع‌کننده‌های پر بازده نور خورشید به پنل‌های خورشیدی موجود و یا ادغام آنها به عنوان پنجره‌های نیمه شفاف در معماری ساختمان‌ها صورت می‌گیرد. در این روش محققان با استفاده از دو نوع خاص از نقاط کوانتومی پنجره‌های خورشیدی دو جداره ای ایجاد کرده‌اند که با بازدهی بیشتر الکتریسیته تولید کرده و همچنین سایه و عایق‌بندی را با دقت و مقیاس خوب ایجاد می‌کند.

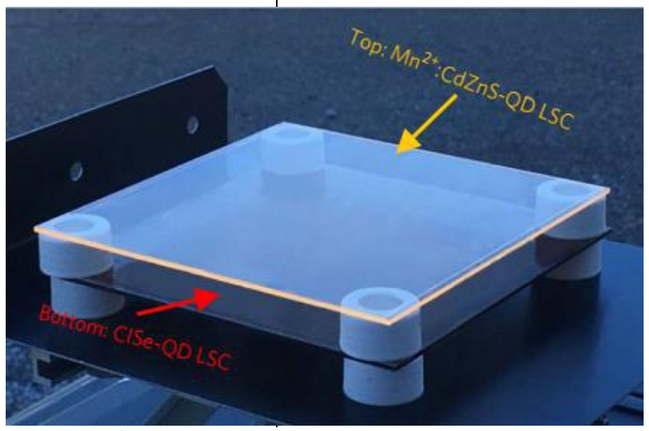
به گفته سرپرست محققین ویکتور مکی مور، به دلیل کارایی موثر پنجره‌های دوجداره بر پایه نقاط کوانتومی، می‌توان با هزینه کم و مواد محلول قابل پردازش به این فناوری دست یافت و حتی با بهره گیری از کانونی‌کننده‌های خورشیدی نورتاب پیچیده، می‌توان روش جدیدی را برای کاهش هزینه‌های الکتریسیته خورشیدی ارائه داد.

نکته کلیدی این پیشرفت جداسازی طیف خورشیدی است که امکان انجام فرآیندهای جداگانه را به فوتون‌های خورشیدی با انرژی بالاتر و پایین‌تر می‌دهد.

فوتون‌های با انرژی بالاتر انرژی فتوولتائیک بالاتری را ایجاد می‌کنند که می‌تواند باعث تقویت کلی توان خروجی شود. این رویکرد همچنین باعث بهبود جریان می‌شود به طوری که نقاط کوانتومی استفاده شده در لایه جلویی به صورت عملی بدون بازجذب هستند.

به منظور دستیابی به این روش، این تیم از ترکیب نقاط کوانتومی و یون‌های منگنز که به عنوان ناخالصی با قدرت انتشار بالا عمل می‌کنند، استفاده کرده است. نور جذب شده توسط نقاط کوانتومی این ناخالصی‌ها را به صورت نوری فعال می‌کند. در نتیجه‌ی جذب نور، یون‌های منگنز در انرژی‌هایی پایین‌تر از جذب نقاط کوانتومی اولیه نور گسیل می‌کنند. این ترفند به طور کامل باعث حذف تلفات ناشی از خود جذب بودن نقاط کوانتومی می‌شود.





نمونه‌ی اولیه متمرکز کننده‌های خورشیدی نورتاب بر پایه Mn^{+2} آلائیده شده با نقاط کوانتومی در لایه بالا و CISe نقاط کوانتومی در لایه پایین

تیم Los Almos برای تبدیل یک پنجره به جمع‌کننده نور خورشیدی نورتاب، لایه‌ای از منگنز با قابلیت انتشار بالا که با نقاط کوانتومی آلائیده شده است را بر روی سطح جداره‌ی شیشه جلویی و یک لایه متشکل از نقاط کوانتومی مس ایندیوم سلناید را بر روی سطح جداره‌ی پشتی لایه‌نشانی کردند. لایه‌ی جلویی گستره‌ی آبی و فرابنفش طیف خورشیدی را جذب می‌کند، در حالی که بقیه طیف توسط لایه پشتی جذب می‌شود. نقاط کوانتومی در اثر جذب، فوتون‌هایی با طول‌موج‌های بلندتر گسیل می‌کنند و سپس نور بازگسیل شده توسط بازتاب کلی داخلی به لبه‌های شیشه پنجره هدایت می‌شود. در آنجا سلول‌های خورشیدی ادغام شده در قاب پنجره نور را جمع کرده و به الکتریسیته تبدیل می‌کنند.

به گفته دانشمندان دانشگاه تولیدو که در حال همکاری با آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر وزارت انرژی ایالات متحده در جهت بهبود مواد هستند در آینده نزدیک سلول خورشیدی پروسکایت مرکب با بازدهی بالا امکان استفاده در پنل های خورشیدی را در اندازه کامل در بازارهای مصرف کننده دارا خواهند بود.

در این روش محققان با استفاده گاندینوم ثایوسیانات (GUaSCN) به جهت تنظیم دقیق ترکیب سرب قلع در فیلم‌های پروسکایت موفق به بهبود خواص ساختاری و اپتوالکترونیکی آن‌ها شدند. مخلوط قلع-سرب و فیلمهای ماده پروسکایت معدنی-عیر معدنی که محتوی کسر کوچکی از GUaSCN هستند بند گپ کوچک و طول عمر بلند حامل‌های بار را از خود نشان می‌دهند.

فیلم‌های پروسکایت بهبود یافته دارای نقص چگالی با ضریب کمتر از ۱۰ هستند که باعث می‌شود طول عمر حامل‌ها بزرگتر از ۱۰ میکرو ثانیه و طول انتشار دو و نیم میکرون شود این پیشرفت قادر به نشان دادن بندگپ کوچک سلول های خورشیدی پروسکایت با بازدهی بیش از ۲۰٪ می‌شود و زمانی که با سلول‌های خورشیدی پروسکایت با بندگپ و بزرگتر ترکیب شود بازدهی سلول‌های خورشیدی مرکب به ۲۳,۱ درصد می‌رسد. به عنوان مقایسه پنل‌های خورشیدی سیلیکانی دارای نرخ بازدهی در حدود ۱۸ درصد هستند.

در همه سلول‌های خورشیدی مرکب به جهت افزایش توان الکتریکی کل توسط بخش‌های مختلف طیف خورشیدی دو سلول خورشیدی در کنار هم قرار می‌گیرند.

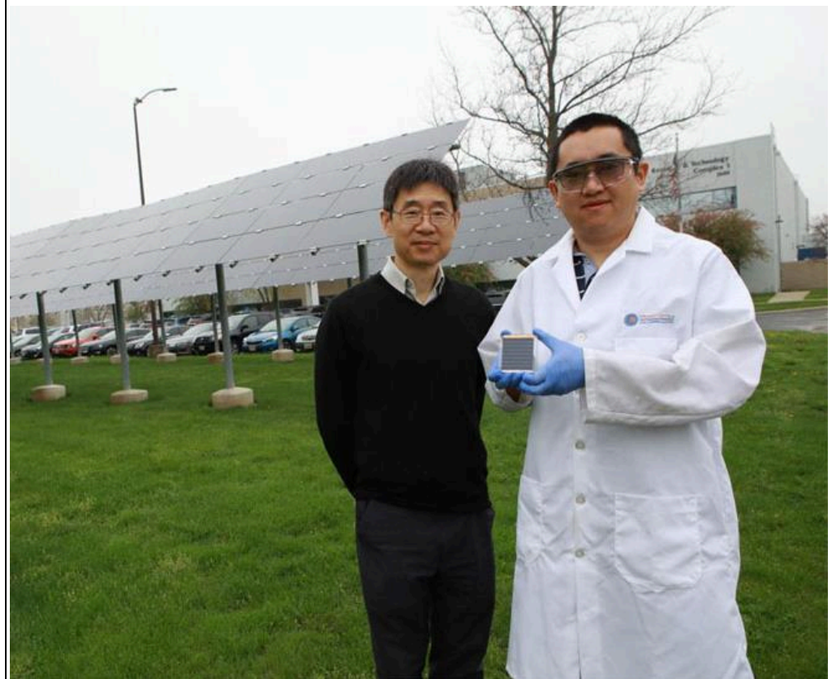
به گفته پروفسور ژوانینگ سونگ توسعه دهنده سلول‌های خورشیدی پروسکایت این سلول‌های خورشیدی مرکب با دو لایه پروسکایت بازدهی تبدیل

توان بالایی را ارائه می‌دهند و پتانسیل کاهش هزینه پنل های خورشیدی را دارند که یکی از پیشرفت‌های مهم در زمینه‌های فتوولتائیک است.

همچنین وی افزود هزینه مواد و هزینه تولید آن پایین است اما طول عمر مواد همچنان ناشناخته است. با این وجود این تیم در حال بهبود کیفیت مواد و فرآیندهای تولید آن‌ها با هزینه کم است و نیازمند ادامه کار و پیشرفت‌های بیشتر در افزایش بازدهی و پایداری است.

لازم به ذکر است که سرب استفاده شده به عنوان یک ماده سمی شناخته می‌شود اما به کارگیری سلول‌های خورشیدی ساخته شده از موادی که امکان بازیافت را دارند، مانع از آسیب رساندن به محیط زیست می‌شود.

در اپریل سال ۲۰۱۹ مبلغ ۱,۱ میلیون دلار کمک هزینه جهت ادامه تحقیقات از طرف وزارت انرژی ایالات متحده به این پژوهش اهدا شد.



نمایش نمونه کوچک سلول خورشیدی پروسکایت توسعه داده شده
توسط پروفسور ژوانینگ سونگ در کنار پروفسور یان‌فایان

فوتونیک

کلید ورود به هزاره‌ی سوم

درست زمانی که فناوری‌های کنونی به بالاترین حد توسعه و پیشرفت خود رسیده‌اند، نور با دنیایی از امکانات جدید دریچه‌ی روشنی را به آینده‌ی بشر گشوده است.

نور زیربنای تمام فناوری‌های نوین بوده و اجزای فوتونیکی به واسطه‌ی سرعت، دقت، قابلیت و امنیت فوق‌العاده در کاربردهای بی‌شماری گسترش یافته‌اند.

فوتونیک (دانش بازی با نور) زیرمجموعه‌ای از علم فیزیک است. این علم کلید دستیابی به فناوری‌هایی است که سنگ بنای نوآوری‌های هوشمندانه در تمام بخش‌های صنعت آینده است. حال که صاحبان صنایع در بهره‌گیری از فناوری‌های سنتی به انتهای مسیر رسیده‌اند، فوتونیک به خلق فرصت‌های جدید و روزافزون می‌پردازد. در این مجال نگاهی خواهیم داشت به آینده‌ی نویدبخشی که این شاخه از علم در هزاره‌ی سوم پس از میلاد برای ما به ارمغان خواهد آورد.

فوتونیک

کلید ورود به هزاره سوم

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

به عقیده‌ی دانشمندان، فوتونیک سنگ‌بنای نسل جدید فناوری‌های فرداست. قرن بیستم عصر الکترونیک نامگذاری شد، اما در عصر حاضر، آینده‌ی الکترونیک هم با نور گره خورده است. با شروع هزاره ی سوم، فوتونیک حکومت مقتدرانه‌ی خود را آغاز کرده است.

به اطرافتان نگاه کنید، فراوان‌ترین چیزی که می توانید پیدا کنید، چیست؟

محتمل‌ترین پاسخ این سوال نور است. در واقع، نور همه جا وجود دارد و برخلاف هوا حتی ما می‌توانیم آن را ببینیم. به عنوان مثال انرژی الکتریکی تولید شده از خورشید را در نظر بگیرید. به تنهایی و فقط با استفاده از نور خورشید، ما می‌توانیم انرژی تمام جهان را تامین شده، تصور کنیم.

اما متعجب خواهید شد، وقتی بفهمید که کاربردهای نور می‌تواند چقدر گسترده‌تر از چیزی باشد که با چشم می‌توان دید.

این یک حقیقت پنهان است که جهان پیشرفته‌ی ما به کمک نور اداره می‌شود. از همین حالا هم فوتونیک همه جا هست. این فناوری ما را قادر ساخته تا با تلفن‌های همراه خود مکالمه کنیم، به کمک لپ تاپ خود رایانامه ارسال کنیم و در ساده‌ترین حالت با روشن کردن چراغی، شب را مانند روز روشن کنیم.

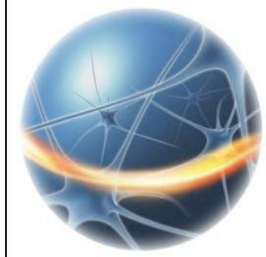
هر رایانامه، تماس تلفنی و وبسایت ابتدا به شکل اطلاعات کدگذاری شده، سپس در قالب بسته‌های کوچک نوری از طریق فیبرهای نوری و لیزرها (ابزارهای قدرتمند مورد استفاده در دنیای نور) به سرتاسر جهان فرستاده می‌شوند. تلفن‌های هوشمند، مخابرات، دوربین‌های امنیتی، پنل‌های خورشیدی کارآمد و لامپ‌های روشنایی با قابلیت ذخیره‌سازی انرژی فقط مثال‌هایی از کاربردهای وسیع این فناوری‌ها هستند.

فوتونیک و ارتقای کیفیت زندگی بشری

بدون فوتونیک جهان مکان متفاوتی خواهد بود. امروزه تصور جهانی بدون نور و کاربردهایش بسیار دشوار است. فوتونیک در همه جا کاربرد دارد. از زندگی روزمره گرفته تا علوم بسیار پیشرفته مانند آشکارسازی نور، مخابرات، پردازش اطلاعات، روشنایی، علوم اندازه‌گیری، طیف‌سنجی، هولوگرافی، پزشکی (جراحی، اصلاح بینایی، اندوسکوپی، دیده‌بانی سلامتی)، فناوری‌های نظامی، هنرهای بصری، کشاورزی، زیست فوتونیک و رباتیک، همه و همه از دانش فوتونیک بهره می‌گیرند.

از این رو بسیار طبیعی است که حجم گسترده‌ای از تحقیقات دانشمندان به این شاخه از علم اختصاص یافته است. پیشرفت‌های نوین در زمینه‌ی فوتونیک می‌تواند در زمینه‌ی سلامت و درمان، تحول عظیمی ایجاد کرده و راه‌های جدیدی را برای شناسایی، درمان و حتی پیشگیری از بیماری‌ها ارائه دهد. در زمینه‌ی تولید، فرآیندهای لیزری از جمله ملزومات اساسی تولید در حجم بالا و با حداقل هزینه محسوب می‌شوند. فناوری‌های فوتونیکی، محدودیت‌های الکترونیکی در رایانه‌ها را از طریق محاسبات نوری و حتی کوانتومی، مرتفع ساخته است. فوتونیک نقشی کلیدی در حل چالش‌های بازدهی انرژی ایفا می‌کند.

امروزه تصور جهانی بدون نور و کاربردهایش بسیار دشوار است.



سهم اعظم بازار فوتونیک در بین بخش‌های مختلف به کاربرد فوتونیک در بخش زیست پزشکی اختصاص دارد.

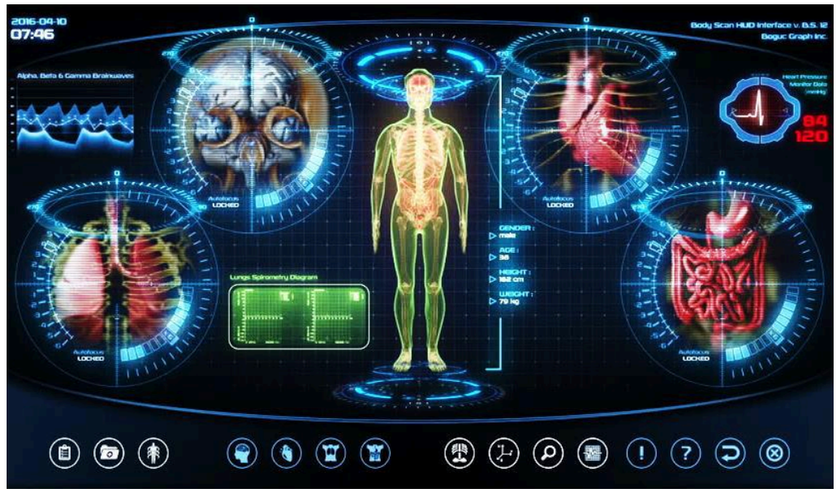
در آینده، انتظار می‌رود که چشمه‌های نوری حالت جامد (با قابلیت صرفه‌جویی ۵۰% و حتی بیشتر انرژی) وقتی با سیستم‌های هوشمند مدیریت نور تجمیع شوند، نسبت به سایر چشمه‌های نوری بهره‌وری بیشتری از خود نشان دهند.

کاربردهای حس‌گری در شبکه‌های قدرت، ساختمان‌ها و کنترل فرآیندهای صنعتی هوشمند، بهره‌وری استفاده از منابع را بهبود بخشیده و تا حد زیادی پاسخگوی چالش‌های زیست محیطی خواهد بود.

درآینده‌ای نه چندان دور سبک زندگی، کار، بهداشت و درمان، صنعت و ... با بهره‌گیری از امکاناتی که دانش فوتونیک در اختیار بشر قرار می دهد، دگرگون خواهد شد.در ادامه به بررسی برخی از مهم‌ترین کاربردهای دانش فوتونیک در زمینه‌های پزشکی، صنعت و سبک زندگی می‌پردازیم.

فوتونیک و زیست پزشکی

نور به عنوان ابزاری کمکی برای مشاهده و دستکاری ماهرانه‌ی اشیا در گستره‌ی مقیاسی از چند نانومتر تا چند سانتی‌متر مورد استفاده قرار می گیرد. تنها به واسطه‌ی همین یک ویژگی، نور در گستره‌ی وسیعی از کاربردهای زیست پزشکی از شناسایی، تغییر درشت مولکول‌ها و دستکاری‌های سلولی گرفته تا تشخیص ماکروسکوپیک و جراحی بافت‌ها نقشی کلیدی ایفا می‌کند. با بهره‌گیری از چنین مزیتی امکانات تشخیصی جدیدی که در بررسی تک سلول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند برای بررسی شبکه های سلولی و بافت‌ها نیز به صورت مستقیم به کار برده شوند. ضمن آن که پالس‌های لیزری بسیار کوتاه لیزرهای فمتوثانیه امکان انجام فرآیندهای بسیار سریع با مقیاس زمانی 10^{-6} تا 10^{-15} ثانیه در لحظه با دقت بسیار بالا فراهم می‌شود. از سوی دیگر، برای دیده بانی بلند مدت فرآیندها و ساختارها هم می توان از چشمه‌های نور پیوسته و ثابت بهره گرفت.



همچنین کاربرد مکرر پالس‌های نوری کوتاه بررسی تغییر در فرآیندهای بسیار سریع در بازه‌های زمانی طولانی را نیز امکان‌پذیر ساخته است. از این رو، فوتونیک تنها فناوری در دسترسی است که می‌تواند چنین گستره‌های زمانی متنوع و وسیعی را پوشش دهد.

همچنین این فناوری‌های نوری تشخیص بسیاری از ویژگی‌های مولکولی، سلولی و بافتی را میسر ساخته‌اند. به عنوان مثال، با اندازه‌گیری رفتارهای اپتیکی (از قبیل عبور، بازتاب و حتی پراگندکی) و استخراج اطلاعات لازم می‌توان شکل و ریخت شناسی اجزای زیستی را با دقت بالا به دست آورد.

جدا از ویژگی‌های بنیادینی که پیش‌تر بیان شد، فناوری های فوتونیکی مزایای قابل توجهی دارند که از آن جمله مهمترین آن‌ها می‌توان به قابلیت کاربری غیرتماسی آن اشاره کرد. در بحث درمان این امر اهمیت بسزایی دارد. می‌توان کاربردهای فوتونیک در بحث‌های زیست پزشکی را در زمینه‌های کاربردی زیر به صورت خلاصه بیان کرد:

تحقیقات بنیادین زیست پزشکی اعم از زیست سلولی و مولکولی:

درک فرآیند حیات و ریشه و سرمنشا بیماری‌ها در سطح سلولی و مولکولی.

تحقیقات داروسازی:

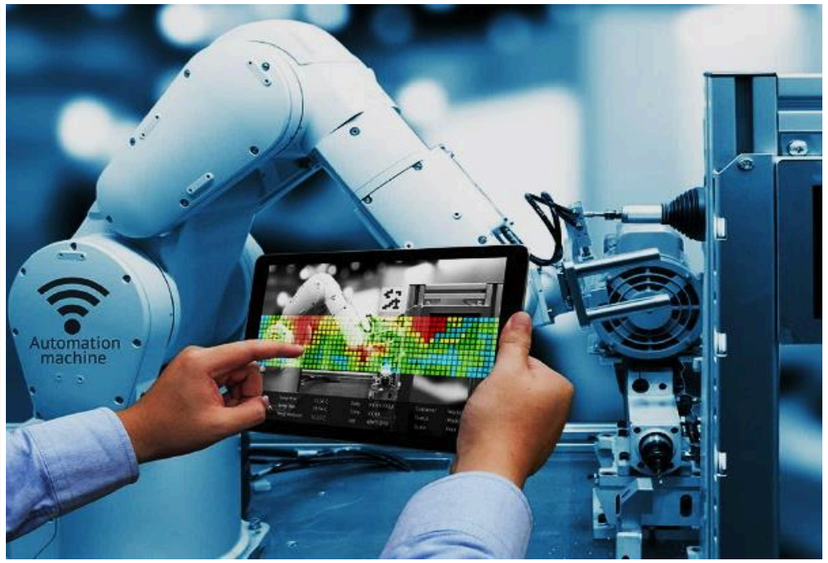
توسعه‌ی علوم دارویی، شامل، ارزیابی هدف، دارورسانی، غربالگری با توان بالا (HTS) و یا غربالگری با غلظت بالا (HCS) انتخاب‌های دارویی.

نور در گستره‌ی وسیعی از کاربردهای زیست-پزشکی از شناسایی، تغییر درشت مولکول‌ها و دستکاری‌های سلولی گرفته تا تشخیص ماکروسکوپیک و جراحی بافت‌ها نقشی کلیدی ایفا می‌کند.

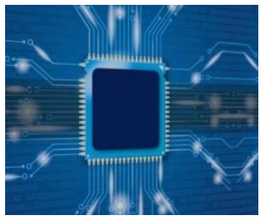
تســت‌هــای آزمایشــگاهی، آزمــایش‌هــای تشخیصی بالینی بیمار:
مشخصه‌یابی مایعات بدن، جهت ایمونولوژی، هماتولوژی، قلب و عروق، اپیدمیولوژی، غدد درون ریز، میکروب‌شناسی پزشکی، سنجش نوری، به عنوان مثال، نوری اکسیمتری.
تشخیص بالینی، کنترل درمانی و درمان:
روش‌های رایج در تشخیص و درمان بالینی.
پزشکی احیاکننده:
تحقیقات سلول‌های بنیادی، مهندسی بافت، ترانسفکشن مواد ژنتیکی.
نظارت بر محیط زیست، ایمنی مواد غذایی:
ارزیابی حضوری و نظارت بر ترکیبات مضر در هوا، آب و غذا، به عنوان مثال، پاتوژن‌ها، گرد و غبار، گرده و مواد شیمیایی.
کنترل فرآیند:
کنترل ترکیب و کیفیت داروها، تمواد غذایی و لوازم آرایشی- بهداشتی.
کاربردهای امنیتی:
تشخیص مواد مضر زیستی و شیمیایی و سلاح‌ها.
بررسی بازار جهانی صنعت فوتونیک حاکی از آن است که سهم اعظم بازار فوتونیک در بین بخش‌های مختلف به کاربرد فوتونیک در بخش زیست پزشکی اختصاص دارد. از این رو، با توجه به میزان اهمیت و همچنین حجم بالای بازار این بخش می‌توان آن را به عنوان مهم‌ترین شاخه‌ی علوم فوتونیکی نام برد. با انجام سرمایه‌گذاری‌های کلان در این بخش، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰، مراقبت‌های سلامتی بسیار سریع، دقیق و با صرفه انجام پذیر شود. روش‌های تشخیصی پیشرفته، نظارت فراگیر و کاربردهای خلاقانه‌ی بهداشت الکترونیک قادر به تشخیص زود هنگام سیگنال‌های بدن، علائم و بیماری‌ها خواهد بود. درمان‌ها به صورت هدفمندتر، موثرتر با حداقل آسیب و نقص انجام خواهد شد و مرگ و میر ناشی از سرطان‌ها، سکته‌های مغزی و سایر بیماری‌های مهم کاهش خواهند یافت. تشخیص و درمان به صورت بالینی انجام خواهد شد. این مهم با بهره‌گیری از امکاناتی که فناوری‌های فوتونیکی در اختیار بشر قرار می‌دهند، محقق خواهد شد.

فوتونیک وصنعت

دیجیتالی کردن صنعت اروپایی یکی از پایه‌های اصلی برای دستیابی اروپا به بازار جهانی دیجیتال است. بر اساس مطالعات اخیر، دیجیتال‌سازی محصولات و خدمات می تواند بیش از ۱۱۰ میلیارد یورو به درآمد سالانه اروپا در پنج سال آینده بیفزاید. دیجیتال‌سازی مدل‌های کسب و کار را به چالش خواهد کشید و بازارهای عمودی مانند خدمات بهداشتی و درمانی، انرژی، خدمات مالی، خودرو، تولید و رسانه و سرگرمی را به صورت اساسی دگرگون خواهد کرد.
تاکنون تمرکز بر روی شبکه های عمومی (به عنوان مثال اپراتورها) و بی سیم فقط امکان دسترسی تنها به بخشی از بازار را فراهم کرده است. این در حالی است که پیش بینی می‌شود، شبکه‌های نوری شخصی جهش بزرگی را در بهره وری و رشد اقتصادی ایجاد کنند. زمانی که ظرفیت‌های شبکه‌ای بزرگ، تاخیر اندک، امنیت بالا، قابلیت اطمینان بالا و کنترل کامل کاربر نیاز باشد (مانند خدمات مالی)، بهره‌گیری از شبکه‌های نوری شخصی ضروری بوده و تنها راه حل انتخابی هستند. البته کاربردهای دیگری هم می‌توان برای شبکه‌های نوری شخصی متصور شد. فناوری‌هایی همچون ربات‌های همکار و ماشین‌های بینایی سه بعدی، می‌تواند انقلاب شگرفی در کارخانه‌های آینده ایجاد کند، اما حجم وسیعی از اطلاعات با سرعت گیگابایت بر ثانیه تولید می‌شود که باید بلادرنگ جمع‌آوری و پردازش شوند.
شبکه‌های نوری شخصی بخاطر مزایایی چون پهنای باند، امنیت، قابلیت اطمینان و بهترین انتخاب برای کاربردهای مذکور است.
علاوه بر ظهور شبکه‌های نوری شخصی پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰، فناوری‌های فوتونیکی، شامل لیزرها، حس‌گرها و نمایشگرهای سه بعدی بخش‌هایی چون تولید صنعتی و همچنین فضاهای کاری را دگرگون کرده و تولید را در فضایی نوآورانه‌تر، با هزینه‌های قابل رقابت‌تر و از منابعی کارامد پیش خواهد برد.
همچنین به واسطه‌ی تشکیل زنجیره‌ی کامل دیجیتالی از تامین کننده گرفته تا مشتری، نسل جدیدی از همکاری و سفارشی‌سازی به عنوان مدل‌های شغلی و خدماتی نوین پا به عرصه‌ی ظهور می‌گذارد که همه‌ی این عوامل در کنار هم پایه های صنعت را مستحکم‌تر خواهد کرد. سهم اروپا در بازارهای جهانی فوتونیکی در سال ۲۰۱۵ حدود ۴۴۷ میلیارد یورو بوده است. این رقم در هر سال حدود ۶/۲ درصد رشد دارد.
از این رو، اروپا به عنوان یکی از پیشتازان در صنعت فوتونیک، دستیابی به تولید سه ساله بیش از ۲۰۰ میلیارد یورو تا سال ۲۰۳۰ را در دستور کار خود قرار داده است که در این بین بیش از ۱۰ درصد درآمد بخش صنعتی صرف هزینه‌های تحقیق و توسعه‌ای آن خواهد شد.
چهار نمونه از فناوری‌های کلیدی که در دستور کار توسعه‌ی صنایع اروپا قرار دارند را در ذیل بررسی می‌کنیم:



دستیابی به تولید سه سالانه‌ی بیش از ۲۰۰ میلیارد یورو تا سال ۲۰۳۰ در دستور کار صنایع فوتونیک اروپا قرار گرفته است.



با استفاده از فناوری لایدار، می‌توان سلامت و کیفیت محصولات کشاورزی را تضمین نمود. با استفاده از این فناوری می‌توان سلامت و آب‌شناسی خاک را بررسی کرده و سطح پروتئین در دانه‌های کشت شده پیش‌بینی کرد.

آشکارسازی لیزر و مسافت‌یابی:

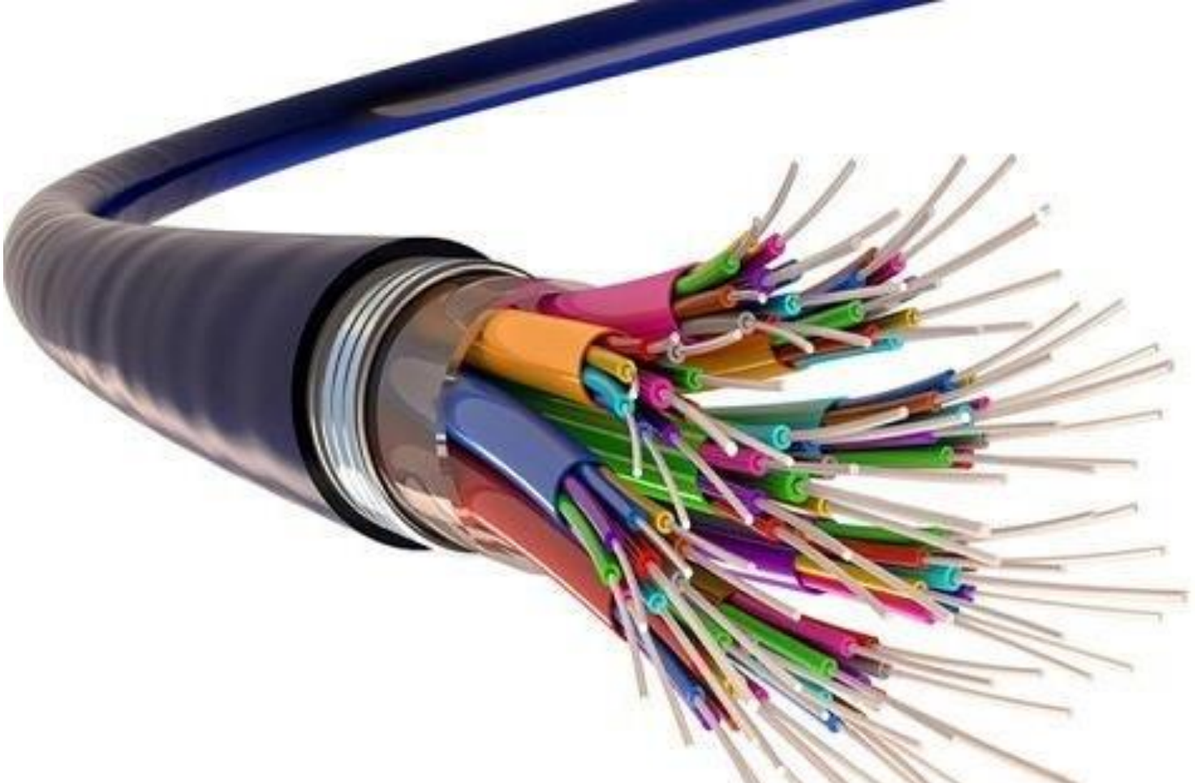
واژه لایدار (Lidar) از نظر لغوی به معنای آشکارسازی نور و پیمایش است. لایدار در واقع یک روش سنجش از راه دور اپتیکی است که از خصوصیات نور لیزر منتشر شده برای تعیین ویژگی‌های خاص اشیای دور و سطح زمین استفاده می کند، نتایج این روش مختصات مکانی بسیار دقیقی ارائه می‌دهد. از این روش برای نقشه برداری‌های هوابرد استفاده می‌شود که جایگزینی مقرون به صرفه برای روش‌های نقشه‌برداری سنتی مانند فتوگرامتری به شمار می‌رود.

لایدار در واقع یک حس‌گر فعال نوری است به طوری که ابتدا پرتوهای لیزر را به سوی یک هدف هدایت می‌کند. سپس بازتاب نور لیزر از هدف شناسایی شده و توسط گیرنده های لیزر در حس‌گرهای لایدار تحلیل می‌شود. امروزه لایدار یکی از اصلی‌ترین ابزارهای مورد استفاده در خودروهای خودران محسوب می‌شود. البته این فناوری کاربردهای نوینی را نیز در کشاورزی مدرن، حفظ تنوع بیولوژیکی، هواشناسی، صنعت بازی، رباتیک و اتوماسیون و همچنین بهینه سازی تولید برق خورشیدی و بادی به خود اختصاص داده است.

طیف‌سنجی مادون سرخ:

روشی است که به صورت گسترده هم در تحقیقات و هم صنعت کاربرد دارد. در صنایع غذایی از این روش جهت کنترل کیفیت فرآورده‌ها بهره‌گیری می‌شود. همچنین نشتی گاز طبیعی در حین انتقال از خطوط انتقال گاز را نیز به این روش شناسایی می کنند. این صنعت جزء مهمی در فرآیندهای مهندسی مانند تولیدات پلیمری و ساخت قطعات نیم‌رسانا در صنعت میکروالکترونیک است. کما اینکه در گستره‌ی وسیع تری از پزشکی قانونی گرفته تا میراث فرهنگی هم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نشریه فناوری فوتونیک و مواد پیشرفته
شماره اول آذر ۱۳۹۸



رشته‌های نوری

از جمله اجزای مهم نوری هستند که تاکنون به صورت‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای این قطعات اپتیکی، انتقال اطلاعات است. از این رو می‌توان آن را به عنوان قلب تپنده‌ی صنعت ارتباطات نوین در نظر گرفت که همچنان در حال رشد و توسعه است. همچنین این ادوات در بسیاری از حس‌گرها و در زمینه‌ی انتقال برق نیز به صورت گسترده به کار می‌روند. در پزشکی، آن‌ها را برای هدایت نور و تصویربرداری به خدمت می‌گیرند. استفاده از این ادوات در آندوسکوپی‌ها، آسیب‌های ممکن در حین جراحی را به حداقل می‌رساند. با ارائه‌ی چنین امکانات ویژه‌ای در زمینه‌های مختلف صنعت، ارتباطات و پزشکی، رشته‌های نوری جزء فناوری‌های کلیدی مورد توجه دانشمندان قرار دارد.

همزمان با شروع انقلاب فوتونیکی فرآیندهای تولیدی و صنعتی دگرگون شده و نسل قدیم ماشین آلات کارخانه‌ای جای خود را به لیزرها، حسگرها و ربات‌ها خواهند داد.

لیزر دیودها:

لیزر دیودها به صورت گسترده در بارکدخوان‌ها و چاپگرهای لیزری مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای ساخت اشاره‌گرهای لیزری و مسیریاب‌ها نیز از این ادوات بهره‌گرفته می‌شود. از لیزر دیودهای پیشرفته‌ی توان بالا در کاربردهای صنعتی مانند برش، حفاری و جوشکاری استفاده می‌شود. کاربردهای پزشکی این دستاورد پیشرفته نیز شامل تشخیص و جراحی‌های لیزری است. لیزر دیودها از جمله اجزای کلیدی اسکنرهای سه بعدی هستند که در درب ورود به واقعیت مجازی، واقعیت ترکیبی و همچنین کاربردهای هولوگرافی است. بسیاری از چاپگرهای سه بعدی امروزه از لیزر دیودها برای تولید محصولات منحصر به فرد نسل آینده بهره می‌برند.

فوتونیک و زندگی هوشمند

تا سال ۲۰۳۰، ارتباطات دیجیتالی سبک جدیدی از زندگی شهری را رواج خواهد داد. فناوری‌های فوتونیکی شامل چشمه‌ها، حسگرها و فناوری اطلاعات نوری، در واقع زیرساخت‌های لازم برای توسعه‌ی خانه‌های هوشمند و مناطق شهری پیشرفته را فراهم خواهد کرد. این امر امکان زندگی و کار در محیط‌های جذاب، ایمن و سازنده را به ما می‌دهد.

یکی دیگر از مهم‌ترین حوزه‌های نوآورانه و توسعه‌ی بازار، روشنایی هوشمند و کارآمد (داخل و خارج از منزل) است. اهمیت این حوزه به دو دلیل است:

اول این که بنا به تحقیقات دانشمندان نقش بی بدلیل روشنایی بر سلامت انسان، از حس و حال روانی و سلامت جسمی گرفته تا قابلیت عملکرد او در فعالیت های شخصی در مدرسه، خانه و محل کار ثابت شده است.

از سوی دیگر، روشنایی داخلی به تنهایی حدود ۲۰ درصد کل انرژی را مصرف می‌کند. از این رو یکی از مهم‌ترین اهداف تحقیقات دانشمندان فوتونیک در این حوزه، دستیابی به منابع نورانی بازده بالا و کاهش مصرف انرژی است.

به این ترتیب، وضوح می‌توان دریافت که فوتونیک می‌تواند امکانات نامحدودی را در اختیار بشر قرار دهد. اگرچه برای بهره‌مندی همه جانبه از پتانسیل گسترده‌ی نور که به صورت بازار محصولات جدید نمود می‌یابد، اطمینان از توسعه و پیشرفت هسته‌ی فناوری‌ها به صورت هماهنگ و نظام‌یافته، امری حیاتی است.

ایده‌های نوین برای کاربردهای فوتونیکی اغلب به یک کاربرد و یا حتی زمینه ی پژوهشی خاص محدود نمی‌شود. از این رو، محصولات نوآورانه و نوینی که به عنوان مثال در پزشکی، خودرو، صنعت بازی و یا حتی فرآیندهای مهندسی ارائه می‌شوند نیز می‌تواند با ایده پردازی‌های تکاملی در زمینه‌های متفاوت دیگر هم مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل است که همه‌ی زنجیره از تحقیقات بنیادی و توسعه‌ی اجزا گرفته تا یکپارچه سازی سیستم‌ها، باید با تدبیری هوشمندانه و هماهنگ در جهت توسعه‌ی پایدار گام بردارند.

به این ترتیب موج بعدی فناوری‌ها به احتمال زیاد از زمینه‌های در حال ظهور فوتونیکی مانند میکرو و نانوفوتونیک، فوتونیک سیلیکانی، پلاسمونیک، فراماده، اپتیک کوانتومی و از همه مهمتر فوتونیک دیجیتال (که خود عامل گسترش کاربردهایی همانند حس‌گرهای سه بعدی و تصویربرداری محاسباتی است)، شکل خواهد گرفت.

تا سال ۲۰۳۰، ارتباطات دیجیتالی سبک جدیدی از زندگی شهری را رواج خواهد داد.

از علم تا ثروت

فوتونیک و مواد پیشرفته
در خدمت
صنعت فوتوولتائیک

فوتونیک و مواد پیشرفته در خدمت صنعت فوتوولتائیک

به قلم محمد فلاحی
mohifalahi@gmail.com

این فناوری تقریبا در هر جای دنیا فارغ از آب و هوای آن قابلیت کاربرد دارد. کشور آلمان که بسیاری از روزهای سال را در حالت ابری به سر می‌برد در کنار ژاپن و آمریکا یکی از کشورهای پیشرو در توسعه این صنعت بوده است و با دارا بودن حدود ۴۶ گیگاوات نیروگاه فتوولتائیک بالاترین مقدار سرانه توان فتوولتائیک را در بین کشورهای جهان داراست.

۱) مقدمه

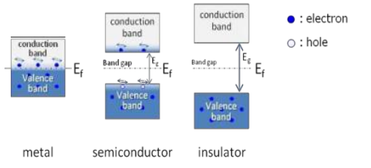
نوشتن و مدون کردن مشاهدات و فرضیات از مهم‌ترین رموز پیشرفت علم بشری بوده است. قطعا علم نورشناسی یا اپتیک نیز از این قاعده مستثنی نیست. ابن هیثم اولین شخصی بود که این تلاش را برای اپتیک انجام داد. او در سال ۱۰۱۱ میلادی نوشتن کتابی را آغاز کرد و پس از ده سال، کتابی هفت جلدی به نام المناظر[1] به بشریت عرضه کرد. ابن هیثم اولین کسی بود که بیان کرد دیدن زمانی اتفاق می‌افتد که نور از جسمی منعکس شده و وارد چشم می‌شود و دیدن نه در چشم که در مغز اتفاق می‌افتد. او همچنین از اولین حامیان این مفهوم بود که یک فرضیه لازم است توسط آزمایش، بر اساس روندهای قابل تائید یا شواهد ریاضی به اثبات برسد و در واقع پنج قرن قبل از انقلاب علمی رنسانس بود که به درک مفهوم روش علمی[2] نائل آمده بود. تقریبا هفتصد سال پس از او بود که کریستین هویگنس و ایزاک نیوتن در قرن هفدهم میلادی به ترتیب نظریه موجی و نظریه ذره‌ای نور را ارائه کردند. البته حال می‌دانیم که نور هم رفتارهای موجی و هم رفتارهای ذره‌ای از خود بروز می‌دهد. شاید بتوان گفت بعد از فعالیت علمی این دانشمندان، مهمترین دستاورد علمی انسان در حوزه نور یا بهتر بگوئیم امواج الکترومغناطیس، توسط جیمز کلارک ماکسول به بشریت تقدیم شد. او موفق شد نور، الکتریسیته و مغناطیس را در قالب یک نظریه ریاضی واحد عرضه کند. بر اساس این نظریه نور از امواج الکتریکی و مغناطیسیِ نسبت به زمان متغیری تشکیل شده است که با سرعت ثابتی در محیط منتشر می‌شوند. اینشتین که ادعا می‌کند بر شانه‌های ماکسول ایستاده است در سال ۱۹۰۵ موفق شد اثر فتوالکتریک را توصیف کند، دستاوردی که در سال ۱۹۲۱ جایزه نوبل فیزیک را برای او به ارمغان آورد. اینشتین اثر فتووالکتریک را بر اساس خاصیت ذره‌ای یا به عبارتی خاصیت کوانتومی نور توصیف کرد بدین صورت که فقط فوتون‌هایی که حاوی مقدار مشخصی انرژی هستند قادر به جداکردن الکترون از اتم‌های فلزات هستند و شدت تابش نور عامل تعیین کننده در این زمینه نیست [۱].

تمامی پدیده‌هایی را که در جهان مشاهده می‌کنیم می‌توان در زیر چتر بسیار گسترده علم فیزیک آورد و حتی شاید بعضی‌ها معتقد باشند در زمینه علوم تجربی علمی جز فیزیک وجود ندارد. اما در یک تقسیم‌بندی آکادمیک، شاخه‌های مختلفی از علم فیزیک که کاربردهای مشخصی را در پی دارند، دارای عنوان‌های متفاوتی نیز هستند. به عنوان نمونه می‌توان به مکانیک، الکترونیک، اپتیک و ... اشاره کرد و حتی شاخه‌هایی میان‌رشته‌ای چون مکاترونیک، الکترواپتیک، اپتوالکترونیک، کوانتوم الکترونیک و ... نیز وجود دارند گرچه لزوما مرزبندی‌های جامع و مانعی نیز بین این رشته‌ها وجود ندارد. فوتونیک نیز از آن زمینه‌های میان‌رشته‌ای است که بیانگر کاربرد علم اپتیک در حوزه‌هایی است که پیشتر به طور سنتی در اقلیم الکترونیک قرار داشته‌اند. زمینه‌هایی همچون ارتباطات مخابراتی و پردازش اطلاعات. البته فوتونیک زمینه‌های بسیار متنوعی را در بر می‌گیرد. به طور کلی علم فوتونیک را می‌توان در قالب علم تولید، تشخیص و به‌کارگیری نور توصیف کرد. در این میان انتشار، انتقال، مدولاسیون، پردازش سیگنال، سوئیچینگ، تقویت و تشخیص سیگنال‌های نوری مطرح می‌شود. یکی از زمینه‌های پرکاربرد فوتونیک تشخیص نور[3] است. آشکارسازهای نوری یا فوتو دیتکتورها را از نظر زمانِ پاسخ می‌توان در سه دسته بسیار سریع، نیمه سریع و کند دسته‌بندی کرد. فوتودیودها با کاربردهای ارتباطاتی در دسته بسیار سریع جای دارند. دستگاه‌های جفت‌کننده باری[4] که کاربرد آنها در دوربین‌های دیجیتال است در دسته نیمه سریع جای می‌گیرند و سلول‌های خورشیدی که برای تولید انرژی از تابش خورشیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند در دسته دیتکتورهای کند قرار دارند.

در ادامه به تاریخچه‌ای از تولید سلول‌های خورشیدی و انواع آنها و کشف و سنتز مواد جدید و پیشرفته با تمرکز بر مواد پروووسکایتی برای پیشبرد این فناوری پرداخته خواهد شد. لازم به ذکر است که ترکیبات پروووسکایتی نه فقط در سلول‌های خورشیدی بلکه به طور کلی در تجهیزات الکترواپتیکی و چندین فناوری دیگر از قبیل خازن‌های الکتریکی، پیل‌های سوختی، کاتالیزورها، سنسورها و حافظه‌های کامپیوتری کاربرد دارند.

۲) اثر فتوولتائیک

در سال ۱۸۳۹ ادموند بکرل فرانسوی زمانی که نوزده سال داشت در حال لایه نشانی محلول کلرید نقره بر روی الکترودی از پلاتین بود که متوجه شد وقتی الکترود در معرض تابش مستقیم خورشید قرار می‌گیرد جریان و ولتاژ الکتریکی تولید می‌کند. این آزمایش مبدا شناخت پدیده فتوولتائیک بود اما چند دهه به طول انجامید تا اثر فتوولتائیک بر روی عناصر دیگری سنجیده شود. اثر فتوولتائیک پدیده‌ای است که وابسته به خاصیت نیمه‌رسانایی است. همانطور که در شکل ۱ قابل مشاهده است بر اساس مدل فیزیک حالت جامد، مواد رسانا، نیمه‌رسانا و نارسانا بر اساس میزان گاف انرژی‌شان از هم تفکیک می‌شوند.

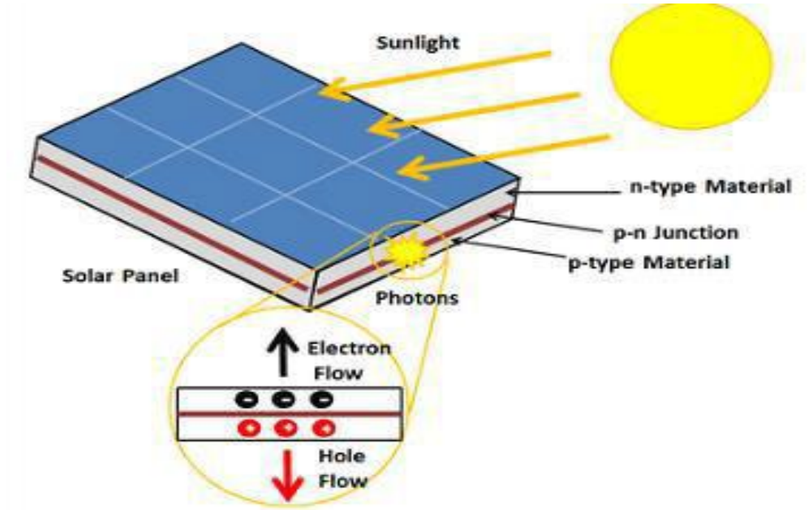


شکل ۱. مدل فیزیک حالت جامد از مواد رسانا، نیمه‌رسانا و نارسانا [۲]

در این مدل، رسانایی یا نارسانایی مواد بر اساس مفاهیم نوار ظرفیت[5]، نوار رسانش[6] و گاف انرژی[7] توصیف می‌شود.

آلمان در حال حاضر از نظر میزان مطلق ظرفیت نصب شده جایگاه چهارم را بعد از چین (۱۷۵ گیگاوات)، آمریکا (۶۲ گیگاوات) و ژاپن (۵۵ گیگاوات) دارد. داده‌ها تا پایان سال ۲۰۱۸ هستند.

[1] Book on Optics
[2] Scientific method
[3] Detection
[4] Charge Coupled Device
[5] Valence band
[6] Conduction band
[7] Energy band gap



در مواد رسانا عملا نوار ظرفیت و نوار رسانش بر هم منطبقند و الکترون‌های لایه ظرفیت در حضور دمای محیط و بدون هیچ برانگیختگی از منبعی دیگر وارد نوار رسانش شده و ویژگی رسانایی را برای آنها فراهم می‌کنند. در مقابل، گاف انرژی در نارساناها آنقدر بزرگ است که در حالت عادی هیچ الکترونی از لایه ظرفیت به لایه رسانش منتقل نمی‌شود و تنها در حضور میدان الکتریکی قوی است که این امکان وجود دارد و البته در صورت اعمال چنان میدانی ساختار ماده از بین خواهد رفت. حد وسط بین این دو حالت این است که گاف انرژی نه مثل مواد رسانا صفر و نه مثل نارساناها بسیار بزرگ باشد. در مواد نیمه‌رسانا گاف انرژی محدودی از مرتبه چند الکترون ولت وجود دارد که با برانگیختگی‌های حرارتی یا تابشی امکان انتقال الکترون‌ها از لایه ظرفیت به لایه رسانش وجود داشته و می‌تواند ماده را از حالت نارسانایی به رسانایی نسبی سوق دهد. در اثر فتوولتائیک لازم است دو نیمه‌رسانا با حامل‌های بار اکثریت متفاوت (یعنی از نوع n و p) در کنار هم قرار گیرند. در نتیجه‌ی این اتصال، در پیوندگاه آنها میدانی الکتریکی شکل می‌گیرد. همین میدان الکتریکی است که در حضور تابش خورشید که زوج الکترون و حفره (اصطلاحا اکسیتون) ایجاد می‌کند، الکترون‌ها و حفره‌ها را در دو جهت به پیش می‌راند.

اشاره شد که در سال ۱۸۳۹ اثر فتوولتائیک کشف شد اما جالب است که تا چند دهه به طور جدی دستاورد جدیدی در این حوزه به دست نیامد تا اینکه در سال ۱۸۷۳ ویلوبی اسمیت نشان داد سلنیوم قادر به بروز اثر فتوولتائیک است. از آن سال به بعد پژوهش‌ها و آزمایشات در این زمینه رشد یافت و موادی چون سلنیوم جامد، ترکیب سلنیوم و طلا، کادمیوم سولفاید و حتی سلول‌های حساس‌شده به رنگ[8] مورد آزمایش قرار گرفتند. سلول‌هایی که پژوهش‌ها بر روی آنها هنوز هم در جریان است.

در ابتدای دهه ۱۹۵۰ میلادی آزمایشگاه‌های بل آمریکا برای کاربردهای فضایی بر روی سلول‌های خورشیدی پژوهش می‌کردند و در سال ۱۹۵۴ موفق به ساخت سلولی سیلیکونی با بازده ۶% شدند. از آن زمان تا به حال سلول‌های سیلیکونی بیشترین سهم تحقیق، توسعه و بازار را به خود جلب کرده‌اند اما از اواخر دهه اول سده بیست و یکم میلادی بود که ماده جدیدی وارد صحنه صنعت فتوولتائیک شد و در طول یک دهه راندمان آن به مرتبه سلول‌های سیلیکونی بلوری رسید. در ادامه مفصلا به این زمینه خواهیم پرداخت.

۳) طبقه‌بندی سلول‌های خورشیدی

به طور معمول سلول‌های فتوولتائیک به سه دسته سیلیکونی، لایه نازک و نانوساختار تقسیم می‌شوند که البته با کمی هم‌پوشانی این سه دسته را به عنوان نسل‌های اول، دوم و سوم نیز می‌نامند. نسل سوم سلول‌های خورشیدی شامل تعداد زیادی از فناوری‌ها است که آنها را فناوری‌های در حال ظهور نیز می‌نامند.

۳-۱) سلول‌های سیلیکونی

سلول‌های سیلیکونی خود چند دسته هستند که عبارتند از سلول‌های تک‌بلوری[9] چند بلوری[10] و آمورف یا بی‌شکل (a-Si). سلول‌های تک‌بلوری و چند بلوری در نسل اول و سلول آمورف در نسل دوم جای می‌گیرد. سلول‌های سیلیکونی تک‌پیوندگاهی در میان سلول‌های تجاری دارای بیشترین راندمان و البته بالاترین قیمت هستند. سلول‌های تک‌بلوری و چندبلوری از ویفرهای سیلیکونی ساخته می‌شوند که البته برای هر یک، ویفر سیلیکونی به روشی متفاوت تهیه می‌شود. ویفرهای سیلیکونی تک‌بلور به روشی به نام چوکرالسکی[11] که روشی برای رشد بلور است ساخته می‌شوند. در این فرآیند سیلیکون با خلوص بالا با گرید نیمه‌رسانایی در دمای ۱۴۲۵ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود و همچنین در همین مرحله عناصر سه یا پنج ظرفیتی مثل بور یا فسفر نیز در مقادیر بسیار دقیق به آنها اضافه می‌شود. یک بلور اولیه در این سیلیکون مذاب قرار می‌گیرد و با سرعتی مشخص و بسیار کنترل‌شده حرکت دورانی و انتقالی به سمت بالا انجام می‌دهد و از این طریق بلور خالص سیلیکون با آلایش مورد نظر تهیه می‌شود که به شمش سیلیکون معروف است و می‌تواند قطری به اندازه چند ده سانتی‌متر و ارتفاعی به اندازه دو متر داشته باشد. تصویر نمونه‌ای از این شمش در شکل ۲ مشخص است.

شکل ۲. شمش سیلیکون تک‌بلوری

[8] Dye sensitized
[9] Monocrystalline
[10] Polycrystalline
[11] Czochralski

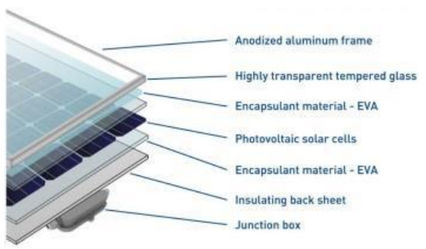
از علم تا ثروت

وقتی این شمش در ضخامت‌های حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ میکرون برش داده می‌شود به ویفر تبدیل می‌شود که یا از نوع n است یا p. سپس سیلیکون نوع مقابل p یا n با ضخامتی به اندازه یک میکرون بر روی آن لایه نشانی می‌شود. از طریق این فرآیند سیلیکون تک بلوری تهیه می‌شود که تمام حجم آن از نظر بلوری یکپارچه است و همین یکپارچه بودن ساختار راندمان بیشتری را برای جذب و تبدیل فوتون‌ها فراهم می‌آورد. بالاترین راندمانی که برای سلول سیلیکونی تک‌بلور تک‌پیوندگاهی به دست آمده است ۲۶٫۶% [۳] بوده است. رشد بلور به این روش پیچیده، انرژی‌بر و به تبع آن پر هزینه است. هزینه تولید ماژول فتوولتائیک با این فناوری حدود ۱ دلار بر وات است. همچنین راندمان سیلیکون تک‌پیوندگاهی به بازده نظری ۳۳٫۷% محدود است که به راندمان شاکلی-کوئیسر[۱۲] معروف است.

سیلیکون چند بلوری به روشی متفاوت تهیه می‌شود. این نوع سلول حاصل از ریخته‌گری سیلیکون است که در آن سیلیکون مذاب درون یک قالب ریخته شده و پس از جامد شدن به صورت ویفر برش زده می‌شود. فرآیند ساخت در این مورد ارزان‌تر است بنابراین قیمت تمام‌شده آن نیز کمتر است اما به دلیل وجود نواقص ساختاری در بلور آن راندمان کمتری دارد. در واقع ساختار یک سلول سیلیکونی چند بلوری به دانه (Grain)هایی تقسیم می‌شود که درون هر کدام از آن دانه‌ها، ساختار بلوری منظم و کامل است اما ساختار دانه‌ها لزوما با هم تطابق ندارد و همین موضوع باعث کاهش جذب موثر توان تابشی خورشید می‌شود. نکته مهم در مورد سلول‌های سیلیکونی این است که نیمی از شمش تولید شده در فرآیند ساخت آنها هدر می‌رود. البته این سیلیکون دوباره قابل استفاده خواهد بود اما به هر حال مقدار زیادی انرژی برای تهیه آن صرف شده است که دیگر قابل بازیابی نیست. آخرین راندمان ثبت‌شده سلول‌های کریستالی چندبلوری برابر ۲۲٫۳% [۳] است.

به طور کلی به دلیل فراوانی بالای عنصر- سیلیکون در پوسته زمین و بالغ شدن فناوری سلول‌های سیلیکونی و رسیدن راندمان آنها به حد مطلوب و اقتصادی و پایداری بالای آنها در حد ۲۰ تا ۲۵ سال، حدود ۹۰% بازار سلول‌های فتوولتائیک تجاری به آنها تعلق دارد.

سلول‌های سیلیکونی در کنار هم یک ماژول را تشکیل می‌دهند که ماژول‌های استاندارد تجاری دارای ۶۰ یا ۷۲ سل هستند که به صورت سری نسبت به هم قرار گرفته‌اند. ماژول‌های کریستالی از لایه‌های مختلفی تشکیل شده اند که در شکل ۳ قابل مشاهده است.



شکل ۳. اجزاء یک ماژول خورشیدی فتوولتائیک

[12] Shockly-Queisser limit

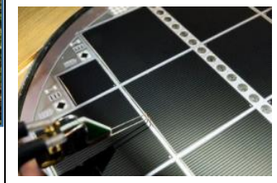
رنگ مشکی، آبی تیره و آبی سلول‌های سیلیکونی نیز ناشی از لایه ضد انعکاسی (Anti Reflecting Coating)است که بر روی آنها لایه‌نشانی شده است. این رنگ‌ها بر اساس نوع سلول بیشترین جذب تابش و بالاترین راندمان ممکن را برای آنها فراهم می‌آورند.

۳-۲) سلول‌های لایه نازک

نوع دیگر سلول‌های سیلیکونی که از نسل دوم سلول‌های فتوولتائیک است، سیلیکون آمورف یا بی‌شکل است. این سلول‌ها که از سلول‌های کریستالی بسیار نازک‌ترند و ضخامتی در حد یک میکرون دارند، به وسیله فناوری لایه نازک ساخته می‌شوند. سیلیکون آمورف به وسیله گاز فعالی مثل سیلان (SiH_4) روی زیرلایه‌های ارزان قیمتی مثل شیشه و پلاستیک لایه‌نشانی می‌شود. به دلیل مواد اولیه کمتر، فرآیند و زیرلایه‌های ارزان‌تر و تولید انبوه آسان‌تر، این سلول‌ها از توجیه اقتصادی بهتری برخوردارند اما راندمان آنها پایین‌تر است. آخرین راندمان ثبت‌شده آنها ۱۴% [۳] است. به دلیل راندمان پایین، از آنها در موارد توان پایین مثل ساعت و ماشین حساب استفاده می‌شود.

انواع دیگری از سلول‌های لایه نازک نیز وجود دارند. سلول‌هایی مثل مس ایندیوم گالیوم دی سلناید (CIGS)، کادمیوم سولفاید (CdS)، کادمیوم تلوراید (CdTe) و گالیوم آرسنایید (GaAs) نمونه‌هایی از سلول‌های لایه نازک تک‌پیوندگاهی هستند و البته به همین تعداد محدود نیستند. سلول‌های لایه نازک چند پیوندگاهی نیز وجود دارند. سلول‌هایی از قبیل CIGS/CdS، CdTe/CdS، CdS/GaAs، InGaP/AlInP/GaAs و InGaP/GaAs/InGaAs. البته سلول‌های دو و چند پیوندگاهی جزء نسل سوم سلول‌های خورشیدی هستند. بالاترین راندمان ثبت شده سلول‌های دو، سه و چهار پیوندگاهی بدون متمرکزکننده به ترتیب ۳۲٫۸%، ۳۷٫۹% و ۳۹٫۲% [۳] است و البته راندمان آنها در حالت استفاده از متمرکزکننده تابش، دو تا هفت درصد بیشتر است. در حالت بدون متمرکزکننده، شدت تابش خورشید معادل ۱۰۰۰ وات بر مترمربع (یک سان) است و در حالت استفاده از عدسی‌های متمرکزکننده (عدسی‌های فرنل) شدت تابش به بیش از سیصد سان می‌رسد. لازم به ذکر است که سلول‌های سه و چهار پیوندگاهی سلول‌های تجاری نیستند و در کاربردهای خاص مثل ماهواره‌ای و نظامی که هزینه ساخت محدودیت محسوب نمی‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این نکته نیز جالب است که سلول‌های دو پیوندگاهی به صورت اتفاقی توسط دانشمندان کشف شدند. در سال ۱۹۸۹ در حین تغییر ساختار سلول گالیوم آرسنایید، این سلول بر روی لایه‌ای از ژرمانیوم لایه نشانی شد که باعث افزایش ولتاژ مدار باز سلول شد. از این طریق پی برده شد که ژرمانیوم بستری مناسب برای ایجاد نوع جدیدی از سلول هاست. در حالی که در آن زمان راندمان سلول‌های تک پیوندگاهی ۱۹% بود.



سلول خورشیدی چند پیوندگاهی

سلول‌های دو پیوندگاهی کار خود را با راندمان ۲۰% آغاز کردند. روش‌های مختلفی مانند انباشت تبخیری[13]، الکتروپلیت[14] و نازل فراصوتی[15] برای ساخت سلول‌های لایه نازک وجود دارند. این فناوری‌ها موفق شده اند هزینه ساخت ماژول را به ۰٫۵ دلار بر وات کاهش دهند اما در مورد سلول‌های تک پیوندگاهی راندمان ماژول آنها نتوانسته است به راندمان ماژول‌های سیلیکونی تک‌پیوندگاهی برسد.

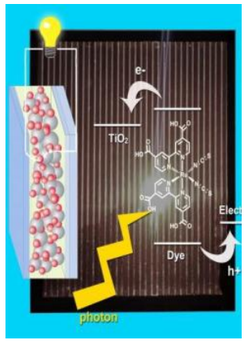
۳-۳) سلول‌های نانوساختار

در حوزه سلول‌های خورشیدی زمانی پارادایم راندمان بالا با هزینه بالا وجود داشته است. سلول‌های نانوساختار آمده اند تا این پارادایم سنتی را بشکنند. این سلول‌ها نسل سوم سلول‌های فتوولتائیک هستند و این امیدواری وجود دارد که آینده سلول‌های خورشیدی توسط آنها رقم بخورد. سلول‌هایی که راندمان بالا و هزینه کمی دارند. در اینجا به دو نوع از این سلول‌ها، سلول حساس به رنگ[16] و سلول پروسکایت[17] می‌پردازیم.

پیش از شروع لازم به ذکر است ذرات در مقیاس نانومتری دو ویژگی مهم دارند: ۱) در بیشتر پدیده‌های مربوط به آنها، قوانین فیزیک کلاسیک کاربرد ندارد و در عوض قوانین مکانیک کوانتومی حکمفرما هستند. به همین دلیل خواص اپتیکی، الکتریکی و مغناطیسی این ذرات در مقایسه با توده همان ماده متفاوت است. ۲) کاهش اندازه ذرات، باعث افزایش نسبت سطح به حجم و به عبارتی افزایش سطح ویژه آنها شده و بهبود بازده فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی را مخصوصا در واکنش‌های کاتالیستی نتیجه می‌دهد و همچنین باعث افزایش حلالیت آنها می‌شود.

۳-۳-۱) سلول‌های حساس‌شده به رنگ

سلول حساس‌شده به رنگ اولین سلول نانوساختاری است که به مرحله تجاری شدن رسیده است. ساختار این سلول نیمه‌رسانایی است که بین یک آند حساس به نور و یک الکترولیت قرار گرفته است. این سلول اولین بار در سال ۱۹۹۱ توسط مایکل گرتزل و برایان اورگان در دانشگاه صنعتی فدرال لوزان (EPFL) طراحی شد و ویژگی مهم آن این است که از مواد کم هزینه ساخته شده و ساختار پیچیده‌ای ندارد.



سلول رنگ‌دانه‌ای

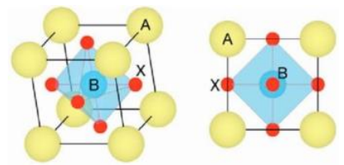
در سلول‌های نانوساختار دو لایه مهم وجود دارند. یکی لایه انتقال‌دهنده الکترون[18] و دیگری لایه انتقال‌دهنده حفره[19] برای لایه انتقال‌دهنده الکترون از TiO_2 یا پلیمری تولیدشده از C_{60} استفاده می شود که به فاز n معروف است و برای لایه انتقال‌دهنده حفره از $CuInS_2$ یا پلیمری که از PPV (پلی فنیل ویلین) تهیه شده است استفاده می‌شود که با عنوان فاز p شناخته می‌شود. هر یک از این لایه‌های رسانا به الکترودهایی متصل هستند. این دو لایه باید به درون هم نفوذ کرده و در فاصله‌ای کمتر از یک میکرون با هم بیامیزند.

[13] Vapor deposition
[14] Electroplating
[15] Ultrasonic Nozzle
[16] Dye-sensitized
[17] Perovskite
[18] Electron Transport Layer
[19] Hole Transport Layer

در سلول‌های حساس به رنگ ماده نیمه‌رسانا مستقیما نقش تولید الکترون را ندارد. بلکه فوتوالکترون‌ها توسط یه ماده رنگی حساس به نور تولید می‌شوند و نیمه‌رسانا فقط مسئولیت انتقال بار را بر عهده دارد. آخرین راندمان ثبت شده برای این سلول‌ها ۱۱٫۹% [۳] بوده است.

۲-۳-۳) سلول‌های پروسکایت

مواد پروسکایتی نام خود را از ساختارهای کریستالی کلسیم تایتانایت ($CaTiO_3$) گرفته اند. این ساختار برای اولین بار در سال ۱۸۳۹ توسط گوستاو رُز معدن‌شناس آلمانی کشف شد و به افتخار تلاش‌های معدن‌شناس روسی کنت لِو آلکسیویچ پروسکی در مورد شناخت آن، با عنوان پروسکایت نامگذاری شد. از آن به بعد نام پروسکایت به تمام موادی اطلاق شد که دارای ساختار کلسیم تایتانایت بودند. مواد پروسکایتی دارای یک ساختار عمومی ABX_3 هستند که در آن A نماینده یک کاتیون ارگانیک مثل متیل آمونیوم $CH_3NH_3^+$ ، B نماینده یک کاتیون فلزی مثل Pb_2^+ و X نماینده یک آنیون هالید مثل I^- است. بنابراین یک نمونه از لایه فعال سلول خورشیدی با ساختار پروسکایتی $CH_3NH_3PbI_3$ بوده که به متیل آمونیوم سرب یدید (MAPbI3) معروف است. در شکل ۴ یک سلول واحد از ساختار عمومی پروسکایت قابل مشاهده است.



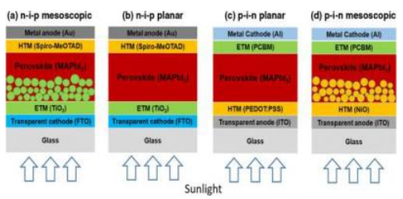
شکل ۴. ساختار سه‌بعدی عمومی یک سلول واحد پروسکایت [۴]

اولین کاربرد پروسکایت در یک سلول خورشیدی حالت جامد بر اساس ساختار سلول‌های حساس شده به رنگ بود که از $CsSnI_3$ هم به عنوان لایه فعال و هم به عنوان لایه انتقال‌دهنده حفره (HTL) مورد استفاده قرار گرفت. در حالی که برای سلول‌های سیلیکونی بیش از سه دهه زمان برد تا راندمان آنها به بالای ۲۴% برسد، این اتفاق برای سلول‌های پروسکایت یک دهه زمان برد. هم‌اکنون بالاترین راندمان ثبت شده برای سلول‌های پروسکایت ۲۴٫۲% [۳] است. یکی از ویژگی‌های شاخص سلول‌های پرروسکایتی گاف انرژی قابل تغییر آنها با استفاده از کاربرد عناصر مختلف در سایت X است. به عنوان مثال ساختار $CH3NH3PbX3$دارای گاف انرژی ۱٫۵ تا ۲٫۳ الکترون ولت است. همچنین این ساختارها دارای ضریب جذب نور بالا (بیش از ۱۰۴ بر سانتی‌متر) هستند که در مورد این ویژگی با موادی چون کادمیوم تلوراید و مس روی قلع سولفاید (CZTS) مشابهت دارند.

از سال ۲۰۰۹ که تحقیقات بر روی سلول‌های پروسکایتی آغاز شده است راندمان ساختار تک پیوندگاهی آنها از ۳٫۹% (بر اساس ساختار سلول‌های حساس به رنگ) به ۲۴٫۲% رسیده است. همچنین راندمان ساختار تَنـدِم سیلیکون-پروسکایت از حداکثر راندمان سلول تک‌پیوندگاهی سیلیکونی گذشته و به ۲۸% رسیده است. در طول چند سال گذشته جایگزینی لایه انتقال‌دهنده حفره از الکترولیت مایع به ماده جامدی به نام Spiro-OMeTADنقش بسیار موثری در افزایش راندمان این سلول‌ها داشته است. با وجود راندمان بالا، سلول‌های پروسکایتی با دو چالش روبه‌رو هستند که تا به حال آنها را از تجاری شدن بازداشته است. اولی ناپایداری سلول در شرایط محیطی در مجاورت اشعه فرابنفش، اکسیژن و رطوبت است و دومی وجود سرب در ترکیبات آن. به همین دلیل لازم است درک عمیقی از مکانیزم تخریب شدنِ هم ساختار پروسکایت و هم ساختار دیگر لایه‌ها همچون HTM و ETM به دست آید.

در ساختار پروسکایتی ترکیبات مختلفی قابل استفاده است. برای کاتیون ارگانیک از متیل آمونیوم($CH_3NH_3^+$) ، اتیل آمونیوم ($CH_3CH_2NH_3^+$) و فرامیدینیوم ($NH_2CH=NH_2^+$) استفاده شده است. همچنین چندین گزینه برای کاتیون فلزی وجود دارند از قبیل Ge_2^+ ، Sn_2^+ و Pb_2^+. برای آنیون هالید هم می‌توان از عناصری مثل فلوئور، کلر، برم و ید استفاده کرد. اما در بین همه این ساختارها، ساختار متیل آمونیوم سرب یدید($CH_3NH_3PbI_3$) به عنوان لایه فعال از همه بیشتر مورد استفاده قرار گرفته و راندمان بالاتری را به دست داده است [۴].

چهار ساختار اصلی برای سلول‌های پروسکایت وجود دارد. ساختار تخت و ساختار مزوسکوپیک یا متخلخل معمولی (n-i-p) و ساختار وارونه (p-i-n) آنها. در شکل ۵ شماتیکی از ساختارهای تخت و متخلخل قابل مشاهده است.



شکل ۵. شماتیکی از ساختارهای تخت و متخلخل سلول پروسکایت [۵]

ساختار n-i-p متخلخل (شکل a۵.)، اولین ساختار با راندمان بالا بود که ارائه شد. در این شکل لایه نگهدارنده شیشه است. ساختار n-i-p متخلخل از پایین با یک لایه کاتد رسانای شفاف (در اینجا لایه FTO فلوئورین ذوب شده در اکسید قلع) آغاز می‌شود. سپس به ترتیب لایه انتقال‌دهنده الکترون (در اینجا TiO_2)، لایه متخلخلی از یک اکسید فلزی (در اینجا TiO_2) پر شده با ماده فعال پروسکایت با خلوص بلوری بالا، لایه انتقال‌دهنده حفره در اینجا (Sprio-OMeTAD) و یک لایه آند فلزی (در اینجا طلا). لایه فعال پروسکایت ضخامتی به اندازه ۳۰۰ نانومتر دارد. ساختار تخت وارونه (p-i-n) با یک لایه آند رسانای شفاف (در اینجا لایه اکسید قلع ایندیوم ITO) آغاز می‌شود و بعد از آن به ترتیب لایه انتقال‌دهنده حفره (در اینجا PEDOT:PSS، لایه خالصی از پروسکایت، لایه انتقال‌دهنده الکترون (در اینجا PCBM و یک لایه کاتد فلزی (در اینجا آلومینیوم). ساختار متخلخل راندمان بهتری را نسبت به ساختار تخت از خود نشان داده است.

به عنوان جمع‌بندی در مورد سلول‌های پروسکایت باید گفت که آنها نویدبخش‌ترین پیشرفت را در میان همه سلول‌های خورشیدی از نظر راندمان داشته اند اما در عین حال با چالش‌های مهمی همچون ناپایداری در شرایط محیطی و دارابودن ترکیبات سمی برای محیط زیست مواجه هستند. برای رفع چالش ناپایداری هم بر روی ساختارهایی که به طور ذاتی پایداری بالایی دارند پژوهش انجام می‌شود و هم استفاده از لایه‌های محافظی که ساختار پروسکایتی را از ارتباط نزدیک با تابش فرابنفش، اکسیژن و رطوبت دور نگه می‌دارند. همچنین برای تولید سلول‌هایی سازگار با محیط زیست بر روی سلول‌های بدون سرب تحقیق می‌شود که البته تا به حال جایگزینی سرب با دیگر عناصر مانند ژرمانیوم و قلع راندمان را به شدت کاهش داده است. یکی از زمینه‌های که توجهات زیادی را به خود جلب کرده است ساختارهای ترکیبی دوبعدی/سه‌بعدی پروسکایتی بوده است.

[1] Zakya H. Kafafi, "The role of photonics in energy," 12 October 2015

[2] S. A. Kalogirou, Solar Energy Engineering, Academic Press, 2013.

[3] "Best Research-Cell Efficiencies" NREL, 2019.

[4] Z. Shi and A. H. Jayatissa, "Perovskites-Based Solar Cells: A Review of Recent Progress, Materials and Processing Methods," *Materials,* vol. 11, no. 5, 2018.

[5] M. J. Uddin, "Functional materials, device architecture, and flexibility of perovskite solar cell," *Emergent Materials,* vol. 1, no. 3-4, pp. 133-154, 2018.

از علم تا ثروت

نفوذ نیروگاه‌های فتوولتائیک در سیستم انرژی ایران

سیستم‌های فتوولتائیک دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که این امکان را فراهم می‌کنند که در کاربردها و ظرفیت‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند. طی ده سال گذشته در نتیجه پیشرفت فناوری، قیمت ماژول‌های فتوولتائیک در سطح جهانی به حدی کاهش یافته است که برق تولیدی آنها با قیمت برق حاصل از نیروگاه‌های زغال‌سنگی و هسته‌ای رقابت می‌کند و این کاهش قیمت همچنان نیز ادامه دارد. از ویژگی‌های مهم دیگر این فناوری، نیاز نداشتن به آب، بی‌صدا بودن، قابلیت نصب در ظرفیت‌های متفاوت از کیلوواتی تا گیگاواتی (وابسته به شرایط شبکه سراسری برق) و امکان استفاده برای کاربردهای مختلف شامل خانگی و صنعتی است. برخی موارد که شاید به عنوان نقاط ضعف این فناوری یاد شود، اشغال مساحت زیادی از زمین، وابسته بودن تولید آن به شرایط آب و هوایی و تولید انرژی صرفا در روشنایی روز است. با وجود سطوح وسیعی از پشت‌بام‌هایی که در سطح شهرها بی‌استفاده مانده‌اند و پتانسیل نصب سیستم‌های فتوولتائیک را دارند نکته اول چندان چشمگیر نیست و این نکته قابل ذکر است که اشغال زیاد زمین یکی از معایب همه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر از جمله انرژی بادی است.

نفوذ نیروگاه‌های فتوولتائیک در سیستم انرژی ایران

به قلم محمد فلاحی
mohifalahi@gmail.com

سیستم‌های فتوولتائیک به صورت‌های مختلفی قابلیت کاربرد دارند.

۱) سیستم متصل به شبکه

۲) سیستم Net-metering

۳) سیستم مستقل از شبکه

۴)سیستم هیبرید

سیستم متصل به شبکه

(Grid-connected/Grid-tied/On-grid)

این سیستم‌ها به شبکه سراسری برق متصل اند و برق تولیدی شان را مستقیماً به شبکه تزریق می کنند. بر حسب ظرفیت سیستم، تزریق برق می تواند در سطوح توزیع، فوق توزیع یا انتقال باشد. یک سیستم متصل به شبکه فقط در طول روز که آفتاب وجود دارد توانایی تزریق برق به شبکه را دارد. ویژگی مهم این نوع سیستم ها این است که در صورت قطع برق شبکه تزریق برق آنها نیز به دلیل مسائل حفاظتی شبکه متوقف خواهد شد.

سیستم Net-metering

این سیستم، نوعی از سیستم متصل به شبکه است.

آنچه به عنوان Net-metering یا Net Energy Metering (NEM) از آن یاد می‌شود هم یک مفهوم است و هم می تواند به نوعی از سیستم های انرژی تجدیدپذیر متصل به شبکه اطلاق شود. Net-metering سیستمی است که هم می‌تواند برق را به یک واحد مسکونی یا چندین تجهیز الکتریکی تزریق کند و هم به شبکه سراسری برق متصل باشد. در این سیستم ها اولویت تامین برق برای واحد مورد نظر است و در صورتی که برق تولیدی مازاد نیاز واحد بود تفاوت بین تولید سیستم خورشیدی و مصرف داخلی واحد به شبکه تزریق می شود یا اگر در شرایطی که سیستم خورشیدی قادر به تامین همه تقاضای واحد نبود تفاوت بین تولید سیستم خورشیدی و مصرف داخلی واحد از شبکه سراسری تامین می شود. تنها تجهیز اضافه چنین سیستمی نسبت به یک سیستم متصل به شبکه یک کنتور دوطرفه یا اصطلاحا Net-meter است که جریان برق را در دو جهت سیستم به شبکه و شبکه به سیستم اندازه‌گیری می‌کند. اگر سیاست Net-metering بر شبکه برق یک کشور حاکم باشد یعنی شبکه موظف باشد برق خورشیدی تولیدی نیروگاه های پراکنده را با نرخ مشخصی خریداری کند مشوقی برای شهروندان به شمار می آید که می‌توانند از برق مازاد تقاضای خود کسب درآمد کنند.

سیستم مستقل از شبکه

(Stand-alone/Off-grid)

این سیستم‌ها برای تامین برق یک واحد مسکونی کارگاه یا تجهیز الکتریکی به کار می روند. ویژگی اصلی آنها این است که به شبکه برق متصل نبوده و توان تولیدی آنها در تجهیزات ذخیره ساز مثل باتری ذخیره می‌شود.

طراحی سیستم‌های مستقل از شبکه بر اساس تقاضای برق تجهیزات متصل به سیستم صورت می‌گیرد و می‌تواند در طول شبانه روز توان مورد نیاز را به تجهیزات تحویل دهد. هزینه اولیه آنها نسبت به سیستم‌های متصل به شبکه بیشتر بوده و به دلیل نیاز به تعویض چند سال یکبار باتری ها هزینه عملیاتی شان هم افزایش می یابد. همچنین به دلیل حضور باتری در سیستم راندمان انرژی نیز در آنها کمتر است. کاربرد سیستم‌های مستقل از شبکه برای نقاطی است که دسترسی به شبکه برق وجود ندارد. نمونه‌ای از آن، آنتن‌های مخابراتی در برخی از نقاط دور از شبکه است.

از علم تا ثروت

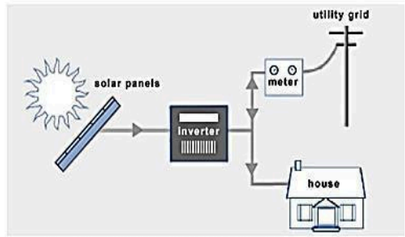
در ایران به طور کلی حامل‌های انرژی یارانه زیادی دریافت می‌کنند به صورتی که برق شبکه، قیمت واقعی خود را ندارد. در واقع ایران بیشترین میزان مطلق یارانه انرژی را در بین همه کشورهای جهان پرداخت می‌کند و این میزان در سال ۲۰۱۸ معادل ۶۸ میلیارد دلار بوده است [۱]. در این شرایط متوسط قیمت برق خانگی (برای مناطق عادی و ماه‌های غیر گرم مناطق گرمسیر) حدود ۱۹۶ تومان بر کیلووات‌ساعت (میانگین نرخ همه پله‌های مصرف از صفر تا بیش از ۶۰۰ کیلووات‌ساعت در ماه) است [۲].

سیستم خورشیدی هیبرید

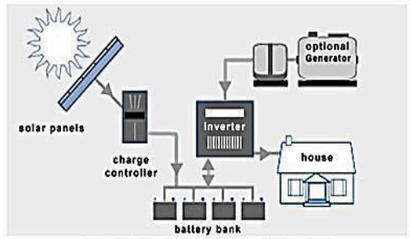
(Hybrid Solar System)

سیستم هیبرید خورشیدی ترکیبی از سیستم متصل به شبکه و مستقل از شبکه است که هم می‌تواند برق را به شبکه تزریق و هم از آن دریافت کند و همچنین در زمان‌های لازم برق را در باتری ذخیره کرده و در بهترین زمان آن را به شبکه تزریق کند. از موارد کاربرد آن زمانی است که نرخ خرید برق سیستم خورشیدی وابسته به ساعت‌های روز باشد. در این حالت در زمان ظهر خورشیدی که بیشترین توان تولید توسط سیستم خورشیدی وجود دارد سیستم برق مصرفی خود را از پنل‌ها تامین می‌کند و باقیمانده آن را در باتری ذخیره می کند و چند ساعت بعد که شبکه در پیک مصرف خود قرار دارد برق را از باتری به شبکه تزریق می‌کند. سیستم های هیبرید زمانی کاربرد می یابند که مفاهیم شبکه هوشمند بر شبکه برق سراسری یک کشور حاکم باشد که نرخ خرید و فروش برق از منابع مختلف در ساعت‌های مختلف شبانه روز متفاوت باشد.

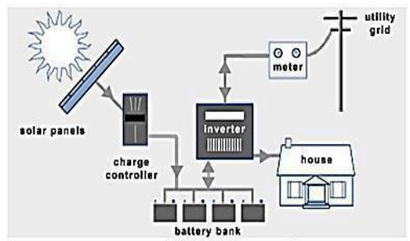
شکل ۶.الف تا ۶.ج شماتیکی از این چهار نوع سیستم را نمایش می‌دهد.



شکل ۶.الف. سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه و Net-metering



شکل ۶.ب. سیستم فتوولتائیک مستقل از شبکه



شکل ۶.ج. سیستم فتوولتائیک هیبرید

مدل درآمدی حاکم بر فناوری‌های تجدیدپذیر از جمله فناوری خورشیدی در کشورهای مختلف متفاوت است. در کشورهایی که نرخ برق شبکه واقعی است و یارانه دریافت نمی‌کند و به عبارتی به Grid parity رسیده است، تولید برق تجدیدپذیر و استفاده داخلی از آن دارای اولویت است. در این حالت حتی ممکن است قانون خرید برق تجدیدپذیر توسط شبکه نیز وجود داشته باشد. در این حالت تولیدکننده برق (چه خانگی و چه صنعتی) می‌تواند به دلخواه خود در ساعت‌هایی از برق تولیدی خود استفاده کرده یا حتی آن را ذخیره کند و در ساعت‌هایی آن را به شبکه تزریق کند. این رویکرد وابسته به هدف مالک سیستم تجدیدپذیر است که سود اقتصادی خود را بیشینه کند یا اینکه خود از بیشترین مقدار ممکن انرژی تجدیدپذیر استفاده کند. اگر هدف بیشینه کردن سود اقتصادی باشد می‌تواند در ساعت‌های اوج مصرف برق شبکه که برق تجدیدپذیر بالاترین ارزش و قیمت را دارد، برق تولیدی خود را به شبکه تزریق کرده و در ساعت‌های غیر اوج برق را به واحد خود تزریق کند. در بسیاری از کشورها از جمله استرالیا، آمریکا و کشورهای اروپایی این سازوکارها برای بازار برق تجدیدپذیر وجود دارد .

این در حالی است که قیمت تمام‌شده برق شبکه در ایران به طور متوسط بیش از ۱۰۰۰ تومان بر کیلووات‌ساعت است. بنابراین استفاده شخصی از برق تجدیدپذیر در ایران مقرون به صرفه نیست اما از سال ۱۳۹۵ با هدف حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر، قانون خرید تضمینی برق تجدیدپذیر به اجرا در آمده است که بر اساس آن طی قراردادی ۲۰ ساله برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر بر حسب نوع (خورشیدی، بادی، زیست توده و زمین گرمایی) و ظرفیت با نرخ‌های مشخصی توسط سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری برق ایران (ساتبا) خریداری می‌شود. بودجه این طرح از عوارض برقی است که به میزان ۱۰% از هر قبض توسط مردم پرداخت می‌شود. نیمی از این عوارض به برق‌رسانی روستایی تعلق دارد و نیم دیگر برای پرداخت درآمد نیروگاه‌های تجدیدپذیر.

در سال اول اجرای این قانون که با تصویب برجام همراه بود سرمایه‌های داخلی و خارجی زیادی به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی جذب شد و ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های تجدیدپذیر (شامل بادی و خورشیدی) در ایران به بیش از ۶۰۰ مگاوات رسید اما بعد از گذشت حدود یک سال به دلیل دیرکرد در پرداخت درآمد نیروگاه‌ها که هم وزارت نیرو و هم سازمان برنامه و بودجه مقصر آن بودند اعتماد سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی از این صنعت سلب شد و سرمایه‌گذاری‌ها به میزان چشم‌گیری کاهش یافت. در پی آن با افزایش ناگهانی قیمت ارز و دو برابر شدن هزینه تجهیزات نیروگاه‌های خورشیدی و ثابت ماندن نرخ خرید تضمینی برق تجدیدپذیر، زمان بازگشت سرمایه نیروگاه‌های خورشیدی متصل به شبکه از حدود ۳,۵ سال به طور متوسط به ۶ تا ۷ سال افزایش یافت. این در حالی است که در برنامه پنج ساله پنجم توسعه (۱۳۹۲-۱۳۹۶) ۵۰۰۰ مگاوات ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر هدفگذاری شده بود. با گذر از سال ۹۶ این هدف گذاری به برنامه ششم توسعه منتقل شد که با وجود شرایط کنونی در این دوره نیز این هدف محقق نخواهد شد. تا همین امروز ظرفیت نصب شده تجدیدپذیر در ایران ۷۲۴ مگاوات است.

ایران با دارابودن بیش از ۳۰۰ روز آفتابی یکی از بهترین پتانسیل‌ها را برای استفاده از انرژی خورشیدی دارد به طوری که با نصب سیستم‌های فتوولتائیک در یک سوم مساحت آن، به طور نظری می‌تواند تقاضای برق کل جهان را تامین کند. مهمترین موانعی که در این زمینه وجود دارند واقعی نبودن برق شبکه در ایران و مشکلات عدیده در نقل و انتقال پول بین ایران و کشورهای صاحب این فناوری در جهان است.

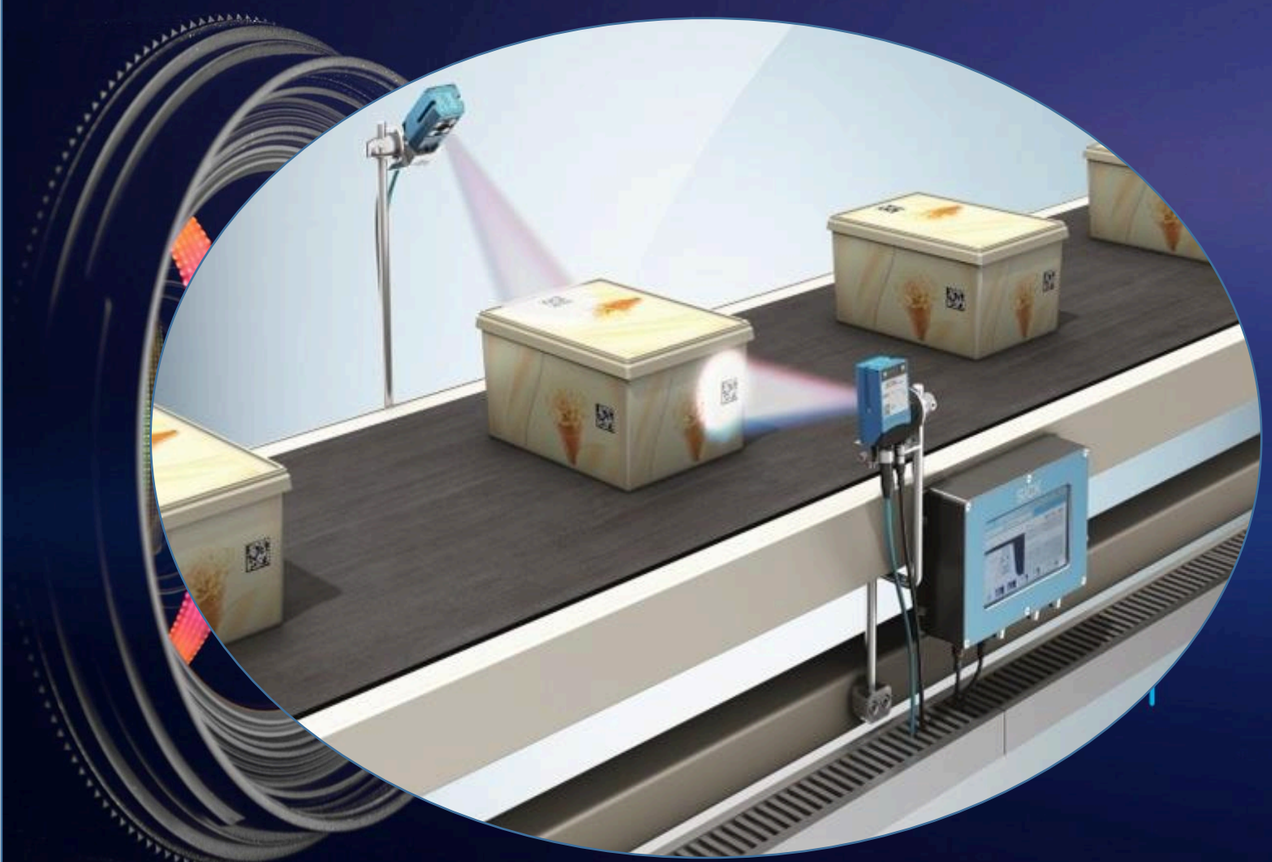
[1] "International Energy Agency," [Online]. Available: https://www.iea.org/weo/energysubsidies/.

[۲]تعرفههای برق و شرایط عمومی آنها، وزرات نیرو، ۱۳۹۷.

نوآورانه

فناوری در خدمت انسان!

ماشین بینایی



آیا این ماشین‌ها می‌توانند در تضمین کیفیت مواد غذایی به ما کمک کنند؟

ماشین بینایی، خلاقیتی به سوی غذای سالم

به قلم علی کاویانفر
ali kavianfar.optonics@yahoo.com

ماشین‌های بینایی ابزارهای نوینی هستند که در زمینه‌های متعدد صنعتی کاربرد گسترده دارند که از آن جمله می‌توان به کاربرد آن‌ها در صنایع غذا و دارو، نیم‌رساناها، خودرو، هواشناسی، تغذیه و غیره اشاره کرد.

این ابزار مهندسی اولین بار در سال ۱۹۸۳ پا به عرصه‌ی ظهور گذاشت. البته نمونه‌های اولیه در مقایسه با نمونه‌های کنونی، به صورت قابل توجهی تغییر یافته‌اند و در حال حاضر نمونه‌هایی با قابلیت و دقت بالاتری در بازار عرضه می‌شود.

یکی از زمینه‌های کاربرد عملی ماشین‌های بینایی در بخش بازرسی میوه، غذا، نوشیدنی و به طور کلی همه‌ی خوراکی‌ها است که در آن بارکد خوان‌ها و حس‌گرها، برچسب‌گذاری صحیح بسته‌بندی‌ها را ارزیابی می‌کنند. همچنین، این ابزارها نقش مهمی در پردازش مواد غذایی ایفا می‌کنند. پیشرفت‌های سریع در خودکارسازی روش‌های تولید مواد خوراکی، موجب افزایش تقاضا برای تولید ابزار آلات پیشرفته‌تر شده است. این افزایش تقاضا به سه دلیل عمده صورت گرفته است:

اول، سرعت بالاتر در فرایند تولید؛ دوم، نیاز به بازرسی و نظارت خودکار در تولید محصولات که می‌بایست جایگزین بازرسی و نظارت دستی گردد؛ و سوم درخواست مشتریان برای دریافت محصولات غذایی با کیفیت. از این رو، دانشمندان در تلاش هستند تا با ارائه‌ی فناوری‌های نوین پاسخگوی نیازهای بازار در این زمینه باشند. به عنوان مثال، پیشرفت علم، دوربین‌هایی با قدرت تفکیک بالاتر و دقیق‌تر را وارد بازار کرده است که این امر قدرت و کیفیت عملکرد ماشین های بینایی را بیش از پیش بهبود بخشیده است. دقت این ماشین‌ها در بررسی کیفیت مواد غذایی به قدری است که به عنوان مثال می‌توانند در بررسی یک سیب، قسمت‌های لکه‌دار را از قسمت‌های سالم آن متمایز کنند. بنابراین ضرورت

ایجاد این تمایز خودکار برای رسیدن به کیفیت مطلوب از همه نظر به صورت کامل مشخص است. اما چگونه این حس‌گرها می‌توانند چنین چیزی را تشخیص دهند؟!

در حقیقت این امکان با استفاده از تحلیل‌های پیشرفته و پردازش تصویر از طیف نوری بدست آمده توسط حسگرها میسر می‌شود که مدیون پیشرفت علم در حوزه حسگرهای نوری است. از این رو شاید بتوان حس‌گرها را به عنوان مهم‌ترین و اصلی‌ترین جزء ماشین‌های بینایی معرفی کرد. چنین پیشرفتی امکان بررسی سریع و کم‌هزینه‌ی کیفیت محصولات غذایی را فراهم کرده است. در اینجا قصد داریم تا دو شرکت تولید کننده این دستگاه‌ها را معرفی کنیم که با استفاده از بهبود علم پردازش تصویر حسگرهای نوری توانسته‌اند گام قابل اعتمادی را در زمینه تعیین صلاحیت مواد غذایی و نوشیدنی‌ها بردارند و به نوعی از علم فوتونیک در جهت تسهیل زندگی روزمره و بالا بردن کیفیت خوراکی‌ها استفاده کنند. اندی لانگ مدیر عامل شرکت San Diego-based technology integrator Cyth Systems می‌گوید:

" در زمینه‌ی صنایع غذایی می‌توان هرآنچه که مورد نیاز فروشگاه‌ها است را فراهم کرد و البته فروشندگان هم از این قضیه اطلاع دارند که کدام نمونه با قیمت بالاتری به فروش می‌رسد. "علت علت اصلی این امر آن است که استفاده از چنین فناوری‌هایی موجب افزایش اندکی در قیمت محصولات غذایی می‌شود. ضمن آنکه کیفیت محصولات در فروشگاه‌ها را تضمین می‌کند.

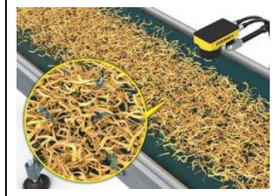
اما از جهتی نیز موجب تضمین کیفیت محصول در سوپرمارکت‌ها می‌گردد. در تصویر پایین نمونه‌ای از یک کدخوان مبتنی بر تصویر را می‌بینیم که به کمک پردازنده‌ها امکان تشخیص مواد حساسیت‌زا و مضر برای سلامت را فراهم می‌کند.

نسخه اولیه دستگاه ماشین بینایی که در سال ۱۹۸۳ در یک نمایشگاه تجاری در معرض تماشا قرار گرفت.

در کارخانه‌ها و شرکت‌های تولید مواد خوراکی نمونه‌های متعددی از کاربرد این فناوری به چشم می‌خورد مانند دسته‌بندی برنج‌ها.

در یک نمونه از این کاربرد خاص، دستگاه با پردازش تصویر از دانه‌های برنجی که از مقابل آن عبور می‌کنند تشخیص می‌دهد که کدام برنج کیفیت مورد نظر را دارد و کدام یک فاقد این کیفیت است.

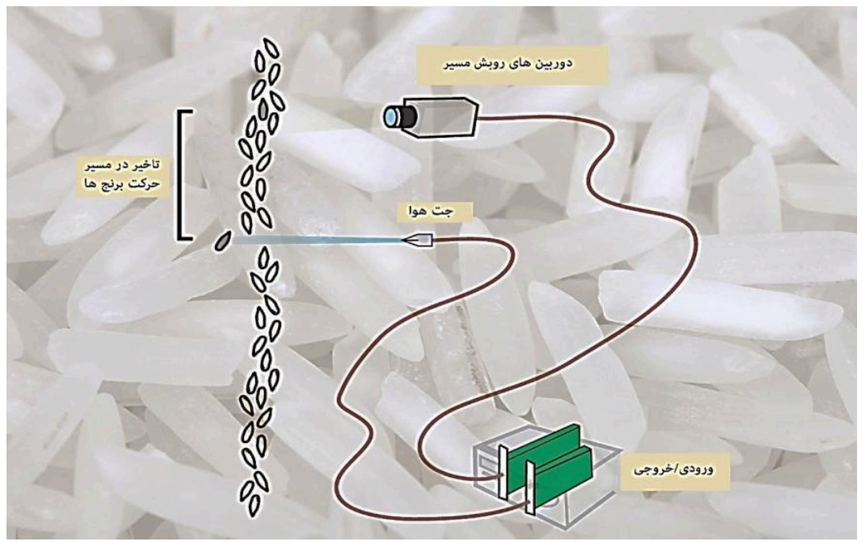
اگر سیستم، نقصی در کیفیت دانه‌های برنج مشاهده کند و یا اگر به هر دلیلی ماده‌ی زائدی در میان دانه‌های برنج وجود داشته باشد، یک جت هوا به سمت آن می‌دمد. این دمیدن هوا باعث خروج آن شی و یا برنج بدون کیفیت از میان سایر برنج‌ها می‌شود. این نمونه‌ای از استفاده از دستگاه‌های ماشین بینایی در ارزیابی کیفیت محصولات خوراکی است.

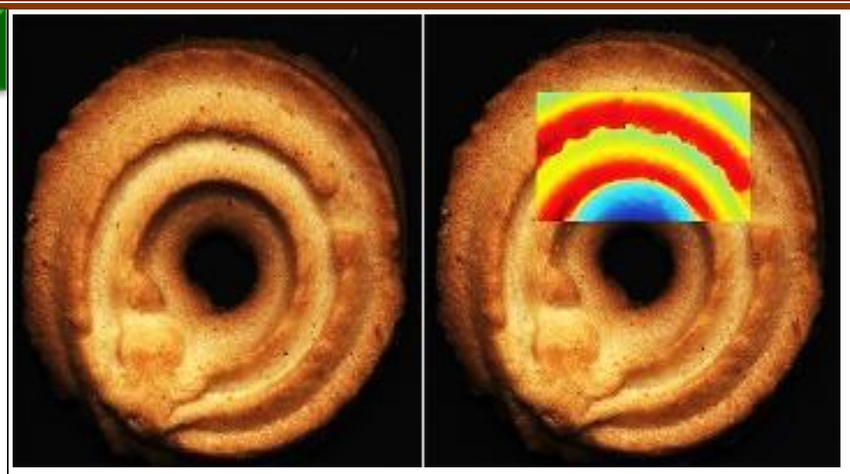


امکان شناسایی اجسام خارجی در حجم بالای جوانه‌های گندم توسط انسان کار بسیار دشوار و زمانبری است. امروزه این کار توسط ماشین‌های بینایی در مدت زمان بسیار کمتری انجام می‌شود.

ماشین بینایی استفاده از دانش پردازش تصویر به منظور تولید تصاویری قابل فهم از محصولات مورد نظر است. در تولید مواد غذایی، ماشین بینایی کمک شایانی هم به تولیدکننده‌ها و هم مصرف‌کننده‌ها کرده است و به این ترتیب امکان دسترسی به مواد غذایی با بالاترین کیفیت را فراهم کرده است.

دستگاه‌هایی که تا سال گذشته در این زمینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفتند، همگی مبتنی بر پردازش تصویر در محدوده نور رنگی (RGB) یعنی طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر بودند. اندی لانگ در ثبت اختراع جدید شرکت خود اعلام کرده که ماشین‌های بینایی جدید وی می‌توانند اطلاعات را در محدوده ۷۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر ثبت کنند. این محدوده در اصطلاح محدوده‌ی فروسرخ نزدیک (NIR) نامیده می‌شود. بنا به گفته‌ی لانگ، این محدوده‌ی طول موجی اطلاعات مفیدتری را در مورد خوراکی‌ها به دست می‌دهد.





فناوری به کار رفته در این دستگاه‌ها مقرون به صرفه‌تر است که این امر به صورت مستقیم بر قیمت محصول نیز تاثیر می گذارد. زیرا در محدوده فروسرخ نزدیک، حس‌گرهای سیلیکانی به کار رفته در دستگاه‌های جدید پاسخگوی نیازهای دستگاه در زمینه‌ی تشخیص تصویر هست و این حس‌گرها نسبت به حس‌گرهای قبلی ارزان‌ترند.

همچنین این فناوری توجه افراد دیگری را نیز به خود جلب کرده است. شرکت Chromasens GmbH واقع در شهر کنستانس آلمان یکی دیگر از همین شرکت‌های خلاق است.

کلاوس ریمر مدیر تولید این شرکت اعلام کرده که در این شرکت محصولاتی تولید می‌کنند که با استفاده از علم پردازش تصویر قادر است اطلاعات سه بعدی و رنگی تهیه کند. این اطلاعات سه بعدی می‌تواند در تعیین کیفیت خوراکی‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

به عنوان مثال می‌تواند محل و جهت برش تکه گوشت برش داده شده را مشخص کند و در عین حال اطلاعاتی در مورد درصد چربی آن در اختیار ما قرار دهد. البته چنین فناوری نیازمند بهره‌گیری از حسگرهایی با قدرت تفکیک بالا است.

همانطور که در تصویر بالای صفحه مشخص شده است، با استفاده از چنین فناوری می‌توان قسمت‌های برشته شده و قسمت‌های کمتر برشته شده‌ی یک پای سیب را با تفکیک نوری مناسب به وضوح مشاهده کرد.

به این ترتیب پیش بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، تقاضای غذا در جهان تا ۴۰ درصد رشد خواهد داشت. این درصد تا سال ۲۰۵۰ به ۷۰ درصد نیز خواهد رسید. سلامت مواد غذایی و نگهداری بهینه از آن‌ها از جمله چالش‌های جدی در سال‌های پیش رو خواهد بود. به همین منظور، یک گروه تحقیقاتی به نام گروه تحقیقاتی فناوری Agri-Food در انگلستان درصدد ارائه‌ی راه‌حل‌های فناورانه‌ی جدیدی هستند که تمام مراحل تولید غذا را ازریابی و بررسی کنند و یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌ها در این زمینه بهره‌گیری از تجهیزاتی شامل سیستم‌های مجهز به ماشین‌های بینایی است.

گروه تحقیقاتی فناوری Agri-Food ادعا کرده‌اند که نسل جدید حس‌گرهای ارائه شده توسط محققان این شرکت، امکان تولید تصاویر سه بعدی توسط ربات‌ها را فراهم کرده است به طوری که می‌توانند از محیط روبرویشان نیز تصویر سه بعدی ایجاد کنند. این گروه تحقیقاتی قصد دارد که این فناوری نوین را در تمام مراحل تولید خوراکی‌ها مورد استفاده قرار دهد.

تولیدات محصولات خوراکی تنها بخشی از یک صنعت نیست بلکه برای سلامتی و شادی مردم ساکن در اقصی نقاط جهان اهمیت بارزی دارد. این فناوری جایگزین صدها ساعت کار کارگرانی است که در حال حاضر برای تشخیص کیفیت محصولات خوراکی بکار گرفته می‌شوند.

امروزه شاهد رواج روزافزون استفاده از تجهیزات دوربین‌های دیجیتال به جای یک دوربین و یک برد جداگانه در ماشین بینایی هستیم. استفاده از یک دوربین دیجیتال به منظور برقراری ارتباط مستقیم، باعث صرفه جویی در هزینه و نیز سادگی سیستم می‌شود. دوربین‌های هوشمند که در درون پردازنده‌ها به صورت بهینه تعبیه شده‌اند، در حال تسخیر سهم بالایی از بازار ماشین بینایی‌ها هستند.استفاده از یک پردازنده‌ی بهینه نیاز به استفاده از برد جداگانه و یک کامپیوتر خارجی را از بین می‌برد.

به همین دلیل این پردازنده‌ها باعث کاهش هزینه، کاهش پیچیدگی سیستم و همچنین اختصاص توان پردازشی مشخص به هر دوربین می‌شود. دوربین‌های هوشمند به طور معمول، ارزان‌تر از سیستم‌های شامل یک دوربین و یک برد و یک کامپیوتر خارجی هستند.

در مرحله پردازش تصویر اغلب از نرم‌افزارهای متداولی همچون MATLAB استفاده می‌شود. اما نرم‌افزار دیگری که واند در این زمینه راهگشا باشد نرم افزار OpenCV است. این نرم‌افزار یک کتابخانه متن باز برای بینایی کامپیوتر است. زبان اصلی این نرم‌افزار C و C++ است که تحت لینوکس، ویندوز و سایر پلت فرم‌ها قابل اجرا است. بنابراین نرم‌افزار نامبرده هم می‌تواند در طراحی ماشین‌های بینایی بسیار مفید واقع شود.

شاید عده‌ای بر این عقیده باشند که هیچ ماشینی نمی‌تواند با قدرت دید چشم انسان مقابله کند، اما ماشین بینایی با قدرت تکرار الگوهای تصاویر، قابلیت تشخیص قوی‌تری را نسبت به انسان ارائه می‌دهد. در مقایسه با سایر روش‌های تضمین و کنترل کیفیت، بازرسی کیفی با دوربین دارای برتری‌های قابل توجهی است.

سرعت بالای تشخیص، صرفه‌ی اقتصادی و خطای بسیار پایین از جمله مزایای این ماشین‌ها هستند. به طور کلی، می‌توان گفت که این فناوری با بهره‌گیری از امکانات علوم متعددی همچون فوتونیک، مکانیک، و کامپیوتر توانسته قدم موثری در جهت بهبود کیفیت مواد غذایی بردارد و به یکی از مهم‌ترین اهداف اصلی توسعه و ارائه‌ی تمام فناوری‌ها و نوآوری‌ها که تسهیل زندگی انسان است، دست یابد. اهمیت این موضوع در بالا بردن سلامت جسمی و روحی به صورت کامل مشهود است.

اثر فوتوآکوستیک و طیف سنجی فوتوآکوستیکی به کمک لیزر

آشکارسازی فوتوآکوستیک فناوری ارزیابی صوت تولید شده در اثر تابش نور است که برای شناسایی و مشخصه‌یابی محیط‌های متنوعی اعم از جامدات، مایعات، بافت‌های بیولوژیکی و گازها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این روش می‌توان برای شناسایی نقص‌های نقطه‌ای در مواد اپتیکی، میکروسکوپی بافت بیولوژیکی، اندازه‌گیری غلظت رنگدانه‌ها در صنعت نساجی و تشخیص اثر گاز بهره گرفت.

مشخصه‌یابی گازها بر مبنای طیف‌سنجی با بیشترین درجه‌ی آزادی انجام می‌شود. گذارهای اپتیکی در نمونه‌های گازی، به صورت طیفی با دقت بالایی تفکیک می‌شوند که حاوی غنی ترین اطلاعات طیف سنجی هستند.

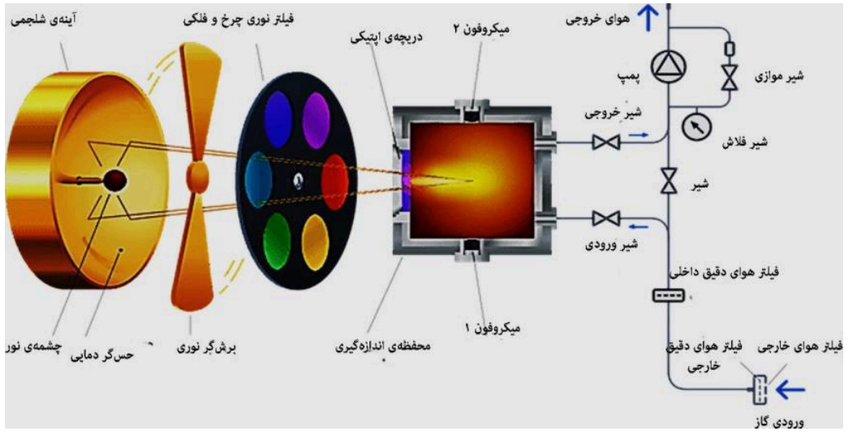
در این بخش به صورت مختصر ابتدا اثر فوتوآکوستیک را مطالعه کرده و سپس یکی از مهم‌ترین ملزومات انجام طیف سنجی گازی با این روش (دستیابی به لیزر با طول موج تکفام و قابل تنظیم) را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

طیف‌سنجی فوتوآکوستیک

به قلم خلیل اسلامی جهرمی
khalil.1368@gmail.com

عبارت فوتو-آکوستیک در واقع به فرآیند تولید فونون توسط نور درون کریستال اطلاق می شود. تاریخچه‌ی کشف این اثر به ابداع A. G. Bell باز می‌گردد. در واقع او این اثر را برای ایجاد ارتباط در فضای آزاد مورد مطالعه قرار داد و از آن در زمینه‌ی مشخصه‌یابی‌های شیمیایی بهره‌ای نگرفت. امروزه از این روش در زمینه‌های مختلفی همچون تصویربرداری‌های زیستی، کشاورزی، مشخصه‌یابی‌ها و غیره بهره گرفته می‌شود. از مهم ترین کاربردهای این اثر در طیف‌سنجی گازی است. طیف‌سنجی فوتوآکوستیک، یکی از روش های بررسی طیف‌های گازی و محیط های چگالیده است که اثر فوتوآکوستیک اساس کار این روش مشخصه‌یابی است. در روش طیف‌سنجی فوتوآکوستیک، نوسانات صوتی ایجاد شده درون نمونه‌ی مورد نظر توسط تابش نور لیزر مدوله شده، آشکارسازی می‌شود. روش طیف سنجی فوتوآکوستیک لیزری، فناوری در حال ظهوری است که از پتانسیل بالایی در زمینه‌ی کاربردهای صنعتی برخوردار است.

این روش بر مبنای تبدیل تحریک نوری القا شده (که شامل تحریک ترازهای الکترونیکی، ارتعاشی، چرخشی و یا تحریک نوری فونون‌ها است) به حرارت، صورت می گیرد که این امر خود منجر به انبساط حرارتی حجم تحت تابش قرار گرفته، می‌شود و تغییر فشار ایجاد شده به کمک یک مبدل صوتی آشکار می‌گردد. مطابق شکل زیر، در این روش نور لیزری که توسط برش‌گر نوری با بسامد مشخصی قطع و وصل می‌شود، به سلول حاوی گاز مد نظر هدایت می‌گردد. سلول گازی محفظه‌ای بسته است که دارای دو پنجره ورود و خروج نور است. مولکول‌های گاز درون سلول پس از جذب نور گرم و سپس منبسط می‌شوند. ضمن آن که با قطع شدن نور توسط برش گر، انقباض صورت می‌گیرد. این انبساط و انقباض باعث ایجاد صوت می‌شود که توسط میکروفونی که در میانه‌ی بدنه‌ی سلول قرار گرفته است، دریافت می‌گردد. میزان صدای دریافتی نشان از مقدار جذب و نیز غلظت گاز دارد.



شکل ۱- طرح‌واره‌ی چیدمان روش طیف‌سنجی فوتوآکوستیک

شاید این سوال برای شما پیش آید که آیا صدای دریافتی از محیط توسط میکروفون روی اندازه‌گیری تاثیری دارد یا خیر؟!

در واقع میکروفون همه‌ی صداها را دریافت می‌کند اما صدای مورد نظر ما صدایی است که با بسامد برش‌گر نوری قطع و وصل می‌شود (در واقع در اینجا صدا مدوله می‌شود). دستگاهی که می‌تواند چنین سیگنال‌هایی را با بسامد مشخصی دریافت و تقویت نماید، تقویت‌کننده‌ی قفل شده نامیده می‌شود.

بدین ترتیب طیف‌سنجی فوتواکوستیک می‌تواند با بهره‌گیری از یک لیزر تنظیم‌پذیر طول موج صورت گیرد.

وقتی که نور لیزر به مولکول‌های گاز برخورد می‌کند اگر طول موج لیزر با بسامد ارتعاشی خاص آن مولکول گاز تطابق داشته باشد، آن مولکول گازی نور لیزر را در آن طول موج خاص جذب می‌کند.

از آن جایی که هر نوع مولکول گازی طیف جذب مخصوص به خود را دارد، امکان شناسایی گازهای مختلف نیز امکان‌پذیر است هرچند برای انجام این کار (تشخیص چند نوع گاز) نیاز به گستره وسیعی از طول موج‌ها داریم. بنابراین دستیابی به لیزر با طول موج مشخص و قابل تنظیم از اهمیت بالایی برخوردار است. ارتعاشات مولکولی گازها در ناحیه‌ی فروسرخ قرار دارند.

در ادامه چگونگی دستیابی به طول موج دلخواه توسط یک دستگاه لیزر را بیان می‌کنیم. این روش به روش نوسانگر پارامتری نوری (OPO) مشهور است.

وقتی که نور با شدت پایین به ماده بلوری تابانده شود، قطبش الکتریکی مولکول‌ها متناسب با توان اول میدان الکتریکی نور تابیده شده است، یعنی ارتباط خطی دارند. حال اگر نوری با شدت زیاد مانند نور لیزر را بر بلور بتابانیم، قطبش به غیر از توان اول میدان الکتریکی نور، با توان‌های بالاتر آن نیز متناسب خواهد بود، یعنی قطبش الکتریکی و میدان با هم رابطه‌ی غیرخطی دارند.

فرض کنید که موج الکترومغناطیسی شامل دو موج با بسامد ω_1 و ω_2 باشد. در این صورت آثار مربوط به اپتیک غیرخطی یعنی مولفه های هماهنگ دوم (SHG) $2\omega_1$، $2\omega_2$ و همچنین جمع (SFG) و تفریق بسامدی (DFG) ، $\omega_1 \pm \omega_2$ ظهور پیدا می کنند (شکل ۲).

در فرآیند OPO فوتون پمپ (فرودی) با بسامد ω_p پس از تابیده شدن به بلور، به دو فوتون با طول موج‌های سیگنال ω_s و سرگردان ω_i تقسیم می‌شود.

به طور قراردادی فوتون‌های با بسامد پایین‌تر سرگردان و فوتون‌های با بسامد بالا سیگنال نامیده می‌شوند. ظهور بسامدهای سیگنال و سرگردان بر اساس قانون بقای انرژی است (شکل ۳-الف):

$$\omega_p = \omega_s + \omega_i$$

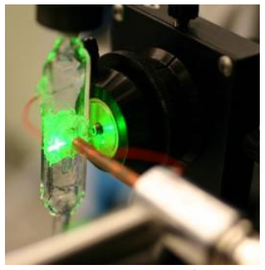
$$\omega_p = \omega_s + \omega_i$$

جهت تقویت بسامدهای سیگنال و سرگردان، بلور را داخل کاواک (بین دو یا چند آینه) قرار می‌دهند، اما این بدان معنا نیست که بتوان همه ترکیبات ممکن ω_s و ω_i را برای تقویت سیگنال و بسامد استفاده نمود. تنها آنهایی که شرط بقای تکانه و جور شدن فاز

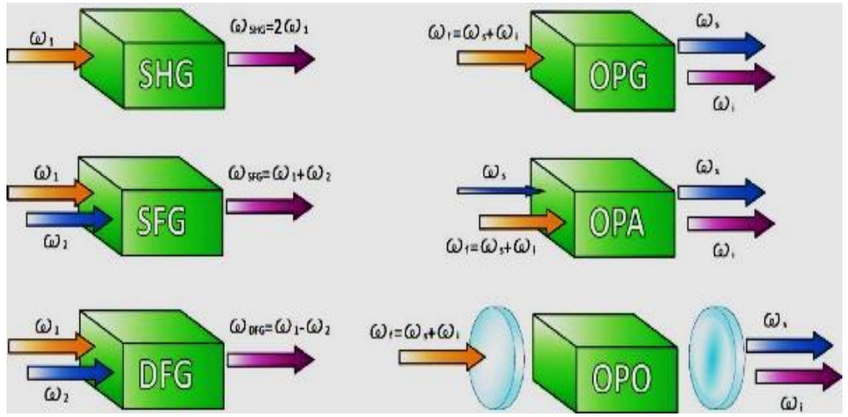
$$\Delta k = k_p - k_s - k_i = 0$$

$$\Delta k = k_p - k_s - k_i = 0$$

(که k بردار موج است) را برآورده کنند (شکل ۳-ب)، در فرآیند غیرخطی تقویت خواهند شد.

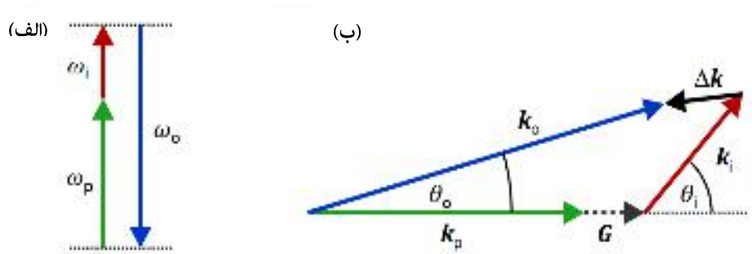


بررسی گاز تنفسی انسان به روش طیف‌سنجی فوتوآکوستیک

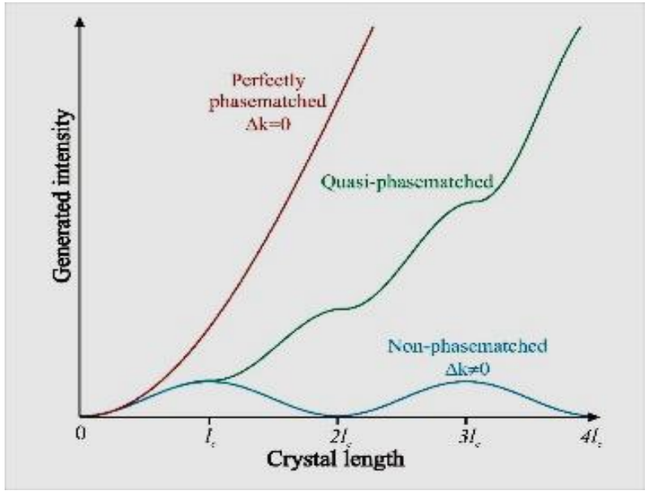


شکل ۲- طرح‌واره‌ی فرآیندهای اپتیکی غیر خطی

بنابراین در صورت جور شدن فاز، شدت نور در طول عبور از بلور به طور مداوم تقویت می‌شود (شکل ۴، منحنی قرمز رنگ). اما در عمل چنین اتفاقی نمی‌افتد و در طول بلور اختلاف فاز ایجاد می‌شود. در طول مشخصی این اختلاف فاز به πمی‌رسد که به آن طول همدوسی L_c می‌گویند. طول همدوسی به خواص ماده بستگی دارد. از طول همدوسی به بعد در بلور تداخل غیرسازنده روی می‌دهد و تمام توان منتقل شده به سیگنال و آیدلر بعد از دو برابر طول همدوسی صفر یا نزدیک صفر می‌رسد. پس در طول عبور نور در بلور، مدام تداخل‌های سازنده و مخرب روی می‌دهد، بدان معنا که شدت نور به صورت تناوبی در طول بلور کم و زیاد می‌شود و تقویتی صورت نمی گیرد، (شکل ۴، منحنی آبی رنگ). با این حال، افزایش بهره‌ی تبدیل می‌تواند حتی زمانی که شرط جور شدن فاز هم برقرار نباشد، اتفاق بیفتد.



شکل ۳-الف) شرط بقای انرژی، ب) شرط جور شدن فاز



شکل ۴- وضعیت شدت نور در شرایط مختلف فازی در طول بلور

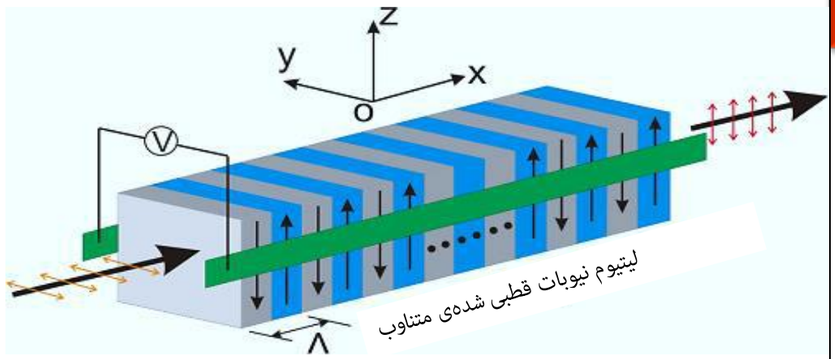
چنین روشی به شبه جور شدن فاز (QPM) مشهور است که اختلاف فاز را هنگامی که به π می‌رسد، بازنشانی می‌کند تا دوباره جور شدن فاز رخ دهد. با این کار از تداخل مخرب جلوگیری کرده و توان خروجی قابل ملاحظه‌ای نسبت به زمانی که از بلور دوشکستی (بدون QPM) جهت جور شدن فاز استفاده می‌شد، ایجاد می‌گردد (شکل ۳، منحنی سبز رنگ).

هرچه طول بلور بیشتر باشد، بازده تبدیل بزرگتری تولید می شود. اگرچه این روش حدود سی سال است که شناخته شده است، اما چنین بلوری اولین بار در سال ۱۹۹۶ ساخته شد.

یکی از روش‌های دستیابی به QPM، قطبدار کردن متناوب مواد بلور غیرخطی است، به صورتی که علامت پذیرفتاری غیرخطی در هر طول همدوسی به صورت متناوب تغییر کند (شکل ۴). این باعث می‌شود که علامت موج قطبیده ی القایی که موج سرگردان را منتشر می‌کند، تغییر کند.

در واقع بخشی که دارای علامت مخالف است فوتون‌هایی تولید می‌کند که از نظر فازی ۱۸۰ درجه با فوتون های پیشین فرق دارند. با انتخاب دوره‌ی تناوب مناسب، فوتون‌های تولید شده‌ی جدید با فوتون‌های تولید شده‌ی قبلی تداخل سازنده کرده و خروجی تقویت می گردد. معروف‌ترین ماده‌ی ایجاد کننده‌ی QPM، لیتیوم نیوبات قطبی شده‌ی متناوب (PPLN) است که شرکت Thorlabs و Covesion از جمله سازندگان آن هستند.

دوره تناوبی که بلور نیاز دارد تا عمل معکوس کردن را انجام دهد، هم به طول موج نور (ورودی و تولید شده) و هم به دمای آن بستگی دارد. نکته‌ی جالب اینجاست که می توان با تغییر دما، خروجی بسامد سرگردان و سیگنال را تنظیم کرد و طول موج دلخواه را به دست آورد.



شکل ۵- طرح‌واره‌ی بلورغیرخطی قطبی شده به صورت متناوب

به عنوان مثال می‌توان از نور ورودی با طول موج ۱۰۶۴ نانومتر و دوره تناوب بلوری۳۱/۰۲ میکرومتر در دمای اتاق، طول موج خروجی حدود ۳۲۰۰ نانومتر و در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد، طول موجی حدود ۲۷۰۰ نانومتر را تولید کرد. در واقع تغییر دما، شرایط جور شدن فاز را تغییر می‌دهد. به طور معمول، چنین بلورهایی دارای چندین کانال با دوره تناوب متفاوت هستند که با تنظیم دما و نیز انتخاب کانال می‌توان به نور لیزر با گستره طول موج قابل تنظیم زیادی دست یافت.

همانطور که در ابتدا بیان گردید، یکی از کاربردهای چنین لیزرهایی در تشخیص گازهای مختلف است که طول موج‌های جذب متفاوتی دارند.

این کار با طیف‌سنجی لیزری صورت می‌گیرد. گازها می‌تواند اطلاعات مهمی را در اختیار ما بگذارند. مثلاً در آزمایشگاه تشخیص گازها در دانشگاه رادبود شهر نایمخن هلند از چنین لیزرهای تنظیم‌پذیر طول موجی برای تشخیص گازهای بازدم تنفسی انسان جهت بررسی برخی بیماری‌ها، تعیین وضعیت محصولات کشاورزی (به عنوان مثال، رسیده یا نارس بودن، قارچی شدن و در حال خراب شدن)، تشخیص آلاینده‌های هوا و... استفاده می‌شود.

تقدیر و تشکر:

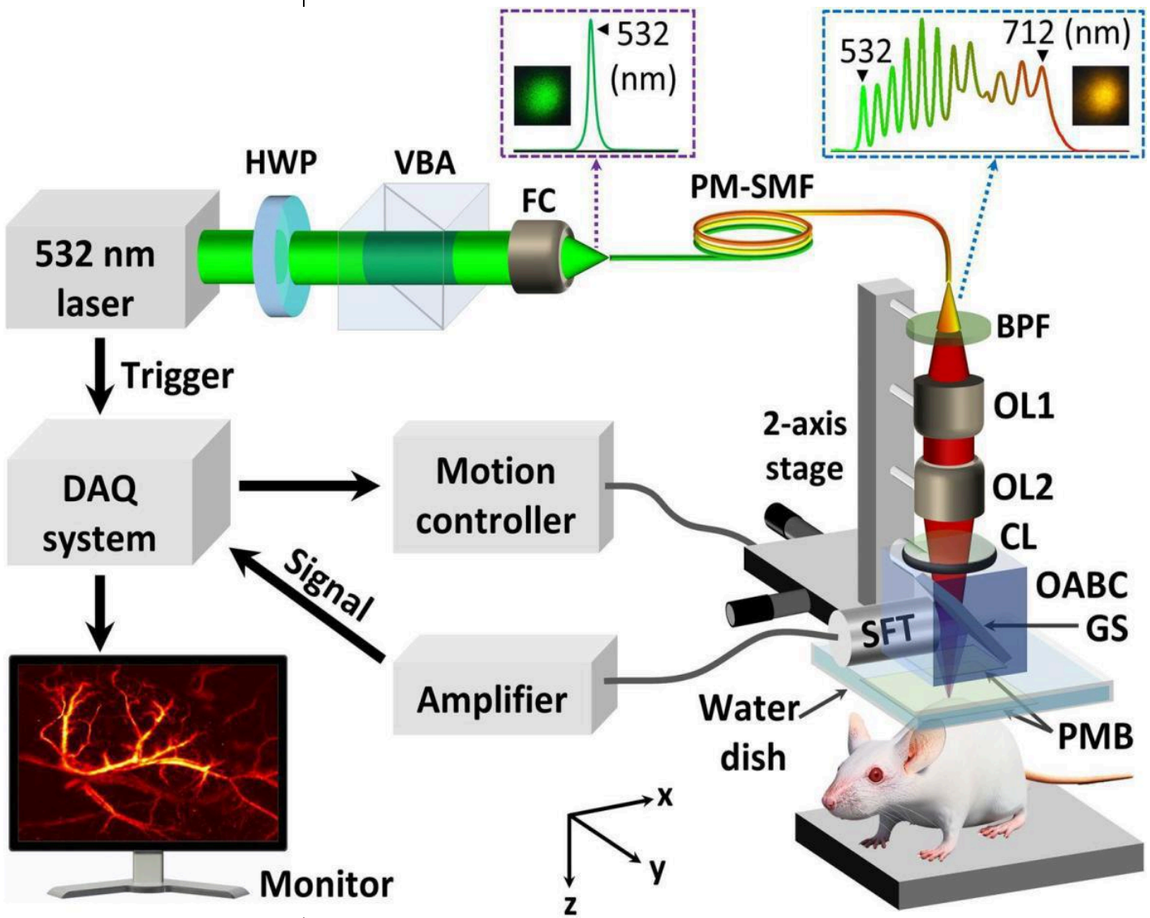
در این مجال، از همکاری صمیمانه‌ی آقای دکتر جولین ماندون و آقای فرانس هارن که من را به صورت تجربی با این روش آشنا نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع:

[1] D. Arsalanov (2012), Optical Parametric Oscillator based real-time trace gas analysis for bio-medical applications (Doctoral thesis), Radboud University, Nijmegen, Netherlands.

[2] Robert W. Boyd, The Nonlinear Optical Susceptibility, In Nonlinear Optics (Third Edition), Academic Press, Burlington, 2008, Pages 1-133, ISBN 9780123694706

[3] Harren, F. J. and Cristescu, S. M. (2019). "Photoacoustic Spectroscopy in Trace Gas Monitoring". In Encyclopedia of Analytical Chemistry, R. A. Meyers (Ed.). doi:10.1002/9780470027318.a0718.pub3



آموزش کاربردی

معرفی نرم‌افزار LabVIEW و آشنایی با برخی از کاربردهای آن در علم فوتونیک

در این بخش می‌خوانید:

- نرم‌افزار قدرتمند با محیط کار بسیار ساده
- راه‌اندازی چیدمان‌های الکترواپتیکی
- امکان ایده‌پردازی با بهره‌گیری از گزینه‌های گرافیکی متنوع

معرفی نرم‌افزار LabVIEW و آشنایی با برخی از کاربردهای آن در علم فوتونیک

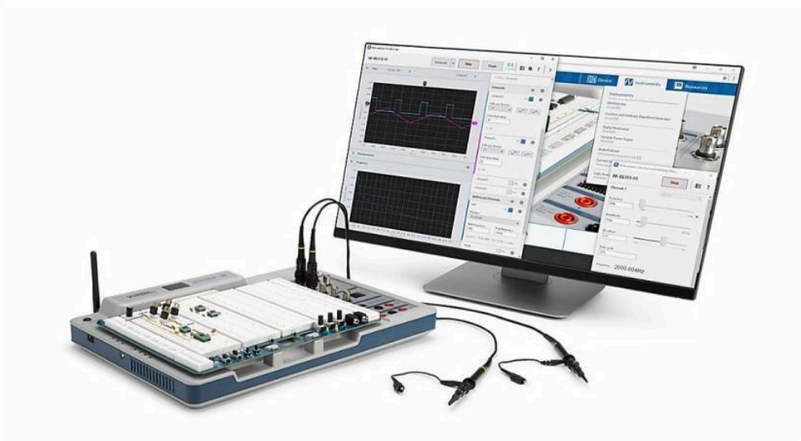
به قلم علی کاویانفر
ali kavianfar.optonics@yahoo.com

در صنعت امروزی، از وسایل فوق پیشرفته در زمینه‌ی حمل و نقل گرفته تا کارخانه‌های بسیار بزرگ صنعتی و حتی مراکز تحقیقاتی کاربردی همچون مرکز تحقیقاتی سرن، همگی مجهز به تجهیزات غول پیکر و مدارهای پیچیده‌ای هستند که می‌بایست در ابعاد بزرگ با حداقل میزان خطا کار کنند. کنترل این تجهیزات اغلب از راه دور و با استفاده از نرم افزار صورت می‌گیرد. در اینجا سعی داریم یکی از نرم‌افزارهای کاربردی، یعنی نرم‌افزار لب ویو، را به شما معرفی کنیم که آشنایی با این نرم‌افزار خالی از لطف نیست.

لب ویو یک نرم‌افزار قدرتمند و قابل انعطاف جهت تجزیه و تحلیل سیستم‌های اندازه‌گیری است. عملکرد این نرم‌افزار به طور کامل از طبیعت ترتیبی و زنجیره‌ای موجود در سایر زبان‌های برنامه‌نویسی متنی متداول و مرسوم مجزاست و یک محیط گرافیکی را برای کاربر فراهم ساخته است.

نرم‌افزار لب ویو به وسیله شرکت نشنال اینسترومنتس طراحی شده و کاربرد آن بیشتر در سامانه‌های تست، دریافت داده، کنترل و پایش رایانه‌ای است. نام این نرم‌افزار متشکل از حروف اول کلمات عبارت **میزکار مهندسی ابزارهای مجازی آزمایشگاهی** است. برای این منظور از تمامی ابزارهای لازم جهت جمع‌آوری، پردازش اطلاعات و تحلیل داده ها و نمایش نتایج استفاده می شود. به کمک این زبان برنامه‌نویسی گرافیکی که با "G" نشان داده می‌شود، در برنامه‌ی نوشته شده، از یک نمودار بلوکی استفاده می‌شود و سپس این نمودار به کدهای ماشین تبدیل می‌گردد.

این نرم‌افزار برای شمار زیادی از کاربردهای علمی و مهندسی، ایده‌آل و عملی است و به شما کمک می‌کند تا مسائل و مشکلات موجود در برنامه نویسی را در مدت زمان کوتاهی حل کنید. گستردگی این نرم افزار در زمینه‌ی کاربردهای آزمایشگاهی دارای ابعاد مختلفی است. به عنوان مثال در صنایع گوناگون در مواردی که باید اندازه گیری‌هایی از قبیل دما انجام گیرد، می‌توان از این نرم افزار استفاده نمود.



این دما ممکن است دمای یک کوره، یک سیستم سردکننده مانند یخچال، یک محیط گلخانه‌ای، یک اتاق و یا یک دیگ بخار باشد!

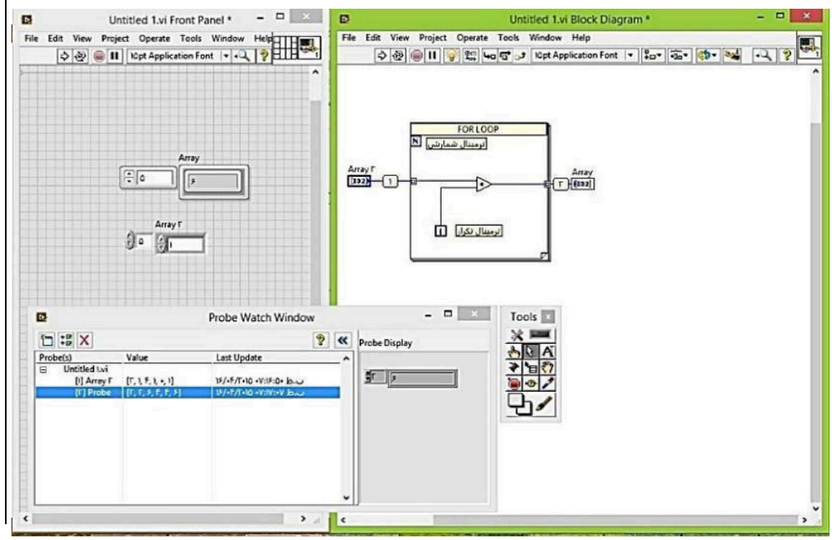
علاوه بر دما می‌توان موارد دیگری نظیر فشار، نیرو، جابجایی، کشش، pH و غیره را نیز مورد ارزیابی قرار داد. همچنین با استفاده از رایانه‌های شخصی به همراه این نرم افزار می‌توان ابزارهای اندازه‌گیری حقیقی را در محل‌های گوناگون به صورت مجازی آماده‌سازی کرد.

نرم‌افزار لب ویو به دلیل ارتباط با سخت افزار و پشتیبانی از تمام پروتکل‌های استاندارد صنعتی از یک سو و گرافیگی بودن زبان برنامه‌نویسی آن از سوی دیگر، یکی از بهترین گزینه‌ها برای پژوهشگران و صنعت‌گران است که به واسطه آن می‌توانند پروژه‌هایشان را پیاده سازی کرده و به عنوان یکی از کارآمدترین ابزارها، در کوتاه‌ترین زمان ممکن آن‌ها را به اهداف صنعتی‌شان برساند.

شاید نرم افزار لب ویو به درستی و به اندازه کافی در صنعت و در دانشگاه معرفی و شناخته نشده باشد و جایگاه اصلی آن هنوز در کشور ما به درستی مشخص نشده باشد.

نرم‌افزار لب ویو در کنار پشتیبانی از تمام دوربین‌ها، تجهیزات کنترل حرکت، با بهره‌گیری بیش از ۴۵۰ مدل اندازه‌گیری و ۲۰۰ قطعه‌ی داده‌برداری ابزاری کارآمد برای کاربردهای صنعتی است.

شرکت ni به عنوان شرکت طراح وتولیدکننده‌ی این نرم‌افزار، به دلیل پشتیبانی از پروتکل‌های استاندارد صنعتی امکان بهره‌برداری از بالغ بر ۱۰۰۰ درایور صنعتی و تجهیزاتی بیش از ۳۵۰ وندور فعال حوزه‌های گوناگون، امکانات متعددی را برای کاربران و برنامه نویسان فراهم می کند.

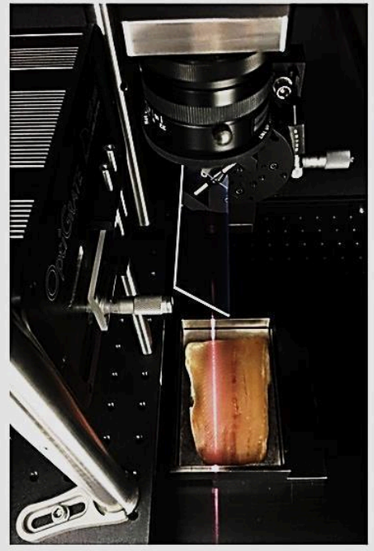


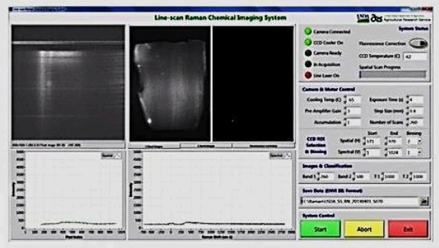
برنامه لب ویو اولین بار در سال ۱۹۸۹ توسط شرکت نشنال اینسترومنتس معرفی و به بازار عرضه گردید. از آن زمان تا به حال نسخه‌های جدید نرم افزار همه ساله وارد بازار می‌شوند. آخرین نسخه آن همین امسال (۲۰۱۹) به بازار عرضه گردید.

لب ویو یک زبان برنامه نویسی گرافیکی می‌باشد که به صورت گسترده‌ای برای کاربردهای مختلفی در صنایع، تحصیلات، آموزش و تحقیقات آزمایشگاهی به عنوان یک مدل استاندارد برای جمع آوری و پردازش داده‌ها و همچنین وسیله‌ای جهت کنترل و شبیه سازی ابزارهای مجازی درآمده است؛ این برنامه یک نرم افزار قدرتمند و قابل انعطاف جهت تجزیه و تحلیل سیستم‌های اندازه گیری است.

بر خلاف نرم‌افزارهای متداول دیگر مانند متلب، این نرم‌افزار ظاهر کاربری مناسبی دارد. این مزیتی است که باعث می شود کاربران تازه کار بتوانند در مدت زمان کوتاهی به راحتی بر بخش زیادی از این نرم‌افزار مسلط شوند. شکل پایین صفحه قبل نمایی از صفحات کار این نرم‌افزار را نشان می‌دهد. در علم فوتونیک و صنعت مرتبط با آن، زمینه‌های کاربردی بسیاری وجود دارد که این نرم‌افزار می‌تواندراهگشای چالش‌های موجود در آن زمینه باشد. نرم‌افزار لب ویو در حال حاضر باعث پیشرفت‌های بسیاری در صنعت اپتیک و لیزر گردیده است. تسهیل راه‌اندازی دستگاه‌ها و ابزارهای فوتونیکی را باید به نوعی مدیون سهولت کار با این نرم‌افزار دانست. به عنوان مثال در سال ۲۰۱۶ عده‌ای از دانشمندان در مقاله‌ای اعلام کردند که برنامه‌ای جهت حل مسائل مرتبط با فرایند آشکارسازی در پراکندگی هدف‌های تراهرتز به کمک نرم‌افزار لب ویو نوشته‌اند که توجه بسیاری از محققین علاقه‌مند در این زمینه را به خود جلب نمود. آنها توانسته بودند با استفاده از برنامه خودشان کل سیستم الکترواپتیکی، کالیبراسیون هدف، محور چرخش و صفحه نمایش دستگاه طراحی شده را کنترل کنند. این گروه از دانشمندان مدعی شدند که با بهره‌گیری از نرم‌افزار مذکور موفق به کاهش خطاهای اجرایی (سخت افزاری) شدند. تصویر زیر برگرفته از مقاله این گروه است که در همان سال منتشر شده است. جنبه‌های گرافیکی نرم‌افزار باعث شده تا نمایش قسمت‌های مختلف همچون نمودارها، کلیدها،

تصویر برداری رامان از فیله ماهی





بخشی از پردازش تصویر در نرم افزار لب ویو

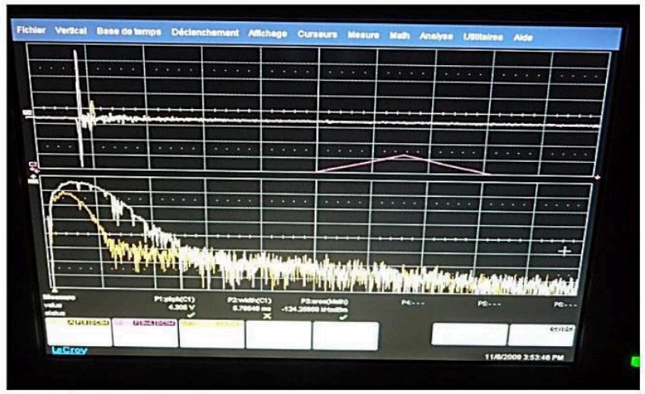
هشدارها و ... بسیار جذاب‌تر باشند.

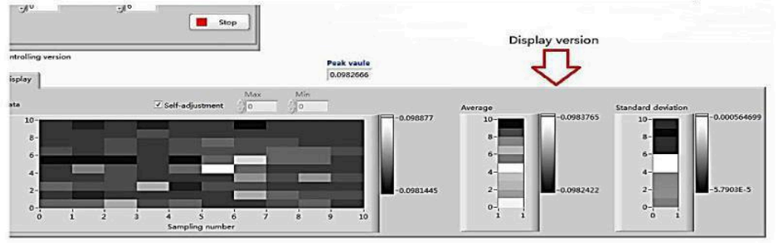
همچنین گزینه‌های بسیار متنوعی در این نرم‌افزار گنجانده شده است که بسته به سلیقه کاربر و مهارت وی می‌توانند به کار گرفته شوند. این گزینه‌ها در دسته بندی‌های مختلفی قرار گرفته‌اند که شامل نمودارها، نمایش‌گرها، کلیدها، شمارش‌گرها، ماتریس‌ها و سایر موارد است. همین تنوع در گزینه‌های مختلف این نرم‌افزار را به نرم‌افزاری چندمنظوره تبدیل کرده است که مشابه نرم‌افزار متلب می‌تواند مورد استفاده محققان رشته‌های مختلف قرار بگیرد.

در جایی دیگر گروهی از محققان با استفاده از برنامه لب ویو سیستم توموگرافی را با هدف تصویربرداری هوشمند توموگرافی طراحی کردند. آنها موفق شدند از یک نمونه با دقت یک درجه در مدت زمان ۹ دقیقه تصویری با نمای ۳۶۰ درجه به دست آورند. این دستاورد مرهون طراحی سخت افزاری و دقت بالای این نرم‌افزار است. همچنین گروه دیگری از دانشمندان در اولو جمهوری چک در سال‌های اخیر مقاله‌ای را منتشر کرده‌اند که در آن با استفاده از نرم‌افزار لب ویو موفق شدند بین چند جز مختلف دستگاه تصویربرداری توموگرافی سه بعدی ارتباط برقرار کنند. رویکرد جالبی که آن ها در این مقاله دنبال کردند، این بود که یک روش را با دو کد متفاوت در برنامه لب ویو اجرا نمودند که هر کدام دارای مزیت ها و معایب خود بود. این بدان معناست که در نرم‌افزار لب ویو شما محدودیتی برای روش استفاده شده در حل مسئله ندارید.

دوربین‌های شکاری و تصویربرداری با دقت بالا که دارای عدسی‌های بسیار حساسی هستند و در زمینه‌های صنعتی، نظامی، فضایی و غیره کاربرد دارند، می‌بایست هر از چند گاهی کالیبره شوند. این کالیبراسیون نشان می‌دهد که دقت دستگاه (و هم چنین تصاویر گرفته شده) کیفیت خود را از دست نداده و مشابه نمونه اولیه‌ای است که از کارخانه خارج شده است. کالیبراسیون دوربین‌های اپتیکی (اعم از دوربین‌های تک چشم و دو چشم نظامی، دوربین‌های تصویربرداری در ناحیه مرئی و یا فروسرخ و دوربین‌های به کار رفته در صنعت و پزشکی) فرآیندی دقیق و حساس است که نیازمند بهره‌گیری از تجربه‌ی کارشناسانی زبده و صبور است. البته دقت و سهولت کار با نرم افزار لب ویو، در اینجا نیز به کمک متخصصان آمده و فرآیند انجام کار را تا حد زیادی تسهیل کرده است.

در حال حاضر متخصصان به دنبال نرم افزارهایی هستند که این فرآیندها، تست‌های اپتیکی و اپتوالکترونیکی را تسهیل کرده و دقت اندازه‌گیری‌ها نیز را بهبود بخشند. همچنین این نرم‌افزار با بهره‌مندی از محیط کار آسان امروزه در صنعت فضایی نیز جایگزین کدنویسی‌های پیچیده‌تر شده است. از این رو می‌توان چنین نتیجه گرفت که سهولت کار با نرم‌افزار لب ویو، عدم نیاز به کدهای سنگین و قابلیت خواندن کدهای سایر برنامه‌ها از جمله مزایای این برنامه به شمار می‌روند.

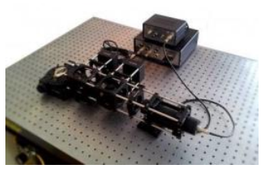




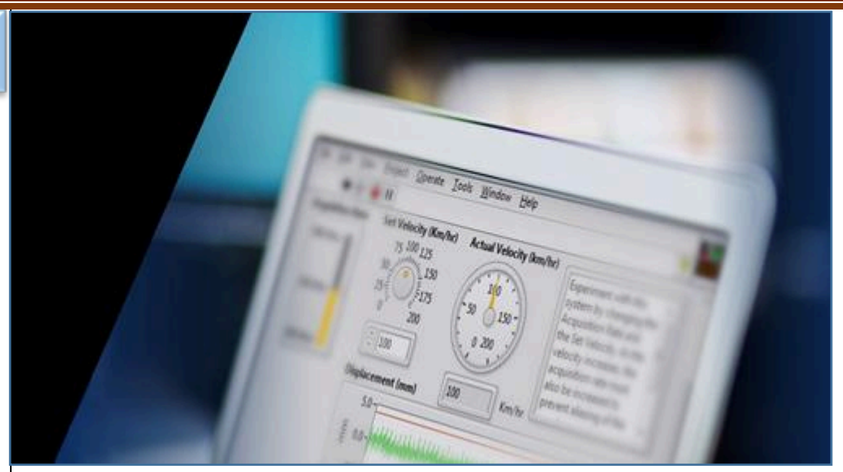
کاربردهای بسیار زیاد این نرم‌افزار در حوزه‌های مختلف اپتیک و فوتونیک و زیرشاخه‌های آن‌ها توجه بسیاری از محققین را به خود جلب می‌کند. این کاربردها همانطور که در صفحه قبل گفته شد، به طور عمده مربوط به کاربرد و کنترل فناوری و دستگاه‌های پیشرفته و جدید هستند.

به عنوان یک نمونه‌ی دیگر از کاربردهای این نرم‌افزار می‌توان به نتیجه کار گروهی از دانشمندان اشاره کرد که در سال جاری منتشر شده است.

این دانشمندان که آمریکایی و کره‌ای هستند، به منظور بررسی سلامت مواد غذایی و خوراکی‌ها از تصویربرداری رامان و طیف‌سنجی استفاده کرده‌اند. آنچه که در کار آنها اهمیت دو چندان پیدا کرده است، خودکارسازی فرآیند تشخیص کیفیت و سلامت خوراکی‌هاست. سیستم طراحی شده توسط این گروه از لیزر در طول موج‌های ۷۸۵ و ۱۰۶۴ نانومتر به عنوان منبع برانگیختگی طیف‌سنجی رامان استفاده می‌کند و کاربرد آن در غذاها و مواد خوراکی است. آنها ادعا کرده‌اند که این سیستم قادر است به صورت خانگی برای بررسی سلامت خوراکی‌ها مورد استفاده قرار گیرد و تاکید ایشان بر ساده بودن کار با نرم‌افزار آن است به طوری که توسط هر کسی قابل اجرا است. هم چنین از سرعت پردازش بالاتری نسبت به سایر نرم‌افزارها برخوردار است. هم اکنون در دانشگاه‌های کشورمان چندان به این نرم‌افزار بهاداده نمی‌شود.



تصویر بالا، اولین اسپکترومتر تشدید پلاسمون سطحی اتوماتیک ساخته شده در ایران را نشان می‌دهد. راه اندازی این سیستم با استفاده از نرم‌افزار لب ویو ممکن بوده است.



اما امید است که در سالیان پیش رو آموزش آن در دبیرستان‌ها و دانشگاه‌ها رواج پیدا کند تا فارغ التحصیلان بتوانند از مزایای این نرم‌افزار در کارهای خود بهره‌مند شوند.

شرکت‌ها و دانشگاه‌های سایر نقاط جهان در حال حاضر بیشتر به دنبال افرادی هستند که توانایی‌های مد نظر آن‌ها را دارا باشد. که در این میان توانایی کار با این نرم‌افزار بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد.

در نهایت می‌توان گفت که کاربردهای این نرم‌افزار به قدری متنوع است که شاید به سختی بتوان پردازش یا الگوریتمی را یافت که در این نرم‌افزار تعبیه نشده باشد.

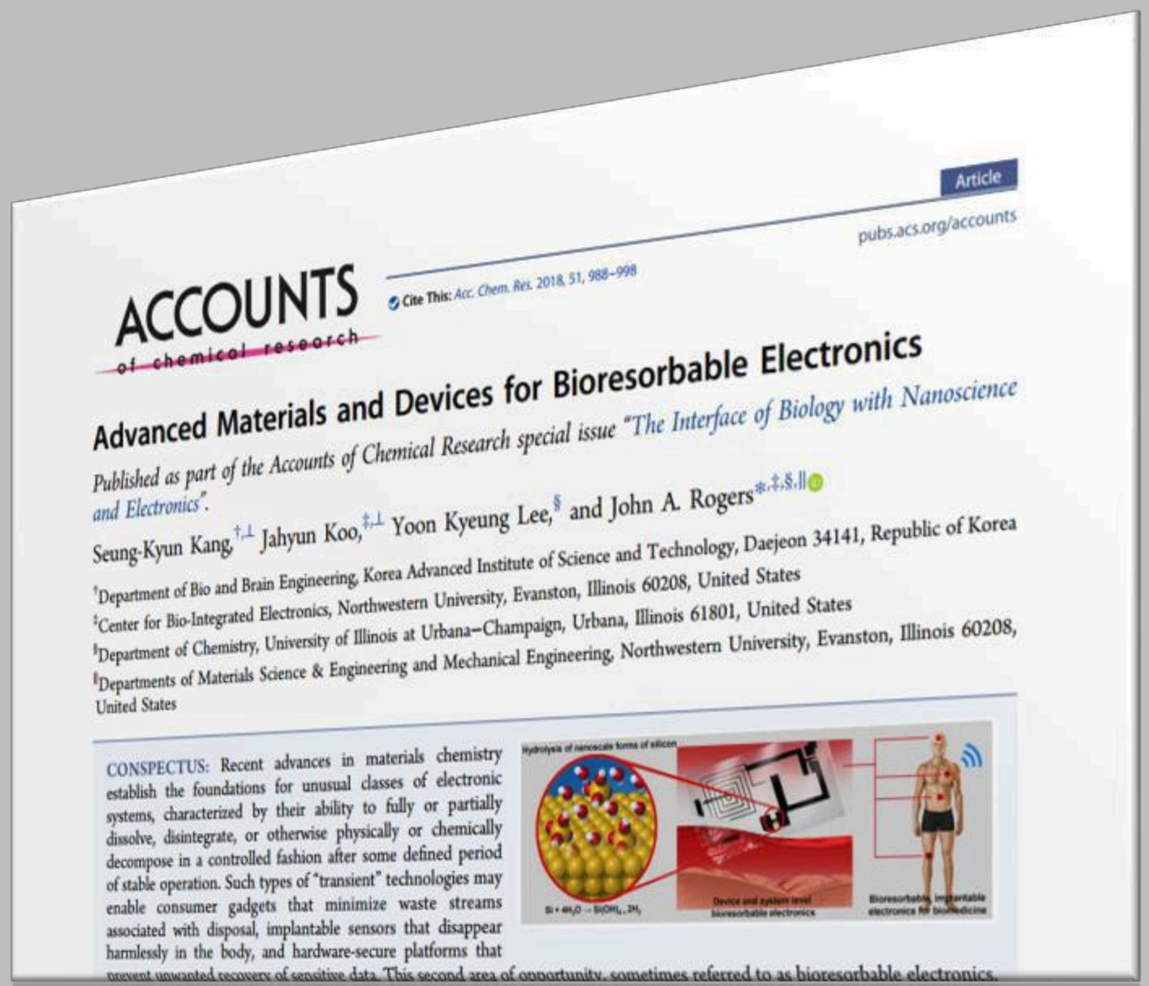
آنچه در این بین حائز اهمیت است، ایده‌پردازی و خلاقیت در استفاده بهینه از نرم‌افزار است که به این ترتیب می‌توان سهولت و دقت استفاده از آن را احساس کرد.

مواد قابل جذب توسط بدن و بررسی کاربردهای فوتونیکی آن‌ها

در این مجال به بررسی دو مقاله‌ی پژوهشی که به تازگی در نشریات منتخب بین‌المللی به چاپ رسیده‌اند، می‌پردازیم.

در یکی از این مقالات ابتدا نسل جدیدی از مواد که قابلیت جذب توسط بافت‌های بدن را داراست معرفی می‌شود و در مقاله‌ی دیگر یکی از کاربردهای پیشرفته‌ی این دسته از ترکیبات مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

مواد و افزاره‌های پیشرفته جهت کاربردهای الکترونیکی قابل جذب زیستی


Article

pubs.acs.org/accounts

ACCOUNTS of chemical research

Cite This: Acc. Chem. Res. 2018, 51, 988−998

Advanced Materials and Devices for Bioresorbable Electronics

Published as part of the Accounts of Chemical Research special issue "The Interface of Biology with Nanoscience and Electronics".

Seung-Kyun Kang,[†,⊥] Jahyun Koo,[‡,⊥] Yoon Kyeung Lee,[§] and John A. Rogers[*,‡,§,∥]

[†]Department of Bio and Brain Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon 34141, Republic of Korea
[‡]Center for Bio-Integrated Electronics, Northwestern University, Evanston, Illinois 60208, United States
[§]Department of Chemistry, University of Illinois at Urbana−Champaign, Urbana, Illinois 61801, United States
[∥]Departments of Materials Science & Engineering and Mechanical Engineering, Northwestern University, Evanston, Illinois 60208, United States

CONSPECTUS: Recent advances in materials chemistry establish the foundations for unusual classes of electronic systems, characterized by their ability to fully or partially dissolve, disintegrate, or otherwise physically or chemically decompose in a controlled fashion after some defined period of stable operation. Such types of "transient" technologies may enable consumer gadgets that minimize waste streams associated with disposal, implantable sensors that disappear harmlessly in the body, and hardware-secure platforms that prevent unwanted recovery of sensitive data. This second area of opportunity, sometimes referred to as bioresorbable electronics,

مقاله‌هایی که در این بخش مورد بررسی قرار گرفته است، حاصل کار یک تیم تحقیقاتی به سرپرستی پروفسور روجرز است که در سال‌های اخیر به مشخصه‌یابی و بهره‌گیری از مواد نرم مانند پلیمرها، کریستال‌های مایع و بافت‌های بیولوژیکی و تلفیق این مواد در رده‌ی متمایزی از نانو/میکرو مواد (مانند ربان‌ها، میله‌ها، سیم‌ها، غشاها و ساختارهای مشابه دیگر) پرداخته‌اند. هدف این گروه تحقیقاتی کنترل و القای پاسخ‌های الکترونیکی و فوتونیکی نوین، توسعه‌ی روش‌های لیتوگرافی نرم و روش‌های زیست تقلیدی (Biomimetic) برای الگودهی و جهت‌دهی رشد این مواد پیشرفته است. تمرکز تحقیقات این گروه در سال های اخیر بر روی مواد نرمی است که در ساختارهای نانوفوتونیکی، افزاره‌های میکروفلوئیدی و سیستم‌های مکانیکی میکروالکترونیکی و افزاره‌های الکترونیکی انعطاف پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته تمام این کاربردها با تاکید بر فناوری‌هایی با زمینه‌ی زیستی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. این مقاله در سال ۲۰۱۸ در نشریه‌ی ACCOUNTs of chemical research به چاپ رسیده است.

مواد و افزاره‌های پیشرفته جهت کاربردهای الکترونیکی قابل جذب زیستی

به قلم سیده ثریا موسوی

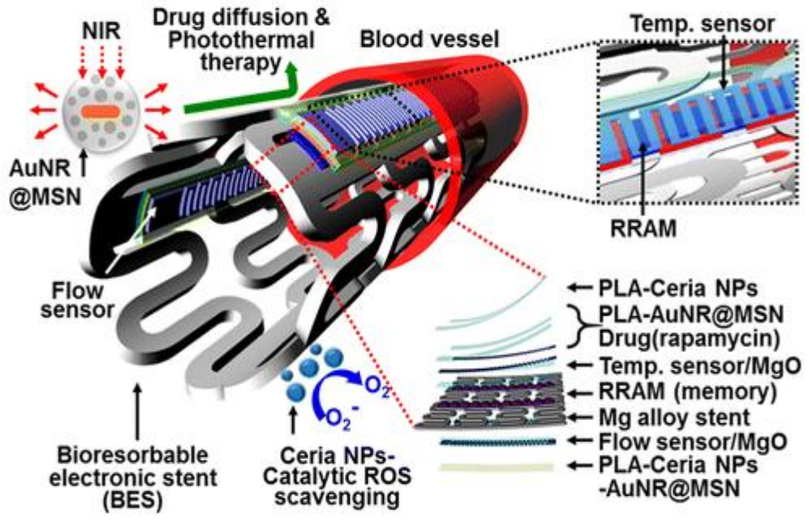
s.soraya.mosavy@gmail.com

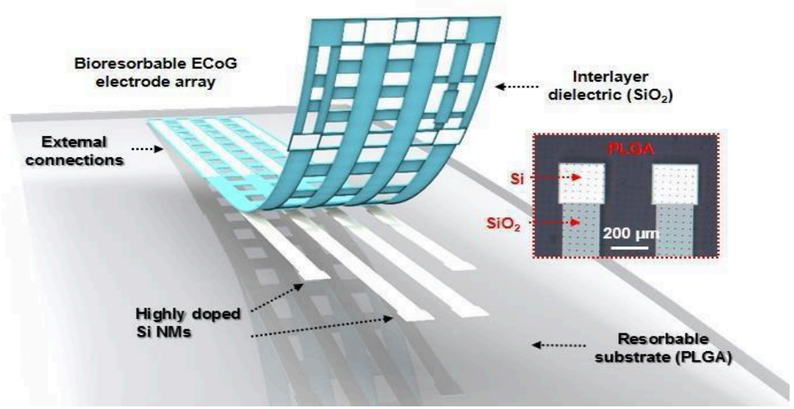
ادوات الکترونیکی گذرا (Transient) نسل جدیدی از فناوری‌های در حال ظهور است که مواد تشکیل‌دهنده آن به طور کامل یا جزئی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا فیزیکی قابل حل یا تجزیه است. این امر بدان معنا است که پس از یک بازه‌ی زمانی که از عملکرد این ادوات می‌گذرد، افزاره از بین خواهند رفت.

کاربردهای این دسته از ادوات بیشتر در زمینه‌هایی است که فناوری‌های الکترونیکی مرسوم قادر به برآورد نیازها درآن زمینه نیست. از آن جمله می‌توان به افزاره‌های مصرفی که توسط محیط زیست قابل تجزیه هستند، اشاره کرد که کم‌ترین میزان دورریخت نامطلوب را تولید کرده و از بسترهای سخت افزاری با امنیت بسیار بالایی برخوردار هستند که به صورت فیزیکی می‌توان اطلاعات حساس آن‌ها را ازبین برد.

شاید ادوات الکترونیکی قابل جذب توسط بافت‌های زیستی (بدن) را بتوان به عنوان مهم‌ترین حوزه‌ی کاربرد این دسته از مواد در نظر گرفت. به طوریکه بنیان ادوات قابل کاشت فعال که در شناسایی و درمان فرآیندهای بیولوژیکی (مانند بهبود زخم‌ها) به کار می‌روند را تشکیل می‌دهد.

این در حالیست که به علت تجزیه‌ی کامل دیگر نیاز به جراحی مجدد برای خروج افزاره از بدن نخواهد بود. در واقع این روند طبیعی حذف جذبی، خطرات مربوط به حضور طولانی مدت افزاره‌های قابل کاشت مانند عفونت‌ها، پاسخ‌های ایمنی بدن و ... را که تنها جزو معدودی از مشکلات این روش‌ها هستند، تا حد زیادی کاهش می‌دهد. فرآیند استخراج این ادوات از طریق جراحی نیز بسیار مخاطره‌آمیز است. اما ادوات الکترونیکی قابل جذب توسط بدن راه حل نهایی است که عملکرد درمانی مشابهی هم دارد اما با روش‌های درمانی دارویی مرسوم به شکل متمایزی تفاوت دارد.





در تحقیقات اکتشافی اخیر در زمینه‌ی الکترونیک مواد قابل جذب که در مدل‌های حیوانی نتایج موفقیت آمیزی نشان داده است، از ادوات الکترونیکی متشکل از مواد غیرآلی غیر قابل جذب اما نازک و فوق‌العاده کوچک که در داخل مواد پلیمری قابل جذب گنجانده شده بودند، استفاده شده است. پس از آن بود که امکان ساخت ادواتی با استفاده از مواد نیم‌رسانای آلی قابل جذب (هر دو نوع مواد طبیعی و مواد سنتز شده) و فلزات غیر قابل جذب مورد تحقیق قرار گرفت.

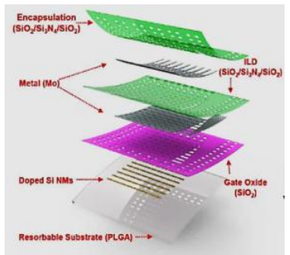
نتایج تحقیقات نشان داده است که افزاره‌های ساخته شده با نانوغشاهای Si می‌توانند در نتیجه هیدرولیز درون مایعات زیستی محصولات خوش‌خیمی را تولید کنند که این امر فرصت‌های وسیعی را جهت تولید ادوات الکترونیکی با عملکردهای چند منظوره و کارایی بالا در اختیار دانشمندان قرار می‌دهد.

در ادامه نتایج تحقیقاتی که در این زمینه به سرپرستی آقای دکتر روجرز در دانشگاه Illinois صورت گرفت و در قالب مقاله‌ای در نشریه‌ی Accounts of Chemical Research به چاپ رسید، را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهیم.

در این مقاله دستاوردهای اخیر این گروه تحقیقاتی با تمرکز بر روی انواع مواد قابل جذب و فرآیندهای شیمیایی بازجذب مرتبط با آن‌ها بررسی شده است و چند نمونه‌ی معدود از کاربردهای این مواد در فناوری افزاره‌های زیست-پزشکی اشاره شده است.

ضمن آن که در مقاله‌ی بعدی در همین نشریه یکی از زمینه‌های کاربردی این مواد که حاصل کار همین گروه تحقیقاتی است، به صورت مبسوط مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

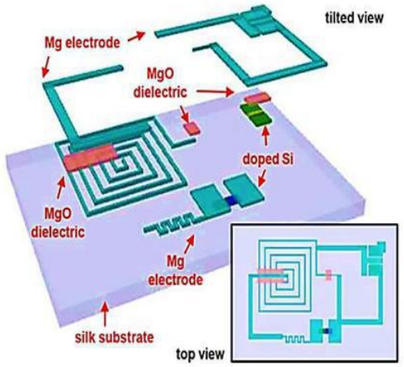
دکتر روجرز در بخش اول این مقاله به بررسی فرآیند انحلال شیمیایی نانومواد سیلیکانی می پردازد. این در حالیست که توجه تحقیقات او و همکارانش به قابلیت‌های زیستی ترکیبات و ساختارهای سیلیکانی به عنوان مواد جذب شدنی توسط بافت‌های زیستی معطوف است.

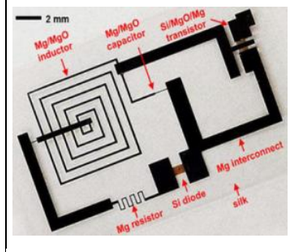


ساختار و تصویر یک سیستم حسگری چندگانه‌ی فعال متشکل از مواد نیم‌رسانا، فلز و دی‌الکتریک برمبنای اکسیدها و نیتریدهای سیلیکان قابل جذب و بستری از جنس PLGA

در قسمت بعدی مقاله سایر مواد و ترکیبات الکترونیکی قابل انحلال نیز بررسی شده است. همچنین او در این پژوهش پلیمرهای آلی نیم رسانا با خاصیت جذب زیستی را به صورت مبسوط مورد مطالعه قرار داده است. در ادامه او با بررسی چند مثال به تبیین کاربردهای این نانومواد در ساخت ادوات الکترونیکی با کاربردهای زیست پزشکی می‌پردازد که ما نیز در این بخش به صورت مختصر برخی از بحث های مطرح شده در مقاله‌ی این گروه تحقیقاتی را مورد بررسی قرار داده‌ایم. سیلیکان تک کریستالی به لحاظ شیمیایی در شرایط و محیط آبی پایدار است که این امر به خاطر تشکیل یک لایه‌ی منفی اکسیدی بر روی سطح آن است. هرچند که این مفهوم پایداری به ابعاد ساختاری و مقیاس زمانی تحت بررسی بستگی دارد. در مقیاس زمانی آزمایشگاهی اتلاف مواد از سطح یک ویفر سیلیکانی توده ای غوطه‌ور در آب با نرخ چندین نانومتر در روز، قابل اغماض است. این در حالی است که چنین نرخ اتلافی برای نانوسیم‌ها، نانوربان‌ها یا نانوغشاهای سیلیکانی منجر به ناپدید شدن کامل آن‌ها در بازه‌های زمانی مشابه خواهد شد. به گفته‌ی روجرز، نانوساختارهای سیلیکان فعال بسته به هندسه، پایانه‌های شیمیایی سطح سیلیکان، نوع و میزان آلایش سیلیکان، ترکیبات و دمای محلول احاطه کننده، می‌توانند ظرف چندین روز یا هفته در محیطهای آبی مربوطه حل شوند.

تحقیقات پیشین نشان داده است که مهم‌ترین واکنش‌های مربوط به هیدرولیز سیلیکان متخلخل (Nanoporous Silicon (np-Si)) و سطوح سیلیکان در آن منجر به تولید اورتوسیلیسیک اسید ($Si(OH)_4$) و هیدروژن به عنوان محصولات جانبی می‌شود. $Si(OH)_4$ شکل ابتدایی ترکیباتی با فرمول شیمیایی $[SiO_x(OH)_{4-2x}]_n$ است که در تمام مایعات بیولوژیکی و طبیعی با غلظت معمول 10^{0} تا 10^{1} ppm وجود دارد. انحلال نانومواد سیلیکان در کاربردهای مورد نظر، به طور معمول حدود چندین میکروگرم در کل ماده است. نتایج حاصل از واکنش‌های شیمیایی نانوغشاهای سیلیکانی (اعم از ساختارهای ربانی یا سیمی) اساس کار نسل جدیدی از ادوات الکترونیکی را تشریح می‌کند. نکته‌ی جالب توجه در مورد این مواد آن است که پس از مدتی به صورت کامل در محیط‌های طبیعی و بیولوژیکی از بین می رود. به خصوص استفاده ترکیبی از نانوغشاهای سیلیکان با دی الکتریک‌ها و مواد رسانای حل‌شونده در آب می‌تواند فرصت‌های زیادی را در اختیار دانشمندان قرار دهد. جزئیات نحوه و نرخ تجزیه‌ی نانوغشاهای سیلیکانی به صورت کامل در قالب نمودار در مقاله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. اثرات pH محیط، انواع و میزان آلایش ها و کم و کیف انحلال در محلول بافر فسفات (pH ۴/۷، ۰/۱ مولار و ۳۷°C) نیز به صورت





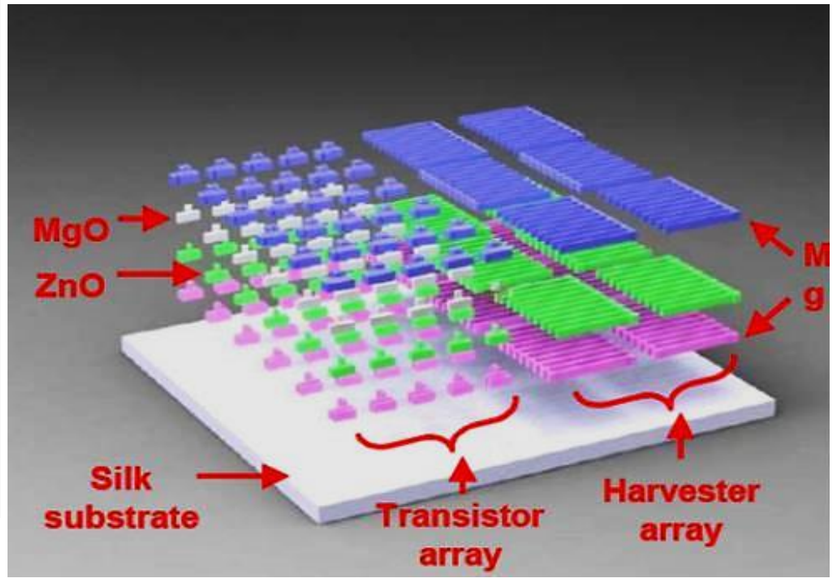
مجموعه‌ی کاملی از افزاره‌های فعال شامل (القاگر، خازن و مقاومت) متشکل از Si NMs، Mg و MgO و ابریشم که به شکل یک نوسانگر Colpitts ساخته شده است.

مبسوط مطالعه شده است. همچنین نتایج تحقیقات اخیر دانشمندان حاکی از آن است که Mg، Zn، W و Mo را هم می‌توان جزو فلزات قابل جذب زیستی به شمار آورد. مطالعات سیستماتیک نشان از قابلیت انحلال این فلزات در قالب لایه‌های نازک یا فویل دارد. به عنوان مثال آهن می‌تواند به شکل هیدروکسیدهای آهن حل شود، هر چند که محصولات جانبی آن مانند Fe_2O_3 و Fe_3O_4 قابلیت انحلال بسیار کمی دارند و منجر به انحلال غیرمعمول می‌شود.

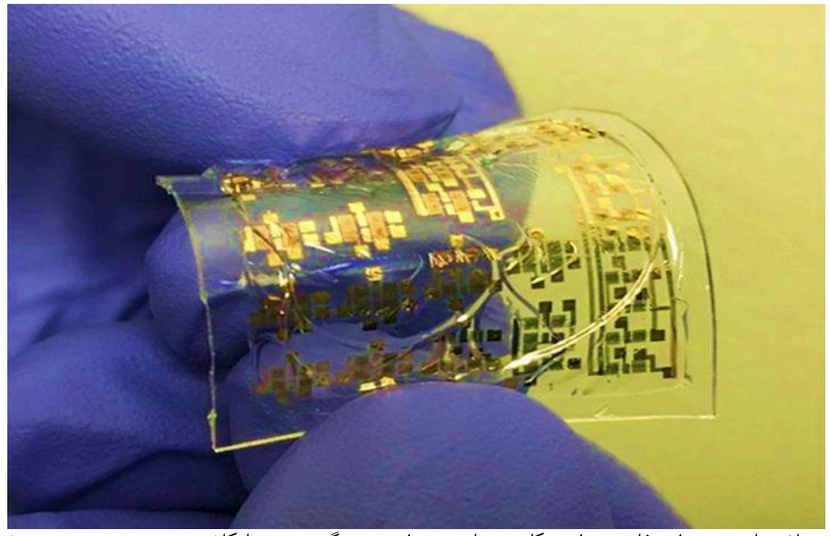
ضمن آنکه باید به نکته نیز اشاره کرد که آلیاژهای فلزی بر مبنای منیزیم و روی از قابلیت تنظیم میزان انحلال برخوردارند.

از نگاه دیگر اکسیدها و نیتریدهای سیلیکان را می‌توان به عنوان جذاب‌ترین انتخاب جهت کاربردهای دی الکتریکی و کپسوله‌سازی (encapsulation) قابل جذب زیستی در نظر گرفت. به عنوان مثال می‌توان از این مواد ادواتی همچون ترانزیستورهای اثر میدانی نیم‌رسانا-اکسید-فلزی (MOSFET) ساخت که متشکل از کانال هایی از جنس نانوغشاهای سیلیکانی، دی الکتریک گیت SiO_2 و الکترودهایی از جنس منیزیم است و مشخصه‌های قابل توجهی همچون نسبت جریان روشن به خاموشی بزرگ تر از 10^5 و قابلیت تحرک حفره، الکترون حدود ۷۰ و ۴۰۰ $Cm^2 s^{-1} V^{-1}$ برای آن به ثبت رسیده است.

سینتیک انحلال این مواد می‌تواند تحت تاثیر ریخت‌شناسی، چگالی و استوکیومتری آن‌ها به شدت تغییر کند. در کنار موادی که تاکنون مورد بررسی قرار دادیم، انتخاب‌های غیرمعمول دیگری هم وجود دارند که می‌توانند به عنوان دی الکتریک در سیستم‌های قابل جذب زیستی مورد استفاده قرار گیرند که از آن جمله می‌توان به آلبومین تخم‌مرغ و دی فلوراید منیزیم اشاره کرد.



به گفته‌ی روجرز، نانوساختارهای سیلیکان فعال بسته به هندسه، پایانه‌های شیمیایی سطح سیلیکان، نوع و میزان آلایش آن، ترکیبات و دمای محلول احاطه کننده، می‌توانند ظرف چندین روز یا هفته در محیط‌های آبی مربوطه حل شوند.



تصویر یک CMOS قابل جذب زیستی که توسط یک تار موی انسان نگه داشته شده است.

زیرلایه‌های مورد استفاده در این کاربردها شامل فویل‌های فلزی، لایه‌های پلیمری (مانند PCL، PLA، PLGA و POC)، مواد آلی زیستی(Sodium alginate) و حتی مواد غذایی (مانند کاغذ برنجی، پنیر، ذغال چوب و جلبک دریایی) است.

این بستر یا زیرلایه همچنین می‌تواند به عنوان سدی در مقابل نفوذ آب هم عمل کند. البته برای بستر و لایه‌ی محافظ شانس انتخاب‌های بسیار بیشتری هم از بین مواد و ترکیبات جدیدی که به صورت روزافزون تولید می‌شوند، وجود خواهد داشت.

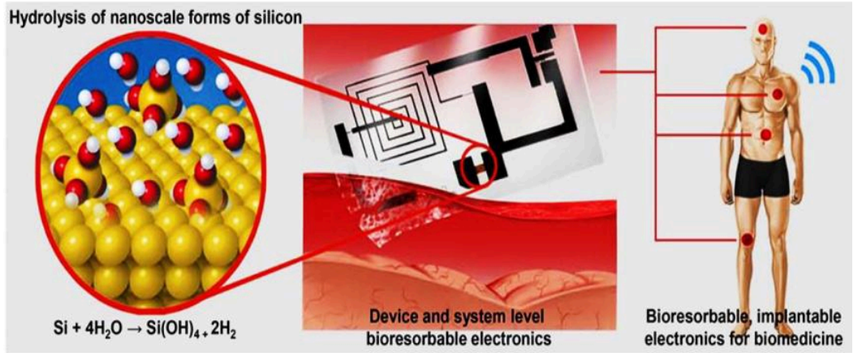
سازگاری زیستی نانوغشاهای سیلیکانی و محصولات جانبی تجزیه‌ی آن موضوعی بسیار حائز اهمیت است. مطالعات در زمینه‌ی np-Si ها که با همین شیمی ولی نرخ بالاتری نسبت به سیلیکان‌های تک کریستال (m-Si)حل می‌شوند، مفاهیم جدیدی را نتیجه داده است. محصول اصلی یعنی سیلیسیک اسید یک مولکول کوچک غیرسمی است که رایج‌ترین گونه‌ی سیلیکان زیستی موجود در بدن انسان است. سیلیسیک اسید درون بدن تجمع نمی‌کند اما توسط دستگاه گوارش جذب شده و از طریق مجاری ادراری دفع می‌شود. البته مطالعات مجزا درباره‌ی سازگاری زیستی نانوغشاهای سیلیکانی نتایج مشابهی را در پی داشته است. مطالعات مدل‌های حیوانی که در آن از نانوغشاهای سیلیکان بر بستری از ابریشم به عنوان ایمپلنت‌های زیرپوستی استفاده شده، تغییری در وزن یا تولید اضافی سلول‌های ایمنی در گره‌های لنفاوی زیر بغل و شاخه‌ای نشان نداده است. در مواردی هم حس‌گرهای فشار در فضای درون جمجمه‌ی مدل‌های موشی به مدت ۲، ۴ و ۸ هفته کاشته شد که در آن هیچ‌گونه اثری از واکنش یا تجمع کانونی از جانب سلول‌های گلیال مغزی مشاهده نشد.

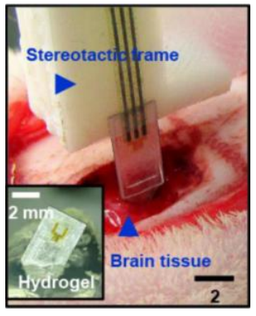
البته اگرچه نانوغشاهای سیلیکانی مشخصه های عملکردی بسیار خوبی از خود نشان می‌دهند، نیم‌رساناهای آلی هم از ویژگی‌های مکملی مانند فرآیندهای ساخت و سنتز در دماهای پایین، مشخصه‌های مکانیکی انعطاف‌پذیر و نرم، کاربردهای چند منظوره در اصلاح سطح جهت کاربرد در حس‌گرها و نرخ انحلال شیمیایی متناسب، برخوردارند. در این بین، پلیمرهایی که به صورت شیمیایی سنتز می‌شوند می‌توانند مشخصه‌های بهبودیافته‌ای از خود نشان دهند و در بسیاری از کاربردهای مذکور مورد استفاده قرار گیرند. موادی که در بخش‌های قبلی معرفی شدند، می‌توانند به عنوان زیربنای گستره‌ی وسیعی از افزاره‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار گیرند.

علاوه بر MOSFET، ترانزیستورهای دولایه‌ی الکتریکی، حافظه‌های تعویض مقاومتی، مکمل‌های فلز-اکسید-نیم‌رسانا (CMOS)، مدارهای منطقی و ...ادواتی هستند که می‌توانند بر مبنای مواد مذکور ساخته شوند و در زمینه‌های زیست-پزشکی مورد استفاده قرار گیرند. از این رو، پیشرفت‌های اخیر در شیمی مواد زمینه‌های بنیادین ساخت و توسعه ی نسل غیرمعمولی از سیستم‌های الکترونیکی را فراهم آورده است که با برخورداری از قابلیت انحلال کامل یا جزئی، تجزیه‌ی فیزیکی یا شیمیایی به صورتی کنترل شده پس از گذشت بازه های زمانی مناسب از عملکرد پایدار این ادوات، امکانات نوین و پیشرفته‌ای را در اختیار پزشکان و محققین قرار داده است. این گونه از فناوری ها موسوم به فناوری‌های گذرا، امکان ساخت حس گرهایی قابل کاشت با حداقل اتلاف و کم ترین ضرر که در بدن از بین می‌روند، را فراهم می‌کند.

سیستم‌های گذرا می‌توانند متناسب با میزان دریافت توان از چشمه‌های محدود هم طراحی شوند.

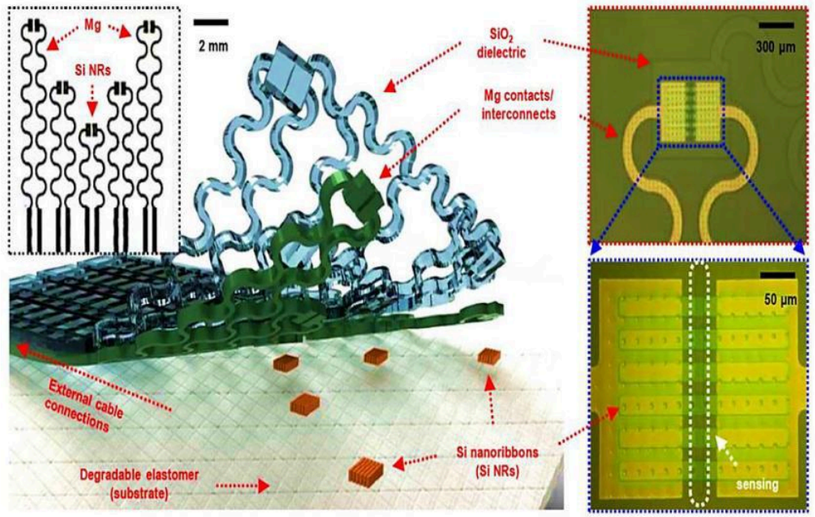
عملکرد مواد گذرا، همگام با طراحی خاص افزاره و همچنین رویکردهای به کار رفته در ساخت آن، امکان دستیابی به انواع متعددی از حس‌گرها، محرک‌ها و دستگاه‌های ذخیره کننده‌ی انرژی را می‌دهد. نمونه‌های ارائه شده‌ی اولیه‌ی این افزاره‌ها شامل ابزارهای دمایی مقاوم حرارتی و حس‌گرهای مشخصه‌یابی انتقال حرارت و نیز حس‌گرهای رطوبتی است که در ساخت آن‌ها از الکترودهایی از جنس نانوغشاهای سیلیکانی، اتصالات منیزمی و بسترهای PLGA بهره‌گیری شده است. حس‌گرهای مکانیکی از قبیل ابزارهای اندازه‌گیری کششی مقاوم پیزو، حس‌گرهای فشار، شتاب‌سنج‌ها و حس‌گرهای شیمیایی از جمله ادواتی هستند که بر مبنای مواد گذرا ساخته و مشخصه‌یابی شده‌اند که برخی از آنها را در ادامه به صورت مختصر بررسی می‌کنیم.





تصویر یک حس‌گر فشار تزریقی که برای دیده‌بانی عمیق مغز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

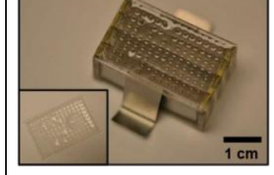
دروازه‌های علم



شکل بالا نمونه‌ای از حس‌گرهای pH را نشان می‌دهد که در آن از FETهای حساس یونی با قابلیت ارتجاعی و الکترودهای میان اتصالی serpentine و یک بسترپلیمری الاستیک استفاده شده است.

همچنین چشمه‌های انرژی گذرا در بسیاری از کاربردها یکی از ضروری‌ترین ادوات به شمار می‌روند که از آن جمله می‌توان به افزاره‌های دیده‌بانی متحرک و کاشت‌های زیست‌پزشکی اشاره کرد. باتری‌ها و ابرخازن‌هایی که انرژی تولید می‌کنند از آن دسته هستند.

جفت‌های گالوانواستاتیک از فلزات قابل جذب مانند Mg/Mo وقتی که در محلول الکترولیت غوطه‌ور شوند، می‌توانند به عنوان چشمه‌های الکتروشیمیایی توان الکتریکی عمل کنند.



تصویر یک باتری قابل جذب زیستی که شامل چهار سلول Mg-Mo است که به صورت سری بسته شده‌اند.

عملکرد باتری‌های تک سلولی شامل فویل‌های فلزی Mg-X (X=Fe, Mo, W) به همراه PBS به عنوان الکترولیت می‌تواند جگالی جریان تخلیه‌ی ثابتی به اندازه‌ی (۰/۱ میلی آمپر بر سانتی‌متر مربع) و ولتاژ کاری در حدود ۰/۷۵، ۰/۶۵ و ۰/۴۵ ولت را به ترتیب برای Fe، W و Mo نتیجه دهد.

در ساخت گونه‌های دیگری از باتری‌های قابل جذب تنها از مواد آلی (غشاهای سلولوزی، الکترودهای کاغذی کربنی، پوشش‌های نشت‌ناپذیر موم زنبور و گونه‌های کاهنده‌ی آلی) بهره‌گیری می‌شود.

در یک مورد، اسید اگزالیک و هیدروکسید پتاسیم به ترتیب به عنوان مواد الکترولیت مثبت و منفی نیم سلول‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

نمونه‌های اولیه‌ی افزاره‌های تحت بررسی به مدت ۱۰۰ دقیقه با یک ولتاژ خروجی عمل می‌کرد که می‌توانست با نیاز افزاره‌ی الکترونیکی قابل حمل تنظیم شود (۱/۵-۳ ولت). همه‌ی مواد در شرایط

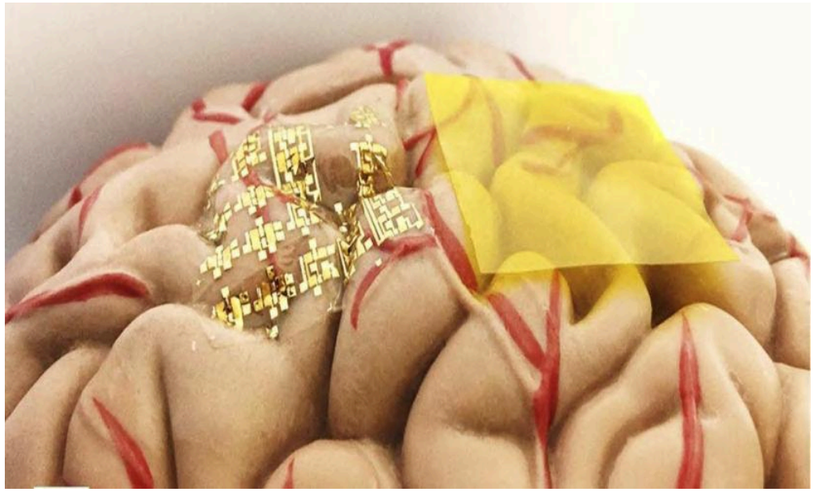
بی‌هوازی پس از گذشت ۶۰ روز تا ۵۰ درصد به صورت زیستی تخریب شدند.

حس‌گرهای فشار ناحیه‌ی جمجمه، برای دیده‌بانی روند بهبود وضعیت جراحات مغزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این افزاره‌ها حس‌گرهای کششی مقاوم در برابر فشار متشکل از نانوغشاهای سیلیکانی با غشای انعطاف‌پذیری از جنس PLGA تجمیع می‌شود که بالای حفره‌ی ایجاد شده در ناحیه‌ی زدوده شده‌ی یک بستر np-Si یا فویل Mg را درزگیری می‌کند. چنین ساختاری به عنوان یک دیده‌بان فشار داخل جمجمه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیم‌های آن با قابلیت تخریب‌شوندگی توسط PLGA روکش شده که اتصالات الکتریکی بین حس‌گر و مدار الکترونیکی خارجی را برقرار می‌کند. مطالعات چگونگی عملکرد این افزاره بر اساس مدل‌های جانوری نشان از پایداری اندازه‌گیری های فشار و دمای داخل جمجه برای مدت زمانی حدود ۳ روز دارد.

بر اساس آن چه تاکنون بیان شد، با بهره‌گیری از دانش در زمینه‌ی شیمی مواد نیم‌رسانای قابل انحلال، می‌توان بنیان نسل جدیدی از ادوات الکترونیکی قابل جذب زیستی نوظهور با پتانسیل کاربرد گسترده در سیستم‌های نظامی، صنعتی، مصرفی و پزشکی را پی‌ریزی کرد.

البته سایر موادی که در این پلتفرم قرار می‌گیرند نیز به همین اندازه مهم بوده و می‌توانند در توسعه‌ی عملکرد افزاره‌هایی همچون حس‌گرها، محرک‌ها و باتری‌ها نقشی کلیدی ایفا نمایند. هر چند زمینه‌های دیگری همچون تولید مواد فعال، منفعل و بسترهای جدید هم می‌تواند فرصت‌های جدیدی را در توسعه این فناوری‌ها در اختیار دانشمندان قرار دهد.

در قسمت بعدی اطلاعات دوگونه‌ی نوین از انواع حس‌گرهای فشار و دمای قابل جذب توسط بدن که به تازگی اطلاعات آن توسط همین تیم تحقیقاتی منتشر شده است، به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. علاقه‌مندان می‌توانند جهت کسب اطلاعات بیشتر به مرجع مقابل مراجعه نمایند.



S. K. Kang, J. Koo, Y. K. Lee and J. A. Rogers, Advanced Materials and Devices for Bioresorbable Electronics, Acc. Chem. Res. 2018, 51, 988–998