نانو الکترونیک

فصلنامه نانوالکترونیک دانشگاه تبریز
سال اول/شماره سوم/پاییز ۱۴۰۳




بنام خالق هستی بخش

بسم الله الرحمن الرحیم

فصلنامه علمی دانشجویی نانوالکترونیک رشته نانوالکترونیک

سال اول / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۳

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی نانوالکترونیک دانشگاه تبریز

استادمشاور: دکتر مینا سلیم

مدیرمسئول: هادی محمدیان فرد

سردبیر: هادی محمدیان فرد

هیئت تحریریه: محمد ابوطالبی - علی اشرف پور

فاطمه آقایی - احسان حافظی - صدرا زارعی - شیدا شافعی

رضا علی نیا - عمران زاده اسماعیل

علی نقوی - پریا نیکجو تبریزی - سارا واصفی

ویراستار: پریا نیکجو تبریزی

طراح و صفحه آرا: امیرمحمد جامبر

شماره مجوز: ک.ن.ت ۱۱۴/۱۰

با تشکر از سرکار خانم دکتر مینا سلیم، استاد مشاور انجمن
های علمی دانشکده برق، و اساتید دانشکده برق
که ما را در تهیه نشریه یاری نمودند.

انجمن علمی نانوالکترونیک دانشگاه تبریز

راه های ارتباطی

Ne_Tbzu

فهرست

سخن آغازین ٤

معرفی نرم‌افزار **VESTA** ٥

میکروسکوپ الکترونی ٦

انواع نمایشگرها و فناوری مربوط به آن‌ها ٩

نانورباتیک ١٢

فتوترانزیستور ١٥

طراحی میکروپروسسور ١٧

آشکارساز بر پایه نقاط کوانتومی ٢١

خلاصه مقاله ٢٧

علم پلاسمونیک و پلاسمون‌ها ٣٠

نگاهی بر سلول‌های خورشیدی پلاسمونیکی ٣٣

Plasmonics and Plasmons 36

Optical phased array (OPA) 39

سخن آغازین

با عنایت به الطاف پروردگار مهربان و با نام و یاد او و عرض سلام و صلوات بر نبی مکرم اسلام (ص) و خاندان مطهرش و آرزوی ظهور یگانه منجی بشریت قلم بر تحریر علم برداشته و مسیر پر پیچ و خم اما شیرینی را آغاز می کنیم.

با توجه به فرمایشات رهبر معظم انقلاب اسلامی (مدظله العالی) در ارتباط با علم که فرموده اند: باید جوانان نخبه هدف اصلی خود را رسیدن به مرزهای دانش و فناوری و جلو بردن این مرزها قرار دهند، چرا که در بیست سال اخیر در این خصوص، حرکت علمی و فناوری بسیاری انجام شده است ولی ما هنوز عقب ماندگی زیادی داریم و مهمترین وظیفه نسل جوان نخبه، علاوه بر ادامه پرشتاب مسیر موفقیت آمیز علمی، جلو بردن مرزهای دانش و فناوری است. (بیانات رهبر در دیدار با مدال آوران المپیادهای علمی)، با همکاری گروهی از نخبگان علمی این مرز و بوم در زمینه نانو به گردآوری و انتشار مطالبی ارزشمند و نو در زمینه نانوالکترونیک می پردازیم. امید بر این است با همکاری اعضای فعال و تیم نانوالکترونیک بتوان مسیری روشن در جهت راهبرد پیشرفت کشور را شروع کرده و قدمی هر چند قلیل در این راه برداشت.

نشریه پیش رو تحت امتیاز انجمن نانوالکترونیک دانشگاه تبریز، بعنوان یکی از برترین دانشگاه های سطح کشور، یکی از معدود نشریات منتشر شده در کشور در زمینه نانوالکترونیک بوده که به صورت مجموعه ای از گردآوری مطالبی متشکل از اکتشافات انجام یافته در زمینه نانوالکترونیک، معرفی دانشمندان مطرح و تاثیر گذار در این زمینه و پروژه های صنعتی انجام شده می پردازد.

در این شماره، با نگاهی اجمالی بر مباحث پایه مانند پلاسمونیک، معرفی انواع نمایشگر و نانورباتیک پرداخته و سپس به بررسی مباحث کاربردی مانند آشکارسازهای بر پایه نقاط کوانتومی، سلول های خورشیدی پلاسمونیکی، معرفی نرم افزار وستا و .... می پردازیم. در ادامه شما را با طراحی میکروپروسسور، میکروسکوپ الکترونی و خلاصه مقاله ای در خصوص تولید انرژی با سلول خورشیدی آشنا خواهیم کرد و نهایتا به مقالات انگلیسی می پردازیم.

سخن آخر اینکه از تمام نویسندگان فعال در نشریه نانوالکترونیک دانشگاه تبریز و زحمات و راهنمایی های مشاور محترم انجمن نانوالکترونیک دانشگاه تبریز، خانم دکتر مینا سلیم، نهایت قدرانی و تشکر را داریم.

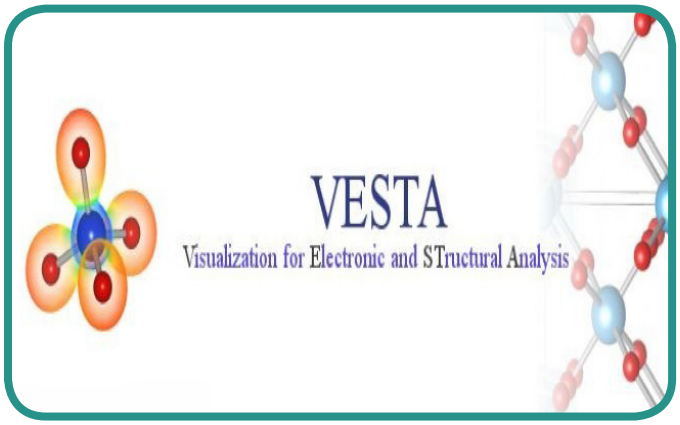
با تشکر از نگاه های پرمهر شما

هادی محمدیان فرد

معرفی نرم افزار VESTA

(Visualization for Electronic and Structural Analysis)

محمدابوطالبی- دانشجوی کارشناسی
مهندسی برق/دانشگاه تبریز



مقدمه

این برنامه یک نرم افزار قدرتمند برای تجزیه و تحلیل ساختارهای کریستالی، چگالی الکترونی و ویژگی‌های ساختاری است. این نرم افزار عمدتا در علوم شیمی، فیزیک و مواد برای شبیه سازی و تجزیه و تحلیل ساختارهای بلوری، مدل‌های مولکولی و محاسبات چگالی الکترونی استفاده می‌شود. وستا به کاربران این امکان را می دهد که داده های کریستالوگرافی و شبیه‌سازی‌های علمی را تجزیه و تحلیل کرده و نتایج را به‌صورت گرافیکی نمایش دهند و این نرم افزار برای ساختارهایی مانند مواد نیمه‌هادی، مواد بلوری، مواد مغناطیسی، مواد دارای خواص ویژه الکترونیکی و مغناطیسی بسیار مفید است.

از جمله ویژگی های این برنامه میتوان به:

۱. نمایش سه بعدی ساختار های کریستالی
۲. شبیه سازی و تحلیل چگالی الکترونی
۳. پراشه اشعه ایکس (XRD)
۴. نمایش گرافیکی خواص ساختاری
۵. شبیه سازی‌های مغناطیسی و الکترونیکی

این نرم افزار در زمینه های مختلف علمی و صنعتی کاربرد دارد و به ویژه در زمینه های زیر بسیار مفید است:

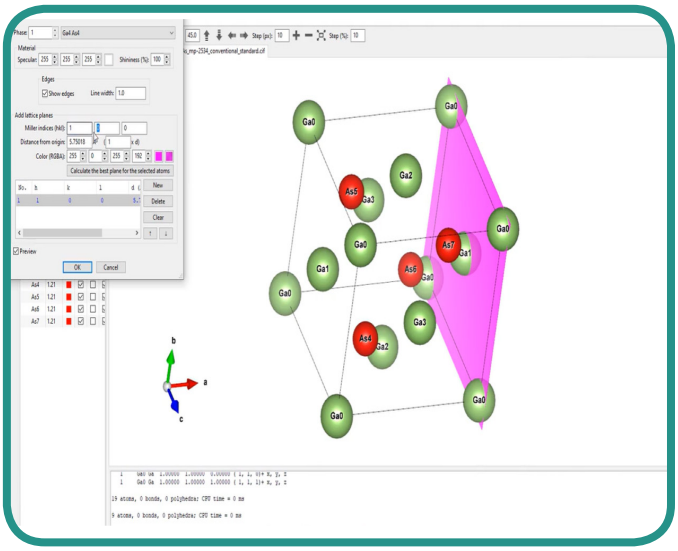
کریستالوگرافی: یکی از اصلی ترین کاربرد های این نرم افزار تجزیه و تحلیل ساختارهای بلوری است. این نرم افزار به ویژه برای بررسی ساختارهای بلوری پیچیده و شبیه سازی داده های حاصل از پراش اشعه‌ایکس کاربردیست.

شیمی فیزیک: در این زمینه برای شبیه سازی خواص الکترونی و چگالی الکترونی مواد، تحلیل ساختارهای مولکولی، و بررسی ویژگی های فیزیکی مواد قابل استفاده است.

مواد و علم مواد: در مطالعه مواد جدید مانند نانو مواد، مواد نیمه‌هادی، و مواد مغناطیسی کاربرد فراوان دارد. این نرم افزار به محققین این امکان می دهد تا ویژگی های ساختاری و الکترونی مواد جدید را مورد بررسی قرار دهند.

مغناطیس و الکترومغناطیس: در مطالعات راجع به این زمینه از این نرم افزار برای تجزیه و تحلیل خواص مغناطیسی مواد و شبیه سازی رفتار آن‌ها استفاده می‌شود.

بیولوژی ساختاری: محققین این علم برای تجزیه و تحلیل ساختارهای پروتئینی و مواد زیستی استفاده می کنند.



کاربرد نرم افزار در مهندسی برق

در زمینه الکترونیک، معمولا بعنوان ابزاری برای شبیه سازی میدان های الکترومغناطیسی در تحلیل میدان ها و طراحی اجزار مختلفی که تحت تاثیر این میدان ها قرار دارند و یا حتی تحلیل ارتعاشات و شبیه سازی های مربوط به سیستم های قدرت کاربرد داشته باشد.

این نرم افزار به مهندسان الکترونیک کمک میکند تا طراحی های دقیق تری برای مدار های پیچیده تحت تاثیر میدان الکترومغناطیسی انجام دهند. برای مثال در طراحی آنتن ها، سنسور ها یا مدارات با فرکانس بالا، میتواند به شبیه سازی میدان های الکترومغناطیسی، شبیه سازی پارامتر های مختلف برای بهینه سازی طراحی قطعات الکترونیکی و حتی شبیه‌سازی و تحلیل اثرات تداخل الکترومغناطیسی و تطابق امپدانس در سیستم های الکترونیکی با قطعات مختلف کمک کند.



میکروسکوپ الکترونی
(Electron microscope)

صدرا زارعی- دانشجوی کارشناسی
مهندسی برق/دانشگاه تبریز

مقدمه

ابتدابه تعریف میکروسکوپ میپردازیم در حالت کلی میکروسکوپ وسیله ای است که اجسام کوچکتر را تا اندازه ای مشخص بزرگ میکند و تصویر بزرگ شده ای از جسم را به ما میدهد.

اولین نمو نه میکروسکوپ الکترونی برای اولین بار در سال ۱۹۳۱ توسط ارنست روسکا و ماکس نول در دانشگاه صنعتی برلین تولید شد.این دستگاه قادر به بزرگنمایی ۴۰۰ برابری تصاویر اجسام بود. سپس شرکت زیمنس با سرمایه گذاری بر کار ارنست روسکا و بودو ون بوریس کاربردهای میکروسکوپ های الکترونی را به ویژه در زمینه مشاهده نمونه های زیستی ارتقا داد و اولین میکروسکوپ الکترونی تجاری را در سال ۱۹۳۸ تولید کرد.

میکروسکوپ های کنونی همچنان بر اساس نمونه ساخته شده توسط روسکا کار میکنند با این تفاوت که بزرگنمایی آنها اکنون به دو میل یون برابر رسیده است.

میکروسکوپ های الکترونی از پرتویی از الکترون های شتابدار به عنوان منبع روشنایی استفاده میکنند. از انجایی که طول موج الکترون میتواند در حدود ۱۰۰۰۰۰ مرتبه کوچکتر از طول موج فوتون های نور مرئی باشد میکروسکوپ الکترونی در مقایسه با میکروسکوپ نوری قدرت تفکیک بالاتری دارد بنابرین از این میکروسکوپ میتوانیم برای مشاهده ساختار اجسام بسیار کوچک با اندازه ای در محدوده کمتر از ۱۰۰ نانومتر استفاده کنیم پرتو الکترون پس از بر خورد با نمونه انرژی خود را طی فرایندهای مختلفی از دست می دهد. انرژی از دست رفته به شکل های مختلفی مانند گرما، تابش الکترون های ثانویه با انرژی کم، الکترون های بازگشتی با انرژی زیاد، تابش نور یا اشعه ایکس تبدیل می شود.

هریک از این شکل ها اطلاعات زیادی در مورد نمونه مورد مطالعه مانند سطح نمونه و ترکیب شیمیایی آن به ما میدهد.

نمونه هایی که میخواهیم توسط میکروسکوپ الکترونی مطالعه شود باید در خلا قرار بگیرند از خود میپرسید چرا؟ علتش این است که نباید پرتو های الکترونی در اثر برخورد با ذرات موجود در هوا پراکنده و واگرا نشوند.

میکروسکوپ های نوری معمولی تنها میتوانند جسم را بین ۴۰ تا ۲۰۰۰ برابر بزرگتر کنند. در سال های اخیر میکروسکوپ های نوری با قدرت تفکیک بسیار بالا و بزرگ نمایی برابر ۲۰۰۰۰ و بیش تر ساخته شده اند و از آنها برای مطالعه سلول های زیستی زنده استفاده میشود.

اما میکروسکوپ های الکترونی میتواند نمونه های بسیار کوچک را تا یک میلیون برابر و حتی بیشتر بزرگ کند. عملکرد میکروسکوپ های الکترونی شباهت زیادی به عملکرد میکروسکوپ های نوری دارد. با این تفاوت که در میکروسکوپ های الکترونی به جای باریکه نور از پرتو الکترون برای تصویر برداری استفاده میکنند.



میکروسکوپ های الکترونی از یک باریکه الکترونی برای تصویر سازی استفاده میکند و میتواند طیف گسترده ای از بزرگنمایی ها را تصویر سازی کند.

میکروسکوپ های الکترونی برای بررسی زیر ساختاری طیف گسترده ای از نمونه های بیولوژیکی و معدنی از جمله میکروارگانیسم ها،سلول ها،مولکول های بزرگ،نمونه های بیوبسی-فلزات و کریستال هااستفاده میشوند.

از نظر صنعتی میکروسکوپ های الکترونی اغلب برای کنترل کیفیت و تجزیه و تحلیل شکست استفاده میشوند. میکروسکوپ های الکترونیکی مدرن با استفاده از دوربین های دیجیتالی و قاب های مخصوص، قاب برای گرفتن تصاویر میکروگراف الکترونی تولید میکنند.

بخش‌های مختلف میکروسکوپ الکترونی

میکروسکوپ های الکترونی دارای چند بخش اصلی هستند:

تفنگ الکترونی: که به روش های مختلفی الکترون تولید مینمایند و پرتو الکترونیکی فرودی بر سطح نمونه را تامین میکند.

لنزهای الکترومغناطیس که به متمرکز کردن پرتو الکترونی بر روی نمونه و بزرگ نمایی تصویر کمک میکنند.

روزنه ها همچون روزنه های چگالنده و شیئی، که برای کنترل کردن میزان فوکوس و قطر پرتو الکترونی استفاده میشود تا وضوح تصویر افزایش یابد.

نگه دارنده نمونه که نمو نه را ثابت نگه می دارد.

سیستم تصویر برداری برای ایجاد تصویر نهایی.

انواع میکروسکوپ الکترونی

الف-میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM):

نوعی میکروسکوپ الکترونی است که در ان پرتویی از الکترون ها از یک نمونه فوق العاده نازک) بخش های بافتی - مولکول ها و غیره(عبور میکنند و در اثر تعامل الکترون های عبوری با نمونه تصویر شکل میدهد. کاربردهای TEM:

۱.شناسایی ترکیبات شیمیایی فاز های غیر الی
۲.بررسی رسوب ها
۳.بررسی سطوح شکست
۴.تعیین جهت رشد مواد بلوری و صفحات کریستالی
۵.شناسایی ترکیب شیمیایی فازهای غیر عالی
۶.استحاله های فلزی
۷.تشخیص مناطق دارای تنش پسماند
۸.مطالعه سرامیک ها و کانی ها

ب-میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM):

از کاربردهای میکروسکوپ الکترونی تسلسلی در تجزیه و تحلیل اتصال در نمونه های حجمی بافت مغز با تصویر برداری از بخش های نازک است.

ج-میکروسکوپ الکترونی روبشی

د-میکروسکوپ الکترونی انعکاسی (REM)

ه-میکروسکوپ تونلی روبشی(Remer System)





آینده‌میکروسکوپ‌الکترونی

آینده میکروسکوپ الکترونی به عنوان یکی از ابزار های کلیدی در علم و فناوری به شدت تحت تاثیر و پیشرفت های فناوری و نیاز های جدید در زمینه های مختلف علمی و صنعتی قرار دارد. در زیر به برخی از روند ها و پیشرفت های احتمالی در اینده میکروسکوپ های الکترونی اشاره میشود:

۱.افزایش دقت و وضوح: با پیشرفت تکنولوژی نانو انتظار میرود که دقت و وضوح میکروسکوپ های الکترونی افزایش یابد. این امر امکان مشاهده ساختار های نانومتری و اتمی را فراهم خواهد ساخت.

۲.میکروسکوپ های الکترونی با سرعت بالا: توسعه میکروسکوپ هایی که قادر به تصویر برداری سریع از فرایندهای دینامیکی هستند میتواند انقلابی در مطالعه واکنش ها و تغییرات سریع مواد ایجاد کند.

۳.تکنیک‌های ترکیبی: ترکیب میکروسکوپ الکترونی با سایر تکنیک ها مانند میکرسکوپ نیروی اتمی یا طیف سنجی امکان بررسی جامع تری از نمونه ها را فراهم خواهد کرد.

۴.کاربردهای پزشکی: استفاده از میکروسکوپ های الکترونی در تحقیقات پزشکی برای بررسی ساختار سلولی و ملکولی بیماری ها به ویژه سرطان رو به افزایش است.

۵.دستگاه های قابل حمل: تلاش برای طراحی دستگاه های کوچک تر و قابل حمل که بتوانند در محیط های مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

۶.میکروسکوپ های سه بعدی: توسعه روش هایی برای تصویر برداری سه بعدی با استفاده از میکروسکوپ های الکترونی، امکان بررسی دقیق تر ساختار را فراهم خواهد کرد.

منابع

۱.ویکی پدیا
۲.فرادرس
۳.دایااکسیر





انواع نمایشگرها و فناوری مربوط به آن ها

احسان حافظی- دانشجوی کارشناسی
جغرافیا/دانشگاه تبریز

مقدمه

در دنیای امروز نمایشگر ها نقش بسیار مهمی در زندگی روزمره ما ایفا میکنند.از تلوزیون ها و مانیتور ها گرفته تا نمایشگر های تلفن همراه و تبلت ها،این دستگاه ها به ما امکان مشاهده اطلاعات و محتوا را میدهند در این مقاله به بررسی انواع مختلف نمایشگر ها و فناوری مربوط به آنها خواهیم پرداخت.

نمایشگرچیست؟

نمایشگر یا مانیتور، دستگاهی برای نمایش خروجی الکترونیکی مانند تلویزیون است که به عنوان ترمینال نمایش ویدئو (VDT) یا واحد نمایش ویدیویو (VDU) نیز شناخته میشود. این دستگاه سیگنال خروجی گرافیکی را از واحد گرافیکی دریافت کرده، آن را تفسیر میکند و نمایش میدهد. اولین مانیتور کامپیوتری یک مارس ۱۹۷۳ معرفی شد؛ این نمایشگر بخشی از سیستم کامپیوتری زیراکس آلتو بود.

فناوری نمایشگرها از زمان معرفی آنها به عرصه الکترونیک، راه درازی را پیموده است و نقش مهم و مؤثری در نحوهی انتقال اطلاعات دارد. با مطرح شدن روزافزون ایده های نوآورانه، فناوری های نمایشگرها نیز پیچیده تر میشوند، تا جایی که بازار نمایشگرهای امروزی مملؤ از انتخاب های فراوانی برای کاربران است؛ هرکدام از این انتخاب ها مزایا و معایب خاص خود را داشته و انتخاب این فناوری تا حد زیادی به کاربری فرد بستگی دارد.

ابعادنمایشگر

هرچه ابعاد نمایشگری بزرگتر باشد، وضوح و نرخ نوسازیای که ارائه میدهد نیز بیشتر است. قطر بیشتر مانیتورهای امروزی از ۱۹ تا ۳۴ اینچ متفاوت بوده و معمولا نمایشگری با ابعاد ۲۲ تا ۲۴ اینچی برای اغلب کاربران مناسب است، اما انتخاب ابعاد مناسب بسته به کاربری هر شخص میتواند متفاوت باشد. مانیتوری با ابعاد بزرگ میتواند برای ویرایش عکس/فیلم، بازی و تولید محتوا مفید باشد و انجام همزمان چندین کار را برای کاربر آسانتر کند. دقت داشته باشید که قیمت نمایشگرهای بزرگتر از ۲۷ اینچ با جهش ناگهانی همراه خواهد بود و بنابراین، اگر به نمایشگری بزرگ علاقه دارید، میتوانید از تلویزیون استفاده کنید، البته که تلویزیون ها معمولا اتصالات ورودی کمتر و نرخ های نوسازی محدودتری ارائه می دهند.

مفاهیم واصول بنیادی نمایشگرها

پیش از معرفی نمایشگرها و فناوری های مربوطه، ابتدا لازم است با برخی مفاهیم و تعاریف دربارهی نمایشگرها بیشتر آشنا شویم:

رزولوشن یا همان وضوح تصویر، در تعریف ساده به تعداد پیکسل های عمودی و افقی موجود در صفحه دیجیتال گفته میشود. برای مثال، رزولوشن ۱۰۸۰ پیکسل به این معنی است که ۱۹۲۰ پیکسل در جهت افقی و ۱۰۸۰ پیکسل در جهت عمودی قرار گرفتهاند. یا رزولوشن 4K به این معنی است که ۳۸۴۰ پیکسل در جهت افقی و ۲۱۶۰ پیکسل در جهت عمودی قرار دارند. هرچه تعداد پیکسل ها در صفحه بیشتر باشد، تصویر با وضوح و شفافیت بیشتری نمایش داده میشود.

به طور کلی ساده ترین روش بیان رزولوشن نمایشگرها به این صورت است که تعداد پیکسل های چیده شده در عرض در تعداد پیکسل های چیده شده در ارتفاع آن را بیان کنیم؛ البته تراکم پیکسلی تمام نمایشگرها یکسان نیست و ممکن است ابعاد فیزیکی دو نمایشگر با رزولوشن یکسان، برابر نباشد.

در این میان بد نیست با برخی کدک ها یا انکودر های ویدیو آشنا بشیم:

MPEG-H264/265/HEVC-VP8-FLV1-DVB/T/S-RAW-... .

انواع نمایشگر

CRT (Liquid crystal display)

نمایشگرهای CRT یکی از قدیمی ترین نوع نمایشگر ها هستند که در دهه های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی رایج بودند.

این نوع نمایشگر از لوله های اشعه کاتدی برای تولید تصویر استفاده میکنند. اگرچه کیفیت تصویر آن ها در زمان خود بسیار خوب بود،اما حجم و وزن بالای آن ها باعث شد که به تدریج جای خود را به فناوری های جدید تر مانند پلاسما بدهند.

نمایشگر پلاسما (Gas-Plasma Display یا PDP) نوعی از نمایشگر صفحه تخت است که سلول های ریز زیادی بین دو صفحه شیشه، مخلوطی از گاز های نجیب را نگه میدارد.

در این نمایشگر آنالوگ، نوعی تفنگ نوری، الکترون های قرمز، آبی و سبز را به فسفرهای سطح کروی نمایشگر پرتاب کرده و پیکسل های رنگی ایجاد میکند این تفنگ برای ایجاد تصویر، خط به خط تمام پیکسل ها را با سرعت بالایی روشن میکند.



LCD

نمایشگر های LCD با استفاده از کریستال های مایع برای تولید تصویر کار میکنند. این نوع نمایشگر ها نسبت به CRT باریکتر و سبکتر هستند و مصرف انرژی کمتری دارند. LCD ها معمولا در تلوزیون ها، مانیتورها و تلفن های همراه استفاده میشوند. یکی از مزایای بزرگ آن‌ها،کیفیت تصویر بالا قابلیت تولید رنگ های زنده است.

تنها ایراد LCD را میتوان ناکارآمدی آن ها در نمایش بهینه رنگ مشکی دانست. در واقع با اینکه LCD بیشتر اشکالات نمایشگرهای پلاسما (PDP) را برطرف کردند، قادر به تولید رنگ مشکی خالص نبودند و کنتراست تصویر نیز آنچنان بالا نبود.

عملکرد: LCD از دو لایه پلاریزه روی هم تشکیل شده است که هر دو به شکلی پلاریزه شده اند که نور به خوبی از آن ها عبور میکند. یکی از لایه ها (یا هر دو) از کریستال های مایع ساخته شده و میتوان با اعمال ولتاژ جهت قرارگیری آنها را تغییر داد.

اگر ولتاژ به نحوی اعمال شود که کریستال های مایع لایه ای نسبت به لایه دوم در زاویه ۹۰ درجه قرار گیرند، به نحوی که هیچ نوری از لایه ها عبور نمیکند، ناحیه مورد نظر تاریک نمایش داده میشود و رنگ مشکی ایجاد میشود.

در اینجا به چند نمونه از پنل های LCD اشاره میشود:

TN-IPS-AHVA



LED

فناوری LED نوعی از LCD است که در ان نور پس زمینه با استفاده دیود های ساطع کننده نور تامین میشوند.

این نوع نمایشگر ها معمولا روشنایی بیشتری دارند و رنگ سیاه عمیق تری را ارائه میدهند، همچنین مصرف انرژی کمتری نسبت به LCD ها دارند.

در LED ها برای تولید نور، به جای لامپ فلورسنت از سیستم نورافشانی LED و به جای سیستم بک لایت یکپارچه برای نوردهی پیکسل ها از لامپ های LED استفاده میشود.

این نوع نمایشگرها انواع نوردهی ها و جزییات تخصصی تری دارند که در اینجا لزوم به ذکرشان نیست.



OLED

دیود ساطع کننده نور ارگانیک (Organic Light Emitting) فناوری دیگری برای پنل ها است که روزبه روز بیشتر گسترش می یابد و محبوبیت بالایی نیز دارد. فناوری به کاررفته در OLED با فناوری پنل های LCD تفاوت زیادی دارد. این پنل های OLED با فناوری تابشی الکتریکی (Emissive) تصاویر را نمایش میدهند، به این معنی که هر پیکسل جداگانه با دریافت سیگنال الکتریکی، نور رنگی ساطع میکند و به نور پس زمینه نیازی ندارد. ازآنجاکه پنل های OLED میتوانند وضعیت تک تک پیکسل ها را از روشن به خاموش تغییر دهند، رنگ مشکی را عمیق تر و یکنواخت تر نمایش میدهند و دیگر در اطراف اجسام روشنایی دیده نمیشود. علاوه براین، پنل های OLED زوایای دید وسیع را با کیفیتی چشمگیر ارائه میدهند و زمان پاسخگویی آن ها نیز تقریبا آنی است.

نمایشگرهای مجهز به دیودهای ساطع کننده نور ارگانیک جدیدترین فناوری در دنیای نمایشگرها هستند که در سال های اخیر در دستگاه های زیادی استفاده میشوند. این فناوری درحال حاضر به عنوان پیشرفته ترین و کامل ترین فناوری ساخت نمایشگر در دنیا شناخته میشود. با وجود تمام قابلیت های پنل های OLED، این پنل ها هم بی نقص نیستند. در OLED خطر Burn-in یا سوختگی دائمی تصویر، به خصوص زمانی که عناصر مدت زیادی روی نمایشگر ثابت باقی می مانند، وجود دارد.

micro LED

برای رفع ایرادهای OLED به وجود آمدند. این نوع نمایشگرها در ترکیب و اتصال با پنل های مشابه خود محدودیتی ندارند و میتوانند با پنل های مشابه خود ترکیب شده و نمایشگری با رزولوشن ۱۶K و حتی بیشتر تولید کنند.

مزایا: عمر طولانی تر، مصرف انرژی کمتر و کیفیت تصویر عالی. واقعیت مجازی VR و واقعیت افزوده AR.

با پیشرفت تکنولوژی انواع جدیدی از نمایشگر ها مانند هدست های واقعیت مجازی VR واقعیت افزوده AR نیز وارد بازار شده اند. این دستگاه ها تجربه immersive را فراهم کرده اند که کاربران را قادر میسازند تا در محیط های مجازی یا ترکیبی با دنیای واقعی داشته باشند.

کاربردهای رایج نمایشگرها

کاربری مختلف افراد از نمایشگر، ممکن است انتخاب های متفاوتی برای خرید این فناوری را پیش روی او قرار دهد. برای مثال گیمرها همیشه به دنبال نرخ نوسازی بالا برای داشتن تجربه کاربری روان تری هنگام بازی هستند. طراحان و متخصصان اغلب از نمایشگرهای زیبای IPS با رنگ های واقعی که در صفحه نمایش جلوه داشته باشند، استفاده میکنند.

نتیجه گیری

باتوجه به پیشرفت سریع تکنولوژی، انواع مختلفی از نمایشگرها وجود دارد که هر کدام ویژگی ها و کاربردهای خاص خود را دارند. انتخاب مناسب ترین نوع بستگی به نیاز کاربر دارد؛ چه برای تماشای فیلم، بازی کردن یا انجام کارهای حرفه ای مانند طراحی گرافیک یا برنامه نویسی. پس باید بر اساس نیاز فردی کاربر انتخاب شوند تا برترین تجربه بصری ممکن فراهم گردد.

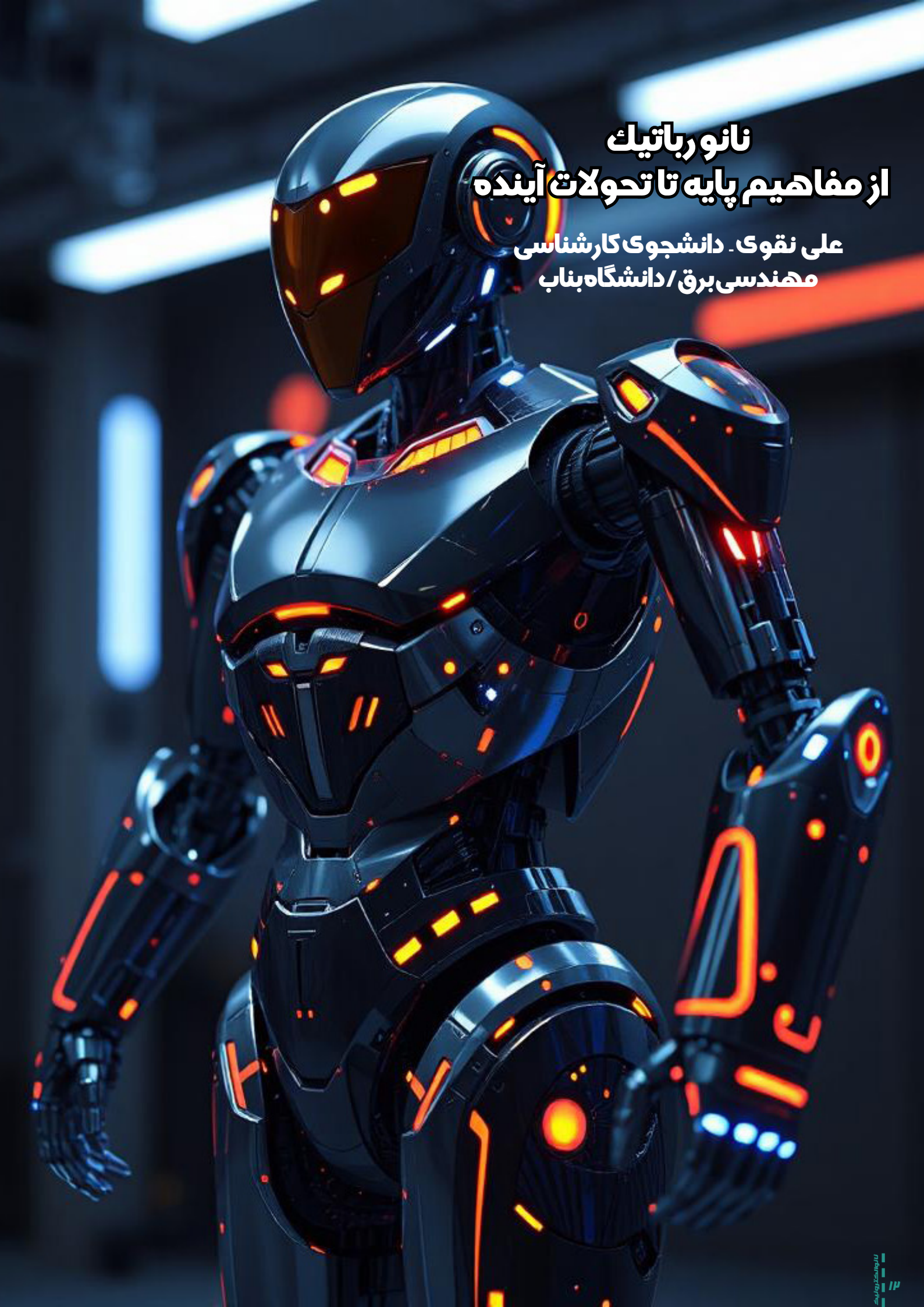
منابع

1. IDC
2. GARTNER CNET
3. ZOOMIT



نانو رباتیک
از مفاهیم پایه تا تحولات آینده

علی نقوی- دانشجوی کارشناسی
مهندسی برق/ دانشگاه بناب



مقدمه

نانوربات ها به عنوان یکی از امیدبخش ترین فناوری های قرن ۲۱، پلی بین مهندسی، پزشکی، و علوم مواد هستند. این فناوری با الهام از سیستم های زیستی مانند باکتری ها یا ویروس ها طراحی شده و هدف نهایی آن، ایجاد دستگاه های هوشمند در ابعاد مولکولی است که قادر به تعامل با محیط زیست در مقیاس نانو باشند. در این مقاله، به بررسی عمیق تر مفاهیم، چالش ها، و کاربردهای این فناوری می‌پردازیم.

۱. تاریخچه و پیشینه علمی

۱۹۵۹: ریچارد فاینمن در سخنرانی معروف "There's Plenty of Room at the Bottom" ایده دستکاری مواد در مقیاس اتمی را مطرح کرد.

۱۹۸۶: اریک درکسلر کتاب "موتورهای آفرینش" را منتشر کرد و مفهوم "نانوربات های خود تکثیر گر" را معرفی نمود.

۲۰۰۴: اولین نانوربات کاربردی مبتنی بر DNA در دانشگاه نیویورک ساخته شد که توانست مولکول های طلا را جابه جا کند.

۲۰۲۲: آزمایشات بالینی روی موش ها نشان داد نانوربات های حامل دارو میتوانند تومورهای سرطانی را تا ٪۷۰ کوچک کنند.

۲. انواع نانو ربات ها و ساختار آن ها

نانوربات ها بر اساس طراحی و کاربرد به سه دسته اصلی تقسیم میشوند:

الف) نانو ربات های زیستی (Biohybrid)

از ترکیب مواد مصنوعی و مولکول های زیستی مثل DNA یا پروتئین ها ساخته میشوند.

مثال: نانوروبات های مبتنی بر DNA که به عنوان ماشین های مولکولی برای رهاسازی دارو استفاده میشوند.

ب) نانو ربات های مکانیکی

از نانولوله های کربنی، گرافن، یا فلزات سبک (مثل تیتانیوم) تشکیل شده اند.

مثال: نانوروبات های چرخداری که با استفاده از میدان مغناطیسی در رگ ها حرکت میکنند.

ج) نانو ربات های هوشمند

مجهز به حسگرهای نوری، حرارتی، یا شیمیایی و قادر به پردازش داده ها با الگوریتم های هوش مصنوعی.

مثال: نانوروبات های تشخیص دهنده قند خون برای بیماران دیابتی.

۳. کاربردهای پیشرفته در پزشکی

الف) مبارزه با سرطان

سیستم هدف گیری: نانوروبات ها با شناسایی نشانگرهای زیستی (Biomarkers) روی سلول های سرطانی، داروی شیمی درمانی را مستقیما به تومور تزریق می کنند.

مطالعه موردی: در سال ۲۰۲۳، محققان دانشگاه هاروارد نانوروباتی ساختند که با استفاده از آنزیم کلاژناز به بافت های عمقی تومور نفوذ میکند و اثربخشی درمان را ٪۴۰ افزایش می دهد.

ب) ترمیم اعصاب و بافت ها

نانوربات ها میتوانند با تحریک سلول های بنیادی، بازسازی آکسون های عصبی در بیماران قطع نخاعی را تسریع کنند.

فناوری نوین: نانوروبات های حامل "فاکتور رشد عصبی" (NGF) که در آزمایشگاه MIT برای ترمیم نورون های آسیب دیده در بیماری آلزایمر استفاده شدند.

ج) جراحی های میکروسکوپی

نمونه عملی: در سال ۲۰۲۱، جراحان چینی از نانوروبات های کنترل شونده با امواج فراصوت برای برداشتن پلاک های عروق کرونر بدون نیاز به جراحی باز استفاده کردند.

۴. چالش های فنی و راهکارهای نوین

الف) تامین انرژی

راهکارهای موجود:

انرژی بیوشیمیایی: استفاده از واکنش های گلوکز-اکسیژن در خون (مشابه میتوکندری سلول).

نانوژنراتورهای پیزوالکتریک: تبدیل ارتعاشات مکانیکی به انرژی الکتریکی.

نورتابی زیستی: جذب نور مادون قرمز توسط نانوذرات طلا و تبدیل آن به گرما برای حرکت.

ب) ناوبری و کنترل

فناوری های هدایت:

میدان مغناطیسی: استفاده از MRI برای هدایت نانوروبات ها به نقطه هدف.

سیستم های ارتباطی مولکولی: ارسال سیگنال های شیمیایی مشابه فرومون ها در حشرات.

ج) ایمنی و اخلاق زیستی

نگرانی ها:

احتمال هک شدن نانوروبات ها و استفاده غیراخلاقی (مثال: حملات سایبری به سیستم های پزشکی).

ایجاد نابرابری در دسترسی به فناوری های پیشرفته درمانی.

راه حل ها:

طراحی نانوروبات ها با قابلیت خودنابودی پس از انجام ماموریت.

تدوین قوانین بین المللی توسط سازمان هایی مانند WHO و IEEE.



۵. آینده پژوهی و تحولات پیشرو پیشبینی تا سال ۲۰۳۵:

پزشکی شخصی سازی شده: نانوروبات هایی که بر اساس ژنتیک هر فرد، داروها را تنظیم میکنند.

افزایش طول عمر: پروژه هایی مانند "AgeX" در کالیفرنیا که هدف آنها استفاده از نانوروبات ها برای حذف سلول های سالخورده (Senescent Cells) است.

اتصال مغز و رایانه: نانوروبات های عصبی که امکان انتقال داده از مغز به ابررایانه ها را فراهم میکنند (مثال: پروژه Neuralink).

نانو رباتیک نه تنها انقلابی در پزشکی ایجاد خواهد کرد، بلکه مفاهیم سنتی درباره مرز بین انسان و ماشین را به چالش میکشد. با این حال، موفقیت این فناوری در گرو همکاری بین رشته ای دانشمندان، مهندسان، و اخلاق شناسان است. سرمایه گذاری در تحقیقات پایه و آموزش نیروی انسانی متخصص، کلید تبدیل این رویا به واقعیت خواهد بود.

۷. مقایسه نانو رباتیک با فناوری های مشابه

الف) نانو ربات ها در مقابل ربات هایِ میکروسکوپی

اندازه: ربات های میکروسکوپی معمولاً در ابعاد میکرومتر (۱۰۰-۱ میکرومتر) کار میکنند، در حالی که نانوربات ها در مقیاس نانومتر (۱۰۰-۰.۱ نانومتر) عمل میکنند.

دقت: نانو ربات ها به دلیل اندازه کوچکتر، قادر به دستکاری مولکول های منفرد هستند، در حالی که ربات های میکروسکوپی برای کاربردهای کلی تر (مثل انتقال دارو در رگها) استفاده میشوند.

هزینه: ساخت نانو ربات ها به دلیل نیاز به فناوری های پیشرفته (مثل لیتوگرافی نوری) گرانتر است.

ب) نانو ربات ها در مقابل داروهای نانویی

کنترل پذیری: نانو ربات ها می توانند با استفاده از سیگنال های خارجی مثل میدان مغناطیسی هدایت شوند، در حالی که داروهای نانویی مثل نانوذرات لیپیدی معمولاً غیرفعال هستند و تنها به صورت تصادفی به هدف میرسند.

انعطاف پذیری: نانوربات ها قادر به انجام چندین وظیفه مثل تشخیص، درمان، و نظارت هستند، در حالی که داروهای نانویی معمولاً برای یک هدف خاص طراحی میشوند.

۸. تحلیل اقتصادی و بازده سرمایه گذاری

الف) هزینه های تحقیق و توسعه

هزینه اولیه: طراحی و ساخت یک نانو ربات پیشرفته میتواند بین ۱ تا ۱۰ میلیون دلار هزینه داشته باشد.

هزینه های جانبی: شامل آزمایشات بالینی، اخذ مجوزهای قانونی، و آموزش پرسنل پزشکی است.

ب) بازده اقتصادی

کاهش هزینه های درمان: با استفاده از نانو ربات ها، هزینه های جراحی و بستری شدن در بیمارستان تا ٪۳۰ کاهش می یابد.

بازار جهانی: پیشبینی می شود سهم نانو رباتیک در بازار فناوری پزشکی تا سال ۲۰۳۰ به ٪۱۵ برسد.

نمونه موفق: شرکت Nanobiotix در فرانسه، با تولید نانو ربات های درمان سرطان، در سال ۲۰۲۳ به درآمد ۱۲۰ میلیون دلاری دست یافت.

ج) چالش های اقتصادی

عدم قطعیت بازار: به دلیل نوپا بودن این فناوری، سرمایه گذاران ممکن است با ریسک بالایی مواجه شوند.

رقابت جهانی: کشورهایی مانند چین و آمریکا در حال سرمایه گذاری کلان در این حوزه هستند، که ممکن است باعث ایجاد شکاف فناوری بین کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شود.

۹. تاثیرات اجتماعی و فرهنگی

الف) دسترسی عادلانه به فناوری

نگرانی: هزینه بالای نانو ربات ها ممکن است باعث شود تنها کشورهای ثروتمند یا افراد مرفه بتوانند از این فناوری استفاده کنند.

راهکار: ایجاد صندوق های بین المللی برای تامین مالی پروژه های نانو رباتیک در کشورهای در حال توسعه.

ب) تغییرات در مشاغل پزشکی

اتوماسیون: نانو ربات ها ممکن است جایگزین برخی وظایف پزشکان مثل جراحی های ساده شوند.

فرصت های جدید: نیاز به متخصصان جدید در حوزه های نانو رباتیک، هوش مصنوعی، و اخلاق زیستی افزایش می یابد.

ج) پذیرش عمومی

ترس از ناشناخته ها: برخی افراد ممکن است به دلیل نگرانی های اخلاقی یا اعتقادی، از استفاده از نانو ربات ها خودداری کنند.

آموزش عمومی: برگزاری کمپین های اطلاع رسانی برای افزایش آگاهی درباره مزایا و خطرات این فناوری.

۱۰. نتیجه گیری مقاله نانو رباتیک

نانو رباتیک نه تنها یک فناوری پیشرفته است، بلکه پنجره ای به سوی آینده ای است که در آن مرز بین انسان و ماشین محو میشود. با وجود چالش های فنی، اقتصادی، و اخلاقی، این فناوری پتانسیل آن را دارد که زندگی میلیاردها نفر را در سراسر جهان بهبود بخشد. برای تحقق این پتانسیل، همکاری بین المللی، سرمایه گذاری پایدار، و توجه به مسائل اخلاقی ضروری است.

منابع

1. Feynman, R. P. (1959). There's Plenty of Room at the Bottom. Lecture at Caltech.
2. Li, S., et al. (2023). DNA-based nanorobots for targeted drug delivery in cancer therapy. Nature Nanotechnology, 18(4), 456-467.
3. WHO Report (2024). Ethical Guidelines for Nanorobotics in Medicine. Geneva: World Health Organization.
4. Zhang, Y., & Wang, L. (2022). Magnetic Control Systems for Medical Nanorobots. IEEE Transactions on Robotics, 39(1), 112-125.
5. Nanobiotix Annual Report (2023). Financial Performance and Market Analysis. Paris: Nanobiotix SA

فوتوترانزیستور

پریا نیکجوتبریزی ـ دانشجوی دکتری/ فوتونیک /



مقدمه

فوتوترانزیستورها یا بعبارتی ترانزیستورهای نوری که در سال‌های اخیر بیشتر به آن پرداخته شده است، نخستین بار توسط ویلیام شاکلی در سال ۱۹۵۱ و پس از کشف یک ترانزیستور دوقطبی معمولی مطرح شد. دو سال بعد از طرح اولیه این نظریه، اولین ترانزیستور نوری به عرصه نمایش پاگذاشت و در کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفت و روز به روز با پیشرفت علم توسعه یافت. اکنون ترانزیستورهای نوری به طور گسترده و با هزینه مناسب از توزیع کنندگان قطعات الکترونیکی برای استفاده در مدارهای الکترونیکی مختلف قابل تهیه هستند. ترانزیستور نوری یک معماری حساس به نور است که در آن نور فرودی می‌تواند چگالی حامل بار را تعدیل کرده و استفاده از نور را به عنوان یک پایانه اضافی برای کنترل نوری عملکرد افزاره همراه با سه پایانه معمولی ممکن سازد. بنابراین، فوتوترانزیستور را می‌توان نه تنها از طریق تنش الکتریکی بلکه با روشنایی نیز مدوله کرد و به آن اجازه داد تا بعنوان یک کانال مجزا برای عملکرد اجزای سیستم ورود کند[۱].

یک افزاره نیم‌رسانا مانند ترانزیستورهای نوری برای تشخیص سطوح نوری و تغییرات شارش جریان در بین پایانه‌های امیتر (Emitter) و کلکتور (Collector) بر اساس نوری که دریافت می‌کنند، استفاده می‌شوند. در این میان نباید نقش نور و ویژگی‌های منحصربفرد آن را در کاربرد این افزاره ارزشمند دست کم گرفت. بطوری‌که این نوع از ترانزیستورها قادرند انرژی حاصل از نور را به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. ترانزیستورهای نوری به روشی مشابه مقاومت‌های نوری که معمولا به عنوان مقاومت وابسته به نور (LDR)



شناخته می‌شوند، کار می‌کنند و می‌توانند جریان و ولتاژ تولید کنند، درحالی‌که مقاومت‌های نوری تنها به دلیل تغییر مقاومت قادر به تولید جریان هستند. اگر بخواهیم بصورت علمی‌تر این موضوع را مورد بحث قرار دهیم بایستی گفت یک ترانزیستور نوری از یک نیم‌رسانای دوقطبی ساخته شده است و روی انرژی که از آن عبور می‌کند تمرکز دارد. این ذرات توسط ذرات نور فعال می‌شوند و تقریبا در تمام افزاره‌های الکترونیکی که به نوعی وابسته به نور هستند، استفاده می‌شوند. در مقایسه با یک ترانزیستور معمولی، فوتوترانزیستورها دارای نواحی بیس و کلکتور وسیع‌تری هستند و با استفاده از نفوذ یا کاشت یون ساخته می‌شوند. فوتوترانزیستورها چیزی نیستند جز یک ترانزیستور دوقطبی معمولی که در آن ناحیه بیس در معرض تابش نور قرار می‌گیرد (در هر دو نوع P-N-P و N-P-N پیکربندی مشابه امیتر دارند) و در زمانی که بیس باز است نیز می‌توانند کار کنند. در ساخت فوتوترانزیستورهای قدیمی از مواد نیم‌رسانا مانند Ge ، Si استفاده می‌کردند، اما امروزه در ساخت قطعات مدرن از موادی نظیر As، Ga برای بازدهی بالا استفاده می‌شود. تمام ترانزیستورهای نوری سیلیکونی به محدوده تابش مرئی و مادون قرمز پاسخ می‌دهند. در واقع همه دیودها، ترانزیستورها، darlingtons، TRIACs و ..... پاسخ فرکانسی تشعشع اولیه یکسانی دارند.

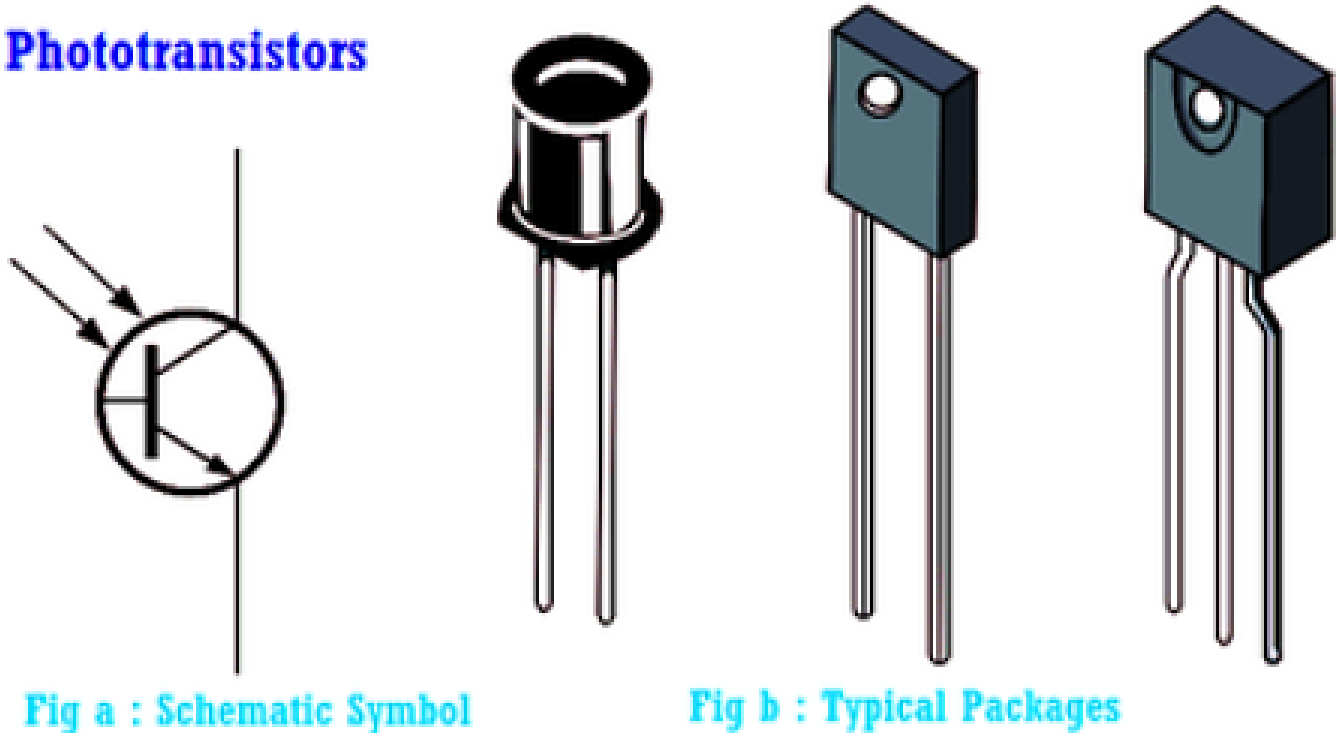


Fig a : Schematic Symbol

Fig b : Typical Packages

در چند سال گذشته پروسکایت‌های ترکیبی آلی و معدنی و همه پروسکایت‌های هیبریدی به دلیل خواص الکتریکی و اپتوالکتریکی بسیار جذابی که دارند، توجه محققان زیادی را در کاربردهای مختلف نوری از جمله سلول‌های خورشیدی، دیودهای ساطع کننده نور، لیزرهای نیم‌رسانا و آشکارسازهای نوری و .... به خود جلب کرده‌اند. با بهره‌مندی از عملکرد تقویت ذاتی ترانزیستورها و اثر فوتوگیتینگ مشخص، ترانزیستورهای نوری مبتنی بر پروسکایت‌ها می‌توانند پاسخ‌گویی نوری و بهره بسیار بالایی را ارائه دهند و آن‌ها را برای برخی کاربردهای خاص و به‌ویژه آشکارسازی نور فوق حساس امیدوار کند.

مروری بر پیشرفت‌های اخیر ترانزیستورها و آشکارسازهای نوری هیبریدی با استفاده از پروسکایت‌ها به عنوان مواد حساس به نور ارائه شده است. در این میان، تلاش‌ها و توسعه در ترانزیستورهای نوری مبتنی بر پروسکایت‌های دوبعدی و سه‌بعدی بطور سیستماتیک بحث شده و برخی از تکنیک‌های پردازش برای بهینه‌سازی عملکرد افزاره‌ها مورد توجه قرار گرفته‌است. بطور کلی می‌توان گفت فوتوترانزیستورها، افزاره‌های الکترونیک نوری هستند که سیگنال‌های نوری را بر اساس اصول مختلف به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کند و این دسته از افزاره‌های الکترونیکی نوری اجزای کلیدی بسیاری از دستگاه‌ها و افزاره‌ها را در طیف گسترده‌ای از کاربردهای علمی و صنعتی از جمله ارتباطات نوری، تصویربرداری زیست پزشکی و ویدیوئی، اکتشافات فضا، نظارت بر محیط زیست، نظامی و امنیتی را شامل می‌شوند. پیکربندی‌های متفاوت و کاربردی این افزاره امکان دسترسی به راهی مناسب برای بهینه‌سازی بیشتر عملکرد دستگاه‌ها و افزاره‌ها را فراهم می‌سازد. بنابراین با توجه به مزایای متمایز فوتوترانزیستورهای مبتنی بر پروسکایت‌ها با ساختارهای دوبعدی و سه بعدی و ترکیب آن با گرافن، نیم‌رساناهای لایه‌ای دوبعد، نیم‌رساناهای آلی و .... ساختار این افزاره به طور گسترده مورد کاوش قرار گرفته است. اگرچه مطالعات اولیه عمدتا بر مدولاسیون بار ناشی از نور در افزاره ترانزیستور و کاربرد آن در دستگاه‌ها و سیستم‌های مختلف متمرکز بوده، اما استفاده از نور برای کمک به ذخیره‌سازی بار کاربرد ترانزیستورهای نوری را با افزودن قابلیت‌های جدید بیشتر می‌کند. می‌توان ادعا کرد دستاوردهای خیلی زیادی در این زمینه‌ها بدست آمده است، اما هنوز چالش‌های زیادی وجود دارد که کاربرد این چنین افزاره‌ها و بهبود عملکرد آن‌ها را محدود می‌کند[۲].

منابع

1. Yan-Cheng Lin, W.-C.Y., Yun-Chi Chiang, and Wen-Chang Chen, Recent Advances in Organic Phototransistors: Nonvolatile Memory, Artificial Synapses, and Photodetectors. small science, 2022.
2. Chao Xie, C.-K.L., Hok-Leung Loi, and Feng Yan, Perovskite-Based Phototransistors and Hybrid Photodetectors. ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS, 2019.



طراحی میکروپروسسور

علی اشرف پور- دانشجوی کارشناسی
مهندسی کامپیوتر/دانشگاه تبریز

مقدمه

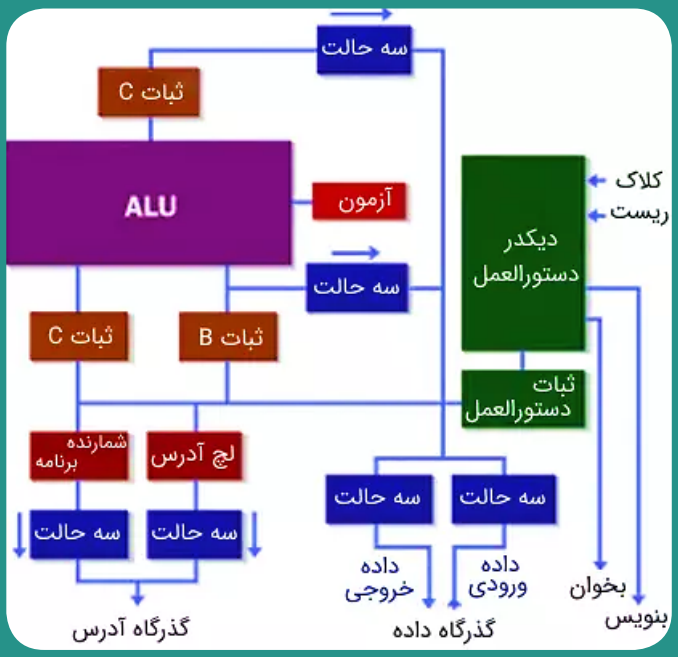
ریزپردازنده یا میکروپروسسور قلب هر کامپیوتر معمولی است، خواه یک ماشین رومیزی، سرور یا لپ تاپ باشد. میکروپروسسور همچنین به عنوان CPU یا واحد پردازش مرکزی شناخته می شود یک موتور محاسباتی کامل است که بر روی یک تراشه واحد ساخته می شود. اولین ریزپردازنده اینتل ۴۰۰۴ بود که در سال ۱۹۷۱ معرفی شد. ۴۰۰۴ خیلی قدرتمند نبود تنها کاری که می توانست انجام دهد جمع و تفریق بود و فقط می‌توانست محاسبات ۴ بیتی را هم زمان انجام دهد. اما شگفت انگیز بود که همه چیز روی یک تراشه بود. قبل از ۴۰۰۴، مهندسان کامپیوترها را یا از مجموعه‌ای از تراشه‌ها یا از اجزای مجزا می‌ساختند (ترانزیستورها هر بار سیم‌کشی می‌شدند). ۴۰۰۴ یکی از اولین ماشین حساب های الکترونیکی قابل حمل را تامین می کرد.

آرایش درونی یک ریز پردازنده بر اساس سن طراحی و اهداف مورد نظر گرفته شده در آن بسیار متفاوت است. پیچیدگی مدار مجتمع همراه است با محدودیت‌های فیزیکی مانند، تعداد ترانزیستورهایی که می‌توان آن‌ها را در یک تراشه قرار داد، تعداد بسته‌بندی‌های نهایی که می‌توانند پردازنده را به دیگر بخش‌های سیستم متصل کنند، تعداد اتصالات ممکن در تراشه، و میزان حرارتی که تراشه می‌تواند ساطع کند. تکنولوژی پیشرفته تراشه‌های قدرتمند تر و پیچیده تری را امروزه ارائه می کنند.

ریزپردازنده مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های ماشین را اجرا می کند که به پردازنده می گوید چه کاری انجام دهد. بر اساس دستورالعمل‌ها، یک ریزپردازنده سه کار اساسی را انجام می‌دهد:

- با استفاده از ALU (واحد حسابی و منطق)، یک ریزپردازنده می‌تواند عملیات ریاضی مانند جمع، تفریق، ضرب و تقسیم را انجام دهد. ریزپردازنده‌های مدرن شامل پردازنده‌های کامل نقطه شناور هستند که می‌توانند عملیات بسیار پیچیده‌ای را روی اعداد بزرگ نقطه شناور انجام دهند.
- یک ریزپردازنده می‌تواند داده‌ها را از یک مکان حافظه به مکان دیگر منتقل کند.
- ریزپردازنده می‌تواند تصمیم بگیرد و براساس دستورالعمل‌های جدید به مجموعه دستورالعمل‌های جدیدی بپردازد.

یک ریزپردازنده ممکن است کارهای بسیار پیچیده‌ای داشته باشد، اما سه فعالیت اساسی دارد که در بالا اشاره شد.



کار یک ریزپردازنده به همین سادگی است. این ریزپردازنده دارای اجزای زیر است:

- یک گذرگاه آدرس (که ممکن است ۸، ۱۶ یا ۳۲ بیت پهنا داشته باشد) که آدرس را به حافظه می‌فرستد.
- یک گذرگاه داده (که ممکن است ۸، ۱۶ یا ۳۲ بیت پهنا داشته باشد) که می‌تواند داده را به حافظه بفرستد یا داده را از حافظه دریافت کند.
- یک خط RD (خواندن) و WR (نوشتن) برای اینکه به حافظه بگوید آیا می‌خواهد مکان آدرس‌دهی شده را تنظیم کند یا بگیرد.
- یک خط ساعت که اجازه می‌دهد پالس ساعت پردازنده را دنبال کنید.
- یک خط ریست که شمارنده برنامه را به صفر (یا هر چیز دیگری) بازنشانی می‌کند و اجرای آن را دوباره شروع می‌کند.

میکروپروسسورها در حوزه‌های مختلفی کاربرد دارند. به عنوان مثال:

رایانه‌ها و سرورها: میکروپروسسورها در سیستم‌های کامپیوتری و سرورها برای اجرای برنامه‌ها و پردازش داده‌ها به کار می‌روند.

تلفن‌های همراه: میکروپروسسورها در تلفن‌های همراه به عنوان مغز محاسباتی استفاده می‌شوند و عملکردی مانند پردازش تصویر، اجرای برنامه‌های کاربردی و ارتباطات را بر عهده دارند.

دستگاه‌های خانگی: میکروپروسسورها در دستگاه‌های خانگی مانند تلویزیون‌ها، ماشین‌لباسشویی، یخچال و اجاق گاز استفاده می‌شوند تا عملکرد بهتری داشته باشند و امکاناتی مانند کنترل هوشمند، زمانبندی و مدیریت انرژی را فراهم کنند.

خودروها: میکروپروسسورها در خودروها برای کنترل سیستم‌های ایمنی، سیستم‌های راهنمایی و رانندگی خودکار، سیستم‌های ناوبری و سیستم‌های سرگرمی استفاده می‌شوند.

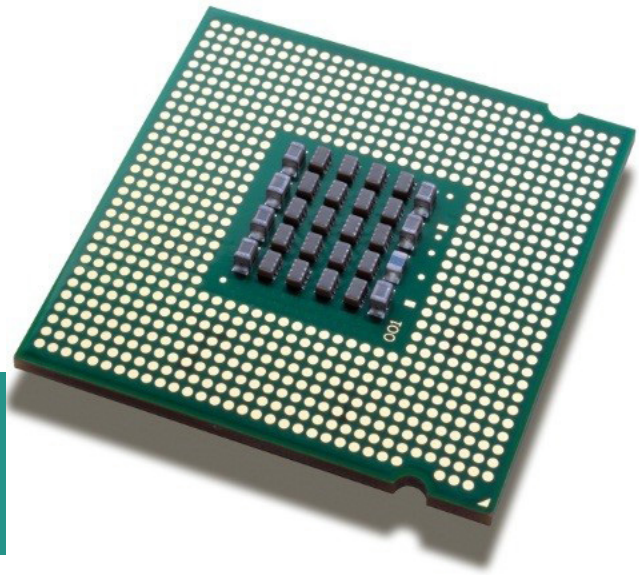
صنعت و کنترل: میکروپروسسورها در صنایع مختلف برای کنترل و مدیریت سیستم‌ها، اتوماسیون، سیستم‌های اندازه‌گیری و سیستم‌های حفاظتی استفاده می‌شوند.

میکروپروسسور مجموعه دستورات پیچیده (CISC)

پردازنده‌ها طوری طراحی شده‌اند که تعداد دستورالعمل‌های هر برنامه را به حداقل برسانند و تعداد چرخه‌های هر دستورالعمل را نادیده بگیرند. کامپایلر برای ترجمه یک زبان سطح بالا به زبان سطح اسمبلی استفاده می شود زیرا طول کد نسبتا کوتاه است و یک RAM اضافی برای ذخیره دستورالعمل ها استفاده می شود. این پردازنده ها می توانند کارهایی مانند دانلود، آپلود و فراخوانی داده ها را از حافظه انجام دهند. جدای از این وظایف، این ریزپردازنده می تواند محاسبات پیچیده ریاضی را در یک دستور انجام دهد.

مثل

VAX 11/780 ,IBM 370/168



CISC CPU Design

میکروپروسسور مجموعه دستورات کاهش یافته (ASIP)

این پردازنده‌ها بر اساس عملکرد ساخته می‌شوند. آنها برای کاهش زمان اجرا با استفاده از مجموعه دستورالعمل ساده شده طراحی شده اند. آنها می توانند کارهای کوچک را در دستورات خاص انجام دهند. این پردازنده ها دستورات را با سرعت بیشتری تکمیل می کنند. آنها برای اجرای یک نتیجه در زمان اجرای یکنواخت فقط به یک سیکل ساعت نیاز دارند. تعدادی رجیستر و تعداد ترانزیستور کمتری وجود دارد. برای دسترسی به مکان حافظه از دستورالعمل های ALU و RAM استفاده می شود.

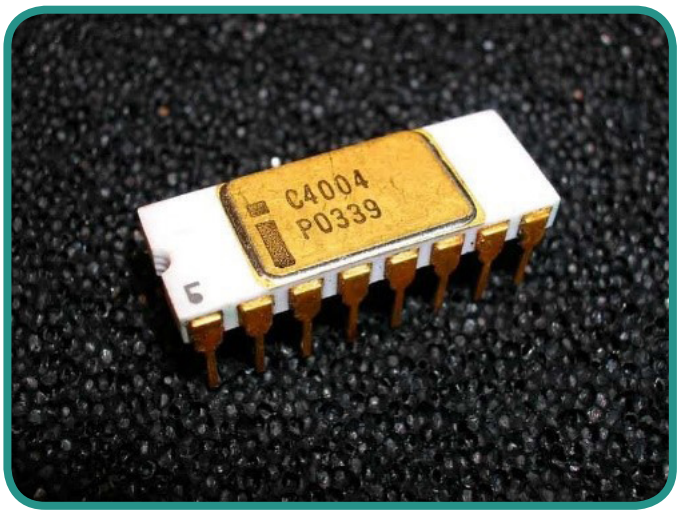
مثل

Power PC 601, 604, 615, 620



میکروپروسسور فوق اسکالر (ASIP)

این پردازنده ها می توانند چندین کار را در یک زمان انجام دهند. آنها را می توان برای ALUها و آرایه های ضرب مانند استفاده کرد. آنها واحدهای عملیاتی متعددی دارند و با اجرای چند دستور وظایف را انجام می دهند.

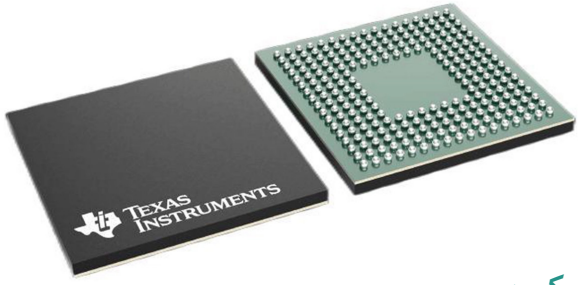


مدار مجتمع ویژه برنامه

این پردازنده‌ها مانند رایانه‌های دستیار دیجیتال شخصی خاص برنامه هستند. آنها با توجه به مشخصات مناسب طراحی شده اند.

چند پردازنده سیگنال دیجیتال (DSP).

این پردازنده ها برای تبدیل سیگنال هایی مانند آنالوگ به دیجیتال یا دیجیتال به آنالوگ استفاده می شوند. تراشه های این پردازنده ها در بسیاری از دستگاه ها مانند سینمای خانگی رادار سونار و غیره استفاده می شود.



مزایای میکروپروسسور

میکروپروسسورها دارای مزایا و موارد استفاده فراوانی هستند. در زیر به برخی از اصلی‌ترین مزایا میکروپروسسورها اشاره می کنم:

سرعت و کارایی: میکروپروسسورها با قدرت پردازشی بالا، عملکرد سریع و کارایی فوق‌العاده ارائه می‌دهند. این قابلیت به ماشین‌ها و دستگاه‌ها امکان می‌دهد تا عملیات پردازشی پیچیده را با سرعت بالا و بازدهی بالا انجام دهند.

حجم کوچک و انرژی کم: میکروپروسسورها به دلیل طراحی و فناوری‌های نانومتری، امکان ادغام بخش‌های مختلف پردازشی را در یک چیپ کوچک فراهم می‌کنند. این باعث می‌شود دستگاه‌ها و سیستم‌ها کوچکتر، سبکتر و قدرتمندتر شوند. همچنین، میکروپروسسورها انرژی کمتری نیاز دارند و باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و افزایش عمر باتری در دستگاه‌های قابل حمل می‌شوند.

انعطاف‌پذیری: میکروپروسسورها برای برنامه‌ها و الگوریتم‌های مختلف قابل برنامه‌ریزی هستند. این به کاربران امکان می‌دهد تا تنظیمات و رفتار دستگاه را براساس نیازهای خود تغییر دهند و بهبودها و بهینه‌سازی‌های لازم را اعمال کنند.

قابلیت ارتقاء: میکروپروسسورها اغلب قابلیت ارتقاء دارند. این به معنی این است که در صورت ارتقاء نیازهای سیستم، می‌توان پردازنده را با نسل جدیدتر و قدرتمندتری تعویض کرد بدون اینکه دستگاه یا سیستم کلی را باید تغییر داد.

قابلیت اتصال و ارتباط: میکروپروسسورها قابلیت ارتباط با دیگر سیستم‌ها و دستگاه‌ها را دارند. این امکان را فراهم می‌کند تا ماشین‌ها و دستگاه‌ها با یکدیگر و با شبکه‌های مختلف ارتباط برقرار کرده و اطلاعات را به اشتراک بگذارند.

کاربردهای متنوع: میکروپروسسورها در صنایع مختلفی نظیر رایانه، ارتباطات، اتوماسیون صنعتی، صنعت خودروسازی، الکترونیک مصرفی و بسیاری دیگر استفاده می‌شوند. این انعطاف‌پذیری و تنوع در کاربردها، از مزایای مهم میکروپروسسورها است.

معایب میکروپروسسور

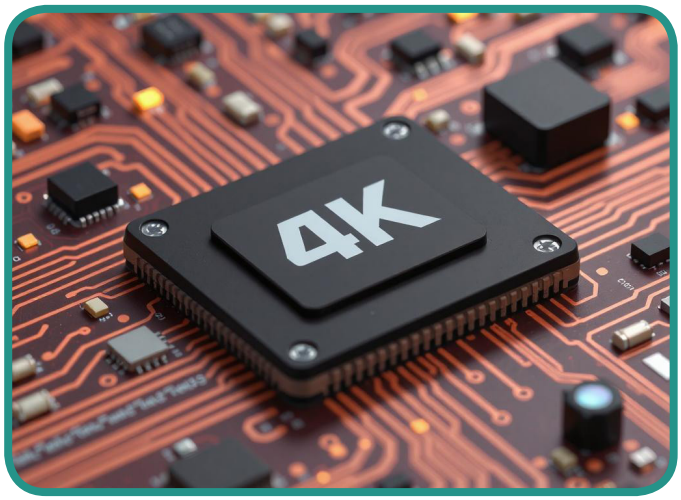
- گرمای بیش از حد به دلیل استفاده بیش از حد رخ می دهد
- عملکرد به اندازه داده ها بستگی دارد
- اندازه برد بزرگ نسبت به میکروکنترلرها
- اکثر ریزپردازنده ها از عملیات ممیز شناور پشتیبانی نمی کنند

به طور کلی، میکروپروسسورها با ترکیب سرعت، کارایی، کوچک بودن، انرژی کم، انعطاف پذیری و قابلیت اتصال، امکانات فراوانی را برای دستگاه‌ها و سیستم‌های دیجیتالی فراهم می کنند و بهبود عملکرد و عملکرد ماشینی را امکان‌پذیر می‌سازند.

تفاوت میکروپروسسور و میکروکنترلر

برخی از تفاوت‌های میکروکنترلرها و میکروپروسسورها به شرح زیر است:

- میکروکنترلر یک مینی کامپیوتر است که به تنهایی قادر به انجام وظایفی است (مثلاً میکروکنترلرهای ۸۰۵۱، ۸۹۵۱ و غیره)، اما میکروپروسسور واحد پردازش مرکزی رایانه است (مثلاً ۸۰۸۵، ۸۰۸۶ و غیره).
- میکروکنترلر دارای تجهیزات جانبی لازم در داخل تراشه است (مانند رام، رم و...)، به همین دلیل سیستم روی تراشه یا SoC نامیده می‌شود. واحدهای عملکردی این قطعه عبارت‌اند از ثبات‌ها، رم، رام، ALU ، پورت‌های I/O ، دیجیتال به آنالوگ، آنالوگ به دیجیتال، کانترها و تایمرها. در طرف مقابل، میکروپروسسور برای انجام یک کار به رم و رام خارجی نیاز دارد. واحدهای عملکردی آن ثبات، CU و ALU و غیره هستند.
- از میکروکنترلرها در سیستم‌های تعبیه‌ای و کاربردهای خاص استفاده می‌شود. اما میکروپروسسورها به عنوان مغز کامپیوتر به کار می‌روند.
- از آنجا که میکروکنترلر به تجهیزات خارجی نیاز ندارد، در وسایل فشرده به کار می‌رود، اما میکروپروسسور به تجهیزات جانبی نیاز دارد و در صورت استفاده از آن، اندازه وسیله حجیم خواهد شد.
- به دلیل تعداد کم تجهیزات خارجی میکروکنترلر، مصرف توان میکروکنترلر بسیار کم است و با باتری می‌توان آن را تغذیه کرد. اما میکروپروسسور به دلیل داشتن تجهیزات اضافه به توان بیشتری نیاز دارد و به همین دلیل برای کار با باتری مناسب نیست.



- میکروکنترلر دارای حافظه داخلی با مقدار مشخصی است که قابلیت ارتقا ندارد. اما حافظه میکروپروسسور را می‌توان به سادگی و با توجه به کار مورد نظر ارتقا داد.
- میکروکنترلر به دلیل دارا بودن حافظه روی چیپ برنامه و دستورات را سریع‌تر بارگیری می‌کند. بنابراین، در هنگام راه‌اندازی سریع‌تر است. اما از آنجا که میکروپروسسور حافظه خارجی دارد، بارگیری برنامه‌ها در آن نسبت به میکروکنترلر زمان می‌برد و به همین دلیل، نسبتاً کند است.
- میکروکنترلر ارزان است و مصرف توان کمتری دارد، بنابراین برای کاربردهای الکترونیک که در آن‌ها از باتری استفاده می‌شود و هزینه پایین مهم است، گزینه مناسبی هستند. در طرف مقابل، میکروپروسسورها گران و پرمصرف هستند و سرعت پردازش بالایی دارند، در نتیجه برای کارهای پیچیده کارایی بالایی دارند.

منابع

1. https://royalssco.com/microprocessor/
2. https://fa.wikipedia.org/wiki
3. https://blog.faradars.org/
4. https://electrikala.com/
5. https://royalssco.com/microprocessor/



آشکارساز بر پایه نقاط کوانتومی

رضا علی نیا- دانشجوی کارشناسی ارشد
افزاره های میکرونانوالکترونیک/ دانشگاه تبریز



مقدمه

چرا وقتی جهانی پر از سیگنال‌های نوری و امواج نامرئی اطراف ما را فرا گرفته است، هنوز به ابزارهای قدیمی و محدود برای کاوش این دنیای پنهان وابسته‌ایم؟ نور، این منبع بی‌پایان اطلاعات، از ستارگان دوردست تا سلول‌های زنده در بدن ما، حامل رازهایی است که می‌تواند زندگی‌مان را دگرگون کند. آشکارسازهای کوانتوم دات (Quantum Dot Detectors)، ابزارهایی پیشرفته مبتنی بر نانوفناوری، قادرند این سیگنال‌ها را با دقتی بی‌سابقه به سیگنال‌های الکتریکی قابل استفاده تبدیل کنند و دریچه‌ای نو به سوی اکتشافات علمی و فناوری بگشایند. شاید آشکارسازهای کوانتوم دات در نگاه اول پیچیده یا متعلق به آینده به نظر برسند، اما همین حالا هم ردپای آن‌ها را در زندگی روزمره و فناوری‌های پیشرفته می‌بینیم. از حسگرهای دوربین‌هایی که تصاویر باکیفیت ثبت می‌کنند تا ابزارهای تصویربرداری پزشکی که بیماری‌ها را در مراحل اولیه تشخیص می‌دهند، این فناوری در حال گسترش است. در ماهواره‌ها و تلسکوپ‌ها برای رصد کیهان، و حتی در آزمایشگاه‌هایی که مواد جدید را بررسی می‌کنند، آشکارسازهای کوانتوم دات حضور دارند. پژوهشگران با استفاده از این ابزارها توانسته‌اند امواج نوری را در طیف‌هایی فراتر از دید انسان، از فرابنفش تا مادون قرمز، آشکار کنند. با توجه به نیاز روزافزون به فناوری‌های دقیق‌تر و پایدارتر در مواجهه با چالش‌هایی مانند تغییرات اقلیمی، پیشرفت‌های پزشکی، واکتشافات فضایی، تردیدی نیست که آشکارسازهای کوانتوم دات در آینده نقشی کلیدی در تحول علم و صنعت ایفا خواهند کرد.

تاریخچه

آشکارسازهای کوانتوم دات (Quantum Dot Detectors) که امروزه در الکترونیک و اپتوالکترونیک جایگاه ویژه‌ای دارند، ریشه در اکتشافات دهه ۱۹۸۰ دارند. در سال ۱۹۸۱، الکسی اِکیموف، فیزیکدان روس، برای اولین بار اثرات کوانتومی را در نانوذرات CuCl مشاهده کرد و نشان داد که اندازه ذرات روی خواص نوری آن‌ها اثر می‌گذارد. کمی بعد، در سال ۱۹۸۳، لوئیس بروس در آمریکا این پدیده را در CdS تأیید کرد و پایه‌های نقاط کوانتومی را بنا نهاد. در دهه ۱۹۹۰، با پیشرفت روش‌های ساخت، مثل سنتز کلوئیدی، تولید نقاط کوانتومی با کیفیت بالا ممکن شد. در اوایل دهه ۲۰۰۰، این نقاط در آشکارسازهای نوری، به‌ویژه با موادی مثل PbS، برای تشخیص نور مرئی و مادون قرمز به کار رفتند و به دلیل حساسیت و تنظیم‌پذیری، توجه مهندسان الکترونیک را جلب کردند. از آن زمان، این فناوری در حسگرها، تصویربرداری، و حتی کاربردهای فضایی رشد کرد و حالا به‌عنوان یک ابزار کلیدی در الکترونیک مدرن شناخته می‌شود.

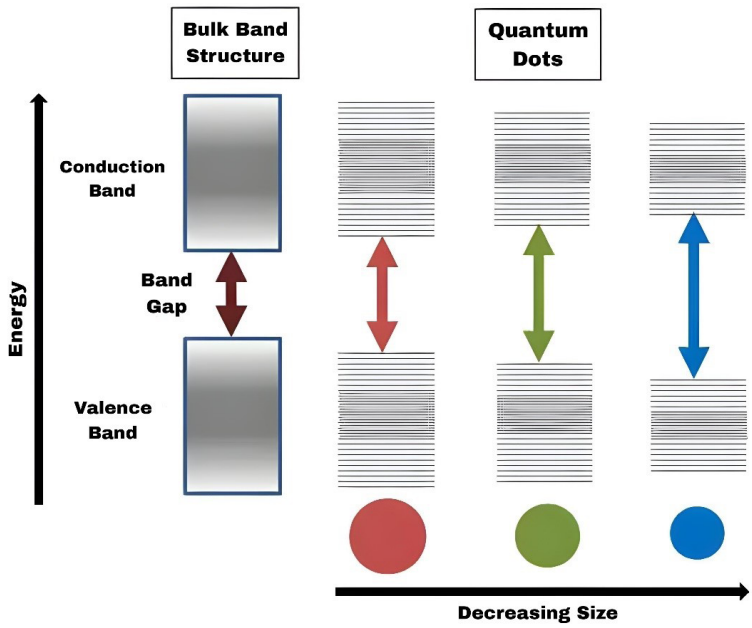
نقاط کوانتومی

نقاط کوانتومی(Quantum Dot)نانوساختارهایی هستند که به دلیل محدودیت هر سه بعد فضایی آن‌ها به مقیاس نانومتری، معمولاً در محدوده ۲ تا ۱۰ نانومتر، به عنوان نانومواد صفربعدی شناخته می‌شوند و این محدودیت ابعادی، رفتار آن‌ها را تحت حاکمیت قوانین مکانیک کوانتومی قرار می‌دهد. همان‌طور که می‌دانیم، همه مواد اطراف ما دارای سه بعد فضایی هستند؛ اگر تنها یک بعد از ماده به مقیاس نانو کاهش یابد و دو بعد دیگر در مقیاس بزرگ باقی بمانند، ساختاری به نام چاه کوانتومی (Quantum Well) شکل می‌گیرد که در یک جهت محدود است. در صورتی که دو بعد به مقیاس نانو کوچک شوند اما یک بعد همچنان بزرگ بماند، نتیجه، سیم کوانتومی (Quantum Wire) خواهد بود که در دو جهت محدودیت دارد. اما هنگامی که هر سه بعد ماده به مقیاس نانومتری برسند، نانوساختار حاصل نقطه کوانتومی نامیده می‌شود که به دلیل محدودیت کامل در هر سه بعد، خواص کوانتومی متمایزی از خود بروز می‌دهد. در مواد نیمه‌هادی، هنگامی که ابعاد نانوذره از شعاع بوهر اکسایتون، یعنی فاصله تعادلی میان الکترون و حفره ناشی از برانگیختگی (که به طور معمول در حدود ۱۰ نانومتر است)، کوچک‌تر شود، پدیده محصوریت کوانتومی رخ می‌دهد و نوارهای انرژی پیوسته به ترازهای گسسته تبدیل می‌شوند؛ برای مثال، این مقدار در CdSe حدود ۵ تا ۶ نانومتر و در PbS اندکی بزرگ‌تر است. در نانوذرات فلزی، این تبدیل زمانی اتفاق می‌افتد که اندازه ذره از طولِ موج الکترون فرمی (مرتبط با پرانرژی‌ترین الکترون‌های آزاد، معمولاً در حدود ۱ نانومتر) کمتر شود، هرچند دستیابی به چنین ابعادی دشوار است و به همین دلیل، نقاط کوانتومی فلزی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند و تمرکز عمدتاً بر نیمه‌هادی‌هاست. نقاط کوانتومی نیمه‌هادی، که از موادی نظیر PbS، CdSe یا InP تشکیل شده و شامل ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ اتم هستند، کریستال‌هایی در مقیاس نانو هستند که خواص آن‌ها به شدت به اندازه و ساختار کریستالی وابسته است. از نظر ساختاری، این نقاط شامل یک هسته نیمه‌هادی، یک پوسته محافظ مانند ZnS برای کاهش عیوب سطحی و بهبود پایداری و گاهی یک لایه پوشش‌دهنده اضافی برای سازگاری با محیط هستند. برخلاف مواد بالک که رفتارشان با فیزیک کلاسیک قابل توصیف است، نقاط کوانتومی تنها در چارچوب مکانیک کوانتومی تحلیل‌پذیرند و این ویژگی، آن‌ها را از چاه‌ها و سیم‌های کوانتومی متمایز می‌سازد و جایگاه منحصربه‌فردی در تحقیقات مهندسی برق و اپتوالکترونیک به آن‌ها می‌بخشد.



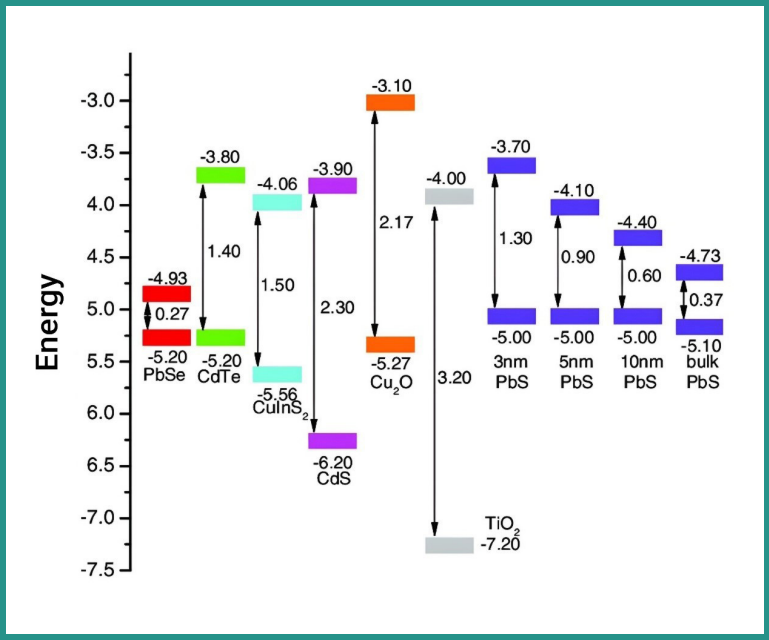
خواص نوری نقاط کوانتومی

برجسته‌ترین ویژگی نقاط کوانتومی (Quantum Dot)، خواص نوری آن‌هاست که به دلیل تبدیل نوارهای انرژی پیوسته به ترازهای گسسته در مقیاس نانومتری پدیدار می‌شود. این تغییر ساختاری امکان کنترل دقیق گاف انرژی (E_g) را از طریق تنظیم اندازه ذرات فراهم می‌کند، به‌طوری‌که با کاهش ابعاد، گاف انرژی افزایش می‌یابد و طیف نشری (Emission Spectrum) قابل تنظیم می‌شود. برخلاف مواد بالک که نوارهای انرژی آن‌ها از ترازهای نزدیک به هم تشکیل شده‌اند، در نقاط کوانتومی، فاصله میان ترازهای انرژی بیشتر است؛ این ویژگی نه‌تنها کنترل دقیق‌تر طیف نشری را ممکن می‌سازد، بلکه منجر به تولید پرتوهایی با پهنای باند نشری باریک‌تر (Narrow Emission Bandwidth) می‌شود. در واقع، فاصله بیشتر بین ترازها احتمال انتقال الکترون برانگیخته به ترازهای غیرپایه را کاهش داده و طیف‌هایی با طول‌موج مشخص‌تر و خلوص بالاتر ایجاد می‌کند، که این قابلیت در شکل ۱ به‌خوبی با ارتباط میان اندازه ذرات و گاف انرژی نمایش داده شده است.



شکل ۱: ارتباط بین اندازه نقاط کوانتومی با گاف انرژی آن‌ها و طول‌موج تابشی از آن‌ها

با کاهش قطر نقاط کوانتومی، همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، گاف انرژی افزایش می‌یابد؛ این پدیده ریشه در کاهش تعداد اتم‌های تشکیل‌دهنده ذره دارد که به تبع آن، تعداد ترازهای انرژی قابل دسترس کم می‌شود. در نتیجه، اختلاف انرژی میان ترازهای باقی‌مانده بیشتر شده و گاف انرژی گسترش می‌یابد. این افزایش گاف انرژی مستقیماً بر پرتو ساطع‌شده اثر می‌گذارد؛ هنگامی که الکترون برانگیخته به تراز پایه بازمی‌گردد، انرژی آزادشده به صورت پرتویی با انرژی برابر Eg منتشر می‌شود. هرچه گاف انرژی بزرگ‌تر باشد، طول‌موج پرتو کوتاه‌تر خواهد بود، زیرا طبق رابطه $E=hc/\lambda$ ، انرژی بالاتر به معنای کاهش λ است. به همین دلیل، با کوچک‌تر شدن اندازه نقاط کوانتومی، رنگ نشری از قرمز (طول‌موج بلند) به سمت آبی (طول‌موج کوتاه) جابه‌جا می‌شود، که این تغییر در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین، تبدیل نوارهای انرژی به ترازهای گسسته، که با گذار از حالت بالک به حالت کوانتومی رخ می‌دهد و وابستگی گاف انرژی به جنس ماده و اندازه ذرات، در شکل ۲ به وضوح ترسیم شده است.



شکل ۲: ارتباط گاف انرژی به جنس و اندازه نیمه‌هادی‌ها

تنوع رنگی نقاط کوانتومی، که در شکل ۳ به نمایش درآمده، نتیجه مستقیم این تنظیم‌پذیری است. در این نمونه‌ها، جنس نقاط کوانتومی یکسان نگه داشته شده و تنها اندازه آن‌ها تغییر کرده است؛ هرچه از نقاط با قطر بزرگ‌تر (رنگ قرمز، سمت راست شکل ۳) به سمت نقاط کوچک‌تر (رنگ آبی، سمت چپ) حرکت می‌کنیم، کاهش اندازه ذرات مشهود است. این تابش‌ها، که تحت نور فرابنفش (UV) ثبت شده‌اند، نشان‌دهنده قابلیت نقاط کوانتومی در تولید رنگ‌های متمایز با خلوص بالا هستند. این ویژگی، که از فاصله‌گذاری ترازهای انرژی و کنترل گاف نشأت می‌گیرد، نقاط کوانتومی را به ابزاری قدرتمند در کاربردهای اپتوالکترونیکی، از نمایشگرها تا حسگرهای نوری، تبدیل کرده است و اهمیت آن‌ها را در مهندسی برق و فناوری‌های مدرن برجسته می‌سازد.



شکل ۳: بازه رنگ‌های قابل مشاهده از یک نقطه کوانتومی با تغییر اندازه آن

اصول کار آشکارساز کوانتوم دات

آشکارسازهای کوانتوم دات (Quantum Dot Detectors) ابزارهای اپتوالکترونیکی هستند که بر مبنای تبدیل انرژی فوتونی به سیگنال‌های الکتریکی عمل می‌کنند. این فرآیند، که ریشه در خواص کوانتومی و نیمه‌هادی نقاط کوانتومی دارد، شامل چندین مرحله است.

جذب فوتون و برانگیختگی کوانتومی

نقاط کوانتومی به دلیل اندازه کوچکشان تحت تأثیر پدیده محصوریت کوانتومی (Quantum Confinement) قرار دارند. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که ابعاد ذره به حدی کاهش یابد که طول موج دوبروی (de Broglie Wavelength) الکترون‌ها و حفره‌ها با ابعاد فیزیکی ذره قابل مقایسه شود. در نتیجه، سطوح انرژی که در مواد بالک (Bulk) پیوسته هستند، در نقاط کوانتومی به حالت‌های گسسته تبدیل می‌شوند. گاف انرژی (Energy Bandgap) این مواد با معکوس اندازه ذرات رابطه دارد و می‌توان آن را با رابطه تقریبی زیر توصیف کرد:

$$E_g = E_{g,bulk} + \frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2}\left(\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*}\right) - \frac{1.8e^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}$$

که در آن:

$E_{g,bulk}$ گاف انرژی ماده بالک است،

R شعاع نقطه کوانتومی،

m_e^* و m_h^* جرم مؤثر الکترون و حفره،

ε_r ثابت دی‌الکتریک ماده را نشان می‌دهد.

وقتی فوتونی با انرژی $h\nu \geq Eg$ به نقطه کوانتومی برخورد می‌کند، یک الکترون از باند والانس (Valence Band) به باند هدایت (Conduction Band) برانگیخته می‌شود و یک جفت الکترون-حفره (Exciton) ایجاد می‌کند. این فرآیند به شدت به اندازه و ترکیب شیمیایی نقاط وابسته است، به طوری که نقاط کوچک‌تر (با Eg بزرگ‌تر) برای فوتون‌های پرانرژی‌تر (مثل نور UV) و نقاط بزرگ‌تر برای فوتون‌های کم‌انرژی (مثل مادون قرمز) مناسب‌اند.

جداسازی و انتقال بار

پس از تولید جفت الکترون-حفره، برای تبدیل این رویداد به سیگنال الکتریکی، لازم است که این بارها از هم جدا شده و به سمت الکترودها هدایت شوند. در آشکارسازهای کوانتوم دات، این کار معمولاً با اعمال یک میدان الکتریکی خارجی انجام می‌شود. ساختار فتوولتائیک یا فوتودیود این آشکارسازها شامل لایه‌های انتقال بار (مانند لایه انتقال الکترون ETL و لایه انتقال حفره HTL) است که به ترتیب الکترون‌ها و حفره‌ها را به الکترودهای کاتد و آند هدایت می‌کنند. ضریب تحرک بار (Charge Carrier Mobility) در این مواد معمولاً در محدوده 10^{-2} تا 10^{-4} (cm^2/(V.s)) است که به ترکیب شیمیایی و کیفیت لایه‌ها بستگی دارد. در برخی طراحی‌ها، نقاط کوانتومی با مواد آلی یا هیبریدی (مثل پلیمرها یا اکسیدهای فلزی) ترکیب می‌شوند تا انتقال بار بهبود یابد. برای مثال، استفاده از TiO_2 یا ZnO به عنوان لایه انتقال الکترون، نرخ بازترکیب (Recombination) را کاهش می‌دهد و راندمان کوانتومی خارجی (External Quantum Efficiency یا EQE) را افزایش می‌دهد.



۳.۲. تولید سیگنال الکتریکی

جریان تولیدشده در آشکارساز به صورت فتوجریان (Photocurrent) یا ولتاژ (در حالت فتوولتائیک) اندازه‌گیری می‌شود. فتوجریان متناسب با تعداد فوتون‌های جذب‌شده و راندمان تبدیل است و می‌توان آن را با رابطه زیر بیان کرد:

$$Iph = q.\Phi.\eta$$

که در آن:

I_{ph} فتوجریان

q بار الکتریکی الکترون

Φ شار فوتون ورودی

η راندمان کوانتومی (نسبت جفت‌های الکترون-حفره تولیدشده به فوتون‌های جذب‌شده)

تنظیم‌پذیری طیفی و پاسخ نوری

یکی از ویژگی‌های برجسته آشکارسازهای کوانتوم دات، قابلیت تنظیم‌پذیری طیفی آن‌هاست. با تغییر اندازه نقاط، گاف انرژی تغییر می‌کند و در نتیجه، طول موج جذب قابل کنترل است. برای مثال:

نقاط CdSe با قطر ۲ نانومتر نور سبز (۵۲۰ نانومتر) را جذب می‌کنند، در حالی که با قطر ۶ نانومتر به محدوده قرمز (۶۲۰ نانومتر) منتقل می‌شوند.

نقاط PbS می‌توانند تا محدوده مادون قرمز نزدیک (۱-۳ میکرومتر) تنظیم شوند.

این ویژگی با استفاده از رابطه تجربی $R \propto \lambda_{abs}^{n}$ (که n به ماده بستگی دارد) قابل پیش‌بینی است و امکان طراحی حسگرهایی با پاسخ طیفی اختصاصی را فراهم می‌کند.

نویز و محدودیت‌های عملکردی

عملکرد آشکارسازها تحت تأثیر نویزهای حرارتی (Thermal Noise)، نویز شات (Shot Noise)، و نویز 1/f قرار دارد. در نقاط کوانتومی، نقص‌های سطحی و بازترکیب غیرتابشی (Non-radiative) می‌توانند نسبت سیگنال به نویز (SNR) را کاهش دهند. برای بهبود این پارامتر، طراحی‌هایی با گین بالا یا استفاده از تکنیک‌های خنک‌سازی (Cryogenic Cooling) پیشنهاد شده‌است.

ساختار آشکارساز کوانتوم دات

آشکارسازهای کوانتوم دات (Quantum Dot) از ساختاری چندلایه و دقیق بهره می‌برند که هر جزء آن با هدفی مشخص طراحی شده است: از جذب فوتون‌ها و تولید بار گرفته تا انتقال و جمع‌آوری سیگنال الکتریکی. این معماری پیشرفته، خواص کوانتومی نقاط را با نیازهای عملیاتی دستگاه هماهنگ می‌کند و نیازمند مهندسی دقیق مواد و رابط‌ها است. در ادامه، اجزای اصلی این ساختار به همراه ملاحظات علمی و فنی به صورت جامع بررسی می‌شوند.

لایه فعال نقاط کوانتومی

لایه نقاط کوانتومی، بخش اصلی و فعال آشکارساز است که وظیفه جذب نور و تبدیل آن به جفت‌های الکترون–حفره را بر عهده دارد. این لایه از مجموعه‌ای از نقاط کوانتومی تشکیل شده که یا به صورت منظم و یا تصادفی با روش‌هایی نظیر رسوب‌گذاری کلوئیدی بر روی بستر قرار می‌گیرند. ضخامت این لایه، که معمولاً بین ۵۰ تا ۵۰۰ نانومتر متغیر است، باید با دقت تنظیم شود تا تعادل بهینه‌ای میان جذب نور و انتقال بار برقرار گردد:

لایه‌های ضخیم‌تر جذب فوتون را افزایش می‌دهند، اما مقاومت الکتریکی را بالا برده و احتمال بازترکیب بار را بیشتر می‌کنند.

لایه‌های نازک‌تر انتقال بار را تسهیل می‌کنند، اما ممکن است بخشی از نور ورودی را از دست بدهند.

ترکیب شیمیایی نقاط نیز نقشی کلیدی دارد. برای مثال، نقاط PbS برای تشخیص مادون قرمز و نقاط CdSe برای طیف مرئی به کار می‌روند. به منظور کاهش نقص‌های سطحی و بهبود پایداری نوری، این نقاط اغلب با پوسته‌ای غیرآلی نظیر ZnS یا CdS پوشش داده می‌شوند. این ساختار هسته–پوسته، گاف انرژی مؤثر را تغییر که با رابطه زیر توصیف می‌شود:

$$E_{g,eff} = E_{g,core} + \Delta E_{shell}$$

در این معادله، ΔE_{shell} به ضخامت و جنس پوسته وابسته است و امکان تنظیم دقیق خواص نوری را فراهم می‌کند.

الکترودها

الکترودها بارهای تولیدشده را جمع‌آوری و به مدار خارجی هدایت می‌کنند. طراحی آن‌ها باید مقاومت اهمی پایین و در صورت لزوم، شفافیت نوری بالا را تضمین کند. دو نوع اصلی الکترود در این آشکارسازها استفاده می‌شود:

الکترودهای شفاف: مانند اکسید قلع ایندیوم (ITO) یا گرافن، که برای ساختارهایی که نور از بالا وارد می‌شود مناسب‌اند. ITO با مقاومت سطحی ۱۰-۱۰۰ Ω/sq و شفافیت بیش از ۸۵٪ در طیف مرئی، گزینه‌ای متداول است.

الکترودهای فلزی: مانند طلا، نقره یا آلومینیوم، که در کاربردهای غیرشفاف یا مادون قرمز به کار می‌روند. این مواد با رسانایی بالا عملکرد الکتریکی مطلوبی دارند، اما به دلیل بازتاب نور، محل قرارگیری آن‌ها باید با دقت تعیین شود.

فاصله بین الکترودها از اهمیت بسزایی برخوردار است. فاصله‌های کوتاه‌تر (در حد میکرومتر) گین را افزایش می‌دهند، اما ممکن است نویز را نیز تشدید کنند.

لایه‌های انتقال بار

لایه‌های انتقال الکترون (ETL) و انتقال حفره (HTL) برای جداسازی و هدایت مؤثر بارها به الکترودها ضروری‌اند:

لایه انتقال الکترون (ETL): اکسیدهای فلزی مانند TiO_2 یا ZnO اغلب استفاده می‌شوند. ZnO با گاف انرژی 3.3eV و تراز باند هدایت حدود 4.4eV- (نسبت به خلأ)، تحرک الکترون در $(10^{-3} cm^2/(V.s))$ ارائه می‌دهد و با نقاط PbS هم‌راستایی مطلوبی دارند.

لایه انتقال حفره (HTL): موادی نظیر NiO یا پلیمرهای آلی مانند PEDOT:PSS به کار می‌روند. NiO با تحرک حفره $(10^{-4} cm^2/(V.s))$ پایداری بالا، از بازترکیب ناخواسته جلوگیری می‌کند.

این لایه‌ها، که ضخامتی بین ۲۰ تا ۱۰۰ نانومتر دارند، به عنوان سدهای انرژی عمل می‌کنند و افت ولتاژ را به حداقل می‌رسانند.

بستر

بستر، زیرساخت فیزیکی آشکارساز است و بر اساس کاربرد انتخاب می‌شود:

بسترهای صلب: سیلیکون یا شیشه برای یکپارچگی با مدارهای CMOS یا حسگرهای دقیق مناسب‌اند. سیلیکون با ثابت دی‌الکتریک ۱۱/۷ و مقاومت مکانیکی بالا، انتخابی ایده‌آل است.

بسترهای انعطاف‌پذیر: مانند پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) یا پلی‌ایمید، برای کاربردهای پوشیدنی استفاده می‌شوند. این مواد با مدول یانگ ۲-۵ GPa انعطاف‌پذیری را تضمین می‌کنند، هرچند پایداری حرارتی آن‌ها محدود است.

لایه‌های محافظ

برای افزایش دوام، لایه‌های محافظ مانند Al_2O_3 یا SiO_2 با ضخامت ۵۰-۱۰ نانومتر و از طریق روش رسوب لایه اتمی (ALD)

اعمال می‌شوند. این لایه‌ها از نفوذ اکسیژن و رطوبت جلوگیری کرده و به‌ویژه برای نقاط حساس مانند CdSe یا PbS حیاتی‌اند.

پیکربندی‌های نوین

در طراحی‌های پیشرفته، نقاط کوانتومی با موادی مثل گرافن یا MoS_2 ترکیب می‌شوند تا تحرک بار تا (10^2 cm^2/(V.s)) افزایش یابد. این ساختارهای هیبریدی یا آرایه‌های دوبعدی، نسبت سیگنال به نویز را بهبود داده و برای کاربردهایی نظیر تصویربرداری مادون قرمز یا تشخیص تک‌فوتون ایده‌آل‌اند.

کاربرد

آشکارسازهای کوانتوم دات، به دلیل حساسیت بالا، تنظیم‌پذیری طیفی، و اندازه نانومتری، در حوزه‌های متنوعی از مهندسی برق و اپتوالکترونیک کاربرد دارند. این آشکارسازها در تصویربرداری پزشکی، به‌ویژه برای تشخیص زودهنگام بیماری‌ها مانند سرطان از طریق تصویربرداری مادون قرمز نزدیک (۲۵۰۰-۷۰۰ نانومتر)، نقش مهمی ایفا می‌کنند؛ نقاط PbS با گاف انرژی قابل‌تنظیم (۱/۲-۰/۴ الکترون ولت) امکان نفوذ عمیق‌تر در بافت‌ها را فراهم کرده و نسبت سیگنال به نویز را تا 10^2 بهبود می‌بخشند. در حسگرهای نوری، مانند دوربین‌های مادون قرمز و سیستم‌های امنیتی، نقاط InAs یا PbSe با پاسخ در محدوده ۵-۳ الکترون ولت و نسبت تشخیص‌پذیری تا 10^{12} jones، تصاویری با وضوح بالا ارائه می‌دهند که در مقایسه با حسگرهای سنتی، هزینه و پیچیدگی کمتری دارند. در حوزه انرژی خورشیدی، این آشکارسازها به‌عنوان بخشی از سلول‌های خورشیدی، با بهره‌گیری از تولید چند اکسایتون، راندمان تبدیل توان را به بیش از ۱۲٪ می‌رسانند، که از مواد بالک سیلیکونی پیشی می‌گیرد. همچنین، در تحقیقات فضایی، نقاط PbTe با قابلیت تشخیص امواج مادون قرمز دور برای رصد پدیده‌های کیهانی مانند تابش زمینه، استفاده می‌شوند.

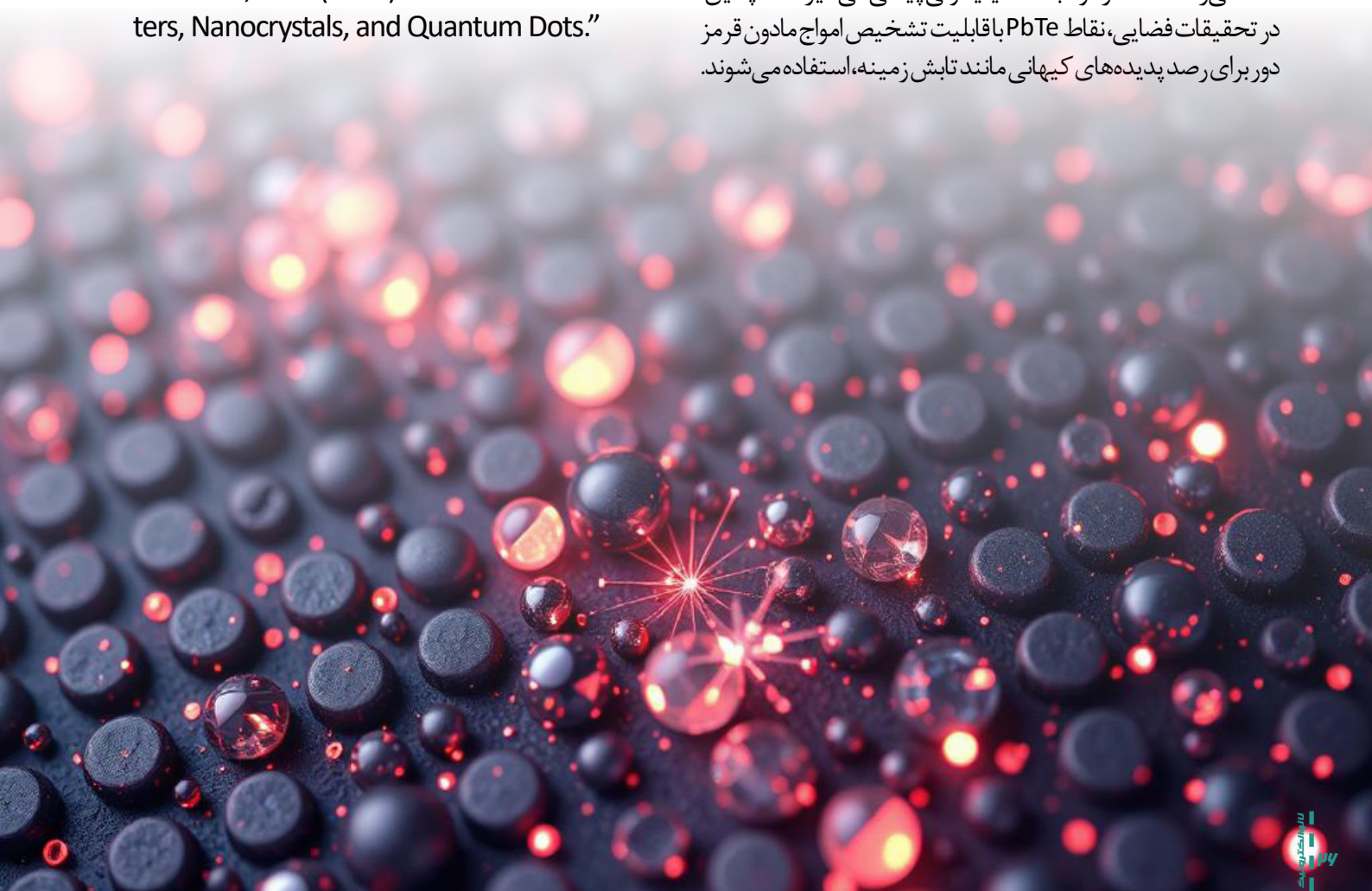
می‌شوند. در نهایت، کاربرد آن‌ها در حسگرهای محیطی برای پایش گازها و در ارتباطات نوری با پهنای باند بالا، نشان‌دهنده پتانسیل گسترده این فناوری در پیشرفت علم و صنعت است.

آینده

آینده آشکارسازهای کوانتوم دات با پیشرفت در نانوفناوری و علوم مواد، نویدبخش تحولاتی چشمگیر در مهندسی برق و اپتوالکترونیک است. توسعه نقاط کوانتومی غیرسمی مانند InP و نقاط سیلیکونی با راندمان کوانتومی بالا، همراه با بهبود پایداری از طریق پوشش‌های چندلایه، این فناوری را برای کاربردهای زیست‌محیطی و پزشکی ایمن‌تر می‌کند. ادغام این آشکارسازها با هوش مصنوعی، دقت تشخیص را تا 0.1%< افزایش داده و در تصویربرداری پیشرفته و حسگرهای تک‌فوتونی کاربرد خواهد داشت. همچنین، گسترش پاسخ طیفی به محدوده تراهرتز با موادی مثل HgTe، و تولید مقیاس‌پذیر با هزینه کم، افق‌های جدیدی در ارتباطات، اکتشافات فضایی، و اینترنت اشیا باز می‌کند.

منابع

1. fotonik.ir
2. nanoclub.ir
3. Nanotechnology: Principles and Practice, S.K. Kulkarni
4. Alivisatos, A. P. (1996). “Semiconductor Clusters, Nanocrystals, and Quantum Dots.”



خلاصه مقاله

III-V Multi-Junction Solar Cells

Written By:
Gui jiang Lin, Jingfeng Bi, Minghui Song, Jianqing Liu, Weiping Xiong and Meichun Huang
Submitted: 09 March 2012 Published: 16 January 2013

شیدا شافعی- دانشجوی کارشناسی ارشد
افزاره های میکرونانوالکترونیک/ دانشگاه تبریز

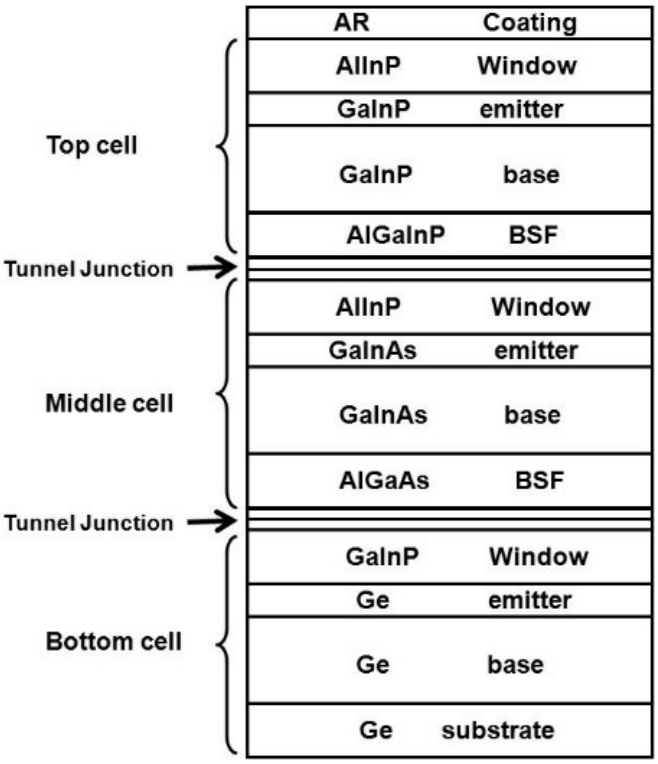
خلاصه

سلول های خورشیدی در زمان قرار گرفتن در معرض نور قادر به تولید برق بدون هیچ گونه اثر مضر برای محیط زیست یا دستگاه ها هستند.

در حال حاضر استفاده گسترده از فتوولتائیک بر دیگر منابع انرژی به دلیل هزینه نسبتاً بالا و راندمان پایین سلول های خورشیدی مانع شده است [۱].سلول های خورشیدی چند پیوندی III-V به عنوان یک فناوری جدید، راندمان بسیار بالایی را در مقایسه با سلول های خورشیدی سنتی که از یک لایه مواد نیمه هادی ساخته شده اند، ارائه می دهند.تقاضای شدید برای فتوولتائیک با راندمان بالاتر اخیراً توجه قابل توجهی را به سلول های خورشیدی چند پیوندی مبتنی بر نیمه هادی های III-V جلب کرده است [۳].بسته به یک تکنولوژی خاص، سلول های خورشیدی چند اتصالی قادر به تولید تقریبا دو برابر بیشتر انرژی در شرایط مشابه سلول های خورشیدی سنتی ساخته شده از سیلیکون هستند.متأسفانه سلول های خورشیدی چند اتصالی بسیار گران هستند، بنابراین در حال حاضر عمدتاً در کاربردهای با کارایی بالا مانند ماهواره استفاده می شود .سلول های خورشیدی با راندمان بالا III-V از ساختار اتصال سه گانه استفاده می کنند که شامل زیر سلول پایین Gee (۰/۶۷ الکترون ولت) که به طور همگن روی بستر Gee تشکیل شده است.سلول های خورشیدی چند پیوندی مبتنی بر مواد III-V بالاترین راندمان را در بین دستگاه های فتوولتائیک موجود به دست آورده اند.علاوه بر این، این دستگاه ها تنها سلول های خورشیدی هستند که در حال حاضر با راندمان بالای ۳۰ درصد موجود هستند.راندمان بالا به دلیل کاهش تلفات حرارتی و انتقال در سلول های خورشیدی در هنگام افزایش تعداد اتصالات p-n است. سلول های زمینی آینده احتمالا دارای چهار یا چند اتصال با پتانسیل عملکردی هستند که قادر به رسیدن به بازده بیش از ۴۵ درصد در غلظت صدها خورشید هستند.چگالی جریان کمتر در این سلول ها می تواند به طور قابل توجهی اتلاف توان مقاومتی (I2R) را در غلظت های بالای خورشید در مقایسه با سلول ۳ اتصالی کاهش دهد [۶].سلول های خورشیدی سه اتصالی GaInP/GaAs/InGaAs با راندمان بالا که به طور معکوس با اتصال پایین دگرگونی رشد کرده اند، می توانند با جایگزین کردن سلول فرعی Ge در پایین با مواد شکاف انرژی ۱ الکترون ولت به دست آیند. این سلول های خورشیدی سه گانه دگرگونی و یکپارچه معکوس را می توان با حداقل ۲ درصد راندمان بالاتر از نمونه سنتی از لحاظ نظری بدست آورد [۷].در این فصل، بررسی تئوری و تجربی پیچیده ترین، صنعتی ترین و تجاری ترین سلول خورشیدی اتصال سه گانه GaInP/GaInAs/Ge به طور گسترده تشریح شد.

آزمایشات پیری سریع سلول های خورشیدی چند اتصالی با . غلظت بالا و بحث در مورد عملکرد نیروگاه در فضای باز نیز ارائه شد.در طراحی سلول‌های اتصال سه‌گانه GaInP/GaInAs/Ge ، اصول به حداکثر رساندن کارایی سلول عبارتند از: (۱) افزایش مقدار نور جمع‌آوری‌شده توسط هر سلولی که به حامل تبدیل می‌شود، (۲) افزایش مجموعه حامل‌های تولید شده توسط نور توسط هر اتصال p-n ، (۳) به حداقل رساندن جریان تاریک و انطباق رو به جلو (۴) جریان تاریک در عمل، طرح‌های پایه برای این سلول‌های خورشیدی شامل غلظت‌های مختلف دوپینگ و ضخامت لایه‌ها برای نواحی پنجره، قطره چکان، پایه و میدان پشتی (BSF) در هر سلول فرعی است.به منظور بهینه سازی طرح ها، یک مدل دقیق شامل ماژول های نوری و الکتریکی برای تجزیه و تحلیل اثر پارامترهای حجیم بر بازده کوانتومی خارجی، جریان نوری و ولتاژ نوری سلول های خورشیدی چند پیوندی GaInP/GaInAs/Ge توسعه داده شد.

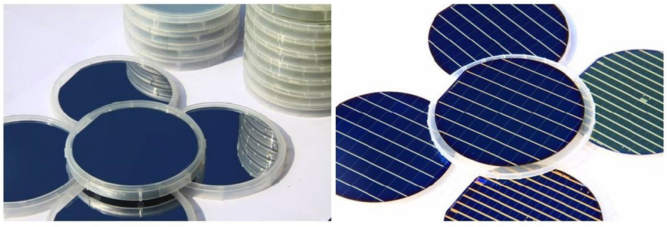
یک شماتیک از یک سلول خورشیدی GaInP/GaInAs/Ge منطبق با شبکه معمولی در شکل ۱ نشان داده شده است. این شامل یک اتصال n/p GaInP در بالای یک اتصال n/p GaInAs است که روی یک اتصال n/p Ge قرار دارد. سلول های اتصال سه گانه به صورت سری توسط دو اتصال تونلی n++/p++ به هم متصل می شوند.



شکل ۱:ساختار سلول خورشیدی چند پیوندی

روند فرآیند سلول خورشیدی چند پیوندی

فرآیند طراحی شده برای سلول های خورشیدی چند اتصالی متمرکز کننده به این صورت است: ابتدا الگوهای الکترودهای مختلف در سطوح جلویی و پشتی ویفر همپای GaInP/GaAs/InGaAs تشکیل می شود و سپس ویفر با روش های اچ شیمیایی و/یا برش چرخ فیزیکی به تراشه های سلول مستقل جدا می شود. شکل ۲ عکس هایی از ویفرها و تراشه های همپای GaInP/GaAs/InGaAs را در مرحله فرآیند ویفر نشان می دهد. سپس الکترود جلوی گرافیکی (الکترود منفی) و الکترود پشت غیر گرافیکی (الکترود مثبت) با یک سری مراحل لیتوگرافی، رسوب الکترود، آلیاژ فلز، اچ کردن لایه درپوش، پوشش AR و غیره بر روی هر دو سطح ویفرهای همپایی رسوب می کنند.



(a) (b)

شکل ۲:الف) ویفرهای GaInP/GaAs/InGaAs ، ب) تراشه روی ویفر

بحث در مورد عملکرد نیروگاه در فضای باز

سیستم فتوولتائیک متمرکز (CPV) معمولاً در مکان های آفتابی برای نیروگاه فتوولتائیک (PV) در مقیاس بزرگ با ظرفیت نصب ۱ تا ۱۰۰۰ مگاوات (MW) قرار می گیرد. این لنز از لنزهای فرنل برای تمرکز، سلول های خورشیدی چند اتصالی III-V ، سیستم ردیابی نوع محور قطبی یا نوع پایه و روش کنترل یکپارچه تشکیل شده است. با تمرکز نور خورشید بر روی سلول های خورشیدی با راندمان بالا، CPV می تواند از سلول های خورشیدی کمتری نسبت به برق فتوولتائیک سنتی استفاده کند. از آنجایی که CPV دارای ظرفیت تولید برق بالا با قطعات متحرک، ساخت و نگهداری آسان است، برای یک نیروگاه PV در مقیاس بزرگ بسیار مناسب است.

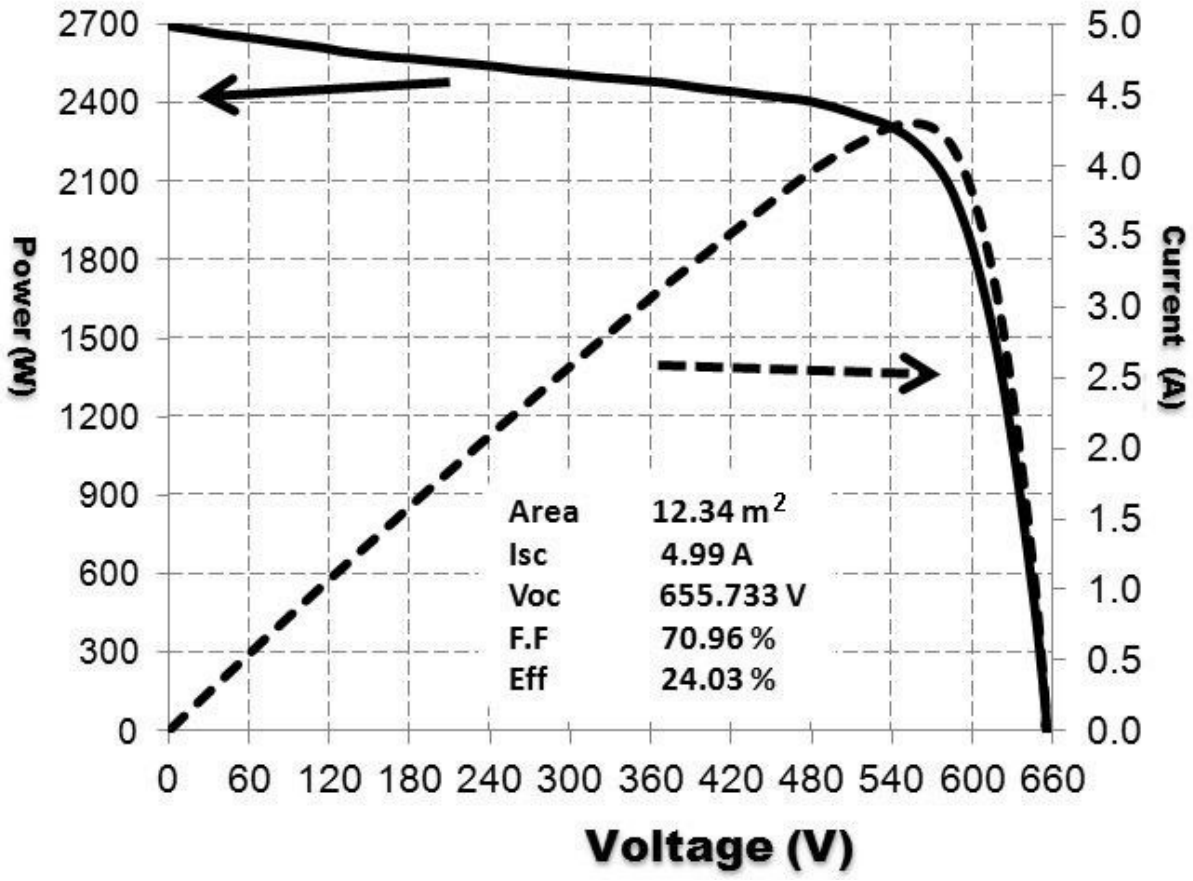
به گفته کنسرسیوم CPV ، CPV ، با راندمان بالاتر، تولید انرژی بالاتری را به ازای هر مگاوات نصب شده ارائه می کند، کمترین هزینه انرژی خورشیدی را در مناطق پر خورشید در جهان فراهم می کند. این فناوری در مراحل اولیه خود با فضای قابل توجهی برای نوآوری های آینده است، و این توانایی را دارد که به سرعت تولید را تا گیگاوات افزایش دهد. بسیاری از محدودیت‌های PV در گذشته با پیشرفت‌های فناوری CPV برطرف شده‌اند. طبق کنسرسیوم CPV، از سال ۲۰۱۱، پایه‌های جهانی CPV نصب‌شده در مجموع تنها ۶۰ مگاوات تولید می کردند. این سازمان پیش بینی می کند که ظرفیت تا پایان سال ۲۰۱۲ به ۲۷۵ مگاوات، تا پایان سال ۲۰۱۳ به ۶۵۰ مگاوات، تا پایان سال ۲۰۱۴ به ۱۱۰۰ مگاوات و تا پایان سال ۲۰۱۵ به ۱۵۰۰ مگاوات افزایش یابد.

در سراسر جهان، ۴۰ مگاوات نیروگاه آمونیکس از سال ۲۰۱۲ به بعد نصب خواهد شد، در همان زمان نیروگاه ۳۲/۷ مگاواتی واقع در آلاموسا کلرادو در هفته مارس ۲۰۱۲ اندازه گیری شد. هدف اصلی ISFOC(موسسه سیستم های فتوولتائیک متمرکز) ترویج صنعتی شدن CPV است. برای این منظور، ISFOC نصب نیروگاه های CPV تا ۲/۷ مگاوات را در سراسر منطقه کاستیا لا مانچا انجام داده است. تعداد زیادی نیروگاه CPV در آینده نزدیک بدون معرفی بیشتر نصب خواهند شد. با این حال، با تمرکز بر چین، سابقه نسبی طولانی توسعه فناوری پیشرفته CPV، تجربه سال‌ها بهره برداری از نیروگاه، سیستم‌های بالغ با عملکرد و قابلیت اطمینان بالا، موقعیت پیشرو شرکت‌کنندگان غربی معیاری را در این زمینه ایجاد می کند و توجه بیشتر و سهم بیشتری را از بازار CPV چین به دست می‌آورد. برای چند شرکت داخلی CPV با سوابق نصب، تلاش‌های بیشتری برای بهبود عملکرد و قابلیت اطمینان محصولات CPV، کاهش هزینه‌ها با راه‌اندازی زنجیره‌های تامین کامل در صنعت CPV، تسهیل استفاده از منابع خورشیدی فراوان از شمال و غرب به جنوب و شرق از طریق راه‌اندازی شبکه‌های انتقال مورد نیاز است، به طوری که می‌توان بازار CPV چینی را توسعه داد و به بلوغ رساند.

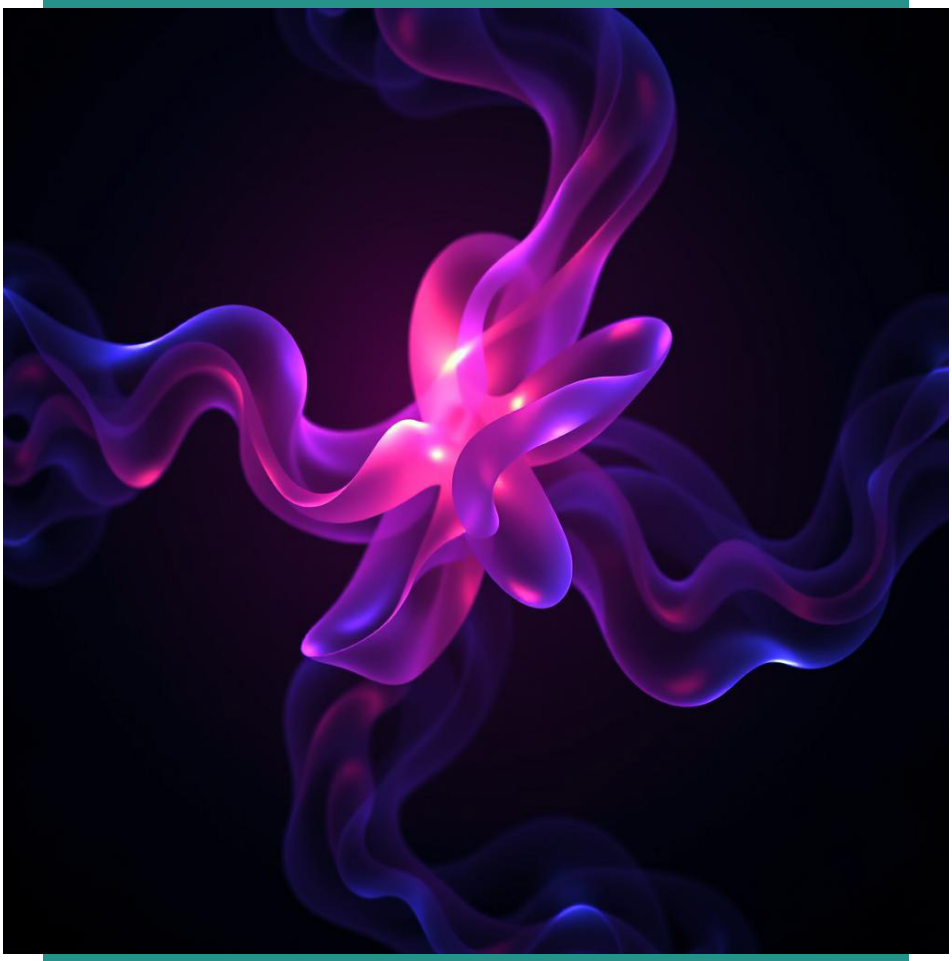
بزرگترین پروژه نیروگاه CPV در چین در گلمود، استان چینگهای، با ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات مونتاژ شد. Suncore یک سرمایه گذاری مشترک چین و ایالات متحده است که توسط Emcore و San'an تأسیس شده است. ۱ مگاوات پروژه با استفاده از سیستم زمینی ۵۰۰ خورشید و ۲ مگاوات با استفاده از سیستم زمینی ۱۰۰۰ خورشیدی به پایان رسیده است، همانطور که در شکل ۱۷ نشان داده شده است. راندمان تبدیل سیستم زمینی ۵۰۰ خورشید و ۱۰۰۰ خورشید می تواند به ترتیب به ٪۲۵ و ٪۲۸.۵ برسد.



شکل ۴: نیروگاه در استان گلمود چینگهای چین نصب شده است



شکل ۵: I-V curves of the 227 Receivers module tested outdoor



علم پلاسمونیک و پلاسمون ها

سارا واصفی - دانشجوی کارشناسی
فیزیک مهندسی/دانشگاه تبریز

۱.مقدمه

پلاسمونیک حوزه ای پر رونق، نوین و بین رشته ای ترکیبی از رشته های اپتیک و الکترومغناطیس است که به بررسی برهمکنش بین نور و الکترون های آزاد در مواد رسانا به ویژه فلزات در مقیاس نانو می پردازد. این علم بر اساس پدیده رزونانس پلاسمون سطحی کار می کند. پلاسمون سطحی نوسانات الکترون های آزاد در سطح یک فلز است که دراثر برهمکنش با نور ایجاد میشود که منجر به ایجاد میدان های الکترومغناطیسی قوی در نزدیکی فلز میشود که کاربرد های متنوعی دارد. رزونانس یا تشدید زمانی رخ میدهد که فرکانس نور ورودی با فرکانس طبیعی نوسان الکترون های برابر باشد که باعث تقویت شدن میدان الکترومغناطیسی نور میشود و انرژی زیادی در سطح فلز متمرکز میشود. در گذشته از ویژگی های پلاسمونیک و نانو ذرات برای ایجاد رنگ های چشم نواز در شیشه ها استفاده می‌شد.نخستین تحقیقات بر روی پلاسمونیک به ابتدای قرن بیستم برمی گردد. ابتدا رابرت وود خواص عجیبی از اندازه گیری بازتاب نوری از شبکه های فلزی مشاهده کرد. حدود سال ۱۹۰۴، گرنت رنگ های موجود در شیشه های رنگی را با استفاده از نظریه جدید درود (که خواص انتقال الکترون ها در مواد و مخصوصا در فلزات را بیان می کند) برای فلزات توضیح داد. ۴ سال بعد مای نظریه خود را در مورد پراکندگی الکترومغناطیسی ذرات کروی ارائه داد. در حدود سال ۱۹۵۶، پینس به صورت تحلیلی دلیل افت سریع انرژی الکترون ها در عبور از فلزات را بیان کرد و نتیجه گرفت این انرژی صرف حرکت تجمعی و نوسان گونه الکترون های آزاد فلز می شود و آن را پلاسمون نامید. دلیل این نام گذاری شباهت این نوسانات الکترون ها با نوسان های ذرات محیط پلاسما بود. در همان سال فانو عبارت پلاریتون را برای نوسان الکترون های مقید فلز در حالت جفت شدگی با فوتون های پرتو فرودی به کار برد. نام پلاریتون برای شبه ذراتی که نیم ماده و نیم فوتون بودند، بکار گرفته شد که حالت تزویج شده بین یک فوتون پرتو تحریک کننده ابتدایی و الکترون های رسانش فلز است و اصطلاح پلاسمون پلاریتون برای بیان علت تزویج شده بین یک فوتون و یک پلاسمون است.

۲.علم پلاسمونیک

رشته مطالعه و دستکاری پلاسمون ها را پلاسمونیک می نامند. پلاسمونیک به دو جز اصلی تقسیم میشود که هر کدام از آنها کاربردی از فلزات و امواج الکترومغناطیسی در مشخصات نانومتری در ساختار های دوبعدی، تک بعدی و حتی صفر بعدی است که عبارتند از:

۱.پلاسمون های سطحی موضعی

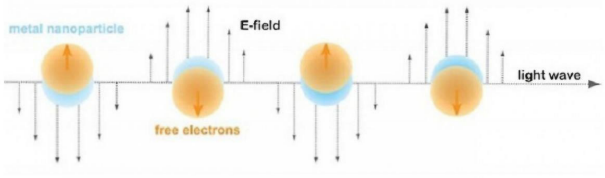
۲.پلاسمون پلاریتون های سطحی

۱.۲. پلاسمون های سطحی موضعی

تشدید پلاسمون های سطحی، نوسانات هماهنگ و تجمعی الکترون های فلزی است که توسط پرتو تابشی تحریک شده است.

شرط نوسان یکسان بودن فرکانس فوتون های تابش شده با فرکانس طبیعی الکترون های سطحی است. تشدید پلاسمون های سطحی در ساختار های با ابعاد نانومتری، تشدید پلاسمون های سطحی موضعی نامیده میشود.

پلاسمون های موضعی میدان های الکترومغناطیسی بسیار قوی در نزدیکی نانوذرات ایجاد میکنند که میتوان از آن برای تقویت سیگنال ها و افزایش حسگر ها استفاده کرد.

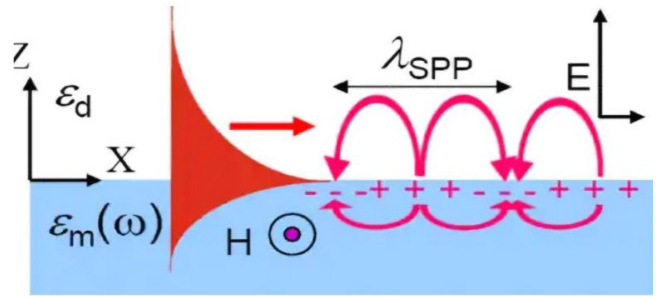


شکل ۱: نوسان الکترون های سطحی و الگوی میدان الکتریکی اطراف آن ها

۲.۲. پلاسمون پلاریتون های سطحی

امواجی الکترومغناطیسی اند که در سطح مشترک بین یک فلز و یک دی الکتریک منتشر می شوند. پلاسمون پلاریتون های سطحی تحریک های الکترومغناطیسی هستند که به الکترون های آزاد جمع شونده و نوسان کننده سطحی در فلزات تزویج می شوند تا بتوانند در سطح تقاطع فلز و دی الکتریک به صورت طولی انتشار یابند. این امواج دارای طول موج کوتاه تر از نور در فضای آزاد هستند و میتوانند اطلاعات را در فواصل طولانی در امتداد سطح فلز منتقل کنند.

علت حائز اهمیت بودن پلاسمون پلاریتون های سطحی توانایی آن ها در تمرکز دادن میدان الکترومغناطیسی است که حد پراکندگی آنها در موج های اپتیکی نانومتری کاهش می دهد و گسترش میدان های موضعی را تا چندین مرتبه بزرگی بهبود می دهد.



شکل ۲: نمایی از ایجاد اجزای میدان الکترومغناطیسی پلاسمونهای سطحی در سطح تماس فلز-دی الکتریک

۳.عوامل موثر بر خواص پلاسمون ها

خواص پلاسمون ها به عوامل مختلفی مانند محیط اطراف، جنس ماده و شکل و اندازه نانو ساختار ها بستگی دارد. برای مثال فلزات نجیب به دلیل داشتن الکترون های آزاد فراوان و افت کم انرژی در فرکانس های نوری از جمله پرکاربردترین مواد پلاسمونی هستند.

همچنین ضریب شکست محیط اطراف نانوساختار فلزی بر فرکانس رزونانس تاثیر میگذارد که ویژگی مهمی برای ساخت حسگرهای پلاسمونی است.

شکل و اندازه نانو ساختار ها تاثیر زیادی بر خواص پلاسمونی آنها دارد. تغییر شکل و اندازه آنها به ما امکان میدهد تا فرکانس رزونانس و شدت میدان های الکترومغناطیسی را کنترل کنیم.

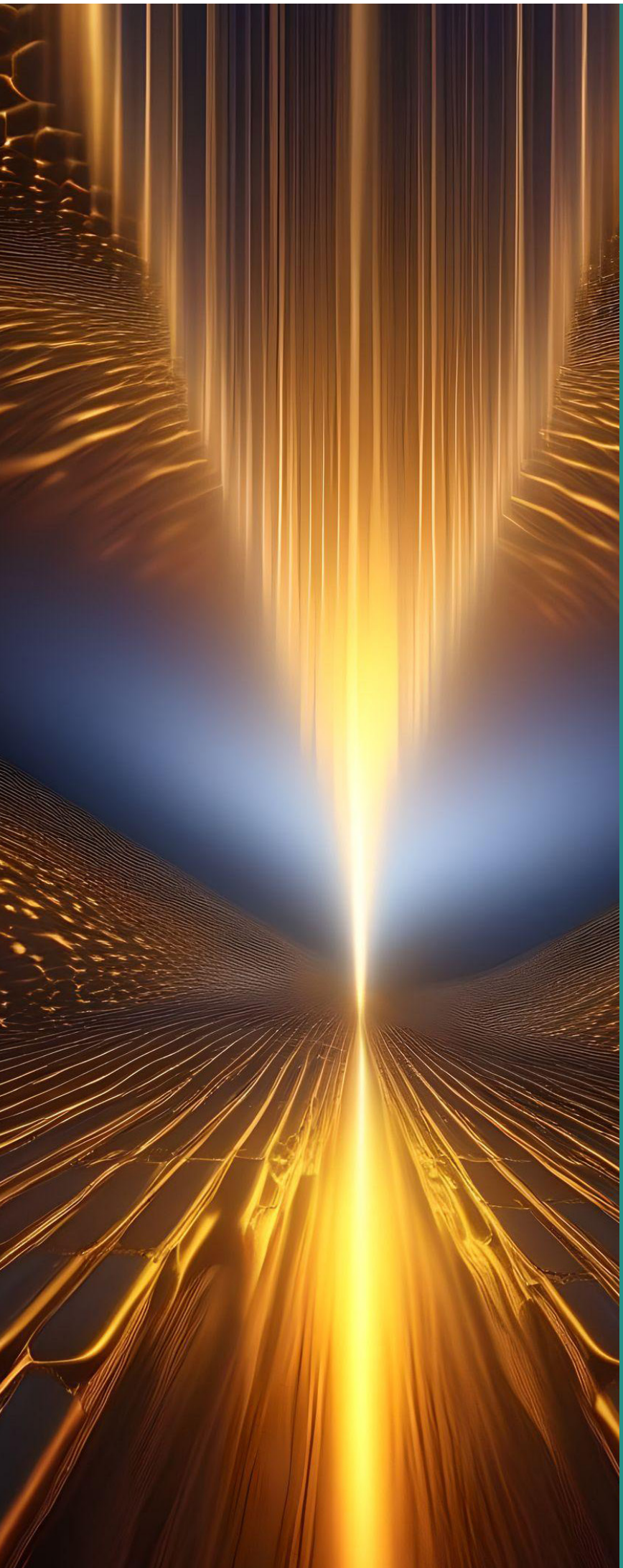
۴.کاربردهای پلاسمونیک

پلاسمونیک بخاطر توانایی در دستکاری نور در مقیاس نانو کاربرد های گسترده ای در زمینه های متنوع پیدا کرده است. برای مثال حسگرهای پلاسمونی برای تشخیص طیف وسیعی از مواد دارویی شیمیایی و زیستی با دقت بالایی استفاده میتوانند استفاده شوند که بر اساس تغییر در فرکانس رزونانس پلاسمونی عمل میکنند.

در تصویربرداری میکروسکوپی پلاسمونیک میتواند برای افزایش وضوح و کنتراست استفاده شود که قادر به تصویر برداری در ساختار های نانومتری با جزئیات هستند.

پلاسمونیک در زمینه های مختلف پزشکی کاربرد زیادی دارد مانند تصویر برداری از تومور ها، تشخیص بیماری ها، درمان سرطان و داروسازی هدفمند.

پلاسمونیک را در حوزه تولید انرژی نیز میتوان استفاده کرد برای مثال نانوذرات پلاسمونی میتوانند باعث بهبود کارایی سلول های خورشیدی بشوند و همینطور میتواند در کاتالیز نوری برای تسریع واکنش های شیمیایی با استفاده از نور خورشید استفاده شود.



۵.چالش ها

با وجود این پیشرفت ها در حوزه پلاسمونیک، چالش هایی نیز وجود دارد. یکی از این چالش ها افت انرژی است. فلزات در فرکانس های نوری دچار افت انرژی میشوند که باعث کاهش کارایی دستگاه های پلاسمونی میشوند. دانشمندان در تلاش برای یافتن مواد جایگزین و جدید با افت انرژی کمتر هستند.

یکی از چالش های دیگر ساخت نانوساختار های دقیق و یکنواخت با خواص پلاسمونی مطلوب است.

چالش دیگر پیدا کردن روشی برای تولید انبوه دستگاه های پلاسمونی با هزینه کمتر است.

با این حال پژوهشگران به دنبال یافتن راه حل هایی برای رفع این محدودیت ها هستند. با غلبه بر چالش های موجود و توسعه فناوری های نو انتظار میرود علم پلاسمونیک نقش مهمی در تحولات فناوری های آینده خواهد داشت.

منابع

1. W.L. Barnes, A. Dereux, T.W. Ebbesen, Nature 424, 824 ,2003 2 - H. Raether, “SurfacePlasmons”, Springer, 1988.
2. S. I. Bozhevolnyi, “Plasmonic NanoguidesCircuits”, Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., 2009.
3. Reviews in Plasmonics 2010; Editor: Chris D. Geddes, Ph.D., CSci, CPhys, CChem, MIoP, MRSC 5 - Stefan Maier (2007). Plasmonics: Fundamentals and Applications. Springer. ISBN 978-0-387-33150-8.
4. Michael G. Cottam & David R. Tilley (1989). Introduction to Surface and Superlattice Excitations. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-32154-9.
5. Heinz Raether (1980). Excitation of plasmons and interband transitions by electrons. Springer-Verlag. ISBN 978-0-387-09677-3.
6. https://nanoeducation.ir/article-detail//MDBEbmMvZUNjQmlXazlMak5yY09udz09/

نگاهی بر سلول خورشیدی پلاسمونیکی

فاطمه آقائی- دانشجوی دکتری
الکترونیک/دانشگاه تبریز



منابع

منابع انرژی تجدیدپذیر از مزایای بزرگی نظیر دسترسی گسترده، قیمت نسبتاً ارزان و کمترین تأثیر زیست‌محیطی برخوردارند. در میان این منابع، انرژی خورشیدی نقش عمده‌ای ایفا می‌کند؛ بنابراین، تلاش‌ها و سرمایه‌گذاری‌های تحقیقاتی زیادی برای بهبود کارایی سلول‌های خورشیدی صورت می‌گیرد. در کارکرد این سلول‌ها از فناوری فتوولتایی (PV) برای تبدیل مستقیم نور خورشید به انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. یکی از عوامل مهمی که عملکرد و کارایی سلول‌های خورشیدی را تعیین می‌کند، فرآیند جذب نور برای تولید جفت‌های الکترون-حفره و ایجاد جریان از این حامل‌های بار است.

مدل پایه‌ای سلول خورشیدی نیمه‌هادی بر اساس یک اتصال p-n طراحی شده است. نحوه عملکرد این سلول را می‌توان با استفاده از یک مدل ساده مبتنی بر معادله دیود شاتکی، هم در حالت تاریکی و هم روشنایی، توصیف کرد. این مدل برای درک مکانیزم‌های اصلی انتقال حامل در سلول و پیش‌بینی پارامترهای مهم عملکردی آن به کار می‌رود.

بیشتر سلول‌های خورشیدی تجاری مبتنی بر ویفرهای سیلیکونی هستند که به جهت کاهش هزینه‌های تولید، هر سال نازک‌تر می‌شوند. همچنین، توسعه سلول‌های خورشیدی فیلم نازک بر اساس مواد دیگر نظیر پروسکایت به سرعت در حال رشد است. با این حال، محدودیت اصلی سلول‌های خورشیدی لایه نازک در مقایسه با سلول‌های خورشیدی مبتنی بر ویفر، جذب ضعیف نور است. در سال‌های اخیر، برای غلبه بر این مشکل، راه‌های جدیدی برای متمرکز کردن و به دام انداختن نور درون ساختار مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

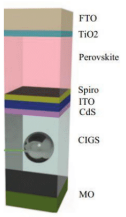
سلول‌های خورشیدی پلاسمونیکی نوعی از فناوری‌های فتوولتائی هستند که از پدیده‌های پلاسمونیک برای بهبود کارایی تبدیل انرژی خورشیدی استفاده می‌کنند. فلزات نجیب مانند نقره، طلا، آلومینیوم و مس به دلیل وجود الکترون‌های آزاد، پلاسمون سطحی را تحریک می‌کنند. پلاسمون سطحی به نوسانات جمعی الکترون‌های آزاد در فصل مشترک ذرات فلزی-دی الکتریکی اشاره دارد. این ویژگی منحصر به فرد نانوذرات فلزی می‌تواند برای افزایش جذب نوری سلول‌های خورشیدی از طریق پراکندگی و تمرکز نور در میدان نزدیک استفاده شود.

یکی دیگر از عوامل محدودکننده کارایی سلول‌های خورشیدی، عدم تطابق بین حساسیت طیفی ماده جاذب نور و طیف کامل خورشیدی است که منجر به از دست رفتن بخش قابل توجهی از تابش نور ورودی می‌شود. استفاده از نانوذرات پلاسمونیکی می‌تواند یاری بخش باشد، زیرا پاسخ طیفی نانوذرات پلاسمونیک وابسته به طول موج است و می‌توان آن را با انتخاب بهینه اندازه، شکل، توزیع و ویژگی‌های محیط اطراف به درستی تنظیم کرد.

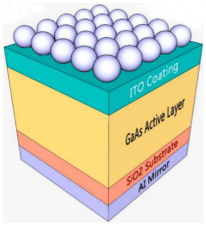
در نهایت، سلول‌های خورشیدی پلاسمونیکی به دلیل تحریک پلاسمون‌های سطحی می‌توانند لایه‌های جذب نازک‌تری داشته باشند بدون اینکه ضخامت نوری آن‌ها کاهش یابد. تحریک نوری نانو ساختارهای پلاسمونیک باعث تقویت شدید میدان الکترومغناطیسی می‌شود. شدت میدان‌های ایجاد شده در بالاترین مقدار خود، در سطح نانو ساختار قرار دارد. در فاصله ۲۰ تا ۳۰ نانومتر از سطح، شدت میدان به طور نمایی با فاصله کاهش می‌یابد و در فواصل بیش از ۳۰ نانومتر، شدت میدان به صورت خطی با فاصله کاهش می‌یابد. بنابراین، یک نیمه‌رسانا می‌تواند در فاصله چند نانومتری از نانو ساختارهای پلاسمونیکی تحریک شده نوری، با میدان الکتریکی قوی‌ای تعامل داشته باشد.

پس از جذب نور در نانو ساختارها، انرژی تجمیع شده ناشی از تحریک پلاسمون های سطحی به الکترون‌ها در نوار رسانش ماده منتقل می‌شود. در طی این فرآیند الکترون‌هایی با انرژی بسیار بالا تولید می‌شود، که به آن‌ها "الکترون‌های داغ" گفته می‌شود. الکترون‌های داغ در فصل مشترک فلز-دی الکتریک جمع شده و بدین ترتیب یک پیوند شاتکی فلز-نیمه‌رسانا تشکیل می‌دهند. میدان‌های الکترومغناطیسی ایجاد شده توسط پلاسمون‌ها می‌توانند به جداسازی بار کمک کنند. این جداسازی باعث می‌شود که الکترون‌ها به سمت نوار رسانش و حفره‌ها به سمت نوار ظرفیت حرکت کنند. الکترون‌ها و حفره‌ها به الکترودها منتقل می‌شوند و در نهایت الکتریسیته تولید می‌کنند. افزایش قابل توجه جریان از تحرکات جمعی پلاسمون و تقویت میدان القا شده توسط پلاسمون از دلایل اصلی این بهبود قابل توجه است. این تبدیل انرژی خورشیدی، راهی برای تحقق دستگاه‌های فتوولتائیک است؛ که عملکرد آن‌ها با دستگاه‌های سنتی رقابت کند و حتی از آن‌ها پیشی می‌گیرد.

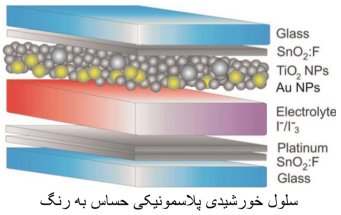
سلول های خورشیدی پلاسمونیکی غالباً از چند لایه ثابت تشکیل شده است. به عنوان نمونه میتوان به لایه‌ی فعال یا همان لایه جاذب، لایه انتقال الکترون (ETL)، لایه انتقال حفره (HTL) و بازتابشگر (Reflector) اشاره نمود. در زیر چند نمونه از سلول واهد این ادوات اورده شده است.



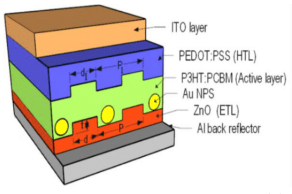
سلول خورشیدی پلاسمونیکی تندم



سلول خورشیدی پلاسمونیکی مبتنی بر نانوذرات



سلول خورشیدی پلاسمونیکی حساس به رنگ



سلول خورشیدی پلاسمونیکی مبتنی بر شبکه پراش

انواع طراحی سلول‌های خورشیدی پلاسمونیکی می‌تواند به روش‌های مختلفی صورت گیرد. در زیر چند مثال پرکاربرد از این طراحی‌های پلاسمونیکی آورده شده است:

۱.سلول‌های خورشیدی مبتنی بر نانوذرات فلزی: در این حالت، نانوذرات فلزی که در سطح سلول قرار می‌گیرند، با ایجاد رزونانس پلاسمون سطحی (LSPR) می‌توانند میدان‌های الکترومغناطیسی قوی ایجاد کنند که باعث افزایش جذب نور در نیمه‌رسانا یا همان ناحیه جاذب نور می‌شود.

۲. سلول‌های خورشیدی مبتنی بر لایه فلزی: همانند حالت بالا، به جای استفاده از نانوذرات، از لایه‌ای نازک از فلزات استفاده می‌شود.

۳. سلول‌های خورشیدی چند لایه: این نوع از سلول‌های خورشیدی به ساختارهای تندم (Tandem) معروف هستند که شامل چند لایه مختلف از مواد نیمه‌رسانا (مانند پروسکایت‌ها یا سیلیکون) برای لایه جاذب یا فعال هستند. عملکرد این نوع از سلول‌های خورشیدی بسیار مناسب است، زیرا با توجه به حضور چند نوع نیمه‌رسانا در یک ساختار، می‌تواند در بازه‌های مختلفی از طول موج جذب داشته باشد.

۴. سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ (DSSC): این نوع سلول‌ها از رنگ‌های حساس به نور و نانوذرات فلزی برای تقویت جذب نور استفاده می‌کنند.

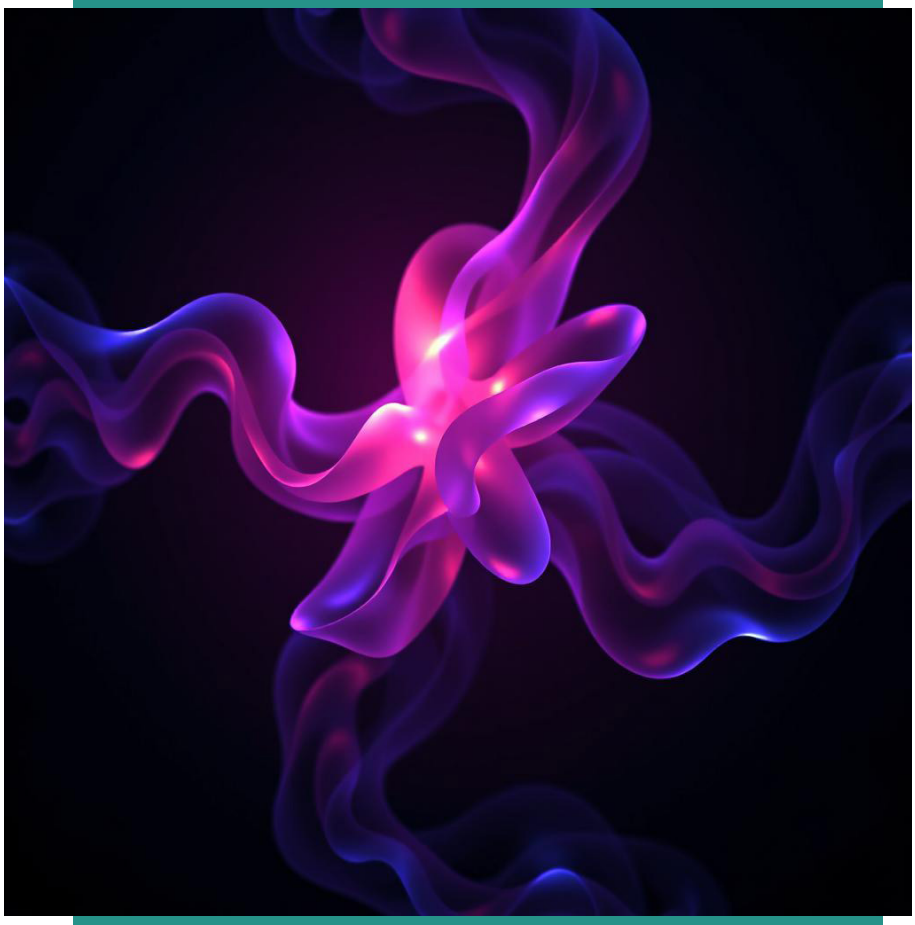
ذکر این نکته ضروری است که برای تقویت نوری، انرژی فوتون ورودی باید بزرگ‌تر از باند گپ نوری نیمه‌رسانا باشد.

با این حال، سلول‌های خورشیدی پلاسمونیکی با وجود مزایای ذکر شده، دارای چالش‌هایی نظیر پایداری پایین و مراحل ساخت پیچیده نیز هستند.

منابع

1. https://doi.org/10.1364/OE.16.021793
2. https://doi.org/10.1002/advs.201902448
3. https://doi.org/10.3390/polym14050862
4. https://doi.org/10.3390/ma14061380
5. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109836
6. https://doi.org/10.1038/s41598-024-64822-x





Plasmonics and Plasmons

Sara Vasefi /Bachelor's Student
Engineering Physics/ University of Tabriz

1.Introduction

Plasmonics is a thriving, novel, and interdisciplinary field combining optics and electromagnetics, which investigates the interaction between light and free electrons in conductive materials, especially metals, at the nanoscale. This science works based on the phenomenon of surface plasmon resonance. A surface plasmon is the oscillation of free electrons on the surface of a metal, created by the interaction with light, leading to the creation of strong electromagnetic fields near the metal, which has various applications. Resonance occurs when the frequency of the incoming light is equal to the natural oscillation frequency of the electrons, which amplifies the electromagnetic field of the light and concentrates a large amount of energy on the metal surface. In the past, the properties of plasmonics and nanoparticles were used to create eye-catching colors in glasses. The first research on plasmonics dates back to the beginning of the 20th century. Initially, Robert Wood observed strange properties in the measurement of optical reflection from metallic gratings. Around 1904, M. Grant explained the colors in stained glass using Drude's new theory (which describes the transmission properties of electrons in materials, especially in metals) for metals. Four years later, G. Mie presented his theory on the electromagnetic scattering of spherical particles. Around 1956, D. Pines analytically explained the reason for the rapid energy loss of electrons passing through metals and concluded that this energy is used for the cumulative and oscillatory movement of free electrons in the metal, and he named it plasmon. The reason for this naming was the similarity of these electron oscillations to the oscillations of plasma particles. In the same year, R. Fano used the term polariton for the oscillation of bound electrons in a metal in a state of coupling with photons of the incident beam. The name polariton was used for quasi-particles that were half matter and half photon, which is the coupled state between a photon of the initial excitation beam and the conduction electrons of the metal, and the term plasmon polariton is used to express the coupled cause between a photon and a plasmon.

2.Plasmonics

The field of studying and manipulating plasmons is called plasmonics. Plasmonics is divided into two main components, each of which is an application of metals and electromagnetic waves in nanometric specifications in two-dimensional, one-dimensional, and even zero-dimensional structures, which are:

1.Localized Surface Plasmons

2.Surface Plasmon Polaritons

2.1.Localized Surface Plasmons

Surface plasmon resonance is the collective, coherent oscillation of metal electrons excited by an incident beam.

The condition for oscillation is that the frequency of the radiated photons is equal to the natural frequency of the surface electrons. Surface plasmon resonance in structures with nanometric dimensions is called localized surface plasmon resonance.

Localized plasmons create very strong electromagnetic fields near nanoparticles, which can be used to amplify signals and enhance sensors.

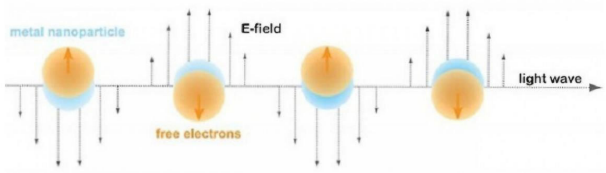


Fig 1. Oscillation of surface electrons and the electric field pattern around them

2.2.Surface Plasmon Polaritons

These are electromagnetic waves that propagate at the interface between a metal and a dielectric. Surface plasmon polaritons are electromagnetic excitations that are coupled to the collective and oscillating free electrons on the surface of metals so that they can propagate longitudinally on the surface of the metal-dielectric interface. These waves have shorter wavelengths than light in free space and can transmit information over long distances along the metal surface.

The reason for the importance of surface plasmon polaritons is their ability to focus the electromagnetic field, which reduces their scattering limit in nanometric optical waves and improves the expansion of local fields by several orders of magnitude.

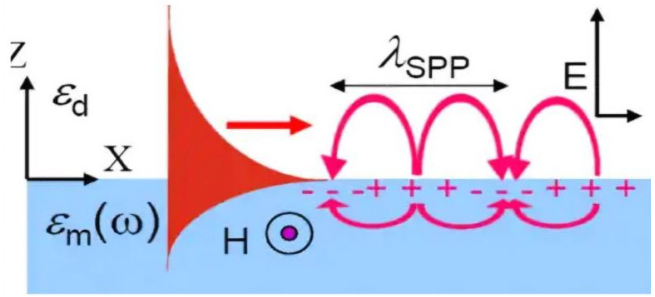


Fig 2. A view of the creation of electromagnetic field components of surface plasmons

3.Factors Affecting Plasmon Properties

Plasmon properties depend on various factors such as the surrounding environment, the material, and the shape and size of the nanostructures. For example, noble metals are among the most widely used plasmonic materials due to their abundant free electrons and low energy loss at optical frequencies.

Also, the refractive index of the environment surrounding the metal nanostructure affects the resonance frequency, which is an important feature for the fabrication of plasmonic sensors.

The shape and size of the nanostructures have a great impact on their plasmonic properties. Changing their shape and size allows us to control the resonance frequency and the intensity of the electromagnetic fields.

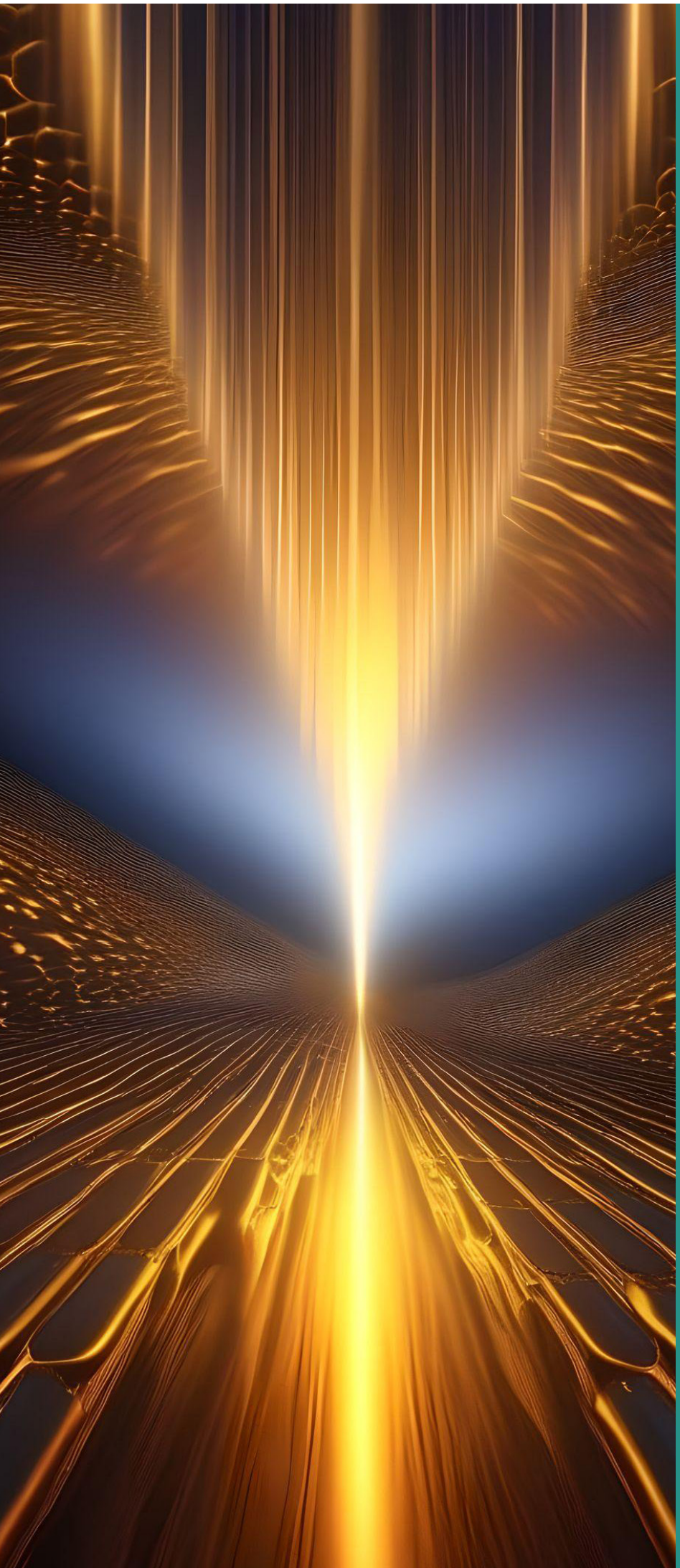
4.Usage of Plasmonics

Plasmonics, due to its ability to manipulate light at the nanoscale, has found wide usages in various fields. For example, plasmonic sensors can be used to detect a wide range of chemical, biological, and pharmaceutical materials with high accuracy, which operate based on changes in the plasmon resonance frequency.

In microscopic imaging, plasmonics can be used to increase resolution and contrast, making it possible to image nanometer structures in detail.

Plasmonics has many usages in various medical fields, such as tumor imaging, disease diagnosis, cancer treatment, and targeted pharmacy.

Plasmonics can also be used in the field of energy production. For example, plasmonic nanoparticles can improve the efficiency of solar cells and can also be used in photocatalysis to accelerate chemical reactions using sunlight.



5.Challenges

Despite these advances in the field of plasmonics, there are also challenges. One of these challenges is energy loss. Metals experience energy loss at optical frequencies, which reduces the efficiency of plasmonic devices. Scientists are trying to find new and alternative materials with lower energy loss.

Another challenge is the fabrication of precise and uniform nanostructures with desirable plasmonic properties.

Another challenge is finding a way to mass-produce plasmonic devices at a lower cost.

However, researchers are looking for solutions to overcome these limitations. By overcoming the existing challenges and developing new technologies, it is expected that plasmonics will play an important role in the development of future technologies.

References

1. W.L. Barnes, A. Dereux, T.W. Ebbesen, Nature 424, 824 ,2003
2. H. Raether, “SurfacePlasmons”, Springer, 1988.
3. S. I. Bozhevolnyi, “Plasmonic NanoguidesCircuits”, Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., 2009.
4. Reviews in Plasmonics 2010; Editor: Chris D. Geddes, Ph.D., CSci, CPhys, CChem, MIoP, MRSC
5. Stefan Maier (2007). Plasmonics: Fundamentals and Applications. Springer. ISBN 978-0-38733150-8.
6. Michael G. Cottam & David R. Tilley (1989). Introduction to Surface and Superlattice Excitations. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-32154-9.
7. Heinz Raether (1980). Excitation of plasmons and interband transitions by electrons. Springer-Verlag. ISBN 978-0-387-09677-3.
8. https://nanoeducation.ir/article-detail/%D8%B9%D9%84%D9%85/MDBEbmMvZUNjQmlXazl-Mak5yY09udz09/

Optical phased array (OPA)

Omran Zadeh Esmaeel/ Master's Student
Photonics/ University of Tehran

Introduction

all-solid-state beam steering realized by integrated optical phased array (OPA) is one of the key components in the radar system. In this article, we first introduce the basic principle of OPA for beam steering. Then, we briefly review the detailed advances of different solutions such as micro-electromechanical system (MEMS) OPA, liquid crystal OPA, and metasurface OPA, where our main focus was on the recent progress of OPA in photonic integrated chips.

Principle

As we know The far electric field distribution of OPA can be calculated from the near electric field distribution, according to Fresnel diffraction theory.

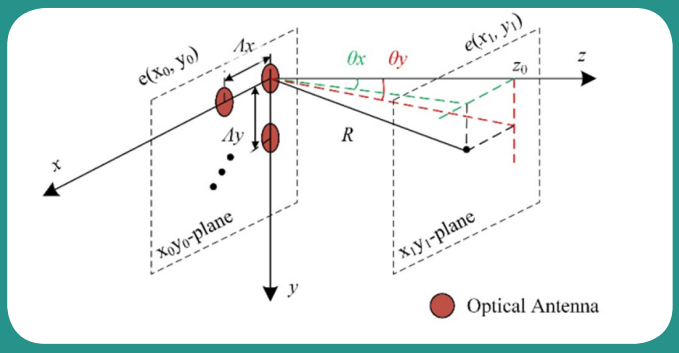


Fig 1. Schematic of the OPA

Generally [14–16], an OPA chip consists of optical beam splitters, a phase modulator array, and an optical antenna array, as shown in Figure 2. The power of the laser source is distributed to the unit of the phase modulator array and the optical antenna array by the beam splitters. The optical wavefront is controlled by the phase modulator array, thus the far-field beam is steered.

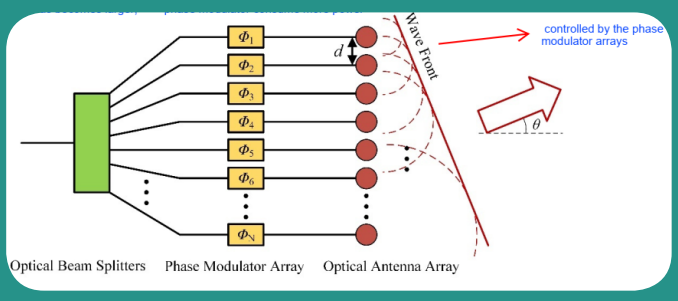


Fig 2. The schematic diagram of the one-dimension optical phased array

OPAs for Beam Steering

MEMS-OPA

MEMS mirrors can modulate, light, and control phase, which have already found enormous commercial success in projectors, displays, and fiber optic communications. Two-dimensional (2D) resonant MEMS mirrors, actuated by the electrothermal, electrostatic , electromagnetic, or piezoelectric effect , have been used to achieve beam steering , as shown in Figure 3. There is a trade-off between the optical aperture and scanning speed for resonant MEMS mirrors.

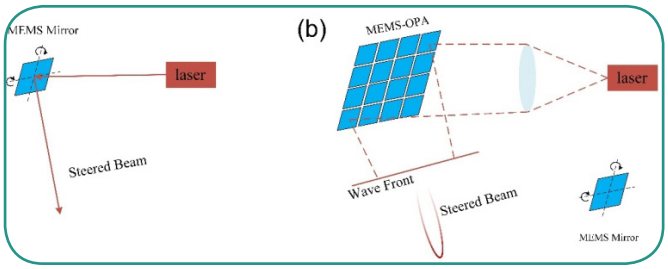


Fig 3. The schematic diagram of the (a) resonant MEMS mirror and (b) MEMS-OPA

LC-OPA

The basic principle of LC-OPA is that the phase relation between array units remains constant without applying voltage. With the applied voltage, as shown in Figure 4b, one can introduce local changes in the refractive index by changing the orientation of the liquid crystal . Therefore, the phase difference between the array units can be adjusted and beam steering be achieved accordingly.

the LC-OPA has many advantages such as low drive voltage, compact size, high precision, and non-inertia. However, the angular resolution is difficult to achieve due to the limitation of the pixel pitch, and the fringe-field effect arising in the neighboring pixels. Furthermore, the scanning speed is limited due to the time needed for the molecular reorientation.

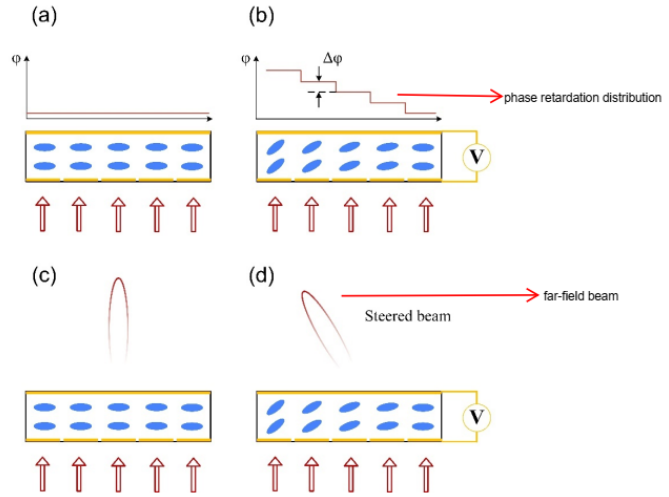


Fig 4.The schematic diagram of the LC-OPA. The phase retardation distribution (a) before and (b) after applying voltage. The far-field beam (c) before and (d) after applying voltage

Meta-OPA

There are two ways to achieve beam steering with metasurfaces. The first one is by applying an external electric field to control the material properties of the metasurfaces and manipulate the wavefront (named as normal meta-OPA), as shown in Figure 5a.

Another method is to enlarge the FOV of PIC-OPA assisted by metasurfaces (named meta-assisted PIC-OPA). As shown in Figure 5b, the metasurface performs like an ultra-thin lens, which can enlarge the beam steering angle q by M times.

For normal meta-OPA, the phase modulation is often generally accompanied by intensity modulation, which affects the side mode suppression ratio. In terms of the meta-assisted PIC-OPA, the beam divergence increased simultaneously with the improvement in the FOV.

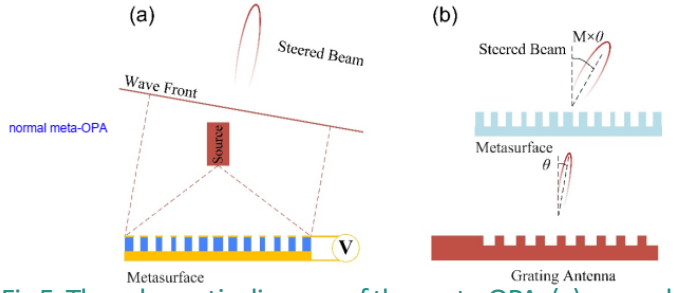


Fig 5. The schematic diagram of the meta-OPA: (a) normal meta-OPA; (b) meta-assisted PIC-OPA.

PIC-OPA

PIC has the great potential to integrate the key components of OPA, such as the laser, beam splitters, phase modulator arrays, antennas, and photodetectors on a single chip. The phase modulators can utilize the thermo-optic or electro-optic effect to tilt the far-field wavefront, which can obtain the steered beam. The PIC-OPA has been demonstrated in different material platforms such as III–V, silicon nitride (SiN), and silicon. The III–V material is one of the significant platforms. A one-dimensional PIC-OPA in the InP platform has been proposed and demonstrated. In 2021, Komatsu et al. proposed a 100 channel OPA and p-i-n phase modulators were fabricated to control the optical phase.

In order to obtain 2D beam steering with a silicon-based PIC-OPA, one way is to use a 2D antenna array arrangement. Researchers from MIT studied OPA with 2D nanoantenna structures on silicon, as shown in Figure 6. Nano-antennas of 4096 were integrated in one chip and successfully applied to image the MIT logo in 2013 .

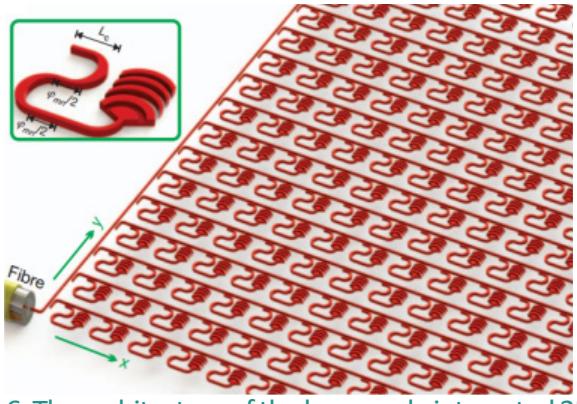


Fig 6. The architecture of the large-scale integrated 2D optical phased antenna array

Conclusion

In summary, MEMS-OPA, LC-OPA, meta-OPA, and PIC-OPA have significant advantages such as their compact size, high precision, non-inertia, and so on. CMOS-compatible PIC-OPA is one of the most promising solutions for all-solid-state and miniaturized radar. The significant components of the OPA such as the laser, beam splitters, phase modulator arrays, antennas, and photodetectors can be integrated on a single chip. Since there are many problems in the commercial application of PIC-OPA, the realization of all-solid-state and miniaturized radar with high performance parameters such as a large beam steering angle and high spatial resolution deserve further research. The progress of silicon monolithic integration and advanced laser/detector technology will promote the development of OPA radar. It can be predicted that mature radar will have commercial application in the field of artificial intelligence and communication.

References

1. Zhao, S., Chen, J., & Shi, Y. (2022). All-Solid-State Beam Steering via Integrated Optical Phased Array Technology. Micromachines, 13(6), 894.
2. S. T. S. Holmström, U. Baran and H. Urey, "MEMS Laser Scanners: A Review," in Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 23, no. 2, pp. 259-275, April 2014,
3. Morris R, Jones JC, Nagaraj M. Liquid Crystal Devices for Beam Steering Applications. Micromachines (Basel). 2021 Feb 28;12(3):247.
4. Ai, H., Kang, Q., Wang, W., Guo, K., & Guo, Z. (2021). Multi-Beam Steering for 6G Communications Based on Graphene Metasurfaces. Sensors, 21(14), 4784.
5. Sun, J., Timurdogan, E., Yaacobi, A. et al. Large-scale nanophotonic phased array. Nature 493, 195–199 (2013).

University of TABRIZ
1947
انجمن علمی نانوالکترونیک دانشگاه تبریز

Nano electronic

Tabriz University`s Nano electronics Journal

No.3,Autumn 2024

