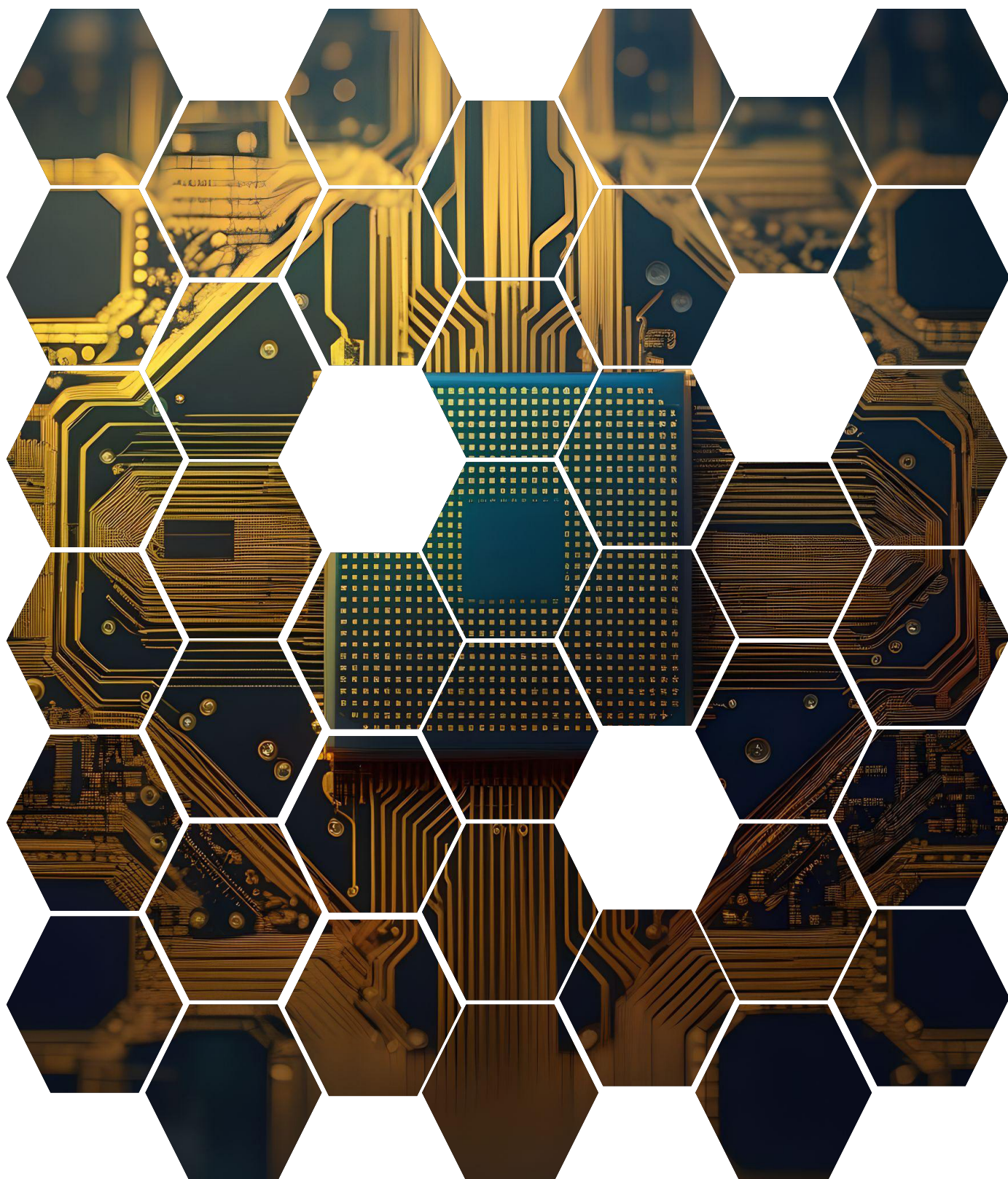




نانوالکترونیک

فصلنامه نانوالکترونیک دانشگاه تبریز
سال اول / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۳



A dramatic landscape photograph featuring a gravel road that stretches from the foreground into the distance, flanked by a field of tall, dry grass. The road is partially submerged in water, reflecting the sky. The sky is filled with large, dark, heavy clouds, with some lighter patches where sunlight is breaking through, creating a high-contrast, moody atmosphere.

بنام خالق هستی بخش

بسم الله الرحمن الرحيم



فصلنامه علمی دانشجویی نانوالکترونیک رشته نانوالکترونیک

سال اول / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۳

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویی نانوالکترونیک دانشگاه تبریز

استاد مشاور: دکتر مینا سلیم

مدیر مسئول: هادی محمدیان فرد

سر دبیر: هادی محمدیان فرد

هیئت تحریریه: زهرا ابوطالبی - علی بوالحسنی

آیسا رحمانی - فریماه شریف زاده - میر علی شریفی سازکار

هادی محمدیان فرد - امیرحسین محمدیان فرد

محمدجواد ملکی - پریا نیکجو تبریزی

ویراستار: امیرحسین محمدیان فرد

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..... ۴
- دنیای سلول‌های خورشیدی..... ۵
- تحول نسل‌های پردازنده‌های رایانه‌ای..... ۱۱
- پلاسمون‌های سطحی..... ۱۶
- ترانزیستورهای فین‌فت..... ۱۹
- آشکار ساز نوری چیست و چه انواعی دارد؟..... ۲۲
- گیت‌های منطقی چند منظوره پروسکایت بر پایه واکنش نوری دو قطبی آشکار ساز نوری منفرد..... ۲۷
- دوربین‌های **CMOS**..... ۳۱
- سلول خورشیدی پروسکایتی..... ۳۴
- سلول فتوولتائیک..... ۳۶

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 می‌کنیم.

با توجه به فرمایشات رهبر معظم انقلاب اسلامی (مدظله العالی) در ارتباط با علم که فرموده‌اند: 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 می‌پردازیم. 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 دانشگاه‌های سطح کشور، یکی از معدود نشریات منتشر شده در کشور در زمینه نانوالکترونیک بوده که به صورت مجموعه‌ای از گردآوری مطالبی متشکل از اکتشافات انجام یافته در زمینه نانوالکترونیک، معرفی دانشمندان مطرح و تاثیر گذار در این زمینه و پروژه‌های صنعتی انجام شده می‌پردازد.

در این شماره، با نگاهی اجمالی بر مباحث پایه مانند سلول‌های خورشیدی، تحول نسل‌های پردازنده‌های رایانه‌ای و پلاسماهای سطحی پرداخته و سپس به بررسی مباحث کاربردی مانند دوربین سی‌موس، ترانزیستورهای فین‌فت، آشکارسازهای نوری و می‌پردازیم. در ادامه با گذار از پل نانوالکترونیک از طریق گیت‌های منطقی، دوربین‌های سی‌موس ارتباط مستقیمی با علوم مختلف برقرار خواهیم کرد و نهایتاً به بررسی سلول خورشیدی پروسکایتی و سلول فتوولتائیک می‌پردازیم.

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

با تشکر از نگاه‌های پر مهر شما
هادی محمدیان

دنیای سلول های خورشیدی

فریمه شریف زاده - دانشجوی کارشناسی

مهندسی صنایع چوب / دانشگاه تهران

مقدمه

ندارد که انرژی خورشیدی در آینده به شکل مهمتری از انرژی تجدیدپذیر تبدیل خواهد شد.

چقدر انرژی می توانیم از خورشید دریافت کنیم؟

مقدار انرژی خورشیدی شگفت انگیز است. به طور متوسط، هر متر مربع از سطح زمین ۱۶۴ وات توان خورشیدی دریافت می کند. به عبارت دیگر، می توان در هر متر مربع از سطح زمین یک لامپ ۱۵۰ واتی قرار داد و با انرژی خورشید کل سیاره را روشن کرد! یا به بیان دیگر، اگر فقط یک درصد از صحرای بزرگ آفریقا را با صفحات خورشیدی ببوشانیم، می توانیم برق کافی برای تأمین انرژی کل جهان تولید کنیم.

اما یک نقطه ضعف نیز وجود دارد. انرژی خورشید مخلوطی از نور و گرما است که به زمین می رسد. هر دوی این ها بسیار مهم هستند؛ نور باعث رشد گیاهان می شود و گرما را برای زنده ماندن موجودات لازم است. اما ما نمی توانیم مستقیماً از نور خورشید یا گرمای آن برای تأمین برق تلویزیون یا لباس شویی استفاده کنیم. بنابراین، باید راهی برای تبدیل انرژی خورشید به سایر اشکال انرژی، مانند برق، پیدا کنیم. این دقیقاً همان کاری است که سلول خورشیدی انجام می دهد.

چرا وقتی در آسمان بالای سرمان یک نیروگاه برق عظیم نهفته است و انرژی پاک و دائمی، آن هم رایگان، دارد، وقت خود را برای حفاری چاه های نفت و بیل زدن زغال سنگ تلف می کنیم؟ خورشید یک گوی آتشین است و تا پنج میلیارد سال دیگر سوخت منظومه شمسی را تأمین می کند. سلول خورشیدی می تواند این انرژی را به یک منبع برق بی پایان و سهل الوصول تبدیل کند. در ادامه، با سول های خورشیدی آشنا می شویم.

انرژی خورشیدی ممکن است عجیب یا چیزی مربوط به آینده به نظر برسد، اما در حال حاضر استفاده از آن کاملاً عادی شده است. ممکن است یک ساعت خورشیدی روی مچ دست خود بسته باشید یا یک ماشین حساب جیبی خورشیدی داشته باشید. بسیاری از افراد در باغ خود چراغ های خورشیدی دارند. در سفینه های فضایی و ماهواره ها نیز معمولاً صفحه ها یا پنل های خورشیدی وجود دارد. آژانس فضایی آمریکا (ناسا) حتی یک هواپیمای خورشیدی ساخته است! نیروگاه های چند مگاواتی خورشیدی نیز امروزه در بسیاری از کشورها سهم خود را در تولید برق ایفا می کنند. از آنجا که گرم شدن کره زمین همچنان محیط زیست ما را تهدید می کند، تردیدی وجود



سلول خورشیدی چیست؟

مواد دیگری نیز می‌توان به جای آن استفاده کرد. هنگامی که نور خورشید به سلول خورشیدی می‌تابد، انرژی الکترون‌ها را به خارج از سیلیکون هدایت می‌کند. این الکترون‌ها می‌توانند در مدار الکتریکی جریان پیدا کنند و انرژی الکتریکی هر چیزی را که با برق کار می‌کند تأمین کنند. این یک توضیح کاملاً ساده بود، در ادامه، ماجرا را با نگاهی دقیق‌تر بیان می‌کنیم.

سلول خورشیدی از چه چیزی ساخته شده است؟

سیلیکون ماده‌ای است که ترانزیستورهای (سوئیچ‌های کوچک) موجود در ریز تراشه‌ها از آن ساخته می‌شوند. سلول خورشیدی به روشی مشابه کار می‌کند. سیلیکون نوعی نیمه‌هادی است. بعضی از مواد، به ویژه فلزات، به راحتی جریان برق را از خود عبور می‌دهند. این مواد هادی یا رسانا نامیده می‌شوند.

مواد دیگر مانند پلاستیک و چوب اجازه عبور جریان برق از خود را نمی‌دهند. به این مواد نارسانا یا عایق می‌گویند. نیمه‌هادی‌هایی مانند سیلیکون نه رسانا هستند و نه عایق؛ آن‌ها به طور معمول الکتریسیته را هدایت نمی‌کنند، اما تحت شرایط خاصی می‌توانیم آن‌ها را وادار به این کار کنیم.

نگاهی دقیق‌تر به سلول خورشیدی

سلول خورشیدی یک ساندویچ از دو لایه مختلف سیلیکون است که به طور خاص آلیایده شده‌اند (به آن‌ها ناخالصی افزوده شده است)، بنابراین می‌توانند برق را به روش خاصی از طریق آن‌ها عبور داد. لایه پایین به گونه‌ای آلیایده شده است که الکترون‌های بسیار کمی دارد. این سیلیکون از نوع p یا نوع مثبت نامیده می‌شود (زیرا الکترون‌ها بار منفی دارند و این لایه تعداد کمی از آن‌ها را دارد). لایه بالایی برعکس آلیایده می‌شود تا الکترون‌های بیشتری داشته باشد. به لایه بالا سیلیکون نوع n یا نوع منفی گفته می‌شود.

وقتی یک لایه سیلیکون نوع n را روی یک لایه سیلیکون نوع p قرار می‌دهیم، در محل پیوند دو ماده (مرز بسیار مهم محل اتصال دو نوع سیلیکون) سدی ایجاد می‌شود. هیچ الکترونی نمی‌تواند از سد عبور کند، بنابراین، حتی اگر این ساندویچ سیلیکونی را به چراغ‌قوه متصل کنیم، هیچ جریانی برقرار نخواهد شد و لامپ روشن نمی‌شود. اما اگر نور را به ساندویچ بتابانیم، اتفاق قابل توجهی می‌افتد. می‌توانیم نور را جریانی از انرژی ذرات نور به نام فوتون بدانیم. فوتون‌ها وقتی وارد ساندویچ می‌شوند، انرژی خود را به اتم‌های سیلیکون می‌دهند. انرژی ورودی الکترون‌ها را از لایه پایین‌تر نوع p خارج می‌کند، بنابراین آن‌ها از سد لایه n نوع بالا می‌روند و در مدار جریان می‌یابند. هرچه نور بیشتری بتابد، الکترون‌ها بیشتر به بالا می‌روند و جریان بیشتری برقرار خواهد شد.

سلول خورشیدی چگونه کار می‌کند؟

همان‌طور که گفتیم، سلول خورشیدی ساندویچی از سیلیکون نوع n (آبی) و سیلیکون نوع p (قرمز) است. این انرژی با استفاده از نور خورشید برای ایجاد جهش الکترون‌ها در محل پیوند بین لایه‌های مختلف سیلیکون، برق تولید می‌کنند.

سلول خورشیدی یک قطعه الکترونیکی است که نور خورشید را می‌گیرد و آن را مستقیماً به برق تبدیل می‌کند. هر سلول تقریباً به اندازه کف دست یک فرد بزرگسال، به شکل هشت ضلعی و به رنگ سیاه مایل به آبی است. سلول‌های خورشیدی معمولاً به هم می‌پیوندند و واحدهای بزرگ‌تری به نام ماژول خورشیدی را می‌سازند، و این واحدها خود در واحدهای بزرگ‌تری نیز شناخته می‌شوند که به صفحه یا پنل خورشیدی معروف هستند. صفحه‌های سیاه یا آبی که روی سقف برخی خانه‌ها مشاهده می‌کنید، پنل خورشیدی هستند. همچنین، سلول خورشیدی می‌تواند به شکل تراشه‌های کوچک (برای تأمین برق وسایل کوچک مانند ماشین حساب‌های جیبی و ساعت‌های دیجیتالی) باشد.



سقف خورشیدی

درست مانند سلول‌های یک باتری، سلول‌های یک صفحه خورشیدی برای تولید برق طراحی شده‌اند، اما با این تفاوت که سلول‌های باتری از مواد شیمیایی برق تولید می‌کنند و سلول‌های یک صفحه خورشیدی با جذب نور خورشید انرژی تولید می‌کنند. سلول خورشیدی (سلول فتوولتائیک) (Photovoltaic Cell) یا به اختصار PV نیز نامیده می‌شود، زیرا برای تولید برق از نور خورشید استفاده می‌کند (photo از کلمه‌ای یونانی به معنای نور آمده است و کلمه voltaic به دانشمند ایتالیایی، آلساندرو ولتا، اشاره دارد).

نور از ذرات ریزی به نام فوتون ساخته شده است، بنابراین یک پرتو نور خورشید مانند لوله تفنگی است که تریلیون‌ها تریلیون فوتون را شلیک می‌کند. اگر یک سلول خورشیدی را در مسیر نور قرار دهیم، این فوتون‌های پرانرژی را می‌گیرد و آن‌ها را به جریانی از الکترون تبدیل می‌کند. هر سلول چندولت برق تولید می‌کند، بنابراین کار یک صفحه خورشیدی ترکیب انرژی تولیدی سلول‌ها برای ایجاد مقدار مفید جریان الکتریکی و ولتاژ است.

تقریباً تمام سلول‌های خورشیدی امروزی از برش‌های سیلیکون (یکی از فراوان‌ترین عناصر شیمیایی روی زمین که در شن و ماسه یافت می‌شود) ساخته شده‌اند، گرچه همان‌طور که خواهیم دید، از

مراحل تولید برق سلول خورشیدی به شرح زیر است:

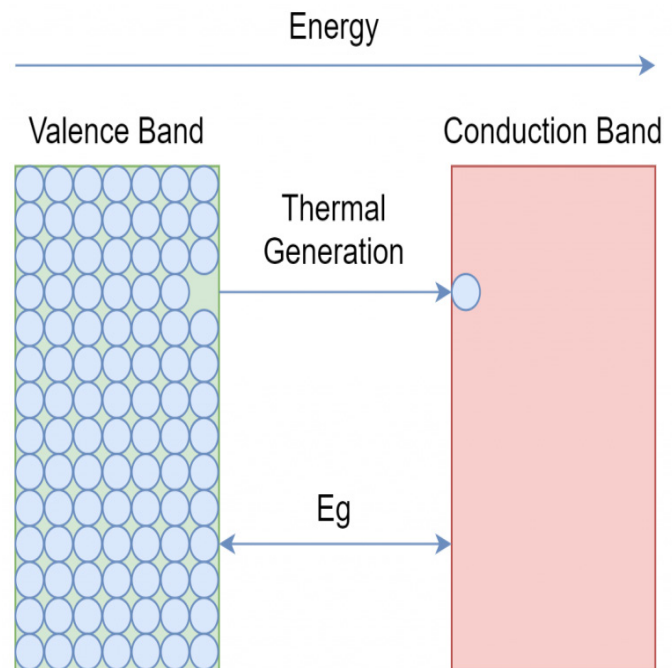
وقتی نور خورشید به سلول می‌تابد، فوتون‌ها (ذرات نور) سطح بالایی را بمباران می‌کنند.

فوتون‌ها (توده‌های زرد) انرژی خود را از طریق سلول به پایین انتقال می‌دهند.

فوتون‌ها انرژی خود را به الکترون‌ها (توده‌های سبز) در لایه پایین‌تر و نوع P می‌دهند.

الکترون‌ها از این انرژی برای پرش از طریق سد به لایه فوقانی نوع n و گردش از مدار استفاده می‌کنند.

الکترون‌ها با گردش در مدار لامپ را روشن می‌کنند.



بازده سلول خورشیدی چقدر است؟

قانون پایستگی انرژی بیان می‌کند که نمی‌توانیم انرژی ایجاد کنیم یا آن را در هوا محو کنیم. تنها کاری که می‌توانیم انجام دهیم این است که آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کنیم. این بدان معناست که یک سلول خورشیدی نمی‌تواند انرژی الکتریکی بیشتری نسبت به هر ثانیه نوری که دریافت می‌کند تولید کند.

در عمل، همان‌طور که بیان خواهیم کرد، بیشتر سلول‌ها حدوداً ۱۰ تا ۲۰ درصد از انرژی دریافتی را به برق تبدیل می‌کنند. در یک سلول خورشیدی سیلیکونی تک‌پیوندی، حداکثر بازده تئوری تقریباً ۳۰ درصد است که به عنوان محدودیت شکلی و کوپیسر شناخته می‌شود. این اساساً به این دلیل است که نور خورشید شامل مخلوط متنوعی از فوتون‌ها با طول موج و انرژی‌های مختلف است و هر سلول خورشیدی تک‌پیوندی برای گرفتن فوتون فقط در یک باند فرکانسی خاص بهینه‌سازی می‌شود و بقیه را جذب نمی‌کنند.

برخی از فوتون‌هایی که به یک سلول خورشیدی برخورد می‌کنند، انرژی کافی برای از بین بردن الکترون ندارند، بنابراین از دست می‌روند، در حالی که برخی انرژی بیش از حد دارند و مازاد آن‌ها نیز از دست می‌رود. بهترین سلول‌های آزمایشگاهی پیشرفته می‌توانند ۴۶ درصد

بازدهی را در شرایط کاملاً عالی با استفاده از چندین پیوند برای گرفتن فوتون‌هایی با انرژی مختلف ارائه دهند.

صفحات خورشیدی خانگی در دنیای واقعی می‌توانند بازدهی حدود ۱۵ درصد (یک درصد بالاتر یا پایین‌تر) داشته باشند و بعید است که خیلی بهتر شوند. سلول‌های خورشیدی نسل اول و تک‌پیوندی قرار نیست به بازده ۳۰ درصدی محدودیت شکلی و کوپیسر نزدیک شوند، هرچند که در آزمایشگاه ۴۶ درصد بازدهی نیز داشته باشند. عوامل مزاحم مختلف دنیای واقعی در بازده اسمی نقش دارند، از جمله ساخت صفحات، نحوه قرارگیری و زاویه قرارگیری آن‌ها، سایه‌بان بودن، تمیز نگه داشتن آن‌ها، گرم شدن آن‌ها (افزایش دما کارایی را پایین می‌آورد) و اینکه آیا تهویه دارند (برای گردش هوا در زیر پنل) تا آن‌ها را خنک نگه دارد یا نه.

انواع سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک

اغلب سلول‌های خورشیدی که امروزه در پشت بام خانه‌های بینید، اساساً فقط ساندویچ‌های سیلیکونی هستند که برای ساختن آن‌ها از ناخالصی‌هایی استفاده می‌شود تا هادی‌های الکتریکی بهتری باشند. دانشمندان از این سلول‌های خورشیدی کلاسیک، عمده‌تایم برای تمایز آن‌ها از دو فناوری متفاوت و مدرن‌تر که به عنوان نسل دوم و سوم شناخته می‌شوند، به نام نسل اول یاد می‌کنند. اما تفاوت این نسل‌ها چیست؟ در ادامه نسل‌های مختلف را معرفی می‌کنیم.

سلول خورشیدی نسل اول

حدود ۹۰ درصد سلول‌های خورشیدی جهان از ویفر سیلیکون بلوری، قطعه قطعه شده از شمش‌های بزرگ در آزمایشگاه‌های بسیار تمیز و در فرایندی ساخته می‌شوند که ممکن است تکمیل آن یک ماه طول بکشد. شمش‌ها یا به صورت بلورهای منفرد (مونوکریستال) در می‌آیند یا حاوی چندین کریستال (پلی کریستال) هستند.

سلول نسل اول

سلول‌های خورشیدی نسل اول مانند آنچه در بالا نشان دادیم، کار می‌کنند: آن‌ها از یک پیوند ساده و بین لایه‌های سیلیکون نوع n و p استفاده می‌کنند که از شمش‌های جداگانه برش داده و ورقه‌ای شده‌اند. شمش نوع n با گرم کردن تکه‌های سیلیسیم با مقادیر کمی فسفر، آنتیموان یا آرسنیک به عنوان آلاینده ساخته می‌شود، در حالی که در یک شمش نوع p از بور به عنوان آلاینده استفاده می‌شود. سپس برش‌های سیلیکون نوع n و p ذوب می‌شوند تا محل پیوند ایجاد شود. یک پوشش ضد بازتاب نیز اضافه می‌شود که جذب نور را بهبود می‌بخشد و به سلول‌های فتوولتائیک رنگ آبی مشخص، شیشه محافظ در جلو و پشت پلاستیکی و اتصالات فلزی می‌دهد تا سلول بتواند به مدار وصل شود.

البته اتصال pn ساده اساس کار اکثر سلول‌های خورشیدی است. تقریباً همه سلول‌های خورشیدی سیلیکونی فتوولتائیک که از سال ۱۹۵۴ که دانشمندان آزمایشگاه‌های بل روی این فناوری کار کردند تا امروز با تابش نور خورشید به سیلیکونی که از شن استخراج می‌شود، برق تولید می‌کنند.

سلول خورشیدی نسل دوم

کرد. بیا باید لحظه‌ای سلول‌های خورشیدی را فراموش کنیم و فقط نور خالص خورشید را در نظر بگیریم. حداکثر ۱۰۰۰ وات انرژی خورشیدی خام به هر متر مربع زمین می‌رسد (این توان تئوریک نور مستقیم خورشید در ظهر در یک روز بدون ابر است).

با پرتوهای خورشیدی عمود بر سطح زمین که حداکثر روشنایی یا نوردهی را می‌دهند، در عمل، بعد از اینکه شیب سیاره و زمان روز را اصلاح کنیم، بهترین چیزی که ممکن است به دست آوریم ۱۰۰ تا ۲۵۰ وات در متر مربع در عرض‌های جغرافیایی معمولی شمالی (حتی در یک روز بدون ابر) است. این مقدار به ۲ تا ۶ کیلووات-ساعت انرژی در روز تبدیل می‌شود (بستگی به این دارد که در منطقه شمالی مانند کانادا یا اسکاتلند باشید یا مکان دیگری مانند آریزونا یا مکزیک).

در واقع، برای تولید یک سال کامل، چیزی بین ۷۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلووات-ساعت در هر متر مربع به انرژی خواهیم داشت. مناطق گرم‌تر به وضوح پتانسیل خورشیدی بسیار بیشتری دارند. به عنوان مثال خاورمیانه سالانه حدود ۵۰ تا ۱۰۰ درصد انرژی خورشیدی مفیدتری نسبت به اروپا دریافت می‌کند.

متأسفانه، سلول‌های خورشیدی معمولی فقط تقریباً ۱۵ درصد بازده دارند، بنابراین ما فقط می‌توانیم کسری از این انرژی تئوری را جذب کنیم. به همین دلیل صفحات خورشیدی باید بسیار زیاد باشند: مشخصاً میزان توان تولیدی می‌تواند مستقیماً به میزان مساحتی که می‌توانید از طریق سلول بیوشانید، مربوط باشد.

یک سلول خورشیدی (تقریباً به اندازه یک دیسک فشرده) می‌تواند حدود ۳ تا ۴/۵ وات تولید کند. یک ماژول خورشیدی معمولی که آرایه‌ای از تقریباً ۴۰ سلول (۵ ردیف ۸ سلولی) است، می‌تواند حدوداً ۱۰۰ تا ۳۰۰ وات توان تولید کند. چندین صفحه خورشیدی که هر کدام از حدود ۳ تا ۴ ماژول ساخته شده‌اند، می‌توانند حداکثر چند کیلووات تولید کنند (احتمالاً فقط به اندازه کافی برای تأمین نیازهای اوج مصرف یک خانه).



سلول‌های خورشیدی کلاسیک ویفرهای نسبتاً نازکی هستند؛ عموماً ضخامتی به اندازه کسری از میلی‌متر (حدوداً ۲۰۰ میکرومتر). اما این‌ها در مقایسه با سلول‌های نسل دوم، معروف به سلول‌های خورشیدی با لایه نازک یا فتوولتائیک با لایه نازک هستند که تقریباً ۱۰۰ برابر بار دیگر نازک‌تر هستند (ضخامت چند میکرومتر یا میلیونمتر) خود ضخیم به حساب می‌آیند.

اگرچه اکثر این سلول‌ها هنوز از سیلیکون ساخته شده‌اند (شکل متفاوتی به سیلیکون آمورف که در آن اتم‌ها به طور تصادفی قرار می‌گیرند، نه اینکه دقیقاً در یک ساختار بلوری منظم مرتب شوند)، برخی از آن‌ها از مواد دیگر، به ویژه از کادمیوم تلورید (Cd-Te) و دی‌سلنید گالیوم-آرینیدیم مس (CIGS) تشکیل می‌شوند.

سلول نسل دوم

سلول‌های خورشیدی نسل دوم به دلیل نازک، سبک و قابل انعطاف بودن، می‌توانند روی پنجره‌ها، نورگیرها، کاشی‌های سقف و انواع لایه‌های زیرین از جمله فلزات، شیشه و پلیمرها (پلاستیک‌ها) نصب شوند. سلول‌های نسل دوم که در مقابل افزایش انعطاف‌پذیری خود، بهره‌وری را از دست می‌دهند.

سلول‌های خورشیدی کلاسیک و نسل اول هنوز از سلول‌های نسل دوم بازده بهتری دارند. بنابراین اگرچه ممکن است یک سلول درجه یک نسل اول به بازدهی ۱۵ تا ۲۰ درصد برسد، سیلیکون آمورف برای به دست آوردن بازدهی بالاتر از ۷ درصد چالش دارد. بهترین سلول‌های Cd-Te با فیلم نازک فقط حدود ۱۱ درصد بازدهی دارد. سلول‌های CIGS نیز بهتر از این نیستند و بازدهی آن‌ها از ۷ تا ۱۲ درصد است. این یکی از دلایلی است که علی‌رغم مزیت‌های عملی آن‌ها، سلول‌های نسل دوم تاکنون تأثیر نسبتاً کمی بر بازار انرژی خورشیدی داشته‌اند.

سلول خورشیدی نسل سوم

آخرین فناوری‌ها بهترین ویژگی‌های سلول‌های نسل اول و دوم را ترکیب کرده‌اند. مانند سلول‌های نسل اول، سلول‌های نسل سوم نوید بازده نسبتاً بالایی را می‌دهند (۳۰ درصد یا بیشتر). از طرف دیگر، مشابه سلول‌های نسل دوم، به احتمال زیاد از موادی غیر از سیلیکون «ساده» مانند سیلیکون آمورف، پلیمرهای آلی (سازنده فتوولتائیک آلی) و بلورهای پروسکایت ساخته می‌شوند و چندین پیوند از مواد نیمه‌هادی مختلف دارند (از چند لایه ساخته شده‌اند).

سلول نسل سوم

در حالت ایده‌آل، ویژگی‌های بالا سلول‌های نسل سوم را نسبت به سلول‌های نسل اول یا نسل دوم ارزان‌تر، کارآمدتر و کاربردی‌تر می‌کند. در حال حاضر، رکورد جهانی بازدهی برای نسل سوم سلول خورشیدی ۲۸ درصد است که توسط یک سلول خورشیدی دومرحله‌ای سیلیکون-پروسکایت در دسامبر ۲۰۱۸ به دست آمده است.

با سلول‌های خورشیدی چقدر برق می‌توانیم تولید کنیم؟

از نظر تئوری، می‌توان مقدار بسیار زیادی برق از خورشید تولید

نیروگاه‌های خورشیدی چقدر برق تولید می‌کنند؟

اما فرض کنید که می‌خواهیم مقدار زیادی برق خورشیدی تولید کنیم. برای تولید برق به اندازه یک توربین بادی سنگین (با حداکثر توان تولیدی شاید دو یا سه مگاوات)، به تقریباً ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ سقف خورشیدی نیاز است. همچنین، برای رقابت با یک نیروگاه بزرگ زغال سنگ یا هسته‌ای (در مقیاس گیگاوات، که به معنای هزار مگاوات یا میلیاردهاوات است)، به ۱۰۰۰ برابر پنل بیشتر احتیاج داریم (معادل حدوداً ۲۰۰۰ توربین بادی یا شاید یک میلیون سقف خورشیدی). این مقایسه‌ها با فرض حداکثر میزان تولید انرژی از خورشید و باد است.

نیروگاه خورشیدی

حتی اگر سلول‌های خورشیدی منبع انرژی تمیز و کارآمدی باشند، چیزی که فعلاً نمی‌توانند ادعا کنند بازده مناسب آن‌ها است. حتی آن مزارع و نیروگاه‌های عظیم خورشیدی که هم‌اکنون در نقاط بسیاری به وجود آمده‌اند، فقط مقادیر اندکی توان تولید می‌کنند (معمولاً حدود ۲۰ مگاوات، یا تقریباً ۱ درصد یک نیروگاه بزرگ هسته‌ای ۲ گیگاواتی یا هسته‌ای). شرکت تجدیدپذیر بریتانیایی اکوتریسیستی تخمین زده است که برای تولید ۴/۲ مگاوات توان (تقریباً به اندازه دو توربین بادی بزرگ) که برای تأمین انرژی ۱۲۰۰ خانه کافی است، حدوداً ۲۲,۰۰۰ صفحه ساخته شده در یک سایت ۱۲ هکتاری (۳۰ جریب) لازم است.

مردم و انرژی خورشیدی

برخی از مردم نگرانند که مزارع خورشیدی زمین‌هایی را که برای تولید مواد غذایی مورد نیاز ما است، قلع و قمع کنند. اگر در مورد قرار دادن صفحات خورشیدی روی سقف‌های خانگی صحبت کنیم، نگرانی درباره زمین محلی از اعراب ندارد. متخصصان محیط

زیست استدلال می‌کنند که موضوع اصلی انرژی خورشیدی ایجاد نیروگاه‌های بزرگ و متمرکز خورشیدی نیست (بنابراین شرکت‌های قدرتمند می‌توانند با سود بالا فروش برق به افراد بدون برق را ادامه دهند)، بلکه جایگزینی انرژی نیروگاه‌های متمرکز و ناکارآمد آلوده با نیروگاه‌های کوچک خورشیدی مردم در همان جایی که از آن استفاده می‌کنند.

این امر سبب کاهش تولید انرژی سوخت فسیلی، آلودگی هوا و انتشار دی‌اکسید کربن توسط آن‌ها می‌شود و همچنین عدم کارایی انتقال توان از تولید به مصرف از طریق خطوط برق هوایی یا زیرزمینی را از بین می‌برد. حتی اگر مجبور باشید کل سقف خود را با صفحات خورشیدی (یا سلول‌های خورشیدی با لایه نازک ورقه‌ای روی تمام پنجره‌های خود) بپوشانید، اگر بتوانید کل نیازهای برقتان (یا حتی بخش بزرگی از آن) را برآورده کنید، به هر حال از سقف که فضای بدون استفاده‌ای است، بهره برده‌اید.

طبق گزارش سال ۲۰۱۱ انجمن صنایع فتوولتائیک اروپا و گرین پیس، نیازی به پوشش زمین‌های کشاورزی با ارزش با صفحات خورشیدی نیست. حدود ۴۰ درصد از کل سقف‌ها و ۱۵ درصد نمای ساختمان در کشورهای اتحادیه اروپا برای صفحات PV مناسب است که تقریباً ۴۰ درصد از کل تقاضای برق تا سال ۲۰۲۰ است.

فراموش نکنید که صنعت انرژی خورشیدی تولید برق را تا نقطه مصرف برق سوق می‌دهد و این مزایای عملی بزرگی دارد. ساعت‌های مچی و ماشین حساب‌های خورشیدی از نظر تئوری به باتری نیاز ندارند (در عمل، باتری پشتیبان دارند) و بسیاری از ما از تلفن‌های هوشمند مجهز به انرژی خورشیدی که هرگز نیازی به شارژ ندارند لذت خواهیم برد.





علائم جاده‌ای و راه‌آهن اکنون در بعضی موارد از انرژی خورشیدی استفاده می‌کنند. در علامت‌های اضطراری چشمک‌زن اغلب پنل‌های خورشیدی تعبیه شده است، بنابراین می‌توان آن‌ها را حتی در دورترین مکان‌ها نیز نصب کرد. در کشورهای در حال توسعه که منبع عظیم انرژی خورشیدی هستند، زیرساخت‌های الکتریکی ضعیف است و پنل‌های خورشیدی برق پمپ‌های آب، تلفن و یخچال را در بیمارستان‌ها و کلینیک‌های بهداشتی تأمین می‌کنند.

چرا هنوز انرژی خورشیدی به اندازه‌ای که باید استفاده نشده است؟

پاسخ این پرسش ترکیبی از عوامل اقتصادی، سیاسی و فناوری است. از نظر اقتصادی، در اکثر کشورها، برق تولیدی صفحات خورشیدی هنوز گران‌تر از برق حاصل از سوزاندن سوخت‌های فسیلی آلوده است. جهان سرمایه‌گذاری عظیمی در زیرساخت‌های سوخت‌های فسیلی دارد و اگرچه شرکت‌های قدرتمند تولید نفت به شاخه‌های انرژی خورشیدی وارد شده‌اند، اما به نظر می‌رسد علاقه‌مند به افزایش عمر ذخایر نفت و گاز موجود با فناوری‌هایی مانند شکستن (شکست هیدرولیک) هستند.

از نظر سیاسی، شرکت‌های نفت، گاز و زغال سنگ بسیار قدرتمند و تأثیرگذار هستند و در برابر نوعی مقررات زیست‌محیطی که از فناوری‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی حمایت می‌کنند مقاومت دارند. از نظر فنی، همان‌طور که قبلاً نیز مشاهده کردیم، بیشتر سرمایه‌گذاری‌های خورشیدی در جهان هنوز بر پایه فناوری نسل اول است. چه کسی می‌داند، شاید چندین دهه دیگر طول بکشد تا پیشرفت‌های علمی اخیر، تجارت را برای انرژی خورشید واقعاً جذاب کند.

یک مشکل با استدلال‌هایی از این دست این است که آن‌ها فقط عوامل اساسی اقتصادی و فناوری را می‌سنجند و نمی‌توانند هزینه‌های پنهان محیطی مواردی مانند نشت نفت، آلودگی هوا، تخریب زمین از معدن زغال سنگ یا تغییر اقلیم و به ویژه هزینه‌های آینده، که پیش‌بینی آن‌ها دشوار یا غیرممکن است را در نظر بگیرند.

ممکن است که آگاهی روزافزون نسبت به این مشکلات باعث دور شدن از مصرف سوخت‌های فسیلی شود، حتی اگر دیگر پیشرفت فنی در این زمینه وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر، ممکن است زمانی فرا برسد که دیگر توانایی پرداخت هزینه تعویق جهانی استفاده از انرژی تجدیدپذیر را نداشته باشیم.

در نهایت، همه این عوامل با هم ارتباط دارند. با رهبری سیاسی قانع‌کننده، جهان می‌تواند فردای خود را به یک انقلاب خورشیدی متعهد کند و سیاست می‌تواند پیشرفت‌های فناوری را تحمیل کند تا اقتصاد انرژی خورشیدی را تغییر دهد.

منابع

<https://blog.faradars.org/>
<https://sanap.energy/>

تحول نسل‌های پردازنده‌های رایانه‌ای

علی بوالحسنی - دانشجوی دکتری
مهندسی کامپیوتر / دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

ریزپردازنده‌هایی که از سال ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۳ معرفی شدند به عنوان سیستم‌های نسل اول نامیده می‌شوند. ریزپردازنده‌های ۴ بیتی نسل اول دستورالعمل‌های خود را به صورت سریال پردازش می‌کردند، یعنی دستورالعمل را واکنشی، رمزگشایی و سپس اجرا می‌کردند. هنگامی که دستورالعمل کامل می‌شد، ریزپردازنده نشانگر دستورالعمل را به روز نموده و دستورالعمل بعدی را دریافت می‌کرد و این روال متوالی را برای هر دستورالعمل به نوبه خود انجام میداد. اولین پروژه‌ای که ریزپردازنده را تولید کرد در سال ۱۹۶۹ کلید خورد، زمانی که شرکت ماشین محاسبه Nippon به اینتل نزدیک شد تا ۱۲ تراشه سفارشی را برای ماشین حساب چاپی جدید PF ۱۴۱-Busicom طراحی کند. اولین ریزپردازنده جهان به نام ۴۰۰۴ توسط Busicom، در آگوست ۱۹۶۹ توسعه یافت. عملکرد ۴۰۰۴ تنها ۰/۰۶ MIPS با ۲۲۳۸ ترانزیستور و فرکانس کاری ۷۵۰ کیلوهرتز بود. در سال ۱۹۷۰، اینتل اولین حافظه رم پویا را معرفی کرد که ظرفیت مدار مجتمع را تا ۴ برابر افزایش داد. ریزپردازنده چهار بیتی ۴۰۰۴ با سرعت ۷۴۰ کیلوهرتز، تا ۹۲۰۰۰ دستورالعمل تک کلمه ای در ثانیه را اجرا می‌کرد و می‌توانست به ۴ کیلوبایت حافظه برنامه و ۶۴۰ بایت رم دسترسی داشته باشد. ریزپردازنده ۴۰۰۴ با فناوری MOS و دروازه سیلیکونی کانال P ساخته شده است. در ادامه نیز اولین ریزپردازنده ۸ بیتی جهان، یعنی ۸۰۰۸ به عنوان پروژه دوم اینتل در سال ۱۹۷۳ عرضه شد. این ریزپردازنده با استفاده از فناوری PMOS ساخته شد اما با TTL سازگار نبود.

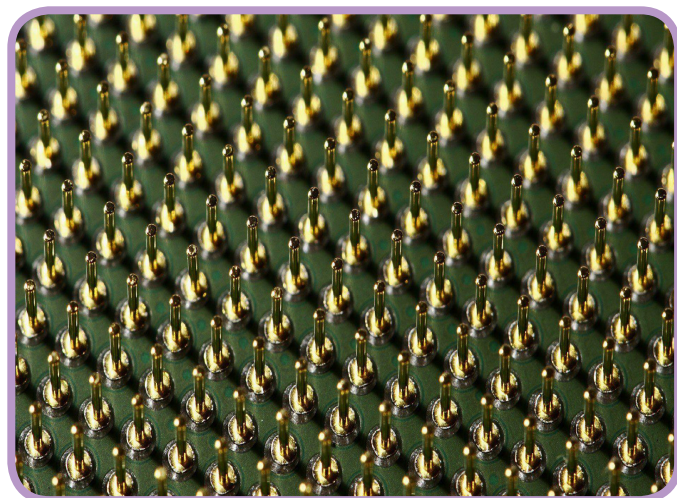
۲.۲. نسل دوم (۱۹۷۸-۱۹۷۴):

نسل دوم سرآغاز ساخت ریزپردازنده‌های ۸ بیتی کارآمدتری مانند ۸۰۸۰ اینتل، Zilog's Z80 و موتورولا ۶۸۰۰ و ۶۸۰۹ بود. این نسل با مراحل واکنشی، رمزگشایی و اجرای همزمان تعریف شده است. یعنی همانطور که اولین دستورالعمل در واحد اجرا پردازش می‌شود، دستور دوم رمزگشایی و دستورالعمل سوم واکنشی می‌شود و به نوعی از روش خط لوله موازی بهره می‌برد. ریزپردازنده‌های این نسل با افزایش پنج برابری دستورالعمل، اجرا، سرعت و تراکم تراشه‌ها با استفاده از فناوری NMOS تولید شدند که اولاً سرعت و چگالی بالاتری نسبت به PMOS ارائه می‌دهند ثانیاً با TTL سازگار بودند. از دیگر ریزپردازنده‌های این نسل می‌توان به RCA 1802 هشت بیتی سال ۱۹۷۴ اشاره کرد که با استفاده از فناوری CMOS طراحی شد. این تراشه در فرکانس ۶/۴ مگاهرتز با منبع تغذیه ۱۰ ولت کار می‌کرد و شامل شانزده رجیستر ۱۶ بیتی بود که به عنوان ۳۲ رجیستر ۸ بیتی نیز قابل توسعه و استفاده بود. مهمترین کاربردهای ۱۸۰۲ در چندین کاوشگر فضایی ناسا بود زیرا نسخه‌ای از فناوری سیلیکون مقاوم در برابر تشعشع محسوب میشد. ریزپردازنده دیگر تراشه ۸ بیتی، نیمه هادی (SC/MP) بود که در سال ۱۹۷۶ معرفی شد و از چندین گذرگاه اصلی در گذرگاه خود پشتیبانی می‌کرد. این ویژگی از چندین SC/MP و دیگر گذرگاه‌های اصلی مانند کنترل کننده دسترسی مستقیم به حافظه (DMA) پشتیبانی می‌کند. از ریزپردازنده دیگر در همین خانواده می‌توان به تراشه ۱۶ بیتی

ریزپردازنده یک مدار مجتمع بسیار کوچک پرسرعت است که بر روی یک تراشه نیمه هادی سیلیکونی تعبیه شده و شامل عملکردهای منطقی، ذخیره سازی و عملیات حسابی در یک کامپیوتر است. ریزپردازنده‌ها از معماری‌های ۴ بیتی به ۶۴ بیتی تکامل یافتند. تحول در نسل‌های ریزپردازنده‌ها بر پایه فناوری‌هایی مانند خط لوله، سوپر پایپ لاین، سوپر اسکالر (اجرای همزمان چندین دستورالعمل)، پردازنده‌های برداری (Vector)، پردازنده‌های VLIW (رایانه‌هایی با دستورالعمل بسیار طولانی)، پردازنده‌های CISC (رایانه‌هایی با مجموعه دستورات پیچیده)، پردازنده‌های RISC (رایانه‌هایی با مجموعه دستورالعمل کاهش یافته)، پردازنده‌های خاص منظوره، توسعه فناوری‌های حافظه (حافظه کش و حافظه مجازی)، منطق‌ها و الگوریتم‌های محاسباتی شکل گرفته است تا جایی که امکان ادغام و ترازوی مجموعه ریزپردازنده‌ها با فناوری‌ها و ظرفیت‌های مختلف حافظه بر روی برد اصلی امکان پذیر باشد.

۲. روند تکامل نسل‌های ریزپردازنده‌ها

در مراحل اولیه، ریزپردازنده‌ها عمدتاً نیازهای برنامه‌های کاربردی تعبیه شده را برآورده می‌کردند. در ادامه همانطور که ما تاریخچه ریزپردازنده‌ها را دنبال می‌کنیم، سیر تحولات و تکامل ریزپردازنده‌ها را بررسی می‌کنیم. نسل‌های ریزپردازنده‌ها در راستای پردازنده‌های پایه، تکامل و توسعه یافتند. در این سیر تکاملی، نسل‌های اول (۴ بیتی)، دوم (۸ بیتی)، سوم (۱۶ بیتی)، چهارم (۳۲ بیتی) و پنجم (۶۴ بیتی) توسعه یافتند. تفاوت نسل‌ها در ویژگی‌های مختلفی قابل بررسی است. قبل از ورود به طبقه بندی نسل‌های پنج گانه پردازنده‌ها، تاریخچه و طبقه بندی نسل‌ها از لحاظ پیدایش کامپیوترهای اولیه نیز قابل تامل می‌باشد. روندی که از ماشین‌های مکانیکی و الکترومکانیکی آغاز شد و به کامپیوترهای اولیه ای همچون انیاک و اولین رایانه‌های مبتنی بر لامپ خلا ختم شد. پس از آن با ظهور ترانزیستورها، مدارهای مجتمع و فناوری نیمه هادی‌ها ماهیت ساخت کامپیوترها رسماً وارد دوره جدیدی شد. در این دوره زمانی، نسل‌های مختلف پردازنده‌ها تا به امروز تکامل یافتند. روند این تحولات در پنج نسل طبقه بندی شده است که در ادامه به آنها می‌پردازیم. در حال حاضر با توجه به فناوری‌های نوین و سناریوهای جایگزین، پردازنده‌ها در مرحله گذار از نسل پنجم به ششم قرار دارند.



بخشید. موفقیت مداوم این سری منجر به تولید MC68040 شد که شامل یک FPU برای عملکرد بهتر در محاسبات ریاضی بود. نسخه MC68060 موتورولا با طراحی RISC بسیار سریعتر منتشر شد. اما موتورولا با خانواده k68 در اوایل دهه ۱۹۹۰ از روی دسکتاپ کنار رفت. نسخه های Alpha21064 و PowerPC601 بر خلاف CPU های دیگر، پردازنده های RISC را به بهترین شکل پیاده سازی کردند. هر دو پردازنده دارای معماری بارگذاری با دستورالعمل های ۳۲ بیتی و دو فایل رجیستر ۳۲/۶۴ بیتی برای عملیات ممیز شناور و عدد صحیح با خط لوله عمیق عرضه شدند. در این نسل، اولین پردازنده RISC به نام ۱۹۶۰ برای جبران شکست iAPX توسط اینتل عرضه شد که با فرکانس پایین ۱۰ مگاهرتز شروع به کار کرد اما در نهایت به سرعت ۱۰۰ مگاهرتز رسید. این نسخه از ۴ گیگ رم پشتیبانی میکرد که بیشتر کاربرد نظامی داشت. در ادامه نسخه نهایی ۸۰۳۸۶ اینتل عرضه شد که از پردازش مجازی و Multitasking یا چندوظیفگی نیز پشتیبانی می کرد. اینتل با عرضه نسخه پایانی این نسل یعنی ۸۰۴۸۶ در سال ۱۹۸۹ توانست FPU را در CPU ادغام کند. نسخه های مختلف ۸۰۴۸۶ مبتنی بر فناوری های ۱۰۰۰ تا ۶۰۰ نانومتری با سرعت های ۵۰ تا ۱۰۰ مگاهرتز بودند. در شکل ۲، برخی از نسخه های پردازنده ها در بازه زمانی نسل چهارم مشاهده می شود.



شکل ۲: روند تکاملی نسل چهارم پردازنده های کامپیوتری در یک دوره زمانی
۵.۲. نسل پنجم (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰):

ریزپردازنده ها در نسل پنجم خود از پردازش سوپر اسکالر و سوپر پایپ لاین عمیق و مجزای ۶۴ بیتی استفاده کردند و در طراحی آن ها بیش از ۱۰ میلیون ترانزیستور بکار رفت. در سال ۲۰۱۱، ARM یک معماری جدید ۶۴ بیتی را معرفی کرد. پردازنده های چند هسته ای ۶۴ بیتی از جمله تحولات مهم در نسل پنجم هستند. در پردازنده های چند هسته ای امکان اجرای همزمان چندین دستورالعمل وجود دارد که دارای ویژگی های چندبرنامگی، چندوظیفگی، Hyperthreading و Multithreading و موتورهای گرافیکی و شتابدهنده ها و سیستم های روی تراشه هستند. نسل پنجم در دهه ۹۰ میلادی با عرضه پنتیوم آغاز شد. مدل های پنتیوم پرو، پنتیوم ۱ تا ۴ در فاصله دهه نود تا سال های ۲۰۱۰-۲۰۰۸ عرضه شدند. پس از آن طبقه بندی پنتیوم وارد زیرنسل های مختلفی شد که تا کنون

TMS9900 با معماری مبتنی بر مینی کامپیوتر TI 990 اشاره نمود.
۳.۲. نسل سوم (۱۹۸۰-۱۹۷۹):
نسل سوم که در سال ۱۹۷۹ معرفی شد، توسط ۸۰۸۶ اینتل و Zilog Z8000 که پردازنده های ۱۶ بیتی با عملکرد مینی کامپیوتری بودند، ارائه شدند. در نسل سوم تعداد ترانزیستورهای مدار مجتمع به ۲۵۰۰۰ رسید. به عنوان مثال، ریزپردازنده موتورولا MC68020، برای اولین بار یک حافظه پنهان روی تراشه را در خود جای داد و عمق خط لوله را به پنج مرحله یا بیشتر افزایش داد. این نسل از ریزپردازنده ها متفاوت از نسل های قبلی بود، زیرا تمام تولیدکنندگان اصلی ایستگاه های کاری شروع به توسعه معماری های ریزپردازنده مبتنی بر RISC شانزده بیتی کردند. در این خصوص می توان به پردازنده ۸۰۸۶ و ۸۰۸۸ با گذرگاه ۱۶ بیتی و پشته ۶ بیتی اشاره کرد که به نوعی سرآغاز نسخه های X86 نیز محسوب می شود. در توسعه این پردازنده ها، نسخه های ۱۶ بیتی ۸۰۱۸۶ و ۸۰۱۸۸ نیز با سرعت کلاک بیشتر و سخت افزارهای افزوده عرضه شدند. در نهایت اینتل با ارائه ۸۰۲۸۶ که پهنای باند ۲۴ بیتی داشت به روند توسعه این نسل خاتمه داد. در شکل ۱، برخی از نسخه های پردازنده ها در بازه زمانی نسل های اول تا سوم مشاهده می شود.



شکل ۱: روند تکاملی نسل های اول تا سوم پردازنده های کامپیوتری در یک دوره زمانی

۴.۲. نسل چهارم (۱۹۸۱-۱۹۹۵):

در ادامه این روند ریزپردازنده ها با طرح های بیش از یک میلیون ترانزیستور وارد نسل چهارم ۳۲ بیتی شدند. اینتل ۴۳۲ را معرفی کرد که کمی مشکل داشت و سپس ۸۰۳۸۶ راه اندازی شد. موتورولا نیز MC88100/68020 را ارائه نمود. این ریزپردازنده ها مصرف توان کمتری داشته و با فناوری HCMOS ساخته شدند. اولین ریزپردازنده ۳۲ بیتی اینتل iAPX 432 بود که در سال ۱۹۸۱ معرفی شد. با وجود معماری شی گرا، موفقیت تجاری نداشت و عملکرد ضعیفی در مقایسه با معماری ۸۰۲۸۶ داشت. تراشه MC68030 در مرحله بعدی معرفی شد و با ادغام MMU در تراشه، طراحی قبلی را بهبود

پردازنده های نسل ۱۱:

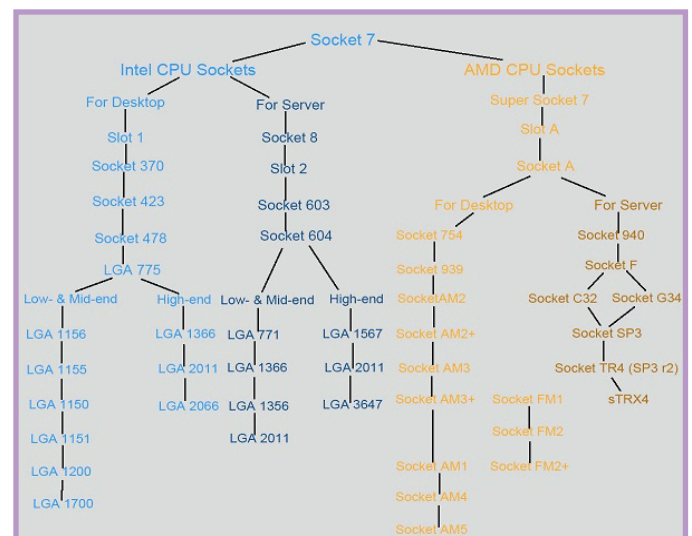
پردازنده های نسل یازدهم اینتل به نام های Tiger Lake و Comet Lake نیز از فناوری ترانزیستورهای ۱۰ نانومتری استفاده می کنند. این پردازنده ها نسبت به پردازنده های آیس لیک، ۲۹ درصد افزایش کارایی داشتند.

پردازنده های نسل ۱۲:

پردازنده نسل ۱۲ اینتل آلدِر لیک با معماری هیبریدی و فناوری ۱۰ نانومتری عرضه شد. این پردازنده از ۱۶ هسته (۸ هسته P جهت پردازش های سنگین و ۸ هسته E جهت کاهش مصرف توان مبتنی بر فناوری 16-thread director) و ۲۴ رشته و فرکانس هسته ۵.۵ گیگاهرتز، ۲۵ مگابایت اسمارت کش بهره مند است و پشتیبانی مطلوبی از حافظه های رم DDR5-4800 را دارد.

پردازنده های نسل ۱۳:

پردازنده نسل ۱۳ اینتل رپتور لیک دارای معماری هیبریدی ۱۰ نانومتری بوده که با بهره‌گیری از ۲۴ هسته (۸ هسته P جهت پردازش‌های سنگین و ۱۶ هسته E جهت کاهش مصرف توان مبتنی بر فناوری 32-thread director) و ۳۲ رشته و فرکانس هسته ۵.۶ گیگاهرتز، ۳۶ مگابایت اسمارت کش و پشتیبانی از حافظه رم DDR5-5600 نسبت به AMD Ryzen 9 5950X برتری ۱۳ درصدی دارد. در شکل ۴ انواع سوکت‌های پردازنده از دو خانواده AMD و INTEL در نسل‌های مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۴: سیر تکاملی انواع سوکت های پردازنده AMD و INTEL در نسل های مختلف

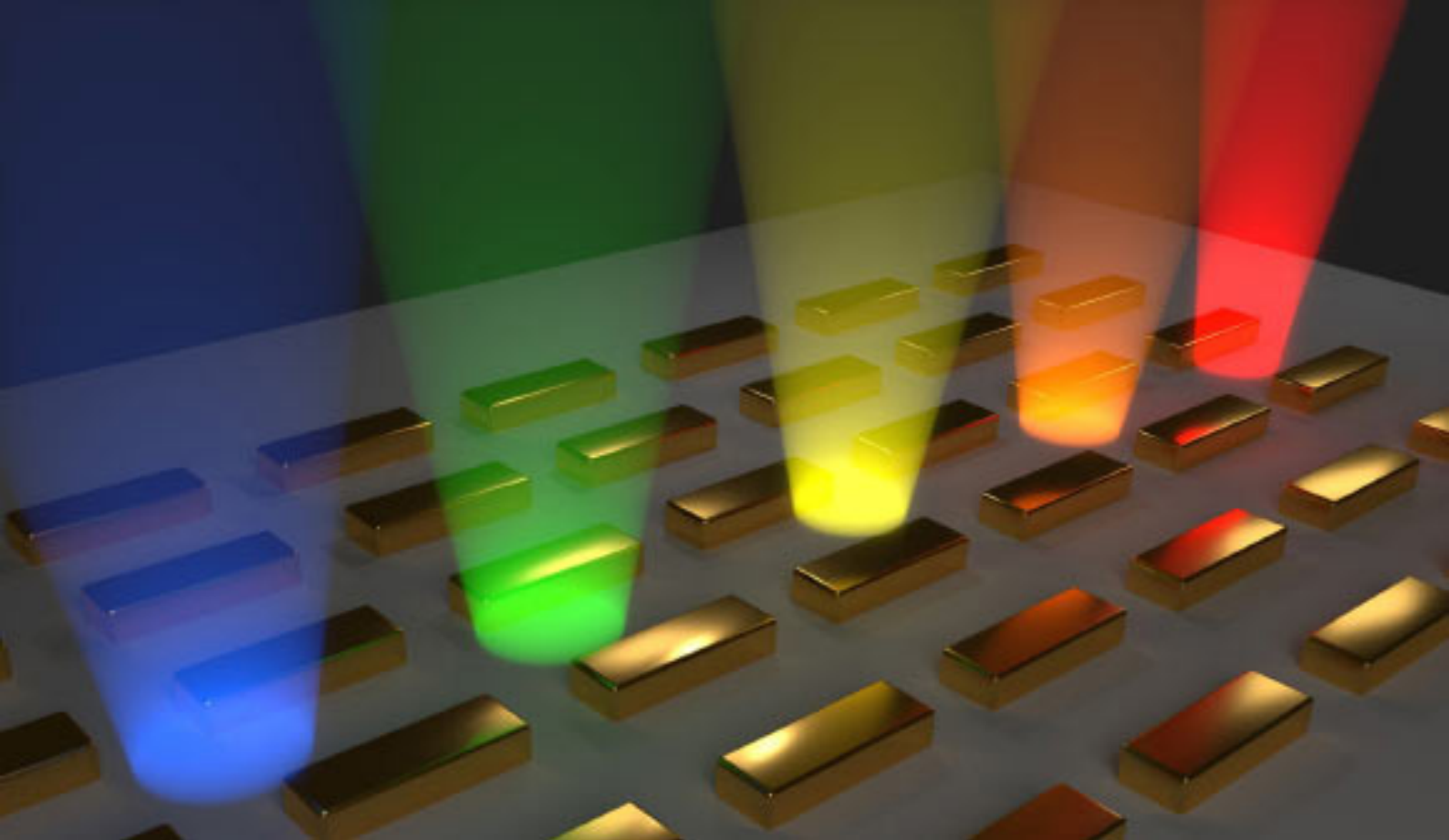
۳. آینده پردازنده ها و نسل های نوظهور:

بسیاری از محققان معتقدند در نسل های بعدی پردازنده ها و ریزپردازنده های کامپیوتری، فناوری های نوین و نوظهوری همچون نانوالکترونیک، اسپینترونیک، پردازنده های کوانتومی، پردازنده های زیستی، هوش مصنوعی، فناوری های نوین تراشه های دیجیتال (تراشه های بازپیکربندی قابل برنامه ریزی، تراشه های نانوسی ماس، تراشه های کوانتومی)، منطق های جدید محاسباتی (پردازش موازی مبتنی بر منطق های نوین ریاضی)، توسعه الگوریتمها (الگوریتم های ژنتیک تکاملی موازی هیبریدی و کوانتومی)، فناوریهای محاسباتی (محاسبات فازی، ژنتیک، شبکه های عصبی، یادگیری ماشین و

محاسبات (نورومورفیک) و فناوری های نانو (در حوزه های شیمی فیزیک و علم مواد) می توانند به عنوان رویکردها و بسترهای زیربنایی برای نسل آینده ریزپردازنده ها عمل کنند. علاوه بر قوانین اول و دوم مور و شانون لازم است بدانیم ترانزیستور سوئیچ کاملی نیست و در هنگام خاموش شدن مقدار کمی جریان نشت دارد که با کاهش ولتاژ آستانه به طور تصاعدی افزایش می یابد. علاوه بر این، افزایش نمایی ظرفیت یکپارچه سازی ترانزیستور، این اثر را تشدید می کند. پس بخش قابل توجهی از مصرف برق به دلیل نشتی است. برای کنترل نشت، ولتاژ آستانه را نمی توان بیشتر کاهش داد و در واقع باید افزایش یابد و این موجب کاهش کارایی و عملکرد ترانزیستور می شود. از آنجایی که ترانزیستورها به ابعاد اتمی رسیده اند، لیتوگرافی و تغییر پذیری چالش های بیشتری در مقیاس بندی ایجاد می کند که بر مقیاس ولتاژ تغذیه تأثیر می گذارد. با مقیاس محدود ولتاژ منبع تغذیه، کاهش انرژی و توان محدود می شود و بر ادغام بیشتر ترانزیستورها تأثیر منفی می گذارد. بنابراین، ظرفیت ادغام ترانزیستور با مقیاس بندی، هرچند با عملکرد و توان محدود، ادامه خواهد یافت. بنابراین چالش دوم نیاز به کاهش حرارت و مصرف توان، نیاز به کوچک سازی مقیاس پذیری و تراکم بالا، نیاز به افزایش امنیت و تحمل پذیری خطا و نیاز به پردازش های سریعتر پیچیده تر و کارآمدتر می باشد. توسعه پردازنده ها در این راستا منجر به ورود آنها به ابعاد نانومتریکی می شود که قوانین کلاسیک آن هم با کمک الگوریتم ها و محاسبات نوین تا حدی می تواند در این روند پیشروی کنند و در نهایت ورود به حوزه مکانیک کوانتومی و محوریت فیزیک گریزناپذیر خواهد شد. زیرا هر چقدر به محدوده های کوچکتر از ۴ نانومتر نزدیک شویم خواص مواد، رفتار درات و تحلیل فیزیکی و ریاضی محاسبات و مدارها دشوارتر شده و ادامه آن با منطق کلاسیک چالش برانگیز خواهد شد. بر این اساس در سالهای اخیر فناوری ها و تکنیک های تازه ای در حوزه سخت افزار برای تحول پردازنده های کامپیوتری نسلهای آینده مورد توجه قرار گرفته است. در این خصوص توجه به حوزه فناوری های نانو کوانتوم بیش از همه در تحقیقات مشاهده می شود که از آن جمله می توان به محاسبات کوانتومی، نانولوله های کربنی، منطق آدیباتیک برگشت پذیر کوانتومی، ترانزیستورهای تک الکترونی، منطق های محاسباتی جدید و ترکیبی، کوانتوم الکترونیک، گرافن به جای سیلیکون، آتاماتای سلولی کوانتومی، منطق نانومغناطیس، منطق شار مغناطیسی، فوتونیک و اپتیک کوانتومی، مدارهای ابررسانا، فناوری تله بونی و اتم های خنثی اشاره نمود.

منابع

- <https://fa.wikipedia.org/>
<https://blog.faradars.org/>
<https://meghdadit.com/>
<https://ithome.ir/>
<https://www.hooshmandco.com/>



پلاسمون‌های سطحی

محمد جواد ملکی - دانشجوی دکتری
مهندسی برق - الکترونیک / دانشگاه شهید چمران اهواز

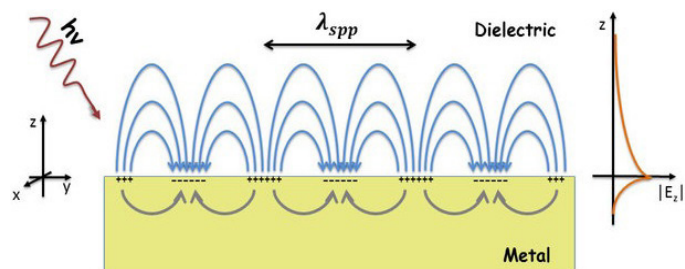
ویژگی‌های پلاسمون‌های سطحی

پلاسمون‌های سطحی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که آن‌ها را برای کاربردهای متنوع در علم و فناوری جذاب می‌کند. یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های آن‌ها محلی‌سازی قوی میدان الکترومغناطیسی است. پلاسمون‌های سطحی به دلیل نوسان‌های جمعی الکترون‌های آزاد در سطح فلز، می‌توانند میدان الکترومغناطیسی را به شدت در نزدیکی سطح فلز متمرکز کنند. این ویژگی باعث افزایش شدید میدان‌های نوری در نواحی کوچک می‌شود که برای کاربردهایی مانند حسگری زیستی و طیف‌سنجی رامن بسیار مفید است.

بسامد تشدید که یکی دیگر از ویژگی‌های مهم پلاسمون‌های سطحی است به بسامدی اطلاق می‌شود که در آن نوسان‌های پلاسمون‌ها به طور طبیعی اتفاق می‌افتد و به خواص مواد تشکیل‌دهنده فلز و محیط دی‌الکتریک اطراف آن بستگی دارد. این ویژگی به پلاسمون‌های سطحی امکان می‌دهد که به تغییر کوچک در مقدار ضریب شکست محیط حساس باشند و برای تشخیص مولکول‌های زیستی و شیمیایی با دقت بالا به کار روند. تنظیم بسامد تشدید از طریق تغییر ترکیب مواد یا ساختار هندسی سطح امکان‌پذیر است.

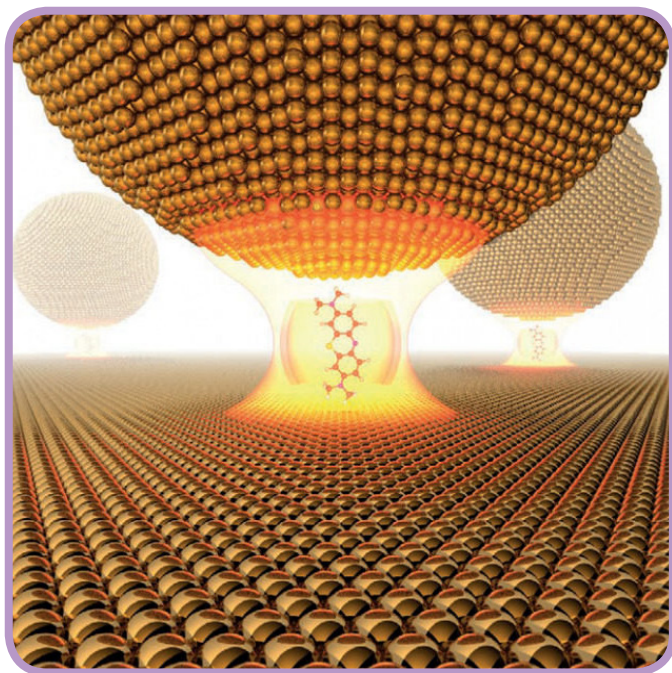
مقدمه

پلاسمون‌های سطحی نوسان‌های جمعی الکترون‌های آزاد در سطح فلزات هستند که به دلیل برهمکنش با میدان الکترومغناطیسی ایجاد می‌شوند. این پدیده در فصل مشترک بین یک فلز و یک دی‌الکتریک (مانند هوا، نیم‌رسانا و...) رخ می‌دهد. اولین گزارش علمی در خصوص پلاسمون‌های سطحی در آزمایش وود مطرح شد که برای بررسی برخورد نور و پراش آن، طیف‌های مختلف را مورد مطالعه قرار داد. او در طیف بازتاب، باندهای باریکی مشاهده کرد که آن‌ها را ناهنجاری نامید. در سال‌های بعد، این ناهنجاری‌ها با تحریک امواج الکترومغناطیسی روی سطح فلزها نیز مشاهده شد. در ادامه، وجود نوسان‌های جمعی الکترون‌های سطح فلزها زمینه‌ای شد که نقطه عطفی در شکل‌گیری مفهوم پلاسمون سطحی بود.



شکل ۱: نحوه انتشار امواج پلاسمون پلاریتون سطحی در سطح مشترک فلز و دی‌الکتریک

حالی که پلاسمون پلاریتون های سطحی می توانند در امتداد سطح فلز انتشار یابند و برای کاربردهایی که نیاز به انتقال اطلاعات یا انرژی در طول سطح دارند، مناسب هستند.



کاربردهای پلاسمون های سطحی

پلاسمون های سطحی به دلیل ویژگی های منحصر به فردشان در محلی سازی و تقویت میدان های الکترومغناطیسی، در بسیاری از زمینه های علمی و صنعتی کاربرد دارند. همانطور که پیشتر اشاره شد یکی از کاربردهای پلاسمون های سطحی در حسگرهای زیستی است. پلاسمون های سطحی به تغییر کوچک در ضریب شکست محیط دی الکتریک مجاور بسیار حساس هستند. این ویژگی به دانشمندان امکان می دهد تا حضور مولکول های زیستی خاص را با دقت زیاد شناسایی کنند. حسگرهای پلاسمونی می توانند تغییر در غلظت بیومولکول ها را اندازه گیری کنند که این کاربرد در تشخیص بیماری ها، تجزیه و تحلیل های زیست محیطی و صنایع غذایی بسیار مفید است.

کاربرد دیگر پلاسمون های سطحی در طیف سنجی رامان است. در این روش، نوسان های پلاسمونی باعث تقویت شدید میدان های الکترومغناطیسی در نزدیکی سطح نانوذره های فلزی می شوند. این تقویت میدان منجر به افزایش شدید سیگنال های رامان می شود که به دانشمندان امکان می دهد تا مولکول ها را با حساسیت و دقت بسیار بالا شناسایی کنند. طیف سنجی رامان در شیمی تجزیه، بیوشیمی و تشخیص های پزشکی کاربردهای گسترده ای دارد.

فتوولتائیک و انرژی نیز یکی از زمینه های مهم استفاده از پلاسمون های سطحی است. در سلول های خورشیدی پلاسمونی، نوسان های پلاسمونی می توانند جذب نور را افزایش دهند و کارایی تبدیل انرژی نور به الکتروسیته را بهبود بخشند. نانوذره های فلزی می توانند نور را در نزدیکی سطح سلول خورشیدی متمرکز کنند و به این ترتیب، بازدهی سلول را افزایش دهند. این فناوری در توسعه نسل های جدیدی از سلول های خورشیدی که کارایی بالاتری دارند

وابستگی شدید پلاسمون های سطحی به محیط اطراف یکی دیگر از ویژگی های قابل توجه است. ویژگی های پلاسمون های سطحی، از جمله بسامد تشدید و شدت میدان های تقویت شده، بطور قابل توجهی تحت تأثیر ضریب شکست محیط دی الکتریک مجاور فلز قرار می گیرد. این وابستگی به محیط اطراف باعث می شود پلاسمون های سطحی به عنوان ابزارهای حساس برای اندازه گیری تغییرات محیطی و حسگری مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان مثال، حضور مولکول های مختلف در نزدیکی سطح فلز می تواند به تغییر قابل تشخیص در ویژگی های پلاسمون های سطحی منجر شود.

در نهایت، امکان تقویت میدان الکترومغناطیسی توسط پلاسمون های سطحی یک ویژگی کلیدی است که کاربردهای گسترده ای در فوتونیک و انرژی دارد. با استفاده از نانو ساختارهای فلزی، می توان پلاسمون های سطحی را برای بهبود جذب نور در سلول های خورشیدی، افزایش کارایی افزاره های نوری و توسعه نانوفتونیک به کار برد. این ویژگی ها، پلاسمون های سطحی را به یک ابزار قدرتمند در علم و فناوری نانو تبدیل کرده است، هرچند که چالش هایی مانند اتلاف انرژی و نیاز به کنترل دقیق ساختارها همچنان نیازمند پژوهش های بیشتری هستند.

انواع پلاسمون های سطحی

پلاسمون های سطحی به دو دسته پلاسمون های سطحی موضعی و پلاسمون پلاریتون های سطحی تقسیم می شوند که در ادامه به هر یک از این دو به صورت مختصر خواهیم پرداخت.

پلاسمون های سطحی موضعی در نانوذره های فلزی رخ می دهند. این نوع پلاسمون ها زمانی به وجود می آیند که نانوذره های فلزی با اندازه های کوچک تر از طول موج نور با نور تعامل کنند. نوسان های الکترون های آزاد در این نانوذره ها باعث تقویت شدید میدان الکترومغناطیسی در نزدیکی سطح می شود. این تقویت میدان می تواند چندین برابر میدان اولیه نور باشد و در نواحی بسیار کوچکی متمرکز شود. این ویژگی، پلاسمون های سطحی موضعی را برای کاربردهای حسگری بسیار مفید می سازد. پلاسمون های سطحی موضعی را می توان از طریق تنظیم اندازه و شکل نانوذره ها کنترل کرد.

پلاسمون پلاریتون های سطحی در سطوح صاف فلز رخ می دهند و به صورت امواجی در امتداد سطح فلز انتشار می یابند. این نوع پلاسمون ها در نتیجه برهم کنش نوسان های الکترون های آزاد در فلز با میدان الکترومغناطیسی خارجی به وجود می آیند. پلاسمون پلاریتون های سطحی به شدت به ضریب شکست محیط دی الکتریک مجاور فلز حساس هستند. از آنجایی که این نوع پلاسمون ها می توانند در طول سطح فلز انتشار یابند، می توانند برای طراحی و ساخت افزاره های نوری در مقیاس نانو، مانند موجبرهای نوری و نانولیزرها، استفاده شوند.

بطور کلی در راستای مقایسه پلاسمون های سطحی موضعی و پلاسمون پلاریتون های سطحی می توان گفت که هر دو قابلیت تقویت میدان های الکترومغناطیسی را دارند اما به صورت های متفاوتی عمل می کنند. پلاسمون های سطحی موضعی در نانوذره های متمرکز شده و برای کاربردهای حساس به تغییرات محلی مفید هستند، در

نقش بسزایی ایفا می‌کند.

در زمینه نانوفوتونیک، پلاسمون‌های سطحی به طراحی و ساخت افزاره‌های نوری در مقیاس نانو کمک می‌کنند. موجبرهای نوری پلاسמוنی و نانولیزرها نمونه‌هایی از این افزاره‌ها هستند که از قابلیت‌های پلاسمون‌های سطحی برای انتقال و تقویت نور بهره می‌برند. این افزاره‌های نوری می‌توانند در ارتباطات نوری، محاسبات کوانتومی و دیگر فناوری‌های پیشرفته مورد استفاده قرار گیرند. توانایی پلاسمون‌ها در انتقال اطلاعات نوری در فواصل کوتاه و در مقیاس نانو، آن‌ها را به یک ابزار قدرتمند در زمینه فناوری‌های نوری تبدیل کرده است.

چالش‌ها و محدودیت‌ها

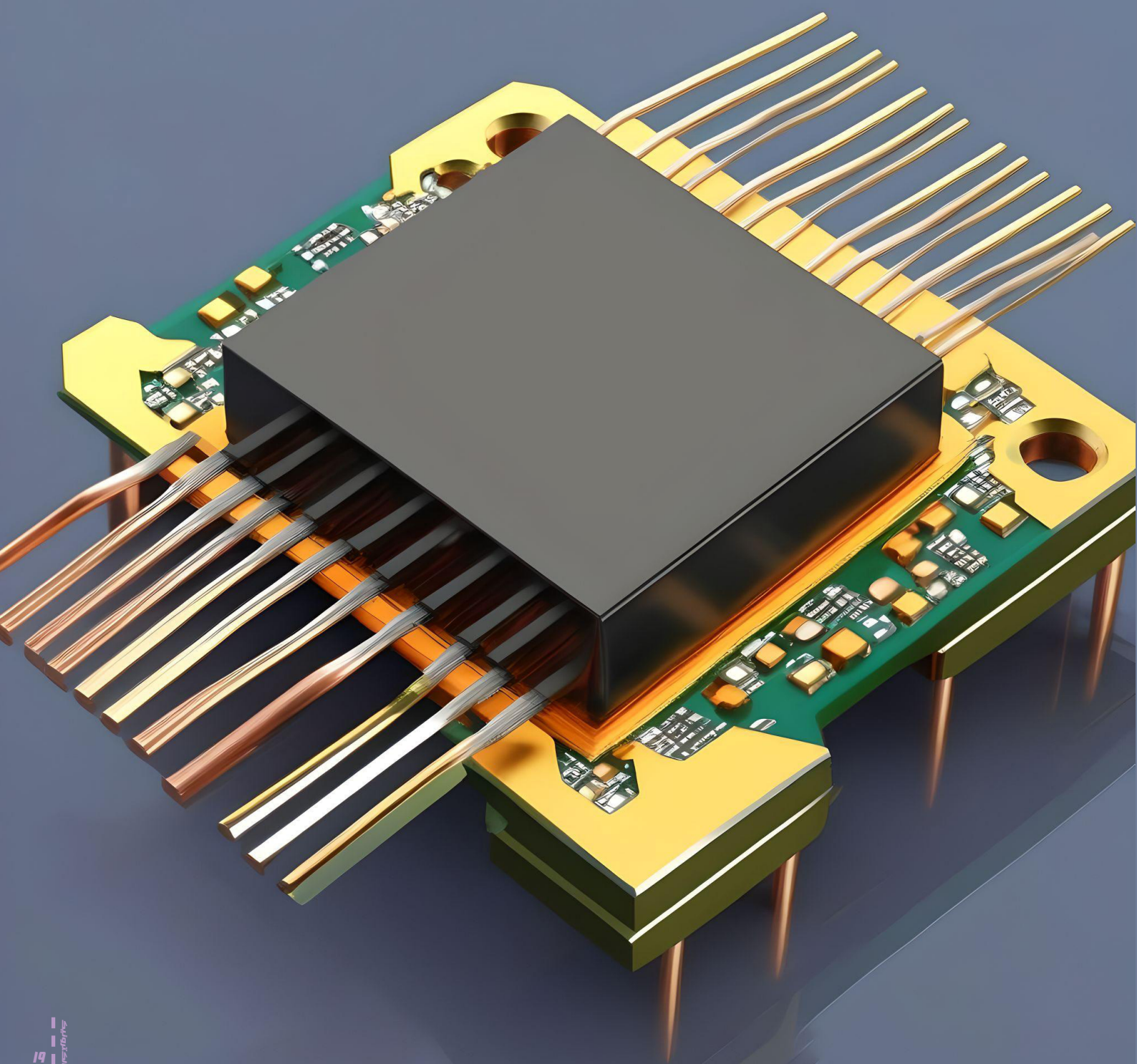
پلاسمون‌های سطحی با وجود کاربردهای گسترده و جذاب، با چالش‌ها و محدودیت‌های قابل توجهی مواجه هستند. یکی از بزرگترین چالش‌ها، اتلاف انرژی است که به دلیل برخوردهای الکترونی در فلزها رخ می‌دهد و باعث کاهش کارایی نوسان‌های پلاسמוنی می‌شود. کنترل دقیق ویژگی‌های پلاسمون‌های سطحی و ساخت نانوساختارهای مطلوب نیز چالشی اساسی است که به فناوری‌های پیشرفته و دقیق نیاز دارد. علاوه بر این، پایداری شیمیایی و مکانیکی نانوذره‌های فلزی و سازگاری آن‌ها با محیط‌های مختلف می‌تواند مشکل‌ساز باشد. در نهایت، محدودیت‌های پراکندگی و انتشار پلاسمون‌ها در فواصل طولانی‌تر نیز استفاده از آن‌ها را در برخی کاربردهای عملی محدود می‌کند. با این حال، پژوهش‌های مداوم در این زمینه به دنبال یافتن راه‌حلی برای غلبه بر این چالش‌ها و بهبود کارایی و کاربردهای پلاسمون‌های سطحی است.

منابع

۱. ملکی، محمدجواد؛ سروش، محمد. (۱۴۰۳). "مقدمه‌ای بر افزاره‌های پلاسمونی". قزوین: انتشارات جهاد دانشگاهی استان قزوین
2. [2] Das, G., Coluccio, M. L., Alrasheed, S., Gigugni, A., Allione, M., Torre, B., Perozziello, G., Candeloro, P. Di Fabrizio, E., "Plasmonic nanostructures for the ultrasensitive detection of biomolecules." Riv. Nuovo Cim. 39, 547–586 (2016).
3. [3] Maleki, M. J., Soroosh, M., Akbarizadeh, G., "A subwavelength graphene surface plasmon polariton-based decoder." Diamond and Related Materials, 134, 109780 (2023).

ترانزیستورهای فین فت

آپسارحمائی - دانشجوی کارشناسی
مهندسی برق / دانشگاه تبریز



۲۰ سال پس از نمایش ماسفت برای اولین بار توسط محمد عطاالله و داوون کانگاز آزمایش های بل در سال ۱۹۶۰ مفهوم ترانزیستور فیلم های نازک با دو گیت توسط اچ آر فارا و آر اف اشتاینبرگ یک گیت دوتایی منتشر شد. ماسفت توسط توشیهیرو سکیگاوا از آزمایشگاه الکتروتکنیک (ETL) در یک ثبت اختراع در ۱۹۸۰ توصیف ترانزیستور مسطح اکس ماس ارایه شد. سکیگاوا ترانزیستور اکس ماس را با یوتاکا هایاشی در ETL در سال ۱۹۸۴ ساخت. آن ها نشان دادند که اثرات کانال کوتاه را میتوان با پیچاندن یک سیلیکون روی عایق کاملاً تخلیه شده بین دو الکترود گیت متصل به هم، به میزان قابل توجهی کاهش داد.

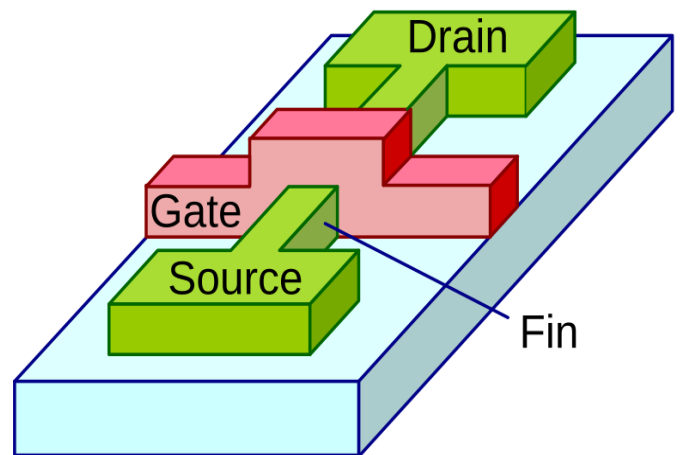
نوع اول ترانزیستور فین فت ترانزیستور با کانال خم شده یا دلتا ترانزیستور نامیده میشود. که اولین بار در ژاپن توسط دیگ ساماتو و تورو کاگا و یوشیفومی کاواموتو و ایپی تاکدا از آزمایشگاه تحقیقات مرکزی هیتاچی در سال ۱۹۸۹ ساخته شد.

عملکردهای ترانزیستور فین فت

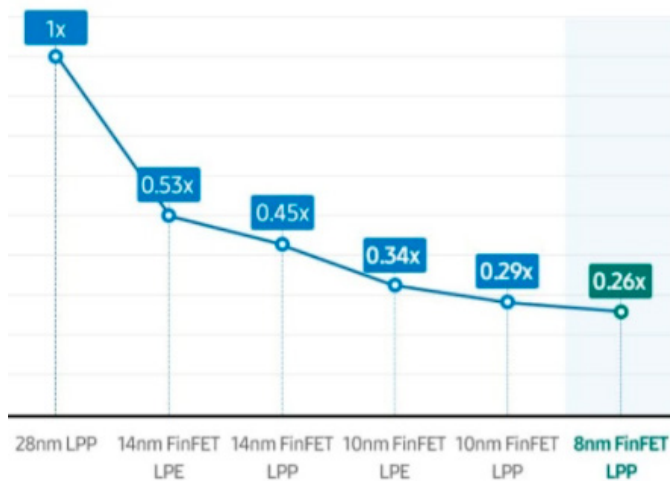
عملکرد های بهتر باتری: در سه طرف لوله تخلیه، دروازه هایی با روکش اکسید ساختار فین فت را احاطه کردند. با قابلیت کنترل بیشتر، بهره‌وری انرژی بهبود پیدا می کند. با کاهش نانومتر، مصرف انرژی کاهش پیدا می کند.

ترانزیستور فین فت یا fin field-effect transistor ترانزیستور اثر میدان برجسته یک قطعه چند گیتی است. یک ماسفت (ترانزیستور اثر میدان فلزی) که روی یک زیر لایه ساخته شده است که گیت در دو، سه یا چهار طرف کانال قرار دارد یا دور کانال پیچیده شده است، یک ساختار گیت دوتایی را تشکیل می دهد. به این قطعات نام عمومی فین فت داده شده است.

فین فت نوعی ترانزیستور غیر مسطح یا ترانزیستور سه بعدی است که پایه و اساس ساخت قطعات نیمه رسانای نانو الکتریک نوین است ریز تراشه هایی که از گیت های فین فت استفاده می کنند برای اولین بار در نیمه اول سال ۲۰۱۰ تجاری سازی شدند و در گروه فرایند ۱۴ نانومتر و ۱۰ نانومتر و ۷ نانومتر طراحی گیت غالب شدند.



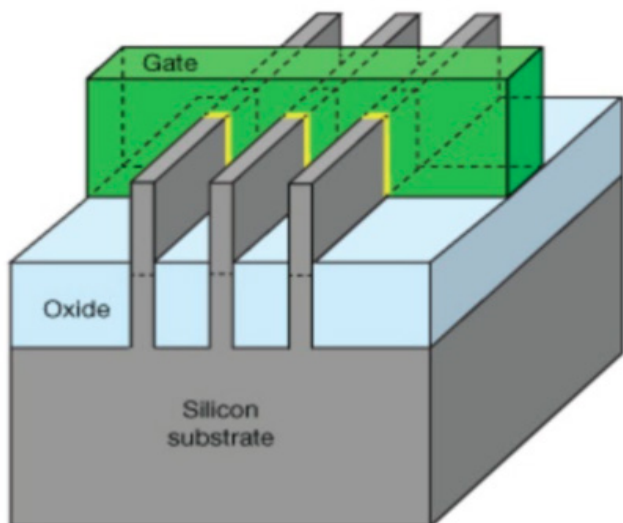
POWER CONSUMPTION



عملکرد بهتر: برخلاف ساختار رایج مسطح فین فت دارای سه سطح است که امکان انتقال الکترون های بیشتر و در نتیجه عملکرد بهتر را فراهم میکند. طول دروازه کوچک آن اجازه میدهد تا مسافت کوتاه تری را طی کند و تغییر وضعیت سریع آن به بهبود عملکرد. کارایی آن کمک میکند.

ترانزیستور FINEFET فین فت نوعی خاص از ماسفت های با چند گیت است که با توجه به فیزیک خاص و شکل ظاهری خود در کوچک تر کردن ابعاد ترانزیستورها به سمت اندازه های کمتر از ۲۲ نانومتر کمک شایانی خواهد کرد. مشکل اصلی در این راه، اثرات کانال کوتاه است که به شدت مانع کوچک تر کردن ترانزیستور خواهد شد و عملکرد قطعه را مختل خواهد کرد. فین فت علاوه بر کنترل بهینه ی اثرات کانال کوتاه، نقش های دیگری هم دارد که از بین آن ها می توان به بهبود قابلیت حرکت و جریان راه اندازی، تغییرات کمتر ولتاژ آستانه، کاهش جریان نشتی و قابلیت کنترل پتانسیل کانال بدون استفاده از ناخالصی اشاره کرد. بنابراین می بینیم که گسترش و استفاده ی بیشتر از این قطعه مزایای چشمگیری را به همراه دارد که در مدار های آنالوگ و دیجیتال تغییرات عمده ای را باعث خواهد شد. اصل عملکرد فین فت کاملاً مشابه ماسفت های معمولی است. این دستگاه علاوه بر افزایش و تخلیه محیط دارای دو حالت مختلف عملکرد است: زمانی که ولتاژ در ترمینال دروازه وجود ندارد رسانایی کانال در بالاترین حد خودش است. هرگاه ولتاژ مثبت به منفی برسد هدایت گیت کاهش پیدا می کند. از آنجا که هر دو دروازه مستقل از هم کنترل می شوند قدرت ذخیره می شود و عملکرد بهبود پیدا می کند.

بازده: در مقایسه با گرہ های دیگر سرعت تثبیت فرایند به طور قابل توجهی سریع تر است. خطاها به وسیله آرایه امکان افزودن ستون وسطی به حافظه برای ثبت خطوط با کلمات متعدد عملکرد کلی بهبود می دهد.



در آخر می توان گفت فینفت ها جایگزین مناسبی برای سیماس حجمی هستند. فین فت ها دستگاه های دو گیتی هستند. این دو گیت از فین فت را می توان برای عملکردهای بالا به هم وصل کرد یا برای نشتی پایین تر یا کاهش تعداد ترانزیستور مستقلا کنترل کرد. این امر منجر به طراحی ساختاری قوی می شود. این فصل مقدمه ای بر استایل های مختلف طراحی منطقی فین فت، طراحی های مدارهای جدید و ملاحظات طرح می باشد.

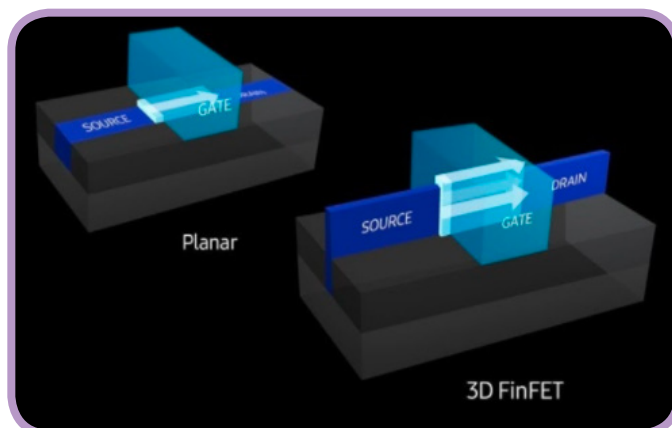
منابع

<https://fa.wikipedia.org/>
<https://elcprojects.ir/>
<https://bornaelec.com/>
<https://www.zoomit.ir/>
<https://ascongress.ir/>

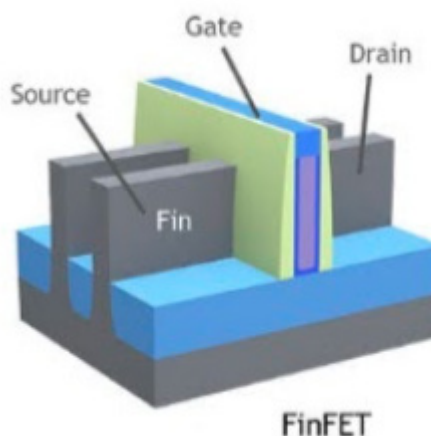
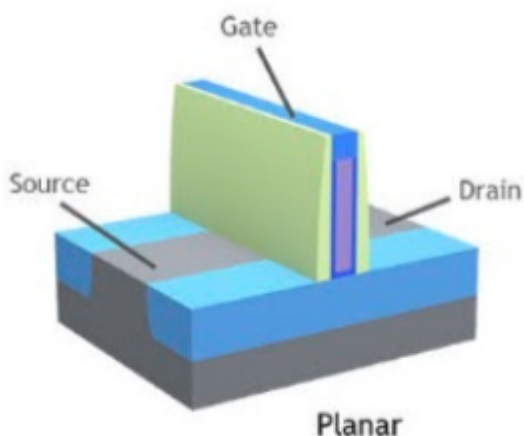
PERFORMANCE



فضای کمتر: فین فت تا حدی در فضا صرفه جویی می کند. در مقایسه با فناوری مسطح به دلیل کاهش اندازه دروازه و ساختار حدود ۵۰ درصد در فضا به خاطر کاهش اندازه دروازه و ساختار پیچیده سه بعدی صرفه جویی میکند. به طور معمول صرفه جویی فضای یک ۲۸ نانومتر مسطح تا یک ۱۶ نانومتر فین فت ۳۵ تا ۴۰ درصد در فضا صرفه جویی می شود.



قیمت: فین فت از پیچیدگی تولید بالاتری برخوردار است. که در نتیجه هزینه های تولید بیشتری نسبت به دستگاه های مسطح دارد. اما در عوض این فناوری جدید علاوه بر عملکرد بیشتر و عمر بیشتر باتری امکان حفظ فضای بیشتر را هم فراهم می کند.



آشکارساز نوری چیست و چه انواعی دارد؟

هادی محمدیان فرد - دانشجوی کارشناسی
برق / دانشگاه تبریز

مقدمه

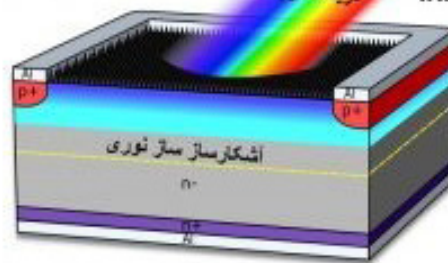
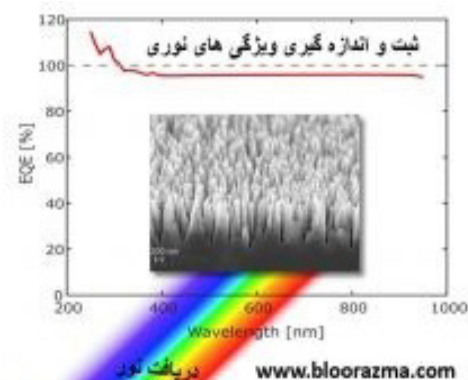
انواع مختلف آشکارساز نوری به طور گسترده در دستگاه های مختلف مانند عکاسی، ابزار دقیق نوری، اسپکترومتری، سیستم های روشنایی خودکار و حتی در دستگاه های روزمره مانند تلفن های هوشمند و دوربین های دیجیتال به کار می روند. در این مقاله قصد داریم تا انواع مختلف و کاربرد آشکارساز نوری را معرفی کرده و با مکانیزم عملکردی آنها آشنا شویم. با ما همراه باشید.

آشکارساز نوری یا حسگر نوری (Photodetector) ابزارهایی هستند که برای اندازه گیری یا تشخیص وجود نور، شدت و یا طول موج نور استفاده می شوند. در حقیقت، یک آشکارساز نوری قطعه ای است که به نور حساس است و پس از دریافت سیگنال نور، متناسب با شدت آن، یک سیگنال که معمولاً الکتریکی است، تولید می کند. به عبارت ساده تر، اطلاعات نورالکترومغناطیسی را دیجیتالی می کند.



آشکارساز نوری چیست؟

آشکارساز نوری که به عنوان حسگر یا ردیاب نوری نیز شناخته می شود، وسیله ای است که وجود نور را شناسایی کرده و شدت یا ویژگی های دیگری از نور را اندازه گیری می کند. وظیفه یک آشکارساز ساز نوری این است که امواج نور را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل کند که می تواند اندازه گیری، ثبت یا برای پردازش بیشتر استفاده شود.



عملکرد کلی یک آشکارساز نوری

اندازه گیری و ثبت نور دریافتی در دستگاه های مختلف، این امکان را برای ما فراهم می کند تا جنبه های مختلف محیط نوری اطراف را ضبط و تفسیر کنیم و بنابراین، شناخت دقیق تری از محیط خواهیم داشت.

مکانیزم عملکردی یک آشکارساز نوری

مکانیزم کلی آشکارساز نوری شامل مراحل زیر است:

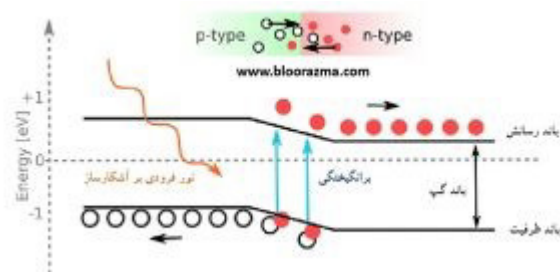
۱. جذب

هنگامی که نور بر روی سطح آشکارساز می تابد، توسط ماده تشکیل دهنده جذب می شود که می تواند یک نیمه رسانا، یک فیلم حساس به نور یا هر ماده جاذب نور دیگری باشد.

۲. تولید جفت الکترون-حفره

انرژی نور جذب شده، الکترون ها را در ماده آشکارساز برانگیخته می کند و باعث می شود که به سطوح انرژی بالاتر حرکت کنند یا حتی از اتم هایشان جدا شوند.

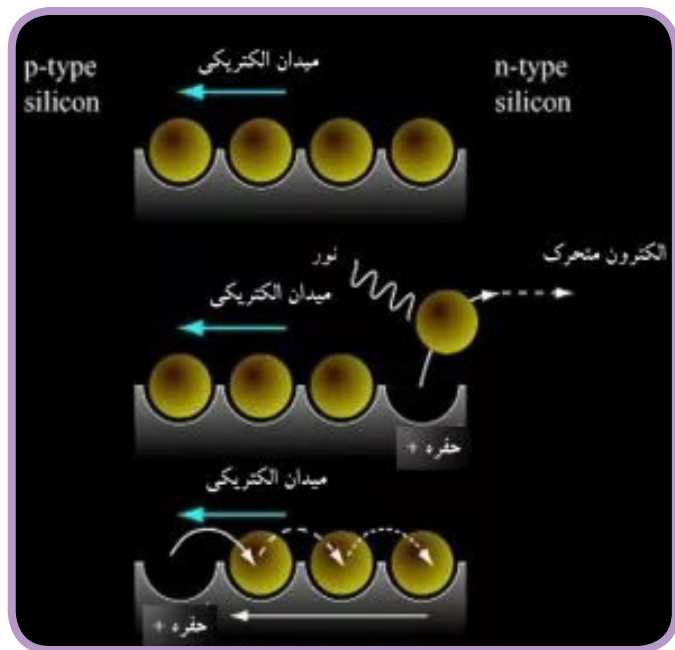
این فرآیند، یک جفت الکترون-حفره ایجاد می کند، جایی که یک الکترون از جای مربوطه خود جدا می شود و یک جای خالی با بار مثبت در ساختار اتمی ایجاد می شود.



۳. جداسازی و جمع آوری بارها

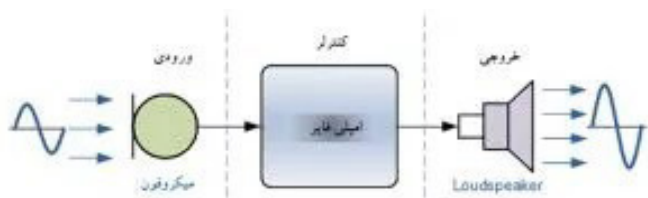
هنگامی که جفت الکترون-حفره ایجاد می شود، میدان الکتریکی درون آشکارساز باعث می شود بارهای جدا شده در جهت مخالف حرکت کنند.

الکترون ها توسط الکتروود با بار منفی جمع آوری می شوند، در حالی که حفره ها توسط الکتروود با بار مثبت جمع آوری می شوند. این جداسازی و جمع آوری بارها یک جریان یا ولتاژ الکتریکی ایجاد می کند.



۴. تقویت و پردازش سیگنال

جریان یا ولتاژ تولید شده معمولاً بسیار ضعیف است و برای شناسایی یا پردازش بیشتر باید تقویت شود. بسته به نوع آشکارساز نوری، ممکن است از تکنیک های تقویت مختلفی مانند تقویت کننده های مبتنی بر ترانزیستور یا نوع ولتاژ استفاده شود. سپس بسته به هدف، سیگنال تقویت شده می تواند پردازش، تجزیه و تحلیل یا برای کاربردهای مختلف استفاده شود.



۵. خروجی و تجزیه و تحلیل

خروجی نهایی آشکارساز نوری می تواند به صورت جریان الکتریکی، ولتاژ یا سیگنال دیجیتال باشد. این خروجی را می توان بر اساس الزامات برنامه اندازه گیری، ثبت یا برای اهداف خاص مورد استفاده قرار داد.

شدت نور تشخیص داده شده یا سایر خصوصیات را می توان برای به دست آوردن اطلاعاتی در مورد نور فرودی، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

انواع آشکارساز نوری

آشکارسازهای نوری را می توان در اشکال و فناوری های مختلفی یافت که هر کدام اصول کار و ویژگی های خاص خود را دارند. برخی از انواع رایج آشکارساز نوری عبارت اند از:

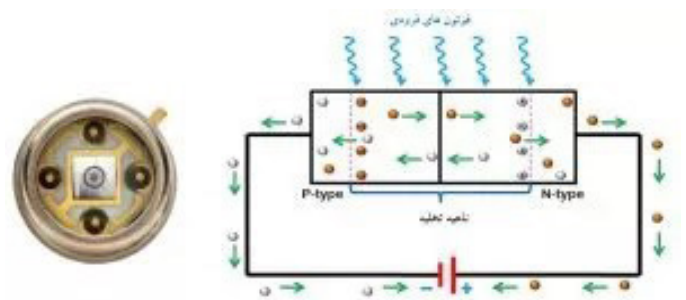
فوتودیود

فوتودیودها، دستگاه های نیمه رسانایی هستند که در مواجهه با نور جریان تولید می کنند. آن ها به طور گسترده در کاربردهایی مانند تشخیص نور، ارتباطات نوری و برداشت انرژی خورشیدی استفاده می شوند.

آن ها در اصل نوعی دیود نیمه رسانا هستند که در حالت بایاس معکوس عمل می کنند و زمانی که فوتون ها در معرض نور قرار می گیرند، الکترون های دیود را تحریک کرده و در نتیجه جریان ایجاد می شود.

فوتودیودها معمولاً در کاربردهای مختلفی مانند سنجش نور، ارتباطات نوری، تصویربرداری و کاربردهای تشخیصی استفاده می شوند.

آن ها انواع مختلفی دارند، از جمله فوتودیودهای PIN، فوتودیودهای بهمنی (APD) و ترانزیستورهای نوری که هر کدام ویژگی ها و کاربردهای خاص خود را دارند.

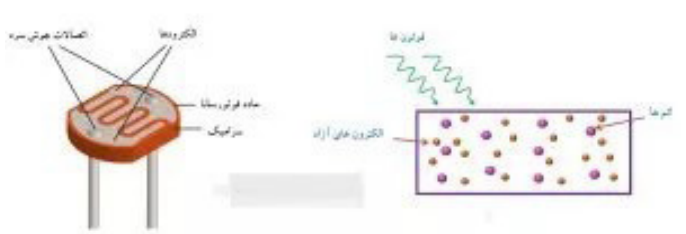


ترانزیستورهای نوری

مانند فوتودیودها، فوتوترانزیستورها نیز در پاسخ به نور جریانی تولید می کنند اما با قابلیت های تقویت بالاتر. در حقیقت، ترانزیستورهای نوری دستگاه های نیمه هادی هستند که عملکرد هر دو فوتودیود و ترانزیستور را ترکیب می کنند.

این نوع آشکارساز نوری برای تشخیص و تقویت سیگنال های نور و معمولاً در برنامه های مختلف الکترونیکی که به حساسیت و تقویت سیگنال بالاتر نیاز دارند، استفاده می شود.

مکانیزم یک ترانزیستور نوری شبیه به ترانزیستور معمولی است، با این تفاوت که یک ناحیه پایه حساس به نور اضافه شده است. در اینجا توضیح ساده ای از نحوه کار یک ترانزیستور فوتوترازی ارائه می دهیم:



هنگامی که نور بر روی ناحیه پایه می افتد، فوتون ها به مواد نیمه هادی برخورد می کنند و الکترون های درون آن را تحریک می کنند.

فوتون های جذب شده، باعث تولید جفت های الکترون-حفره را در ناحیه پایه شده و در نتیجه، یک جریان پایه (IB) ایجاد می شود که متناسب با شدت نور فرودی است.

این جریان پایه (IB)، جریان بزرگتر کلکتور (IC) را در ناحیه اصلی ترانزیستور کنترل می کند.

فوتوترانزیستور جریان ضعیف اولیه تولید شده توسط عمل شبه فوتودیود را تقویت می کند و سیگنال خروجی قوی تری را ارائه می دهد.

جریان کلکتور تقویت شده (IC) را می توان پردازش کرد و در مدارها یا سیستم های الکترونیکی مختلف استفاده کرد.

لوله های مولتی پلایر نوری (PMT)

PMT ها دستگاه های مبتنی بر خلأ هستند که می توانند سیگنال های نور بسیار ضعیف را تقویت کنند و از یک فوتوکاتد تشکیل شده اند که فوتون های ورودی را به یک جریان الکترونی تبدیل می کند، که سپس از طریق یک سری داینود ضرب می شود.

این نوع از آشکارساز نوری معمولاً در کاربردهای علمی، صنعتی و پزشکی استفاده می شوند که در آن سطوح نور بسیار کم نیاز به اندازه گیری دارند. در ادامه خلاصه ای از نحوه عملکرد یک PMT ارائه شده است:

فوتوکاتد

ابتدا فوتون فرودی به فوتوکاتد برخورد می کند، که یک ماده حساس به نور است و معمولاً از ترکیباتی مانند سزیم یا ترکیبات آنتیموان ساخته شده است. انرژی فوتون توسط فوتوکاتد جذب گردیده و باعث پرتاب الکترون می شود.

انتشار الکترون

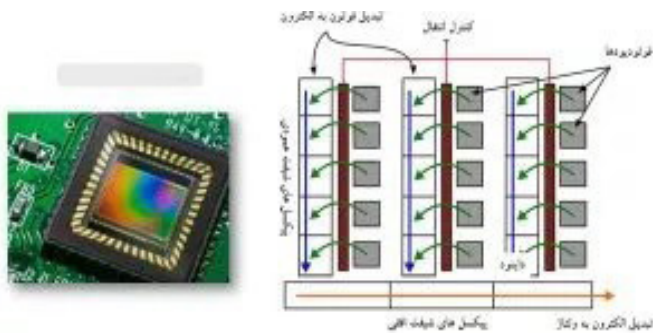
الکترون آزاد شده توسط یک اختلاف پتانسیل الکتریکی که در سرتاسر لوله اعمال می شود به سمت اولین داینود شتاب می گیرد. داینود نیز یک الکتروفلزی است که با ماده ای پوشیده شده است که گسیل الکترون ثانویه را امکان پذیر می نماید.

ضرب الکترون

با برخورد الکترون شتاب گرفته به داینود اول، به دلیل پدیده گسیل ثانویه، چندین الکترون ثانویه آزاد می شود که شتاب گرفته و به سمت داینود بعدی هدایت می شوند. این فرآیند تکثیر الکترون از طریق یک سری داینودها، معمولاً ۱۰ تا ۱۴ عدد، ادامه می یابد که به آن ضرب می گویند.

تقویت سیگنال

با هر مرحله داینود، تعداد الکترون ها به صورت تصاعدی افزایش می یابد. این ضرب الکترون ها منجر به یک سیگنال الکتریکی تقویت شده قابل توجه در آند (داینود نهایی) می شود. آند، الکترون های ضرب شده را جمع آوری و جریان خروجی یا پالس ولتاژ را تشکیل می دهد. ضریب تقویت، که بهره نامیده می شود، بسته به لوله فوتومولتیپلایزر خاص، می تواند از هزاران تا میلیون ها متغیر باشد.



سنسورهای تصویر CMOS مخفف CMOS

Complementary Metal-Oxide-Semiconductor است و نوع دیگری از حسگرهای تصویربرداری است که معمولاً در دوربین‌های دیجیتال، تلفن‌های هوشمند و سایر دستگاه‌ها استفاده می‌شود.

در حقیقت، سنسورهای CMOS از آرایه‌ای از دیودهای نوری استفاده می‌کنند و مدارهای پردازش سیگنال را در هر پیکسل ترکیب می‌کنند. مکانیزم CMOS برای گرفتن و پردازش تصاویر از چندین جهت با CCD متفاوت است:

به دام انداختن فوتون

حسگرهای CMOS مشابه با CCD، از آرایه‌ای از پیکسل‌ها تشکیل شده‌اند که هر کدام دارای یک فوتودیود برای دریافت فوتون‌های ورودی هستند.

با این حال، سنسورهای CMOS دارای یک جز اضافی به نام ترانزیستور در هر پیکسل هستند که امکان کنترل پیکسل‌ها را بطور جداگانه فراهم می‌کند.

مکانیزم بازخوانی

در سنسورهای CMOS، هر پیکسل دارای تقویت کننده و مدار بازخوانی خاص خود است. هنگامی که نور بر روی فوتودیود می‌افتد، بار حاصل به یک سیگنال ولتاژ تبدیل می‌شود، سپس تقویت شده و مستقیماً از هر پیکسل خوانده می‌شود.

این مکانیزم بازخوانی توزیعی، سرعت بازخوانی سریع تری را در مقایسه با سنسورهای CCD ممکن می‌سازد، زیرا همه پیکسل‌ها را می‌توان به طور همزمان خواند.

کاهش نویز

سنسورهای CMOS قابلیت کاهش نویز را بهبود بخشیده‌اند. با ترکیب مدارهای اضافی در هر پیکسل، می‌توان نویز را در طول فرآیند بازخوانی کاهش داد.

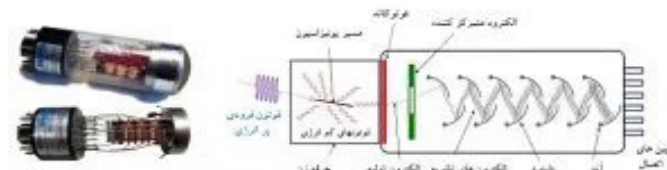
پردازش روی تراشه

سنسورهای CMOS این مزیت را دارند که عملکردهای مختلف پردازش تصویر را مستقیماً روی تراشه حسگر یکپارچه می‌کنند و بنابراین، امکان کاهش نویز روی تراشه، تصحیح رنگ و سایر الگوریتم‌های پردازش تصویر را فراهم می‌کند.

در نتیجه، سنسورهای CMOS می‌توانند پردازش تصویر را در زمان واقعی ارائه دهند و ویژگی‌های پیشرفته‌ای مانند تصویربرداری با محدوده دینامیکی بالا (HDR) و ضبط ویدیو را فعال کنند.

ارسال جریان نوری به سیگنال خروجی

پالس جریان یا ولتاژ تقویت شده از آند پردازش می‌شود و برای اهداف مختلفی مانند اندازه‌گیری شدت نور یا تشخیص سیگنال‌های نور بسیار ضعیف استفاده می‌شود.



دستگاه‌های بار جفت شده (CCD)

CCD یا دستگاه‌های بار جفت شده، یک نوع حسگر تصویربرداری است که به طور گسترده در دوربین‌های دیجیتال، تلفن‌های هوشمند، دستگاه‌های اسپکتروفتومتر و سایر دستگاه‌ها برای تبدیل نور به سیگنال‌های دیجیتال استفاده می‌شود.

CCD ها به طور گسترده در سنسورهای تصویر و دوربین‌های دیجیتال استفاده می‌شوند و نور را به بار الکتریکی تبدیل می‌کنند. مکانیزم کلی عملکرد یک CCD شامل چندین مرحله است:

به دام انداختن فوتون

حسگر CCD از آرایه‌ای از عناصر حساس به نور کوچک به نام پیکسل تشکیل شده است که هر پیکسل حاوی یک منطقه حساس به نور است که به عنوان فوتودیود یا فوتوسایت شناخته می‌شود.

هنگامی که فوتون‌ها بر روی پیکسل می‌تابند، بار الکتریکی متناسب با شدت نور ایجاد می‌کنند.

انتقال بار

یک فوتودیود بار الکتریکی را جمع‌آوری کرده و جهت پردازش، به مرحله خروجی منتقل می‌کند. اینجاست که ویژگی منحصر به فرد CCD به چشم می‌خورد.

در مجاورت فوتودیود یک سری خازن وجود دارد که در ردیف‌ها و ستون‌ها سازماندهی شده‌اند و اجازه می‌دهند بارها از یک پیکسل به پیکسل دیگر منتقل شوند. به این عملکرد، انتقال یا جابجایی بار گفته می‌شود.

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

پس از انتقال بار در سراسر آرایه پیکسلی، بارهای انباشته شده باید به داده‌های دیجیتال تبدیل شوند که می‌توانند توسط الگوریتم‌های پردازش تصویر پردازش شوند.

دستگاهی به نام مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)، سطح بار الکتریکی هر پیکسل را اندازه‌گیری نموده و مقدار دیجیتالی مربوط به شدت نور گرفته شده را به آن اختصاص می‌دهد.

پردازش تصویر

هنگامی که مجموعه‌ای از بارها به داده‌های دیجیتال تبدیل شدند، می‌توان از تکنیک‌های مختلف پردازش تصویر استفاده کرد.

خروجی

داده‌های تصویر دیجیتالی به دست آمده را می‌توان در حافظه ذخیره کرد، روی صفحه نمایش داد و یا برای برنامه‌های مختلف پردازش کرد.

در مقایسه با سنسورهای CCD ، حسگرهای CMOS به دلیل قابلیت خواندن توزیعی و قابلیت پردازش روی تراشه، انرژی کمتری مصرف می کنند که بسیار برای دستگاه های قابل حمل مفید است و منجر به بهبود عمر باتری آن ها می شود.

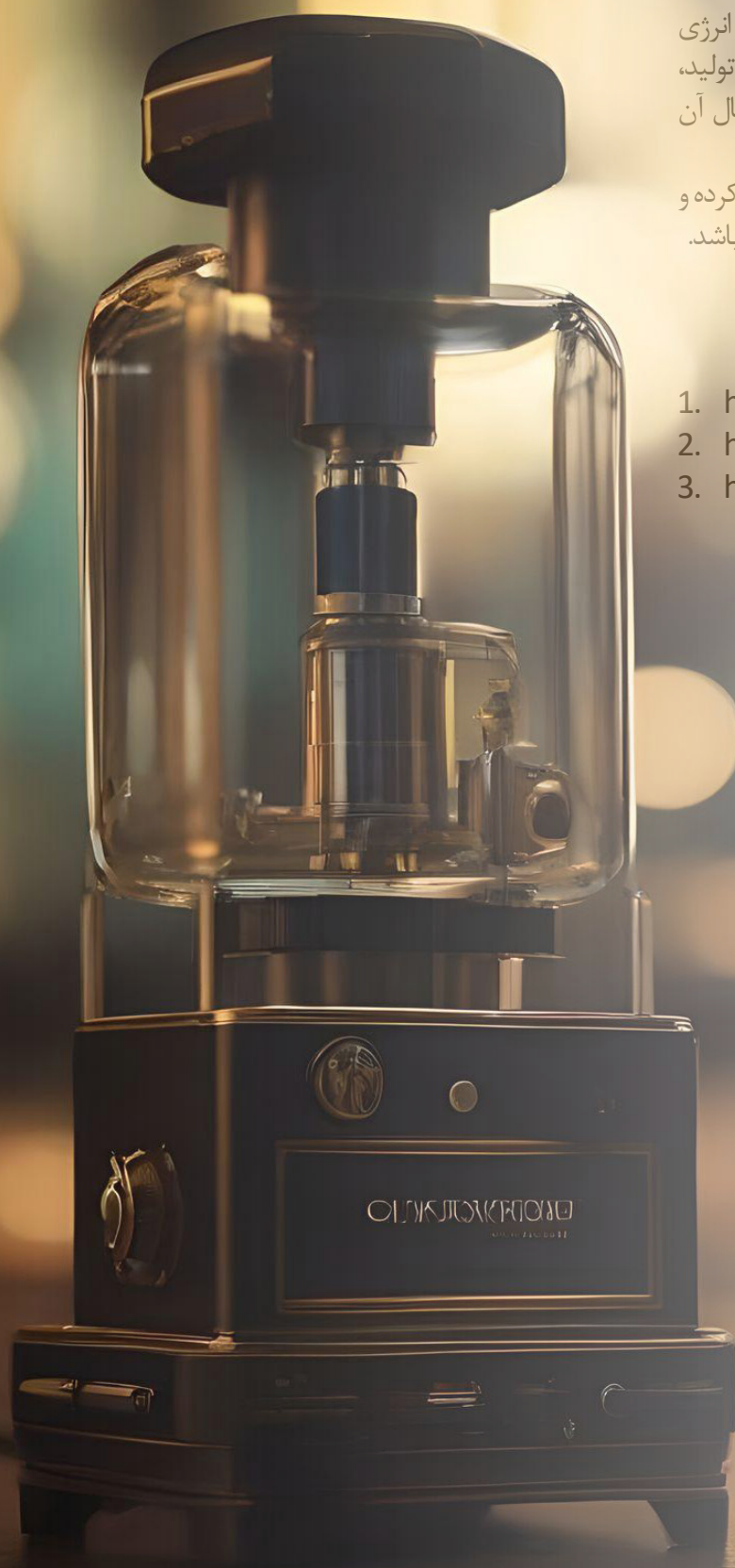
سخن پایانی

به طور کلی، مکانیزم آشکارساز نوری شامل تبدیل انرژی الکترومغناطیسی تابشی به سیگنال های الکتریکی از طریق تولید، جداسازی و جمع آوری جفت های الکترون-حفره و به دنبال آن تقویت و پردازش سیگنال است.

در این مقاله، پنج نوع مختلف از آشکارساز نوری را معرفی کرده و مکانیزم عملکرد هر کدام را شرح دادیم. امیدواریم که مفید بوده باشد.

منابع

1. <https://fa.wikipedia.org/>
2. <https://www.sciencedirect.com/>
3. <https://bloorazma.com/>



گیت های منطقی چند منظوره پروسکایت بر پایه واکنش نوری دوقطبی آشکارساز نوری منفرد

علی بوالحسنی - دانشجوی دکتری
مهندسی کامپیوتر / دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

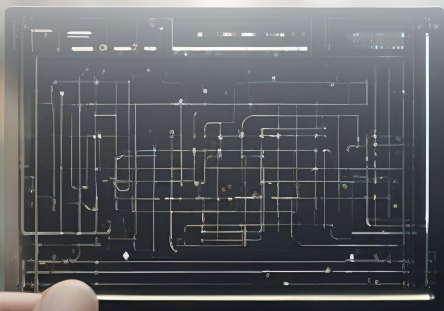
مقدمه

از آنجا که گیت های منطقی الکترونیکی موجود در محاسبات دقیق و سریع با محدودیت هایی مواجه هستند، توجه گسترده بر روی طیف گسترده ای از پردازش داده ها، علاقه به یک پلتفرم از گیت های منطقی جدید را برانگیخته است. بر این اساس، گیت های منطقی اپتوالکترونیکی (OELG) با استفاده از دیودهای نوری به دلیل پهنای باند وسیع و انتقال سریع داده ها از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند. اما این سیستم ها هنوز با چالش های ذاتی در پیکربندی پیچیده، نقص عملکرد در سوئیچینگ، مصرف انرژی و مسائل مربوط به قابلیت اطمینان پایین، مواجه هستند. بنابراین، توسعه یک پلتفرم گیت منطقی نوآورانه که بتواند محاسبات سریع تر را با مصرف انرژی کمتر اجرا کند، برای تحقق روندهای محاسباتی جدید آتی ضروری است. ساختارهای OELG بر اساس ویژگی های پاسخ عکس طیفی دوقطبی یک آشکارساز نوری پروسکایت (SPPD) با ساختار دیودهای به هم پیوسته معرفی می شوند. بر این اساس اجرای پنج گیت منطقی پایه (AND، OR، NAND، NOR و NOT) تنها با یک SPPD از طریق کنترل قطبیت جریان نوری امکان پذیر است. دروازه های منطقی تمام نوری با استفاده از ورودی ها و خروجی های نور به طور فعال برای جایگزینی جمع کننده های باینری الکترونیکی، شمارنده های باینری، مدارهای تصمیم گیر، پردازنده های نوری، رمزگذارهای داده و مدارهای تشخیص الگوی بیت مورد مطالعه قرار گرفته اند. این گیت های منطقی نوری بر اساس طرح های پیچیده اجزای نوری مانند دی مالتی پلکسهای نامتقارن تراهرتز، تداخل سنج های غیرخطی و تقویت کننده های نیمه رسانا ساخته شده اند. اگرچه سیستم گیت منطقی نوری دارای مزایای جذابی از جمله بهره نوری خوب، توان خروجی اشباع و پهنای باند بهره است، اما هنوز کاربردهای عملی به دلیل اجزای گران قیمت و بزرگ آن ارائه نشده است. علاوه بر این، انتشار مستقیم نور مانع قابل توجهی برای ساختن یک سیستم کاملاً همگن می باشد زیرا قرار دادن اجزای نوری به صورت یکپارچه دشوار است. به عنوان مثال، ساختاری با انحنای نوری زیاد ممکن است باعث از دست دادن نور بطور قابل توجهی شود. بنابراین، یک OELG به دلیل پهنای باند وسیع، انتقال سریع داده ها و هزینه کم، گزینه مناسبی برای جایگزینی گیت های منطقی موجود (مانند الکترونیکی و تمام نوری) است.

گیت های چند منظوره پروسکایت

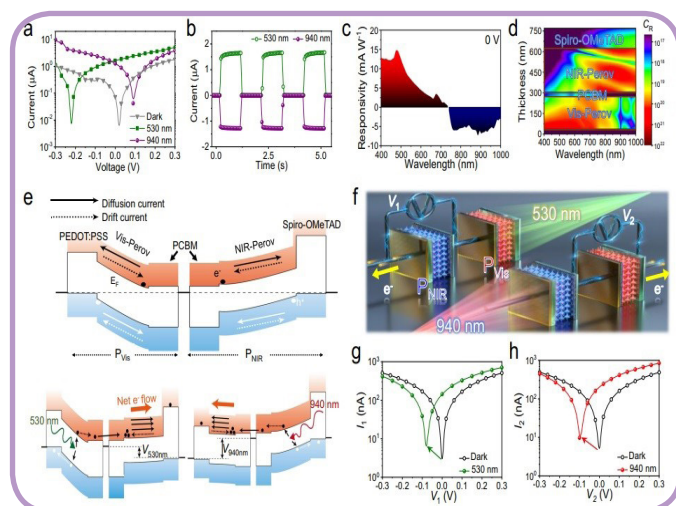
یک OELG معمولی از بیش از دو اتصال نیمه هادی تشکیل شده است که با ورودی های نور تعامل دارند و خروجی الکتریکی بولین را

آزاد می کنند. از جمله OELG هایی که به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته اند، دیودهای معکوس ناهمگون p-n یا آشکارسازهای نوری (PDs) مانند ZnO/CdSe، CuInS₂/TiO₂ و n-Si/MoO₃ هستند. از آنجایی که این PD ها عمدتاً بر اساس انتقال یک طرفه عمل می کنند، در بیشتر تحقیقات تنها یک گیت منطقی واحد ارائه شده است. بنابراین، برای پیاده سازی چندین توابع منطقی، نیاز مبرمی به توسعه یک پلت فرم PD نیمه هادی چند لایه یکپارچه وجود دارد که بتواند جهت انتقال معکوس حامل را کنترل کند. در این راستا محققان پدیده قطبیت دوگانه ناشی از طول موج را از یک دیود ناهمگون p-n متشکل از نانوسیم های ZnO نوع n و لایه نازک ترموالکتریک نوع p را مورد بررسی قرار داده اند. علاوه بر این، تنظیمات خاصی در مدار برای عملکرد هر تابع منطقی مورد نیاز است. همچنین قابلیت اطمینان خروجی به شدت تحت تأثیر نویز الکتریکی یا تغییرات خروجی هر گیت منطقی است. بنابراین، مشکل در یکپارچه سازی، مصرف انرژی بالا و مشخصه های سیگنال خطا باید برای به کارگیری عملی و درست آن ها در OELG افزایش و بهبود یابد. با موفقیت های اخیر در حوزه فتوولتائیک پروسکایت، بسیاری از مطالعات بر روی حسگرهای نوری پروسکایت و PD متمرکز شده اند. چالش مهم این دستگاه ها دستیابی به بهره بالا، توان کم و کوچک سازی است. در این راستا، پروسکایت PD هالید آلی فلزی که ضریب جذب بالا، راندمان کوانتومی عالی و پاسخ طیف وسیع را امکان پذیر می کند، می تواند به عنوان ماده و دستگاه OELG رویکردی امیدوار کننده باشد. خواص اپتوالکترونیکی پروسکایت هالید آلی فلزی در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است. اگرچه تشخیص پهنای باند با سرعت بالا و ویژگی های پاسخگویی بهتر در آن ها توسعه یافته اند، اما پلت فرم های PD پروسکایتی بر اساس اصل انتقال یک طرفه حامل کار می کنند و در نتیجه نمی توانند به عنوان یک جز OELG یکپارچه که عملکردهای منطقی متعددی را انجام می دهد مورد استفاده قرار گیرند.



طراحی گیت منطقی بادوقطبی/ آشکارساز نوری منفرد

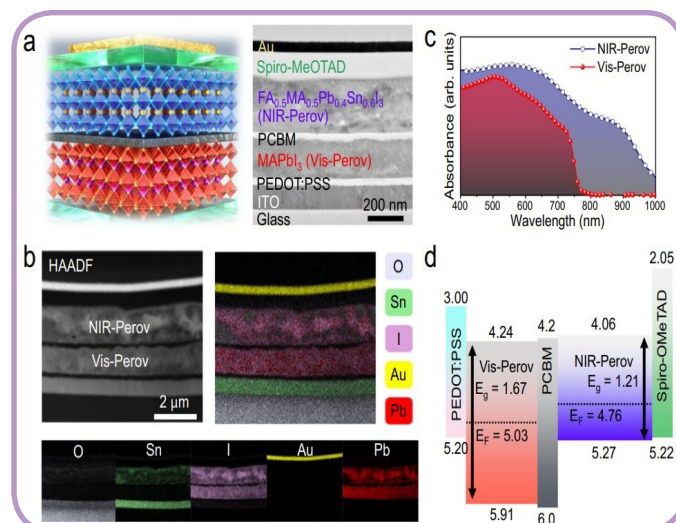
تصویر b منحنی ها و جریان های حالت پایدار در بایاس صفر در شرایط تاریک و تابش را نشان می دهد. در شکل ۲، تصویر c پاسخ نوری طیف دوقطبی SPPD به عنوان تابعی از طول موج از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر در فاصله ۱۰ نانومتر مشخص شده است. تصویر d توزیع نرخ تولید بار در ساختار p+-i-n-p-p در مقابل طول موج نور وارد شده بر آن را نمایش می دهد. تصویر e نمودارهای باند انرژی SPPD را نشان می دهد. این تصویر شماتیک مدارهای معادل برای دیودهای پروسکایت مجزای به هم متصل شده با سیم برق را نشان می دهد. منحنی های I-V g PNIR در پاسخ به تابش نور ۵۳۰ نانومتری به PVis و منحنی h PVis در پاسخ به تابش نور ۹۴۰ نانومتری به PNIR هستند. همه لایه ها به صورت عمودی بدون ناهموازی و نقص قابل توجه در هر کانال ارتباطی قرار دارند. توزیع عناصر با میکروسکوپ الکترونی انتقالی مجهز به طیف سنجی پرتو ایکس پراکنده انرژی، بوده که در شکل 1b نشان داده شده است. عناصر سرب (قرمز) و (صورتی) به طور یکنواخت در هر دو لایه پروسکایت توزیع شدند. Sn (سبز) فقط در لایه NIR-Perov مشاهده می شود که تأیید می کند هیچ ادغام پروسکایتی بین لایه ها رخ نداده است.



شکل ۲: خواص اپتوالکترونیکی SPPD

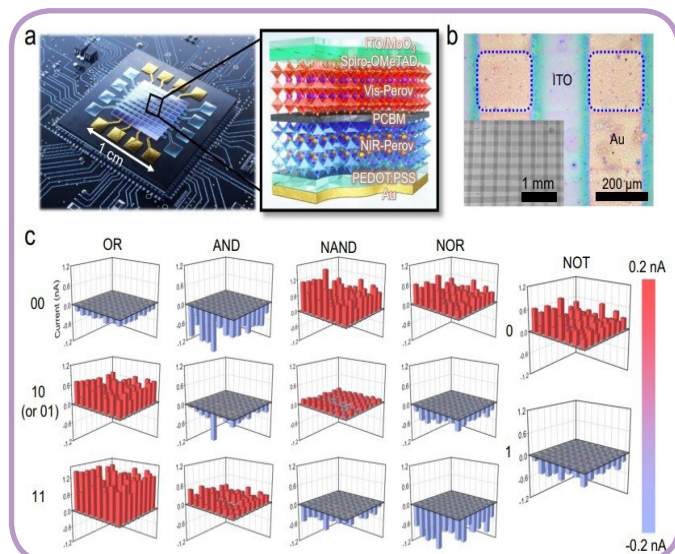
طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس گسترده شده نسبت اتمی سرب و قلع را در لایه NIR-Perov تقریباً به نسبت ۴:۶ نشان می دهد که به عنوان ترکیبی ایده آل برای جذب NIR شناخته می شود (شکل ۳). در شکل ۳، یک گیت «OR» و «AND» با استفاده از دو ورودی نور مرئی (۶۲۵ نانومتر) تحت مدولاسیون گیت نور NIR (۹۴۰ نانومتر) نشان داده شده است. در بخش b دروازه های «NOR»، «NOT» و «NAND» با استفاده از ورودی های نور NIR (۹۴۰ نانومتر) تحت مدولاسیون های گیت نور مرئی (۶۲۵ نانومتر) مشاهده می شوند. جدول صحت پنج OELG برای چهار ترکیب ورودی نیز در شکل فوق مشاهده می شود. در بخش d خروجی جریان عکس از طریق ورودی های نور مرئی (۶۲۵ نانومتر) بسته به تابش NIR (۹۴۰ نانومتر) مشخص شده است. منحنی های جریان نوری گذرای دروازه های «OR» و «AND» در پاسخ به ورودی های قابل مشاهده تحت مدولاسیون NIR به ترتیب در ۰/۳ و ۲/۳ میلی وات در سانتی متر مربع، خروجی جریان معکوس و از

بنابراین می توان یک سیستم OELG یکپارچه را بر اساس ویژگی های پاسخ نوری طیفی دوقطبی یک آشکارساز نوری پروسکایتی (SPPD) اجرا نمود. بر این اساس می توان پنج گیت منطقی پایه تنها با یک SPPD که ورودی های نور را به خروجی های الکتریکی تبدیل می کند، قابل پیاده سازی است. کلیدهای محوری برای اجرای چندین منطق بولی عبارتند از: (۱) پیکربندی پشت سر هم و سریال بر اساس دو دیود پروسکایتی که به صورت عمودی روی هم چیده شده اند. (۲) مدولاسیون دروازه نوری با استفاده از نور مرئی و مادون قرمز نزدیک. یک SPPD سریال، پاسخ نوری حساس و نسبت روشن و خاموش قابل توجهی دارد. به عنوان نمونه یک آرایه منطقی هشت در هشت (۸ × ۸) متشکل از ۶۴ پیکسل SPPD را می توان با پنج گیت منطقی پایه را که پیشتر به نويز الکتریکی یا تغییرات جریان بین پیکسل ها به دلیل پاسخ نوری دوقطبی غیرقابل تحمل بود، را با دقت کامل اجرا کرد. ساختار پشت به پشت SPPD از پروسکایت باند پایین، نزدیک به مادون قرمز و پروسکایت باند بالا، نزدیک به نور مرئی تشکیل شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که در تصویر میکروسکوپ الکترونی انتقالی نشان داده شده است، لایه فیل C61 بوتیریک اسید متیل استر به عنوان یک نیمه هادی نوع n بین Vis-Perov و NIR-Perov قرار داده شده است. لایه های پروسکایت با روش دو مرحله ای تهیه میشوند: (۱) تبخیر حرارتی فاز بخار یک فیلم متال هالید. (۲) مرحله تبدیل برای تشکیل فاز پروسکایت. مقاومت لایه های متال هالید تشکیل شده با روش دو مرحله ای در برابر نفوذ حلال در حدی است که لایه های زیرین از نظر شیمیایی آسیب نمی بینند. نسبت بین کاتیون های آلی و فلزی متیل آمونیوم و ... برای NIR-Perov با باند پایین به طور بهینه تعیین می شوند بطوری که خواص بلوری کارآمدی داشته باشد. ضخامت هر لایه پروسکایت از طریق یک شبیه سازی نظری تصمیم گیری، با هدف نسبت بهره رسانی phi به رسانی برای جبران جریان کارآمد و برای و برای تنظیم عملیات گیت منطقی (شکل ۲) در نظر گرفته شده اند.



شکل ۱: مشخصه SPPD متوالی: شماتیک از SPPD انباشته عمودی و تصویر TEM مقطعی مربوط به آن

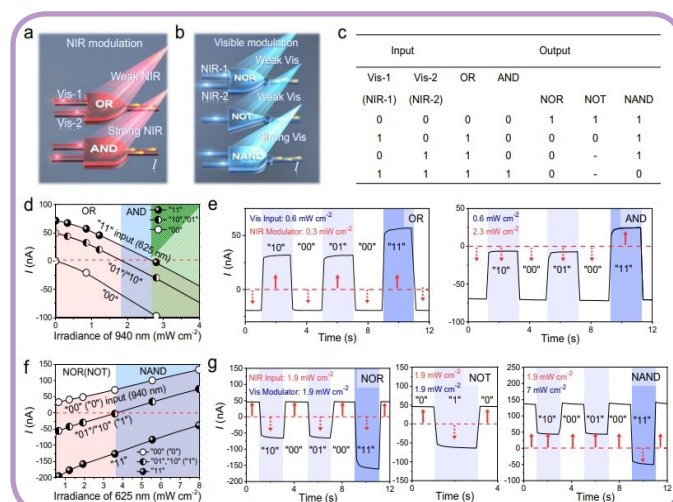
یک واکنش نوری طیفی دوقطبی) کنترل کند. نمایش پنچ OELG اساسی بر اساس پاسخ نوری طیفی دوقطبی SPPD، که می تواند پنج منطق اصلی «AND»، «OR»، «NOT»، «NOR» و «NAND» را تنها با SPPD منفرد اجرا کند در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۴: عملیات گیت منطقی آرایه SPPD: شماتیک (۸×۸) پلت فرم آرایه SPPD از نوع متقاطع (چپ) و تصویر مقطعی (راست) یک SPPD منفرد

عامل کلیدی برای تنظیم توابع منطقی در این سیستم، مدولاتور دروازه نوری است که شامل تابش با طول موج ها و شدت های مختلف است. تنظیم توابع منطقی از طریق مدولاتور شدت نور برای جریان نوری مخالف، زمانی که دو طول موج نور رسانی نوری مشابهی دارند، می تواند کارآمدتر باشد. از دو منبع نور ۶۲۵ نانومتری رساناهای نوری (۰/۰۷) و ۹۴۰ نانومتری (۰/۰۸) برای عملیات گیت منطقی استفاده میشود. قبل از استفاده از ۶۲۵ نانومتر، باید بدانیم که تابش ۶۲۵ نانومتر در مقایسه با مورد ۹۴۰ نانومتر، جریان های نوری مخالف ایجاد می کند یا خیر. شکل ۲ و ۳ خروجی های منطقی و الکترونیکی SPPD-OELG را در پاسخ به ورودی های نوری (۰۰، ۰۱، ۱۰، ۱۱) نشان می دهد، که در آن «۰» و «۱» به معنای ورودی های نور روشن و خاموش است. برای شبیه سازی گیت های «OR» و «AND» جریان های نوری SPPD را در پاسخ به نور مرئی و با ترکیب های ورودی (۰۰، ۰۱، ۱۰، ۱۱) بررسی می کنیم که «۱۰» و «۱۱» تحت تابش های مختلف NIR (۹۴۰ نانومتر) هستند. در اینجا، نور NIR (مدولاتور دروازه) به طور همزمان با ورودی نور مرئی تابش می شود و یک جریان نوری جبرانی منفی در برابر جریان مثبت توسط ورودی نور مرئی تولید می کند. خط چین قرمز در شکل d نشان دهنده سطح اعتباری (nA) است که وضعیت خروجی را به ترتیب برای مقادیر بالا و پایین آن به صورت «۱» و «۰» تنظیم می کند. فلش های رو به بالا و پایین به ترتیب حالت های خروجی «۱» و «۰» را نشان می دهند. برای دروازه «OR» تحت تابش NIR ۰/۳ میلی وات در سانتی متر مربع، همه ترکیب های ورودی به جز ورودی «۰۰» جریان نور مثبت بالای ۲۵ nA، مربوط به حالت خروجی «۱» را القای می کند. جالب توجه است که گیت «OR» بلافاصله به دروازه «AND» تبدیل می شود و تابش NIR به ۲/۳

طریق ورودی های نور NIR (۹۴۰ نانومتر) بسته به تابش مرئی (۶۲۵ نانومتر) مشاهده می شوند. در بخش g منحنی های جریان نوری گذرا دروازه های «NOR»، «NOT» و «NAND» در پاسخ به ورودی های NIR تحت مدولاتور مرئی به ترتیب ۱/۹، ۱/۹ و ۷ میلی وات در سانتی متر مربع مشخص شده اند. در فاز پروسکایت، Sn2 و Pb2 حالت های اکسیداسیون اولیه اند. تصویر b و c، کیفیت فیلم برتر لایه NIR-Perov بدون هیچ گونه اکسیداسیون Sn2 است. به طور قابل توجهی، فقدان پیک Sn4 ثابت می کند که افزودنی تیوره یک عامل آنتی اکسیدانی موثر برای محافظت از کاتیون های Sn2 برابر اکسیداسیون نامطلوب است. نتایج طیفسنجی UV-Vis-NIR (شکل c1) نشان می دهد که لایه Vis-Perov کل نور مرئی (۴۰۰-۷۵۰ نانومتر) را جذب می کند در حالی که لایه NIR-Perov می تواند حتی نور مادون قرمز (۱۰۰۰-۴۰۰ نانومتر) را نیز جذب کند.



شکل ۳: نمایش OELG از طریق SPPD واحد: در بخش های a، b شماتیک های نمادین پنچ OELG اجرا شده با تک SPPD

فاصله باند هر دو پروسکایت برای لایه های Vis-Perov و NIR-Perov به ترتیب ۱/۶۷ و ۱/۲۱ الکترون ولت است که با روش Tauc-plot محاسبه میشود (شکل ۴). در شکل ۴، بخش b تصویر میکروسکوپ نوری آرایه SPPD است که ورودی b تصویر با بزرگنمایی کم را نشان می دهد. بخش c نمودارهای میله ای سه بعدی برای همه خروجی ها که از ۶۴ پیکسل به دست آمده است را نمایان می کند. نوارهای قرمز و آبی پاسخ های نوری طیفی دوقطبی واضحی را از تمام پیکسل ها با اشاره به سطح اعتباری nA (صورت خاکستری) نشان می دهند. شکل d1 نمودار باند انرژی SPPD را نشان می دهد. PCBم می تواند الکترون ها را به لایه های Vis-Perov یا Vis-Perov در هر پیوند ناهمگون به دلیل یک سد انرژی سطحی کم منتقل کند. محاسبات تئوری تابعی چگالی برای به دست آوردن راهکاری در مورد انتقال بار از طریق پل PCBم انجام می شود. چگالی بیشتر حالت ها در زیر یک نوار رسانا در سطح مشترک بین لایه های پروسکایت و PCBم وجود دارد که انتقال الکترون به هر دو لایه پروسکایت را تسهیل می کند. ساختار نوار متقارن که از ترکیب دودیود پروسکایت سرچشمه می گیرد، یک اصل حیاتی را ارائه می دهد که می تواند انتقال بار را در هر دو جهت (یعنی

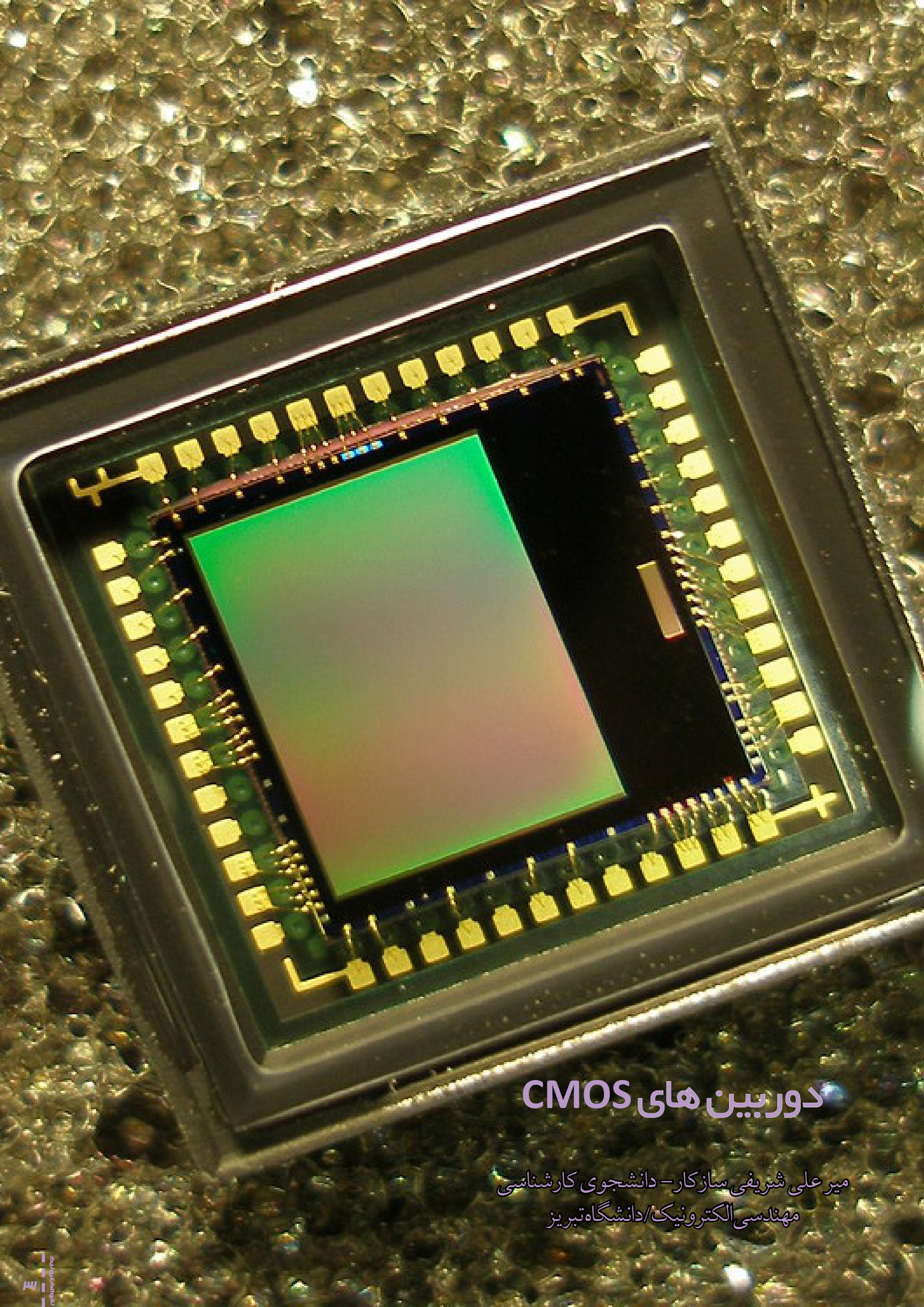
1. Mellit, A. & Kalogirou, S. A. MPPT-based artificial intelligence techniques for photovoltaic systems and its implementation into field programmable gate array chips: Review of current status and future perspectives. *Energy* 70, 1–21 (2014).
2. Avouris, P. & Chen, J. Nanotube electronics and optoelectronics. *Mater. Today* 9, 46–54 (2006).
3. Kim, S. H. et al. All-optical half adder using cross gain modulation in semiconductor optical amplifiers. *Opt. Express* 14, 10693–10698 (2006).
4. Taraphdar, C., Chattopadhyay, T. & Roy, J. N. Mach-Zehnder interferometer-based all-optical reversible logic gate. *Opt. Laser Technol.* 42, 249–259 (2010).
5. Chen, H., Liu, H., Zhang, Z., Hu, K. & Fang, X. Nanostructured photodetectors: from ultraviolet to terahertz. *Adv. Mater.* 28, 403–433 (2016).
6. Kim, B. J. et al. Highly transparent phototransistor based on quantum-dots and ZnO bilayers for optical logic gate operation in visible-light. *RSC Adv.* 10, 16404–16414 (2020).
7. Li, M. et al. The fabrication of a self-powered CuInS₂/TiO₂ heterojunction photodetector and its application in visible light communication with ultraviolet light encryption. *J. Mater. Chem. C* 9, 14613–14622 (2021).
8. Liu, Y. et al. High performance MoO₃-x/Si heterojunction photodetectors with nanoporous pyramid Si arrays for visible light communication application. *J. Mater. Chem. C* 7, 917–925 (2019).
9. Quyang, B. et al. Dual-polarity output response-based photoelectric devices. *Cell Rep. Phys. Sci.* 2, 100418 (2021).

میلی وات در سانتی متر مربع را افزایش می یابد، که فقط برای ورودی "۱۱" یک جریان نوری مثبت تولید می کند. این تکنیک تنظیم (OR-AND) با استفاده از مدولاسیون NIR برگشت پذیر و تکرار پذیر بود. برای کاربردهای عملی، ساختن پلت فرم یکپارچه SPPD-OELG و بررسی دقت آن برای اطمینان از امکان سنجی عملی در سطح تراشه ضروری است. شکل ۴ یک آرایه SPPD از نوع نوار متقاطع هشت در هشت (۸×۸) را نشان می دهد. هفت لایه انباشته بین الکترودهای بالا (ITO شفاف) و پایین (Au) قرار دارند. ناحیه متقاطع (مربع نقطه دار) بین دو الکترودها به عنوان یک گیت منطقی پیکسلی با مساحت فعال ۲۰۰×۲۰۰ میکرومتر مربع عمل می کند. ۶۴ پیکسل در مجموع یکپارچه شدند.

نمودارهای میله ای سه بعدی در شکل ۴ تمام خروجی های پنج گیت منطقی به دست آمده از ۶۴ پیکسل را نشان می دهد. نوارهای قرمز و آبی به ترتیب نشان دهنده جریان نور مثبت و منفی با اشاره به سطح اعتباری nA (صورت خاکستری) هستند. همه پیکسل های متناظر، خروجی ها را با دقت ۱۰۰ درصد در هر پنج گیت منطقی ارائه می کنند. حتی پس از کوچک کردن پیکسل به ۵۰×۵۰ میکرومتر مربع، آرایه SPPD تمام عملیات گیت منطقی را با دقت ۱۰۰ درصد ارائه می دهد. جریان نور با کاهش اندازه پیکسل فعال کاهش می یابد، اما قطبیت خروجی در هر پیکسل حفظ می شود. قابلیت اطمینان خروجی در پلت فرم آرایه SPPD به ساختار پشت سر هم SPPD مرتبط است که حالت خروجی درست یا نادرست را بر اساس قطبیت جریان نوری به جای تفاوت بین جریان تک قطبی و سطح اعتباری، که معمولاً در سایر منطق های معمول استفاده می شود، تشخیص می دهد. قطبیت جریان نوری SPPD می تواند با مدولاسیون گیت نوری و با استفاده از نورهای مرئی (۶۲۵ نانومتر) و NIR (۹۴۰ نانومتر) تنظیم شود. بنابراین، وضعیت خروجی "۱" یا "۰" به ترتیب توسط جریان نور خروجی مثبت یا منفی تعیین می شود.

نتیجه

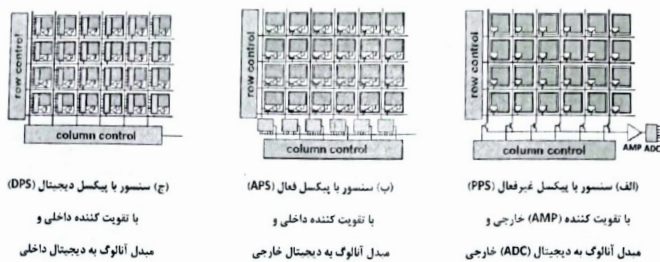
ساختار SPPD موفق به پیکربندی پنج منطق می شود: «NOR»، «NOT»، «NAND»، «OR» و «AND». تفاوت خروجی SPPD-OELG کاملاً بر اساس قطبیت جریان نوری بود نه تفاوت بین پاسخ pho تک قطبی و سطح اعتباری، که دقت و قابلیت اطمینان ساختار گیت منطقی را به طور قابل توجهی بدون توجه به تغییرات جریان یا نویز الکتریکی بهبود می بخشد. پس پلت فرم آرایه OELG شامل ۶۴ پیکسل SPPD، می تواند تمام پنج گیت منطقی را با بازده ۱۰۰٪ بدون هیچ خطایی اجرا کرد. پردازش داده ها تحت دستورالعمل های خاص (مانند اضافه کردن، ضرب کردن یا شمارش) می تواند با یک مدار ترکیبی از چندین SPPD-OELG در یک تراشه منفرد قابل پیاده سازی باشد که در مقایسه با مدار منطقی معمولی مبتنی بر ترانزیستورهای الکترونیکی کارآمدتر است. در دیدگاه کوتاه مدت، این توسعه می تواند برای مدارهای امنیتی و سنسورهای مراقبت های بهداشتی، با استفاده از حالت های خروجی نوری الکترونیکی متمایز بر اساس قطبیت جریان نوری قابل اجرا باشد.



دوربین های CMOS

میر علی شریفی سازکار - دانشجوی کارشناسی
مهندسی الکترونیک / دانشگاه تبریز

حسگرهای CMOS امروزی از یک آرایه دو بعدی از پیکسل‌ها تشکیل شده‌اند. ساختارهای مختلفی برای خواندن اطلاعات هر پیکسل وجود دارد که در شکل ۳، سه نمونه رایج نشان داده شده است. با استفاده از مدارهایی برای انتخاب ستون‌ها و سطرهای، ستون‌ها یا سطرهای یک حسگر CMOS می‌توانند به‌طور همزمان خوانده شوند. در شکل ۳-الف نحوه خواندن اطلاعات هر پیکسل به‌طور سریال نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده در اینجا فقط یک مبدل آنالوگ به دیجیتال وجود دارد که می‌تواند داخل یا خارج حسگر باشد. هر پیکسل به‌طور جداگانه انتخاب شده و اطلاعات آن با استفاده از مبدل به داده دیجیتال تبدیل می‌شود. ساختار رایج دیگر در شکل ۳-ب نشان داده شده است. در این حالت در هر ستون یک مبدل آنالوگ به دیجیتال قرار دارد. نحوه چینش حسگرهای CMOS خیلی شبیه به سلول‌های حافظه است. در این حالت می‌توان یک سر از پیکسل‌ها را از طریق دیگر آدرس انتخاب و اطلاعات آن سطر را به صورت همزمان به داده دیجیتال تبدیل کرد. رویکرد اخیر در ساخت حسگرهای CMOS قرار دادن مبدل آنالوگ به دیجیتال در کنار هر پیکسل است که در شکل ۳-ج نشان داده شده است:

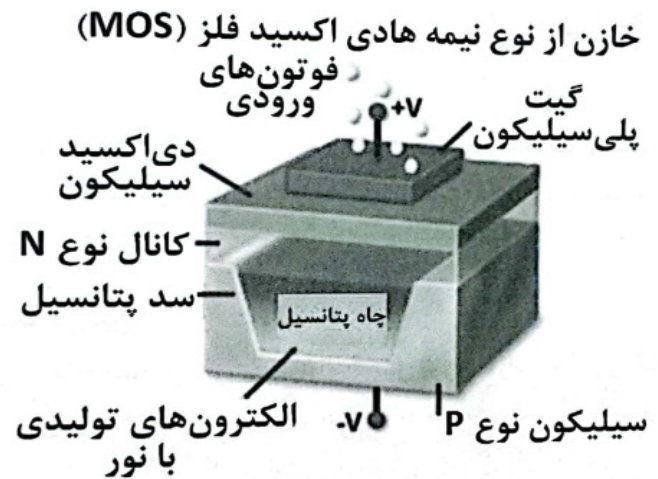


شکل ۳: (سه نمونه رایج دوربین CMOS)

علاوه بر ساختارهای مختلفی که برای خواندن اطلاعات پیکسل‌ها در حسگرهای CMOS وجود دارد، هر پیکسل نیز در یک حسگر CMOS ساختارهای متفاوتی دارد. شکل ۴-الف پایه‌ای‌ترین شکل یک پیکسل حسگر CMOS موسوم به پیکسل غیرفعال یا PPS (Passive Pixel Sensor) را نشان می‌دهد که از یک فتودیود و یک ترانزیستور MOSFET برای انتخاب آن تشکیل شده است. در شکل ۴-ب رایج‌ترین ساختار پیکسل CMOS موسوم به پیکسل فعال یا APS (Active Pixel Sensor) را مشاهده می‌کنیم. مطابق شکل هر پیکسل فعال حداقل از سه ترانزیستور به نام‌های ترانزیستور بازنشانی، ترانزیستور تقویت کننده و ترانزیستور انتخاب تشکیل شده است. اضافه کردن مدار تقویت کننده به هر پیکسل اجازه می‌دهد که نویز خواندن برطرف شود. از طرفی استفاده از یک ترانزیستور تقویت کننده مجزا و ترانزیستور بازنشانی برای هر پیکسل در حسگرهای CMOS باعث شده تا تطبیق این اجزا یک چالش مهم در این حسگرها شده و همچنین سطح نویز در آن‌ها بیشتر از حسگرهای CCD شود. در ساختار DPS (Digital Pixel Sensor) که در شکل ۴-ج نشان داده شده است، در کنار هر پیکسل یک مبدل آنالوگ به دیجیتال، یک پردازنده سیگنال دیجیتال برای عملیات پردازشی نظیر کنترل خودکار بهره و یک حافظه وجود دارد.

حسگرهای استفاده شده در دوربین‌ها، برای تبدیل انرژی نورانی به انرژی الکتریکی، از دو نوع هستند:

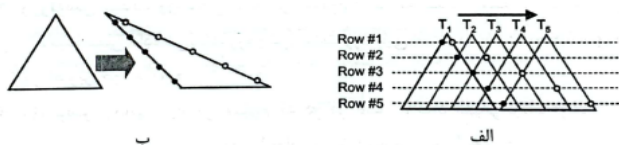
در نوع اول هر عنصر تصویری حساس به نور یا پیکسل از یک خازن MOS (شکل ۱) حساس به نور تشکیل شده است که به این نوع دوربین، دوربین CCD گفته می‌شود. در نوع دوم که قرار است در این سری از نشریه به آن بپردازیم، هر پیکسل از یک فتودیود و چند ترانزیستور CMOS تشکیل شده است که به آن دوربین CMOS می‌گویند.



شکل ۲

حسگرهای CMOS به جای خازن MOS از فتودیود در شکل‌های مختلف استفاده می‌کنند. فتودیود با کنار هم قرار دادن یک لایه از سیلیکون نوع P ساخته می‌شود. این کار باعث می‌شود بدون این که نیازی به اعمال ولتاژ مثبت به گیت پلی سیلیکونی باشد، ناحیه تخلیه ایجاد شود. همانند خازن MOS یک فوتون ممکن است در ناحیه تخلیه جذب و باعث ایجاد الکترون-حفره شود. در اینجا نیز ظرفیت ناحیه تخلیه با محدودیت‌های مشابه حسگرهای CCD مواجه است. برای افزایش حساسیت فتودیود ممکن است یک لایه نیمه هادی ذاتی بین اتصال PN قرار گیرد تا یک دیود PIN یا فتودیود پین شده ایجاد شود. ساختمان داخلی یک پیکسل CMOS در شکل ۲ نشان داده شده است. معماری حسگرهای CMOS با توجه به نحوه خواندن اطلاعات پیکسل‌ها نسبت به حسگرهای CCD به‌طور قابل توجهی متفاوت است. برخلاف حسگرهای CCD که باید بار الکتریکی هر حسگر در دو مرحله به صورت عمودی و افقی منتقل و سپس تقویت و به ولتاژ تبدیل شود، در حسگرهای CMOS امکان تبدیل بار الکتریکی در داخل پیکسل به‌طور مستقیم به کمیت ولتاژ وجود دارد. البته در این صورت قسمتی از فضای هر حسگر CMOS به این کار اختصاص داده و سطح حساس به نور کمتر می‌شود. به عنوان مثال همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، یک پیکسل CMOS علاوه بر فتودیود از چندین ترانزیستور CMOS از جمله ترانزیستور تقویت، بازنشانی و انتخاب تشکیل شده است.

برای نشان دادن این مساله یک جسم مثلثی شکل ۶ را در نظر بگیری که از چپ به راست در حال حرکت است در شکل زیر نقاط نمونه برداری شده از جسم متحرک واقع در سطر های تصویر در لحظات T_k ($k=1, \dots, 5$) نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می شود تصویر جسم دچار اعوجاج شده است.



تصویربرداری از یک جسم متحرک توسط دوربین CMOS با مسدودکننده غلتشی (Ohta, 2007)

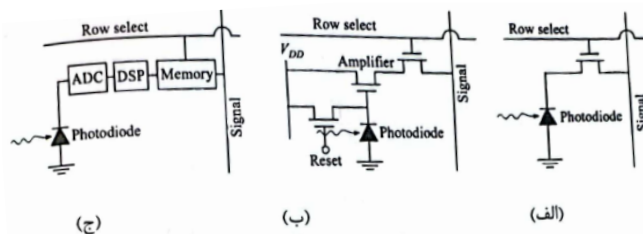
شکل ۶

مقایسه دوربین های CCD و CMOS:

در دوربین های CCD برای انتقال بار پیکسل ها به پایین آرایه پیکسل ها و در راستای سطر ها و ستون ها به مدار های راه انداز خاصی با خط تولیدی متفاوت از حسگر دوربین مورد نیاز است. بر خلاف دوربین های CCD در دوربین های CMOS خط تولید جدیدی برای ساختن تراشه های CMOS مورد نیاز نبوده و همان خطوط تولیدی که مدار های مجتمع را ایجاد می کنند، می توانند تراشه های ارزان قیمت CMOS را نیز تولید کنند. همچنین به دلیل سادگی مدار های داخلی تراشه های CMOS انرژی مصرفی آن ها کمتر است. به عبارت دقیق تر، انرژی مصرفی یک تراشه ی CMOS یک صدم مصرف انرژی یک تراشه CCD است. در گذشته در کاربرد هایی که کیفیت تصویری بالایی لازم بود از دوربین های CCD استفاده می شد. در دوربین های CMOS قسمتی از نور تابشی به جای فتودیود به ترازستور برخورد می کند. بنابراین دوربین های CMOS در مقایسه با دوربین های CCD حساسیت کمتری نسبت به نور دارند. ولی امروزه در اغلب دوربین های دیجیتال از تراشه های CMOS استفاده می شود.

منبع

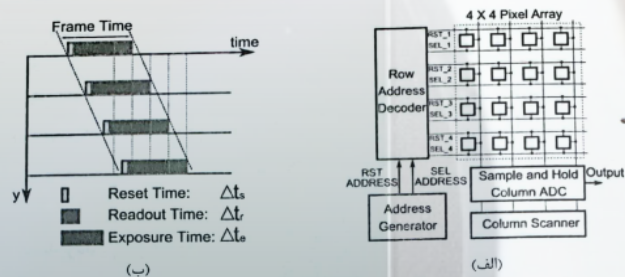
بینایی ماشین (یک رویکرد سخت افزاری/ نرم افزاری) دکتر قادر کریمیان و دکتر مریم شعاران



سه نمونه رایج پیکسل CMOS (Sze & Ng, 2006)

شکل ۴

در دوربین های CMOS دو مکانیزم تابش و بازخوانی وجود دارد که از طریق دو نوع مسدودکننده سراسری و غلتشی انجام می گیرد. در مسدودکننده سراسری ابتدا کل حسگرهای CMOS بازنشانی می شوند و سپس کلیه پیکسل ها از طریق مسدودکننده سراسری در معرض تابش نور قرار می گیرند. در مرحله بعد بار جمع شده در هر پیکسل CMOS به ناحیه محافظت شده در مقابل نور منتقل می شود. ساختار دوربین CMOS با مسدود کننده غلتشی در شکل ۵ نشان داده می شود. همان طور که می بینیم، پیکسل های موجود در هر سطر یک جا از طریق سیگنال $RST-i$ (شماره سطر مربوطه است) بازنشانی و این کار برای سطر های بعدی تکرار می شود. پس از بازنشانی هر سطر، پیکسل های سطر در معرض تابش نور قرار داده شده و پس از زمان ثابتی اطلاعات آن سطر بازخوانی می شود. همان طور که ملاحظه می شود، همزمان با خوانده شدن یک سطر، سطر های بعدی در معرض تابش نور قرار می گیرند. اگرچه سطر های دوربین به یک اندازه در معرض تابش نور قرار داده می شوند، ولی لحظه ای که یک سطر در معرض تابش نور قرار می گیرد، نسبت به سطر قبلی دارای تاخیر است. با این کار ممکن است تصاویر اجسام متحرک توسط دوربین مجهز به مسدود کننده غلتشی به درستی ثبت نشود.



نحوه خواندن اطلاعات پیکسل ها در یک دوربین CMOS با مسدودکننده غلتشی. (الف) ساختار حسگر، (ب) نمودار زمانی خواندن (Gu, Hitomi, Mitsunaga, & Nayar, 2010)

شکل ۵



سلول خورشیدی پروسکایتی

پریانیکجو تبریزی - دانشجوی دکتری
فوتونیک / دانشگاه تبریز

مقدمه

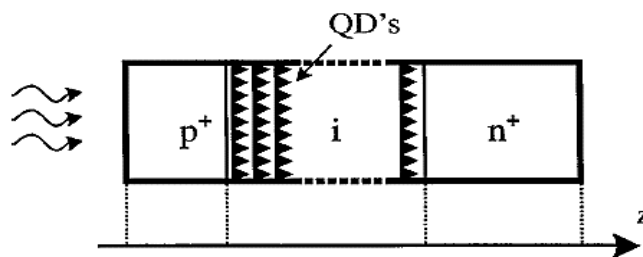
این موارد می توان به استفاده از مواد پروسکایت و یا خاصیت نقطه کوانتومی مواد اشاره کرد [۱].

با در نظر گرفتن پیشرفت های اخیر در دستگاه های الکترونیک نوری مختلف و سیستم های ابعاد پایین، استفاده از نقاط کوانتومی به عنوان طرحی برای افزایش بازده سلول های خورشیدی پیشنهاد می شود، بطوریکه اعمال محدودیت های کوانتومی در هر سه بعد در نانو کریستال های نیمه رسانا توانایی تشکیل نقاط کوانتومی را به وضوح نشان می دهد. در سال های اخیر چندین طرح برای افزایش بازده تبدیل توان در دستگاه های فتوولتائیکی معرفی شده اند، با استفاده از اتصال دو یا چند لایه $p-n$ طرحی تجانس سازی تشکیل می شود که تطابق بهتری نسبت به سلول های تک پیوندی با طیف خورشید ایجاد می کند و ممکن است بازده تبدیل بیش از ۵۰٪ را فراهم کند. نمونه ای از سلول های خورشیدی معرفی شده تحت عنوان $p-i-n$ junction هستند که از نقاط کوانتومی در لایه میانی آن ها استفاده شده است و از مزایای آن می توان به جذب فوتون بیشتر و در نتیجه کارایی بهتر سلول اشاره کرد. بنابراین سلول های خورشیدی $p-i-n$ junction در حضور نقاط کوانتومی می توانند رویکرد جدیدی را برای مقابله با

با توجه به افزایش جمعیت و خواستار روز افزون جامعه بشریت بر استفاده از انرژی و نظر به رو به اتمام بودن منابع انرژی و همچنین نیاز به گذر زمان بسیار طولانی در جهت تجدیدپذیری آن ها، استفاده از انرژی های پاک و تجدیدپذیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته، طوری که بهره برداری از انرژی خورشیدی بعنوان دغدغه ای برای جوامع علمی تبدیل شده است. مشاهده پدیده فتوولتائیک به فیزیکدان فرانسوی الکساندر ادمونند بکرل نسبت داده می شود که در سال ۱۸۳۹ این پدیده نوظهور را مشاهده کرده بود. در سال ۱۸۸۳ چارلز فریت نخستین سلول خورشیدی را با بازده ۱٪ ساخت که از نیمه رسانای سلینیوم با یک لایه نازک از طلا کار خود را به نمایش گذاشت. با گذشت زمان سلول های خورشیدی گسترش یافتند اما در این میان مسائلی وجود داشت که بایستی در جهت حل آن ها تلاش می شد. این بار تنها رفع نیاز نبود که مورد توجه قرار می گرفت، بلکه تلاش برای کاهش هزینه های تولید و افزایش بازده با همت بیشتری در پیش گرفته شد. در این میان پیشنهاد های مختلفی ارائه می شد که هر کدام به نحوی در دست یابی به هدف نهایی کمک کننده بودند؛ یکی هزینه ها را کاهش می داد و دیگری بازده را بالا می برد. از جمله

مسائل مرتبط به بازده سلول خورشیدی ارائه دهند.

می توان گفت که سلول های خورشیدی پروسکایتی گزینه مناسبی در میان سلول های خورشیدی کارآمد می باشند [۳].



شکل ۱: سلول خورشیدی اتصال p-i-n



شکل ۳: نیروگاه خورشیدی

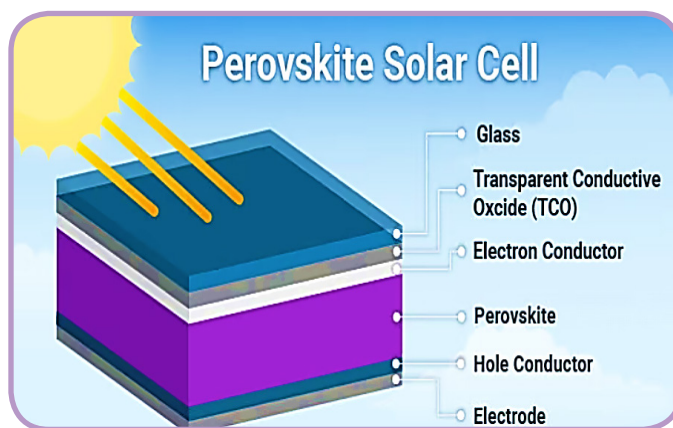
وامانیر و گاه خورشیدی که یک مجموعه شگفت انگیز و منحصر بفرد از قطعات مهندسی شده است و نور خورشید را به صورت مستقیم (از طریق فتوولتائیک) و یا غیر مستقیم (نیروگاه های حرارتی) به برق تبدیل می کنند.

اجزای اساسی نیروگاه های خورشیدی شامل پنل خورشیدی (برای جذب نور خورشید و تبدیل آن به برق)، مبدل خورشیدی، باتری خورشیدی و سایر لوازمی است که برای راه اندازی یک سیستم کارآمد نیاز است. در نیروگاه ها هدف تامین نیاز و در عین حال کاهش هزینه می باشد و از فناوری های مختلفی نیز استفاده می شود که فناوری فتوولتائیک خورشیدی بهترین گزینه برای جمع آوری حداکثر میزان نور خورشید و تبدیل آن به برق است.

منابع

- [1] V. Aroutiounian, S. P. (2001). Quantum dot solar cells. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS.
- [2] Mengmeng Hao, S. D. (2024). Perovskite Quantum Dot Solar Cells: Current Status and Future Outlook. ACS ENERGY LETTERS.
- [3] Raghda Kalthoum, M. H. (2022). Optical properties of new organic-inorganic hybrid perovskites (CH₃)₂NH₂CdCl₃ and CH₃NH₃CdCl₃ for solar cell applications. Optical materials.

پروسکایت ماده ای معدنی و تقریباً نوظهور که در سال ۱۸۳۹ توسط گستاو رز از رشته کوه های اورال روسیه کشف شد. اینبار در جهت حل مسائل مرتبط با سلول های خورشیدی ایده استفاده از پروسکایت ها نیز مطرح شد و به جدیت دنبال گردید. تا جاییکه از پروسکایت به عنوان ماده ای با ویژگی های متحول کننده در ساختار سلول ها استفاده شد. هنگامی که اندازه کریستال ها کوچکتر از شعاع بوهر بوده یا به آن ها نزدیک شوند، نانو بلورهای پروسکایتی اثرات محصور شدگی کوانتومی مانند شکاف باند قابل تنظیم و رفتارهای محدودی را نشان می دهند که به آن ها نقاط کوانتومی پروسکایتی می گویند. ویژگی های کلیدی و قابل توجه نقاط کوانتومی پروسکایتی را می توان تحت عنوان تحمل عیوب، طول عمر بالای حاملین، تحرک پذیری بالا و ... نام برد که با توجه به این خصوصیات برای دستگاه های الکترونیک نوری در مقایسه با نقاط کوانتومی ساده جایگزین شده اند. طوری که نقاط کوانتومی پروسکایتی جای نقاط کوانتومی را به عنوان ماده جاذب نور در برمی گیرند. تمام این ویژگی ها با همکاری یکدیگر عملکرد سلول خورشیدی مبتنی بر نقاط کوانتومی پروسکایتی را بهبود می بخشند و به ولتاژ مدار باز (V_{oc}) بالا کمک شایانی می کند [۲].



شکل ۲: سلول خورشیدی پروسکایت

طی مطالعات انجام گرفته بررسی خواص نوری در طراحی دقیق سلول های خورشیدی مبتنی بر پروسکایت ضروری است. در واقع نیمه رساناهای پروسکایتی با توجه به ساخت سریع و آسان، لایه های جاذب را با هزینه های کم و عملکرد نوری بالا ارائه می دهند که برخی از این ویژگی ها عبارتند از: شکاف باند قابل تنظیم، هدایت نوری، جذب نوری بالا و ... به همین علت است که این نیمه رساناها کاندید ایده آلی برای کاربرد سلول های خورشیدی هستند. طی بررسی های انجام یافته در ارتباط با پروسکایت ها و خواص نوری آن ها به جرات

سلول فتوولتائیک

زهرالہوطالی - دانشجوی کارشناسی ارشد
فوتونیک / دانشگاه تبریز

سلول‌های خورشیدی منعطف به عنوان یک فناوری نوظهور، امکانات گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف ارائه می‌دهند. با این حال، توسعه و بهینه‌سازی این فناوری با چالش‌های مختلفی روبرو است، از جمله استفاده از مواد انعطاف‌پذیر با خواص الکترونیکی و مکانیکی مناسب و بهینه‌سازی فرآیندهای ساخت، بحران انرژی یکی از مسائل مهم در دنیای امروز می‌باشد. و کشورهای مختلف از راهکارهای متفاوتی برای حل این مسئله استفاده می‌کنند. منابع انرژی تجدیدناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی به سرعت رو به اتمام است. استفاده از این منابع آلودگی‌های زیست محیطی بسیاری به همراه دارد که منجر به بروز پدیده گرمای جهانی می‌شود. از این رو تمایل به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی باد، انرژی خورشید و زمین گرمایی رو به افزایش بوده و سرمایه‌گذاری‌های کلانی در کشورهای پیشرفته بر روی این نوع از منابع انرژی انجام شده است. سلول‌های خورشیدی انعطاف‌پذیر به عنوان یک فناوری پیشرفته و نوظهور اهمیت زیادی دارند و به ویژه در برابر سلول‌های سیلیکونی سخت، امکانات کاربردی گسترده‌تری دارند. آن‌ها می‌توانند بر روی سطوح مختلفی مثل پوشش‌های ساختمانی، لباس‌ها، دستگاه‌های الکترونیکی انعطاف‌پذیر و حتی دستگاه‌های پزشکی استفاده شوند. همچنین می‌توانند در مناطقی با محیط‌های غیر معمول مانند مسافرت‌های فضایی، مناطق نیمه‌خشک یا محیط‌هایی با شرایط خاص آب و هوایی مورد استفاده قرار گیرند. سلول‌های خورشیدی منعطف کارایی و بازدهی بالاتری نسبت به سلول‌های سیلیکونی دارند. که این نشان دهنده اهمیت سلول‌های خورشیدی منعطف در توسعه فناوری است. در دو دهه اخیر سلول‌های خورشیدی آلی به علت مزایای ویژه‌ای از قبیل: هزینه‌ی اندک، آسانی فرآیند ساخت، وزن سبک، انعطاف‌پذیری مکانیکی و ... زمینه‌ی تحقیقاتی بسیار مهمی را به خود اختصاص داده‌اند. پیشرفت‌های جدید در این زمینه معطوف به تغییرات در ترکیب و نحوه‌ی ایجاد لایه‌های مختلف در جهت افزایش راندمان آن‌ها است. سلول‌های خورشیدی آلی عموماً از ترکیب یک ماده به عنوان دهنده‌ی الکترون و یک ماده به عنوان پذیرنده‌ی الکترون در لایه‌ی فعال خود ساخته می‌شوند. در این گونه سلول‌های عملیات بار الکتیریکی، در ساده‌ترین حالت با انتقال یک الکترون از ماده‌ی دهنده به ماده‌ی پذیرنده صورت می‌گیرد. ضخامت ماده‌ی دهنده‌ی الکترون ۱۰۰ نانومتر در نظر گرفته می‌شود. در واقع این لایه باید به اندازه‌ای ضخیم باشد، تا بتواند نور لازم و کافی را جهت تولید حامل‌های بار مقید (اکسایتون) جذب کند. وقتی نور در سلول‌های خورشیدی آلی جذب می‌شود، اکسایتون، یعنی یک جفت الکترون و حفره‌ی مقید به هم، تولید می‌شود. اکسایتون‌ها به دلیل فرآیند نفوذ با طول نفوذ در حدود ۲۰ نانومتر، داخل سلول به حرکت در می‌آیند. هنگامی که آنها به سطح مشترک بین دو ماده‌ی دهنده و پذیرنده الکترون می‌رسند.

حامل‌های بار مقید (اکسایتون) جذب کند. وقتی نور در سلول‌های خورشیدی آلی جذب می‌شود، اکسایتون، یعنی یک جفت الکترون و حفره‌ی مقید به هم، تولید می‌شود. اکسایتون‌ها به دلیل فرآیند نفوذ با طول نفوذ در حدود ۲۰ نانومتر، داخل سلول به حرکت در می‌آیند. هنگامی که آنها به سطح مشترک بین دو ماده‌ی دهنده و پذیرنده الکترون می‌رسند.

ساختارهای نانومتری می‌توانند طیف جذب سلول را تغییر داده و به سلول‌ها کمک کنند تا نور را بهتر جذب کنند. به کاهش هزینه‌های تولید سلول‌های خورشیدی کمک کند، زیرا موادی که برای تهیه آن‌ها استفاده می‌شوند اغلب ارزان‌تر و راحت‌تر در دسترس هستند. کوانتوم دات‌ها می‌توانند خواص پایداری و طول عمر سلول‌های خورشیدی را بهبود ببخشند، با این حال، برای بهره‌برداری بهینه از کوانتوم دات‌ها، نیاز به طراحی و بهینه‌سازی مناسب لایه فعال سلول و انتخاب مناسب مواد و ساختارها وجود دارد. در واقع هدف اصلی این پروژه، ساخت و بهینه‌سازی فناوری سلول‌های خورشیدی منعطف با سنتر کوانتوم دات‌ها در ساختارهای فعال است. این شامل بهبود بازدهی، کاهش هزینه‌ها، و افزایش پایداری و عمر مفید سلول‌ها می‌شود.

اصطلاحات اساسی در توصیف عملکرد سلول‌های خورشیدی: عملکرد یک سلول خورشیدی می‌تواند توسط منحنی ولتاژ جریان آن ارزیابی شود. به دلیل تفاوت‌های موجود در ساز و کار سلول خورشیدی، در اینجا تنها موارد مربوط به منحنی ولتاژ جریان معرفی خواهد شد.

شدت استاندارد نور خورشید (AM 1/5): یک توزیع تابش طیفی استاندارد در زمین.

جریان اتصال کوتاه (JSC): جریان شارش شده به وسیله فوتوولتاییک زمانی که مورد تابش قرار می‌گیرد و الکترون‌های آن به هم متصل می‌شوند.

ولتاژ مدار باز (VOC): ولتاژ تولید شده توسط وسیله فوتوولتاییک مورد تابش وقتی هیچ بار خارجی به آن متصل نیست.

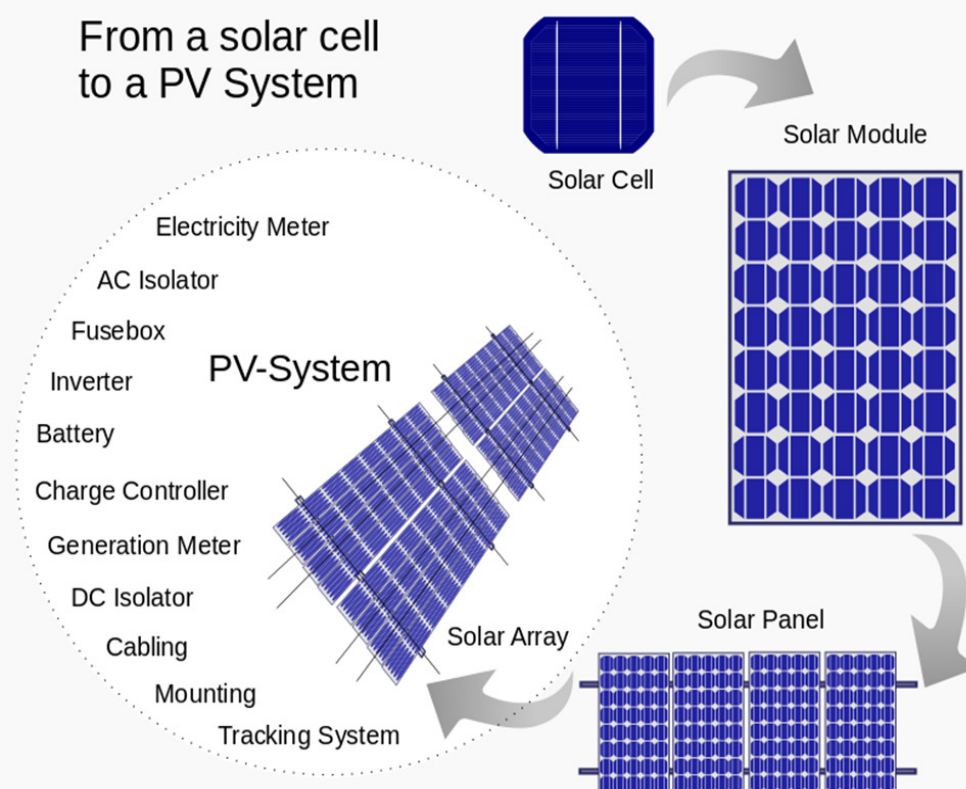
ضریب انباشت (FF): نسبت توان حقیقی که یک سلول خورشیدی می‌تواند تامین کند و به بیشینه‌ی پیش‌بینی شده توسط جریان مدار کوتاه و ولتاژ مدار باز آن.

مطالعات پیشین در زمینه‌ی ساخت و بهینه‌سازی سلول‌های خورشیدی در حوزه‌های مختلفی انجام شده‌اند. برخی از این مطالعات عبارتند از:

بهینه‌سازی مواد، استفاده از فناوری‌های نوین برای تولید ساختارهای جدید، مدل‌سازی و بهبود عملکرد در شرایط مختلف، این مطالعات و تحقیقات به کمک بهبود فناوری سلول‌های خورشیدی و افزایش کارایی و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف کمک می‌کنند. در این پژوهش ما قصد داریم با اضافه کردن کوانتوم دات به لایه فعال سلول خورشیدی بازدهی سلول را افزایش دهیم، نقاط کوانتومی ذرات نیمه رسانا هستند که به اندازه‌ی اکسیژن شعاع بور کاهش یافته و به دلیل ملاحظات مکانیک کوانتوم، انرژی الکترونی که می‌تواند در آنها وجود داشته باشند، بسیار شبیه انرژی‌های یک اتم می‌شوند. از نقاط کوانتومی به عنوان (اتم‌های مصنوعی) یاد می‌شوند و به عنوان

منابع

- [1] Solar Cells. chemistryexplained.com
- S. Ashok and K.P. Pande. Solar Cells 14 1 (1985), p. 61
- [2] Econologie.com: écologie, économie, énergie, pétrole, moteurs, énergies renouvelables et consommation durable
- [3] J.F. Randall, Designing Indoor Solar Products – Photovoltaic Technologies for AES, John Wiley & Sons, 2005
- [4] M.A. Green, Physica E ۱۴ (۲۰۰۲) ۶۵–۷۰
- [5] M.A. Green, Solar Cells Operating Principles, Technology and System Applications, Prentice-Hall, 1986
- [6] M.A. Green, Physica E 14 (2002) 65-70





انجمن علمی نانو الکترونیک دانشگاه تبریز

Nano electronic

Tabriz University's Nano electronics Journal

No.2, Spring 2024

