دانشگاه صنعتی شاهرود

سلول های خورشیدی

سلول خورشیدید چیست

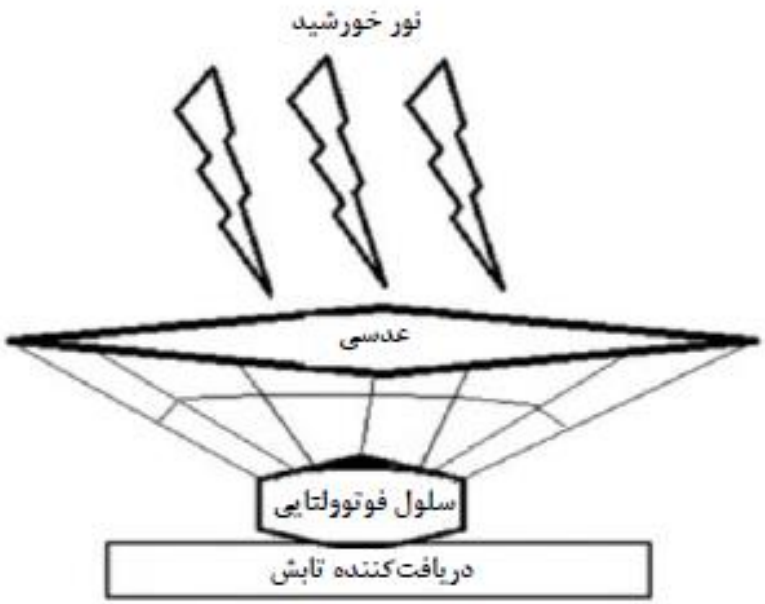
- سلول خورشیدی یک قطعه الکترونیکی است که نور خورشید را می‌گیرد و آن را مستقیماً به برق تبدیل می‌کند.
- هر سلول تقریباً به اندازه کف دست یک فرد بزرگسال، به شکل هشت ضلعی و به رنگ سیاه مایل به آبی است.
- سلول‌های خورشیدی معمولاً به هم می‌پیوندند و واحدهای بزرگتری به نام ماژول خورشیدی را می‌سازند، و این 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 ماشین‌حساب‌های جیبی و ساعت‌های دیجیتال باشد.

فناوري فتوولتائیک

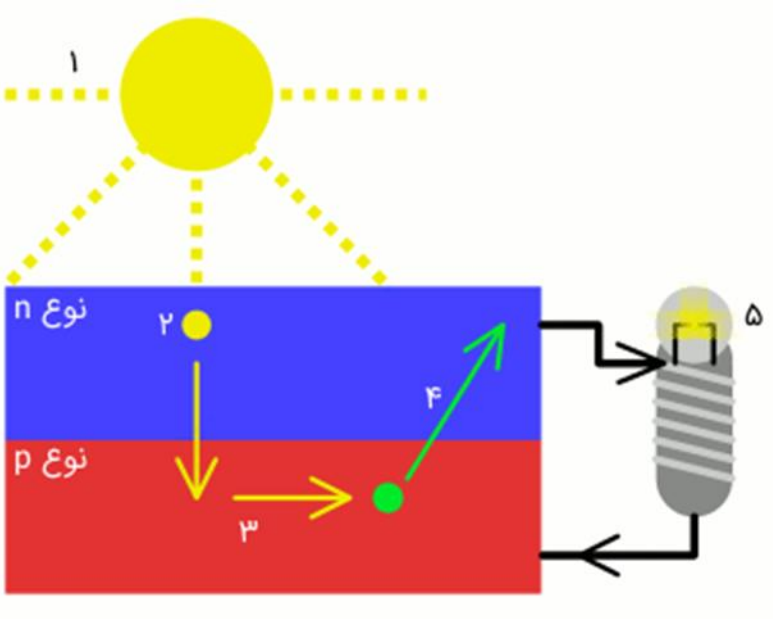
- در فناوری فتوولتائیک پرتوهای خورشیدی توسط صفحات سلول کوچکی از نیمه رساناهای فتوولتائیک، موسوم به سلول خورشیدی ، به الکتریسیته تبدیل می شود
- .
- **سلول های فتوولتائیک به دو شکل صفحه تخت ومتمرکزکننده ساخته می شوند.**

- **نوع صفحه تخت همان سلول های خورشیدی رایج است که نور را بی واسطه به**
- **نیمه رسانا می رساند و به الکتریسیته تبدیل می کند.**
- **ولی سلول های متمرکزکننده ابتدا نور خورشید را به کمک یک بازتابنده متمرکز و سپس آن را به سمت سلول خورشیدی هدایت می کنند.**

- برای اینکه سلولهای خورشیدی توضیح داده شود، نیاز هست نیمه هادی ها را توضیح دهیم



سلول‌های خورشیدی کانونی‌ساز



نیمه هادی

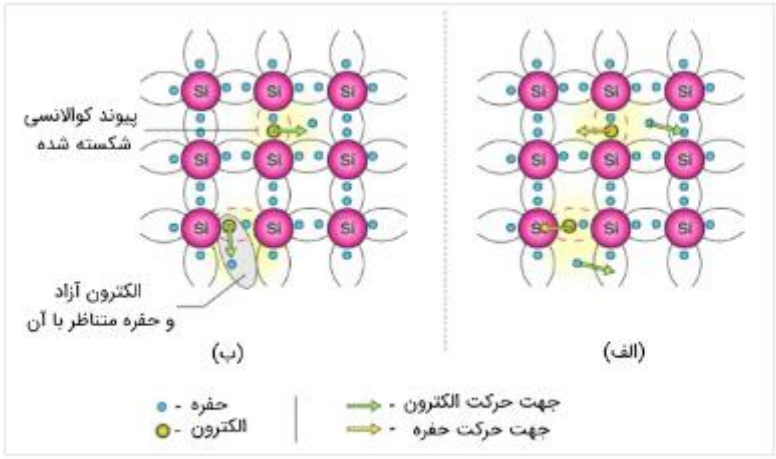
- نیمه هادی ها موادی هستند که رسانایی آن‌ها چیزی بین رسانایی هادی‌ها (اغلب فلزات) و غیرهادی‌ها یا عایق‌ها (مانند سرامیک‌ها) است. نیمه هادی ها می‌توانند ترکیباتی مانند گالیم آرسنید یا عناصر خالص مانند ژرمانیوم یا سیلیکون باشند.
- نیمه هادی ها را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱- نیمه هادی ذاتی

۲- نیمه هادی غیر ذاتی

نیمه هادی ذاتی

- . این نیمه‌هادی فقط از یک نوع عنصر تشکیل شده است. ژرمانیوم Geو سیلیکون Siمتداول‌ترین انواع عناصر نیمه‌هادی ذاتی هستند.
- وقتی دما افزایش می‌یابد یا تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار می گیرند، در اثر برخورد، تعداد کمی الکترون محدود نشده هستند و می‌توانند آزادانه در شبکه حرکت کنند، بنابراین در موقعیت اصلی (حفره) خود غیبت ایجاد می‌شود.
- این الکترون‌ها و حفره‌های آزاد به هدایت الکتریسیته در نیمه‌هادی کمک می‌کنند.



ساز و کار هدایت نیمه‌هادی‌های ذاتی (الف) در حضور میدان الکتریکی (ب) در صورت عدم وجود میدان الکتریکی

نیمه هادی غیر ذاتی

- با افزودن تعداد کمی از اتم‌های جایگزین مناسب به نام ناخالصی می‌توان رسانایی نیمه هادی ها را بسیار بهبود بخشید.
- به فرایند افزودن اتم‌های ناخالصی به نیمه‌هادی خالص آلاییدن یا دوپینگ گفته می‌شود. معمولاً فقط یک اتم در 10^7 تا با یک اتم آلاییده در نیمه‌رسانای ناخالص‌شده جایگزین می‌شود. یک نیمه‌هادی غیرذاتی را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

- نیمه‌هادی نوع N
- نیمه‌هادی نوع P

نیمه‌هادی نوع N

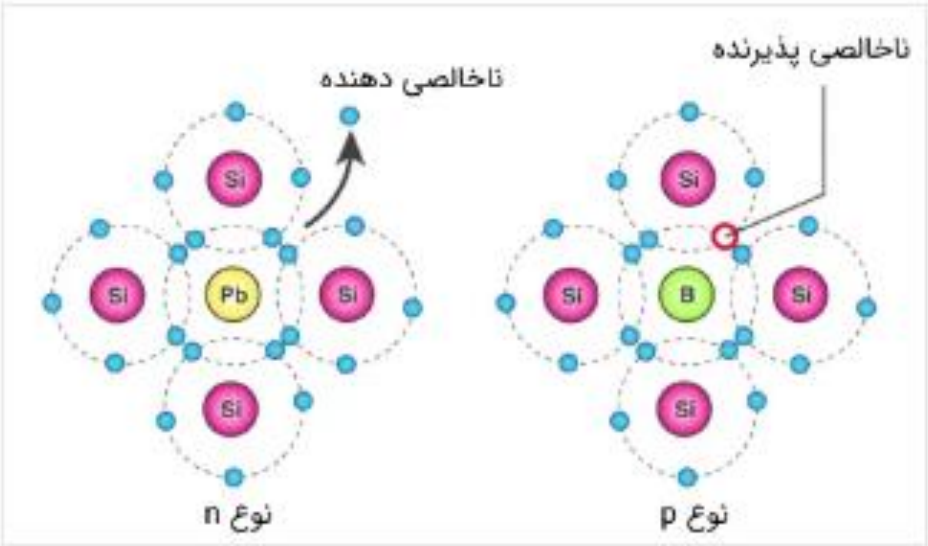
- هنگامی که یک نیمه‌هادی خالص (سیلیکون یا ژرمانیوم) توسط ناخالصی پنج ظرفیتی (P، As، Sb، Be) ناخالص شود، چهار الکترون از پنج الکترون با چهار الکترون Geیا Siپیوند می‌خورند.

- پنجمین الکترون دوپینگ آزاد می‌شود. بنابراین، اتم ناخالصی یک الکترون آزاد برای هدایت در شبکه می‌دهد و دهنده نامیده می‌شود. از آنجا که تعداد الکترون آزاد با افزودن ناخالصی افزایش می‌یابد، حامل‌های بار منفی نیز افزایش می‌یابند. از این رو به آن نیمه‌هادی نوع nگفته می‌شود.

نیمه‌هادی نوع P

- هنگامی که یک نیمه‌هادی خالص با یک ناخالصی سه ظرفیتی ناخالص شود، (Ga ،In ،Al,B)پس از آن، سه الکترون ظرفیت پیوند ناخالصی با سه الکترون از چهار الکترون نیمه‌هادی پیوند می‌خورند.

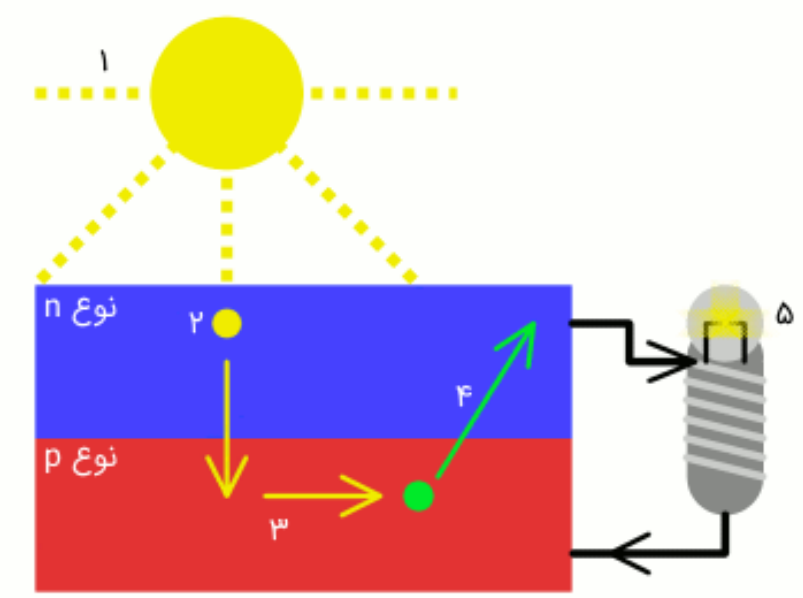
- این امر باعث عدم وجود الکترون (حفره) در ناخالصی می‌شود. این اتم‌های ناخالصی که آماده پذیرش الکترون‌های پیوندی هستند «پذیرنده» نامیده می‌شوند.



انواع نیمه هادی غیرذاتی

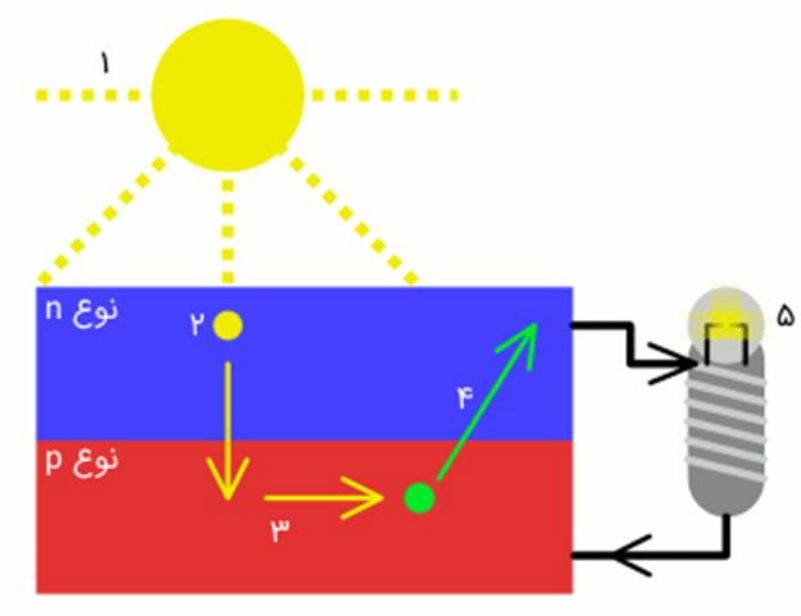
سلول خورشیدی چگونه کار می کند

- سلول خورشیدی یک ساندویچ از دو لایه مختلف سیلیکون است که به طور خاص آلاییده شده‌اند (به آن‌ها ناخالصی افزوده شده است)
- وقتی یک لایه سیلیکون نوع nرا روی یک لایه سیلیکون نوع p قرار می‌دهیم.
-



مراحل تولید برق سلول خورشیدی

۱. وقتی نور خورشید به سلول می‌تابد، فوتون‌ها (ذرات نور) سطح بالایی را بمباران می‌کنند.
۲. فوتون‌ها (توده‌های زرد) انرژی خود را از طریق سلول به پایین انتقال می‌دهند.
۳. فوتون‌ها انرژی خود را به الکترون‌ها (توده‌های سبز) در لایه پایین‌تر و نوع P می‌دهند.
۴. الکترون‌ها از این انرژی برای پرش از طریق سد به لایه فوقانی نوع n و گردش از مدار استفاده می‌کنند.
۵. الکترون‌ها با گردش در مدار لامپ را روشن می‌کنند

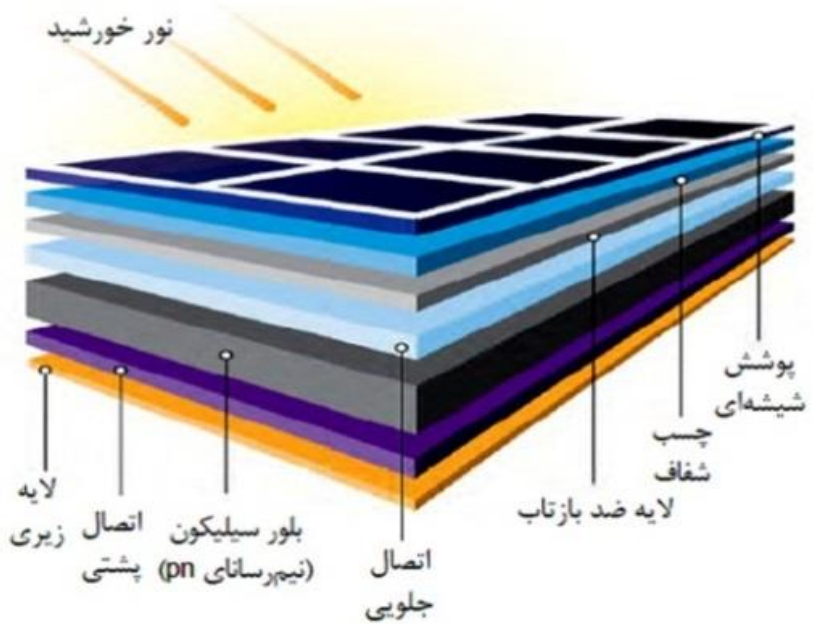


سلول های خورشیدی نسل اول

- تک بلور سیلیکونی
- چند بلور سیلیکونی

سیلیکون تک بلوری

- سلول های سیلیکون بلوری نخستین نسل از سلول های خورشیدی هستند.
- اولین سلول سیلیکون بلوری در سال ۱۹۵٤ در آزمایشگاه بل آمریکا ساخته شد و تا دهه ۱۹۸۰بیشترین کاربرد این سلول ها محدود به فضاپیماها و ماهواره ها می شد.
- با توسعه این سلول ها و کار روی بازدهی آن ها از سال ۱۹۸۰ تا به امروز، بازده ۲۵ ٪ در شرایط آزمایشگاهی برای سلول های سیلیکون تک بلوری نیز حاصل شده است.



سیلیکون چند بلوری

- پردازش سلول های خورشیدی سیلیکونی چندبلوری بسیار مقرون به صرفه اند که با خنک کردن در قالب گرافیتی پر شده از سیلیکون مذاب ایجاد می شوند.
- سلول های خورشیدی سیلیکونی چندبلوری در حال حاضر معروف ترین نوع سلول های خورشیدی اند.
- .
- بیشتر پلی‌سیلیکون‌های تولید شده در سراسر جهان را مصرف می‌کند.
- برای تولید ۱ مگاوات ماژول‌های خورشیدی معمولی حدود ۵ تن پلی‌سیلیکون مورد نیاز است

مهم ترین سلول های خورشیدی نسل دوم

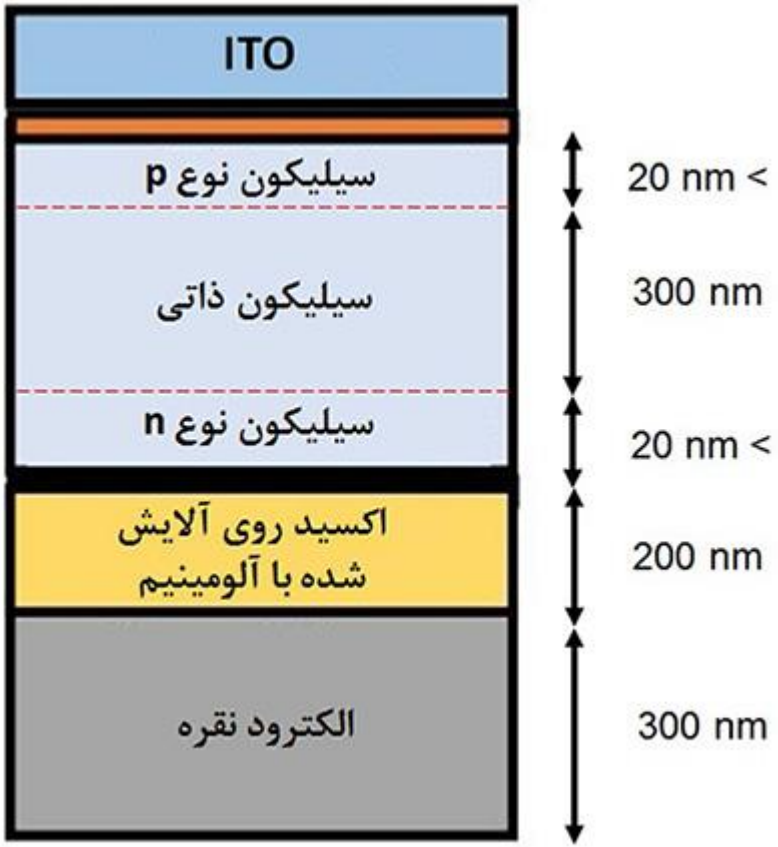
- لایه نازک سیلیکون آمورف
- لایه نازک کادمیم تلورید
- سلول خورشیدی فیلم نازک TFSC، که سلول فتوولتائیک فیلم نازک TFPVنیز نامیده می‌شود.
- نسل دوم سلول‌های خورشیدی است که از قرار دادن یک یا چند لایه یا پوشش نازک TFاز مواد فتوولتائیک بر روی لایه‌ای از شیشه، پلاستیک یا فلز درست می‌شود.
- از لحاظ تجاری سلول‌های خورشیدی فیلم نازک با استفاده از تکنولوژی‌های مختلفی ساخته می‌شوند

لایه نازک سیلیکون آمورف

- . سیلیکون آمورف ماده‌ای با فر اوانی بالا و غیر سمی است.
- تولید این ماده نیازمند فرایند دمایی پایین می‌باشد .
- با توجه به استفاده از مواد ارزان قیمت و انعطاف‌پذیر، تولیدی قابل توجهی داشته و نیازمند مواد سیلیکونی کمی می‌باشد.
- سیلیکون امورف محدوده‌ای وسیع از طیف نوری را جذب می‌کند، که شامل طیف‌های فراسرخ و حتی ماوراءبنفش می‌شود و در نور ضعیف بسیار خوب عمل می‌کند.
- این کار اجازه تولید نیرو راد ر اویل صبح، در اواخر بعداظهر، روزهای بارانی و ابری، به سلول می‌دهد.
- این سلول بازدهی بالایی نسبت به سلول های سیلیکونی ندارد

- لایه‌های نازک سیلیکون نوع n و p با ضخامت‌های کمتر از ۲۰ نانومتر است.
- دیگر لایه‌های نازک به کار گرفته شده در این دسته از سلول‌های خورشیدی لایه سیلیکون ذاتی با ضخامت ۳۰۰ نانومتر، لایه اکسید ایندیم قلع ITO با ضخامت ۱۵۰ نانومتر، لایه اکسید روی آلایش شده با آلومینیوم AZO با ضخامت ۲۰۰ نانومتر و الکترود نقره با ضخامت ۳۰۰ نانومتر هستند
- ضخامت نهایی پنل‌های مونتاژشده بر پایه این سلول‌ها می‌تواند تا ۳۰۰ برابر نسبت به سلول‌های سیلیکونی بلوری کمتر باشد.
- برای تهیه لایه نازک سیلیکون آمورف معمولا از روش‌های تبخیری مانند رسوب دهی شیمیایی از فاز بخار به کمک پلاسما PECVD استفاده می‌شود.

Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)


ITO
سیلیکون نوع p
سیلیکون ذاتی
سیلیکون نوع n
اکسید روی آلایش
شده با آلومینیم
الکترود نقره
20 nm <
300 nm
20 nm <
200 nm
300 nm

معایب

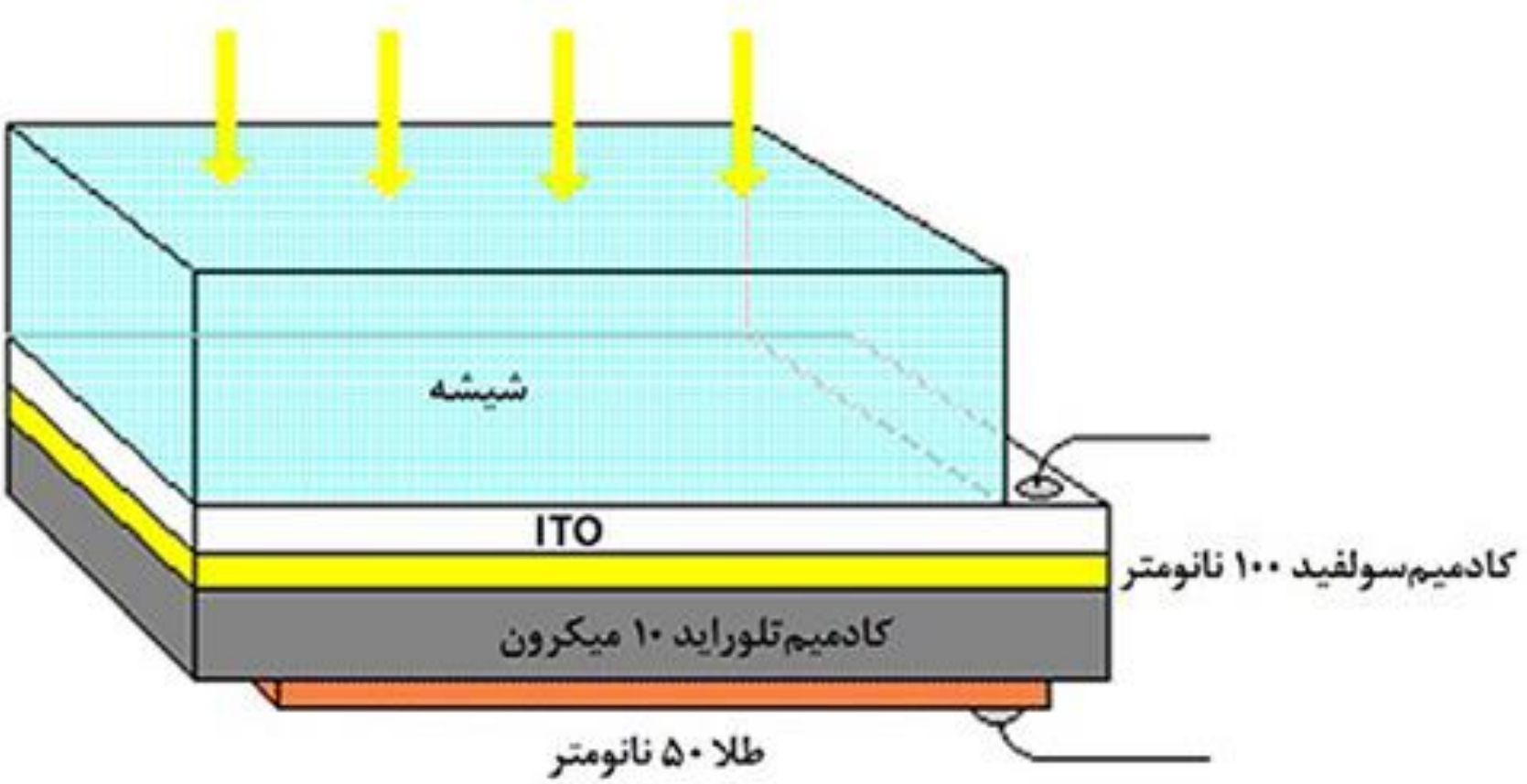
- با توجه به راندمان پایین‌تر نسبت به دیگر پنل‌ها برای پروژه‌های خانگی و مکان‌های با فضای محدود مناسب نیستند.
- در مقایسه با پنل‌های کریستال سیلیکون زودتر دچار افت بازده می‌شوند.

لایه نازک کادمیم تلورید

- لایه جاذب این دسته از سلول‌های خورشیدی لایه‌ای با ضخامت ۱۰ میکرون از کادمیوم تلورید به صورت نیمه هادی غیر ذاتی نوع pاست.

لایه‌های به کار رفته در سلول‌های خورشیدی کادمیوم تلورید عبارت اند از:

- ۱- شیشه رسانای هادی: معمولا از شیشه‌های حاوی لایه اکسید قلع ایندیم ITOبه عنوان الکترود جلویی استفاده می‌شود.
- ۲- نیمه هادی کادمیم سولفید CdSپلی کریستال نوع n با ضخامت ۱۰۰ نانومتر که به عنوان لایه پنجره عمل می‌کند.
- ۳- لایه جاذب این دسته از سلول‌های خورشیدی لایه‌ای با ضخامت ۱۰ میکرون از کادمیوم تلورید به صورت نیمه هادی غیر ذاتی نوع pاست
- ٤- طلا با ضخامت ۵۰ نانومتر که به عنوان الکترود پشتی لایه نشانی می‌شود.



تولید این نوع پنل‌ها تنها منحصر به دو شرکت خاص است؛ بطوریکه در حال حاضر تنها دو شرکت First Solarامریکا و شرکت Calyxoآلمان به صورت تجاری اقدام به ساخت این نوع از پنل‌ها کرده‌اند

مزایا ومعایب سلول کادمیم تلوراید

- شرکت First Solarیک طرح جامع بازیافت پنل‌های خورشیدی را پیاده کرده است. به طوری که تا ۹۵ درصد مواد نیمه‌هادی و ۹۰ درصد شیشه‌های مورد استفاده از پنل‌ها بازیافت شده و برای ساخت دوباره پنل از آن‌ها استفاده می‌شود.
- تلوریوم که از آن یون‌های تلوراید ساخته می‌شود، عنصری کمیاب و آزمایشگاهی است که باعث می‌شود تولید انبوه این تکنولوژی در آینده با مشکلات اقتصادی مواجه شود.

مهم ترین سلول های خورشیدی نسل سوم

سلول های خورشیدی حسااس شده به رنگ

- به طور کلی، از ویژگیهای سلولهای خورشیدی حساس شده با رنگ در مقایسه با سلولهای خورشیدی دیگر میتوان به هزینه ی پایین تولید، تنوع رنگ و شکل، انعطاف پذیری و سبک وزنی اشاره کرد.
- این در حالی است که سلولهای خورشیدی حساس شده با رنگ نسبت به سلولهای خورشیدی دیگر بازده پایینتری نشان میدهند که لازم است به طور قابل توجهی بهبود داده شود.
- سلول خورشیدی حساس شده با رنگ تنها نمونه ای از فناوری نسل سوم سلولهای خورشیدی است که تاکنون به مرحله ی تجاری سازی رسیده است .

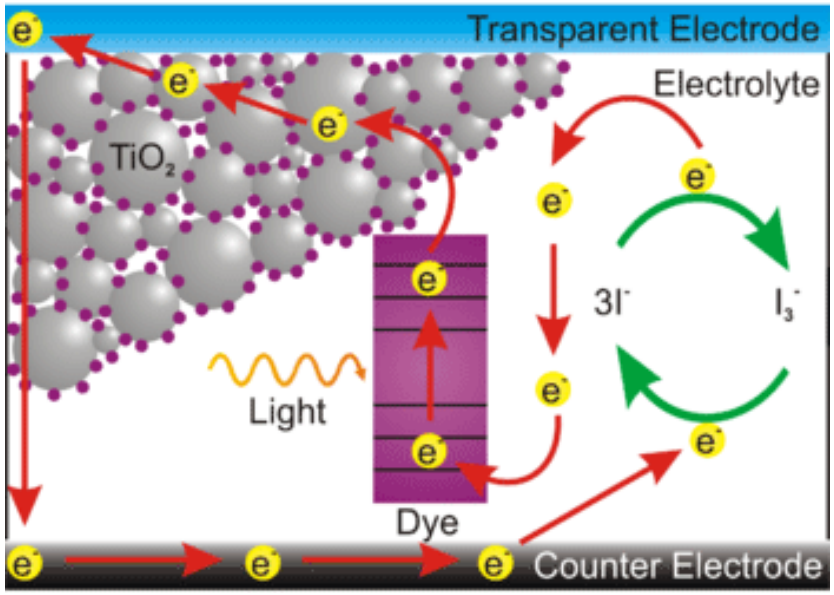
مکانیسم عملکرد سلو های خورشیدی حساس شده به رنگ

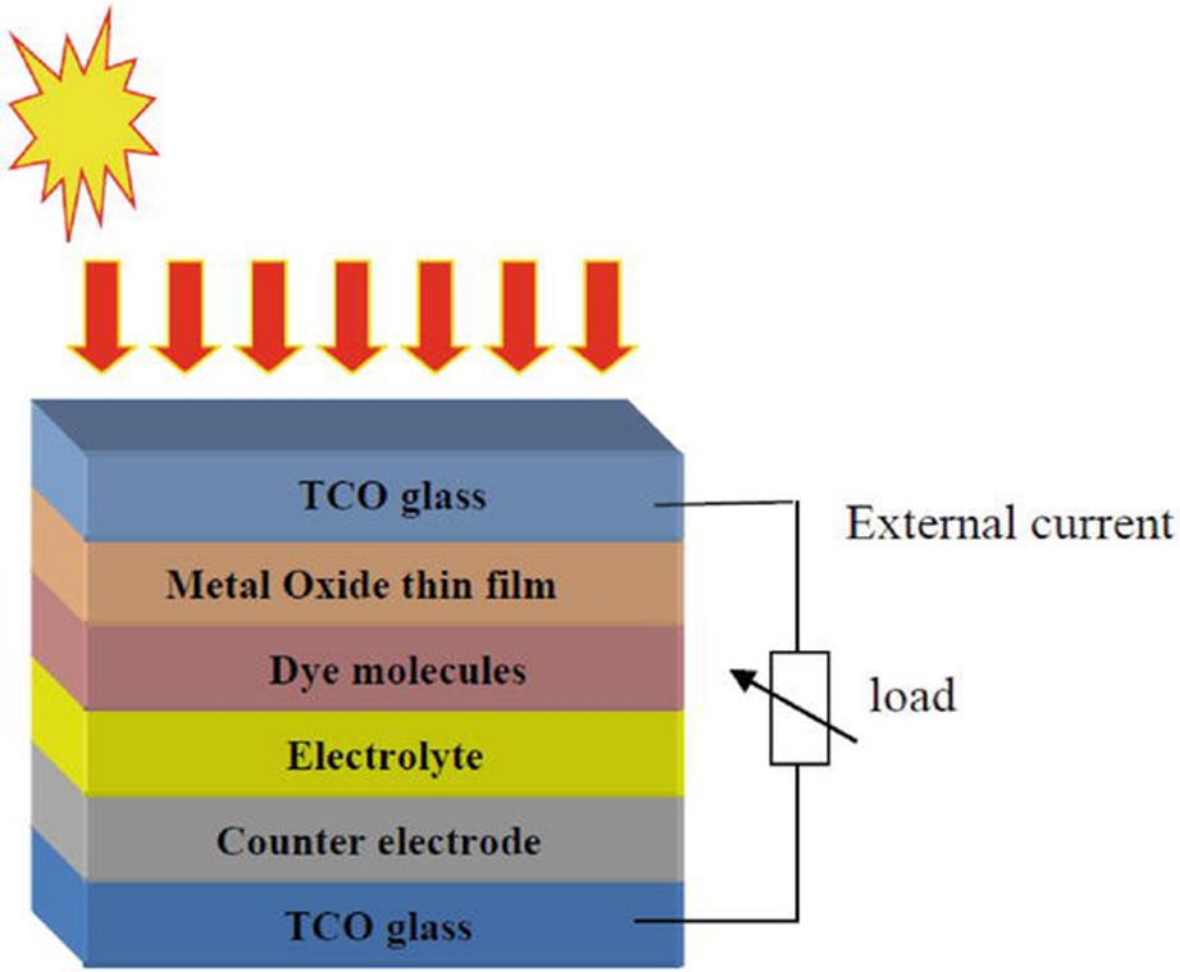
- نور خورشید با عبور از الکترولیت شفاف، به مولکول رنگ رسیده و الکترون‌های آن را برانگیخته می‌کند.
- این الکترونها وارد تیتانیا می‌شوند. تیتانیا نیمه‌رسانا با نوار ممنوعه حدود ۳/۵ الکترون‌ولت است.
- الکترون‌ها دراین نوار ممنوعه جذب و تیتانیا میدان الکتریکی و در نتیجه آن جریان ایجاد می‌کند. این جریان وارد مدار شده و بعد به کاتد انتقال می‌یابد.
- کاتد(پلاتین) همچنین نقش کاتالیزور نیز دارد و الکترون‌ها را وارد الکترولیت می‌کند تا از طریق واکنش شیمیایی در الکترولیت، دوباره الکترون‌ها وارد مولکول رنگ شوند.
- نقش الکترولیت ها تولید الکترون لازم برای بازگشت ماده رنگینه به حالت پایه و تکرار فرایند برانگیختگی است. بنابر این، عملکرد طولانی مدت سلول های خورشیدی حساس شده با رنگدانه وابسته به بخش الکترولیت است

الکترولیت ۱- متیل -۳-پروپیل ایمیدازولیوم یدید (MPII)

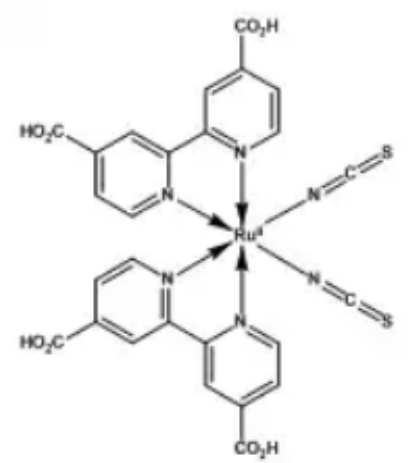
مکانیسم عملکرد سلو های خورشیدی حساس شده به رنگ

- $I^{3-} + 2\ e^{-} \rightarrow 3\ I^{-}$

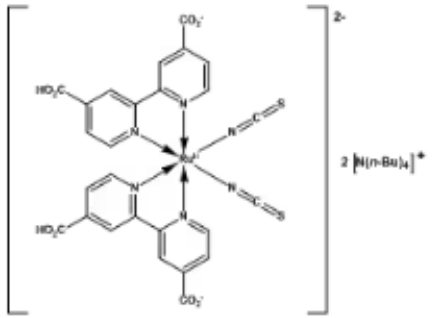




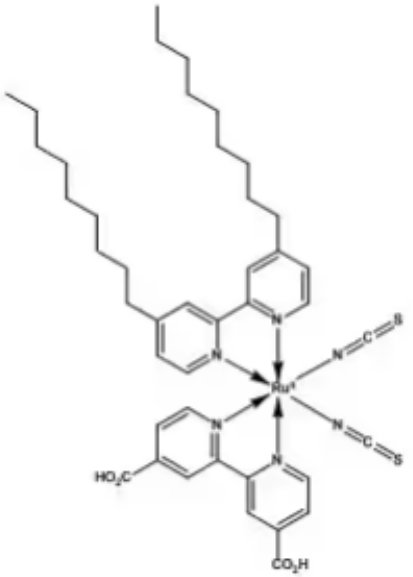
Transparent conductive oxide (TCO)



N-3 $C_{26}H_{16}N_6O_8RuS_2$ Mol Wt: 705.64



N-719 $C_{58}H_{86}N_8O_8RuS_2$ Mol Wt: 1188.55



Z-907 $C_{42}H_{52}N_6O_4RuS_2$ Mol Wt: 870.10

Figure 2. Ruthenium-based N-3, N-719 and Z-907 dyes.

رنگ‌های حساس به نور معمولا از کمپلکس‌های روتنیوم پلی‌پیریدین استفاده می‌شود

کاربردهای سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ

سلول خورشیدی حساس به رنگ، به‌عنوان یک فناوری نوین در زمینه انرژی، کاربردهای گسترده‌ای دارند. در زیر به برخی از مهم‌ترین کاربردهای این سلول‌ها اشاره می‌شود:

تأمین نیروی حرکتی ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی

سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ به‌عنوان منابع انرژی موثر برای تأمین نیروی حرکتی ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی به‌کار می‌روند.

تولید برق در نیروگاه‌های فوتوولتائیک

در نیروگاه‌های فوتوولتائیک، سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ به‌عنوان منابع اصلی برای **تولید برق از انرژی خورشید** استفاده می‌شوند.

استفاده در دستگاه‌های حرکتی مختلف

سلول خورشیدی حساس به رنگ در خودروها، قایق‌های کوچک و دستگاه‌های حرکتی دیگر به‌عنوان منابع انرژی کاربرد دارند.

استفاده در ساختمان‌ها و سازه‌ها

سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ در ساختمان‌ها و سازه‌ها جهت تأمین انرژی و تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند.