



دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین

گروه مهندسی فتونیک - نانو فتونیک

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی فتونیک- گرایش نانو فتونیک

عنوان

طراحی و بهینه‌سازی سلول‌های خورشیدی باند پهن مبتنی بر پلیمر

استادان راهنما

دکتر علی رستمی

دکتر غلامرضا کیانی

استاد مشاور

دکتر کریم عباسیان

پژوهشگر

حمیده ملکی

بهمن ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به پدر و مادر که تقدیم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودشان تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند. دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند...

تقدیم به همسفر زندگیم

9

تقدیم به همه‌ی عزیزانم

مشکر و قدردانی:

تمام سپاس ویژه خدایی است که ما را به این جا هدایت فرمود، و اگر خداوند هدایت نمی کرد ما به آن راه نمی یافتیم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای پروفور علی رستمی که در تمام مراحل انجام این پایان نامه همواره از راهبانی های ارزنده ایشان بهره برده ام سپاسگزارم.

مشکر و سپاسگزاری از استاد ارجمند جناب آقای دکتر غلامرضا کلبانی که کجک های ایشان همواره شامل حال اینجانب بوده است.

همچنین سپاسگزاری از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر کریم عباسیان که در انجام این پایان نامه زحمت مشاوره پایان نامه بنده را بر عهده گرفته اند.

از استاد محترم جناب آقای دکتر سعید گل محمدی که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشته اند سپاسگزارم.

و همچنین قدردانی و سپاسگزاری از جناب آقای دکتر حسن رسولی که از راهبانی های ایشان در انجام این پروژه بهره بسیار برده ام.

نام خانوادگی دانشجو: ملکی رودپشتی	نام: حمیده
عنوان پایان نامه: طراحی و بهینه‌سازی سلول‌های خورشیدی باند پهن مبتنی بر پلیمر	
استادان راهنما: دکتر علی رستمی – دکتر غلامرضا کیانی استاد مشاور: دکتر کریم عباسیان	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی فتونیک
دانشگاه: تبریز	گرایش: نانو فتونیک
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۰/۱۱/۱۲	دانشکده: مهندسی فناوری‌های نوین
تعداد صفحه: ۱۱۰	
کلید واژه‌ها: سلول خورشیدی پلیمری، نانوذرات، طیف جذب، پلاسمونیک	
<p>چکیده:</p> <p>سلول‌های خورشیدی پلیمری بعد از سلول‌های خورشیدی سیلیکونی، جایگاه ویژه‌ای را در میان انواع دیگر سلول‌ها پیدا کرده‌اند. سلول‌های خورشیدی پلیمری به دلیل وزن کم، هزینه ساخت بسیار پایین و نیز انعطاف پذیری بالا بسیار مورد توجه هستند. بتدریج و با گسترش علوم در زمینه مواد و پلیمر انواع دیگر سلول‌های خورشیدی طراحی شده‌اند که با سنتز و بکاربردن این مواد، کارایی این تکنولوژی جدید به طور چشمگیری افزایش یافته است.</p> <p>در این پایان نامه، طراحی سلول‌های خورشیدی مبتنی بر پلیمر انجام شد که رنج گسترده‌ای از طیف خورشید را پوشش دهد. بیشتر سلول‌های خورشیدی پلیمری موجود، فقط در منطقه طیفی مرئی حساس به نور هستند. بنابراین از این سلول‌ها فقط در طول روز می‌توان استفاده کرد. اما طیف خورشید با تغییرات قابل توجهی از فرابنفش تا مادون قرمز گسترده شده است. از این خاصیت طیف خورشید می‌توان برای افزایش بازده سلول خورشیدی پلیمری استفاده کرد. به طوری که این سلول‌های جدید قادر به جذب نور مادون قرمز از طیف خورشیدی هستند که در این صورت از این سلول‌ها در شب با جذب گرمای محیط می‌توان استفاده کرد. لذا این جذب گسترده‌تر راهی برای افزایش بازده سلول خورشیدی محسوب می‌شود. افزایش بیشتر در بازده نیاز به جمع‌آوری موثرتر فوتون‌ها از منطقه مادون قرمز تا مرئی دارد.</p> <p>در این پایان نامه ابتدا، الگوریتم استفاده شده برای حل معادلات که الگوریتم <i>FDTD</i> می‌باشد، ساختار کلی طراحی شده برای شبیه‌سازی، مدل <i>MIM</i> و معادلات آن برای بدست آوردن بازده تبدیل توان سلول معرفی شده‌اند. سپس سلول خورشیدی با زمینه پلیمری طراحی شد که در آن با استفاده از نانو ذرات، امکان جذب طیف گسترده‌ای از نور خورشید فراهم شده و از تکنیک‌های مناسبی برای بهبود راندمان تبدیل انرژی آن استفاده شد. برای رسیدن به این منظور سلول‌های خورشیدی پلیمری همراه</p>	

با نانوذرات با شعاع‌های مختلف طراحی و شبیه‌سازی شد و طیف‌های جذب حاصل از شبیه‌سازی بررسی شدند. با بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی می‌توان دریافت که استفاده از نانوذرات فلزی در ناحیه فعال سلول‌های خورشیدی باعث افزایش خوبی در جذب و نیز گسترش طیف جذب به سمت طول موج‌های بلندتر شده‌اند و تغییر شعاع نانوذرات روی طیف جذب بسیار تأثیرگذار است.

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- انرژی خورشید	۴
۱-۳- تاریخچه	۵
۱-۴- طبقه بندی سلول های خورشیدی	۷
۱-۴-۱- مقایسه سلول های خورشیدی آلی و معدنی	۹
۱-۴-۲- سلول های خورشیدی آلی	۱۱
۱-۵- پلیمرهای مزدوج	۱۶
۱-۵-۱- پیوندها و اوربیتال ها	۱۷
۱-۵-۲- ساختار بانندی پلیمرهای مزدوج	۱۹
۱-۵-۳- پلارون ها و بای پلارون ها	۲۳
۱-۶- حالت های هنری مختلف برای سلول های خورشیدی هتروجانکشن بالک	۲۴
۱-۷- شماتیک کلی یک سلول خورشیدی پلیمری	۲۶
۱-۸- پارامترهای مهم یک سلول خورشیدی	۲۸
۱-۹- عملکرد کلی در سلول های فتوولتائیک	۲۹
۱-۱۰- مکانیزم های عملیاتی در سلول خورشیدی پلیمری برای تولید الکتریسیته	۳۲
۱-۱۱- پلاسمونیک و ساختارهای پلاسمونیک	۴۰
۱-۱۱-۱- پلاسمون سطحی	۴۰
۱-۱۱-۲- اثر پلاسمونیکی نانو ذرات بر روی نیمه هادی های پلیمری	۴۱
۱-۱۲- اهداف	۴۳

فصل دوم: مبانی و روشها

۴۵	.....۱-۲- الگوریتم <i>FDTD</i>
۴۵	.....۱-۱-۲- معادلات تلفن- تلگرافی.....
۵۱	.....۲-۱-۲- معادلات جدید.....
۵۳	.....۳-۱-۲- پایداری.....
۵۶	.....۴-۱-۲- شرایط مرزی.....
۵۷	.....۲-۲- ساختارهای کلی ساخته شده از پلیمر.....
۵۷	.....۲-۲- بازده جذب.....
۶۰	.....۳-۲- مدل <i>MIM</i> برای سلول های خورشیدی پلیمری <i>BHJ</i>
۶۲	.....۱-۳-۲- تشریح مدل.....
۶۳	.....۲-۳-۲- مدل.....
۶۸	.....۴-۲- روش عددی.....

فصل سوم: نتایج و بحث

۷۴	.....۱-۳- مقدمه.....
۷۵	.....۲-۳- مدل سازی نوری.....
۷۶	.....۱-۲-۳- الگوریتم <i>FDTD</i> در <i>FullWAVE</i>
۷۸	.....۲-۲-۳- شبکه مکانی و زمانی.....
۷۹	.....۳-۳- مدل سازی اپتیکی.....
۸۱	.....۴-۳- بررسی اثرات پلاسمونیک.....
۸۲	.....۱-۴-۳- مدل <i>Drude</i>
۸۴	.....۲-۴-۳- مدل <i>Drude-Lorentz</i>
۸۶	.....۵-۳- جزئیات شبیه سازی و نتایج حاصل از آن.....
۸۶	.....۱-۵-۳- بررسی سلول های خورشیدی پلیمری بدون نانوذرات.....

- ۳-۵-۲- بررسی مشخصه های نوری و جذب نانو ذرات فلزی (MNP_s)..... ۸۹
- ۳-۵-۳- تأثیر اندازه ی نانوذرات روی افزایش و گسترش طیف جذب ۹۲
- ۳-۵-۴- ترکیبی از نانوذرات طلا و نقره در لایه اکتیو و بررسی طیف جذب ساختار ۹۴
- ۳-۶- محاسبه بازده جذب ۹۶
- ۳-۷- بررسی چند ساختار دیگر ۹۷
- ۳-۸- نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۰
- منابع و مراجع ۱۰۲

فهرست شکل ها

فصل اول

- شکل ۱-۱- بیان شماتیک میزان انرژی قابل دسترس از هر یک از منابع [۱] ۳
- شکل ۲-۱- طیف تابشی خورشید مطابق استاندارد $AM\ 1/5$ ۵
- شکل ۳-۱- تصویر انتقال بار القا شده ی نوری (چپ) با طرحی از تراز انرژی (راست). بعد از تحریک در پلیمر PPV ، الکترون به علت وابستگی الکترونی بالا به C_6 انتقال داده می شود. ۱۴
- شکل ۴-۱- نمای کلی یک هتروجانکشن بالک [Daniel Lehmann, ۱۱.۰۱.۲۰۰۵]..... ۱۴
- شکل ۵-۱- طرحی نمایشی از سلول های خورشیدی که می تواند با فرآیندهای *standard printing* ساخته شود [۴۵]... ۱۶
- شکل ۶-۱- بعضی از پلیمرهای مزدوج شده ی رایج (Boman, ۱۹۹۵) ۱۸
- شکل ۷-۱- پیوندهای σ و π بین دو اتم کربن (Zumdahl, ۲۰۰۳) ۲۰
- شکل ۸-۱- بعضی پلیمرهای مزدوج رایج..... ۲۱
- شکل ۹-۱- (چپ) ساختار بانندی یک زنجیره کربنی با فضای بین اتمی یکسان. (راست) ساختار بانندی یک زنجیره کربنی با پیوندهای تکمی و دوگانه متناوب..... ۲۲
- شکل ۱۰-۱- دو حلقه ی تیوفن متصل شده. در حلقه ی سمت چپ مکان های دو کربن غیر مساوی با C_β و C_α مشخص شده است..... ۲۳
- شکل ۱۱-۱- تصویر یک پلارون و بای پلارون الکترون در سمت چپ و یک پلارون و بای پلارون حفره در سمت راست..... ۲۵
- شکل ۱۲-۱- چند نمونه مواد دهنده و پذیرنده استفاده شده در سلول های خورشیدی هتروجانکشن بالک..... ۲۷
- شکل ۱۳-۱- طرح واره کلی یک سلول خورشیدی پلیمری..... ۲۷
- شکل ۱۴-۱- نمایش لایه به لایه سلول خورشیدی..... ۲۸
- شکل ۱۵-۱- تصویر مکانیزم های عملیاتی در سلول های خورشیدی پلیمری (a) جذب نور (b) جداسازی بار (c) جمع-آوری بار..... ۳۱

- شکل ۱-۱۶- ترازهای انرژی و جمع‌آوری انرژی از یک فوتون برای یک اینترفیس پذیرنده/دهنده درون لایه اکتیو یک سلول PV [۴۷]..... ۳۲
- شکل ۱-۱۷- دیاگرام تراز انرژی یک سلول فتوولتائیک پلیمری دهنده- پذیرنده $(D-A)$ [۲]..... ۳۴
- شکل ۱-۱۸- تصویر فلز- عایق- فلز (MIM) تابع دیوایس دیودی آلی. (a) شرایط مدار بسته (b) باند مسطح و شرایط مدار باز (c) بایاس معکوس (d) بایاس مستقیم بزرگتر از V_{oc} [۴]..... ۳۸
- شکل ۱-۱۹- منحنی جریان- ولتاژ (IV) یک سلول خورشیدی آلی (تاریکی، خط تیره؛ روشنایی، خط پر). حروف (a- d) متناظر با شکل ۱-۱۸ است..... ۳۹
- شکل ۱-۲۰- مدار معادل برای یک سلول خورشیدی متناظر با معادله (۱-۶)..... ۴۰
- شکل ۱-۲۱- ترازهای انرژی یک سلول خورشیدی پلیمری با لایه فعال $P3HT$ و نانوذرات..... ۴۳

فصل دوم

- شکل ۲-۱- یک نمونه مش $FDTD$ تعریف شده در مکان و زمان..... ۴۷
- شکل ۲-۲- مش $FDTD$ اصلاح شده با استفاده از شبکه‌ی شطرنجی. علامت‌های قرمز نمونه‌های ولتاژ و دایره‌های سیاه نمونه‌های جریان را نشان می‌دهند..... ۵۰
- شکل ۲-۳- نمایش شماتیکی اینکه چگونه یک نمونه جریان در $i_k^{n+1/2}$ بر حسب $i_k^{n-1/2}$ ، $v_{k-1/2}^n$ ، $v_{k+1/2}^n$ حل می‌شود..... ۵۳
- شکل ۲-۴- ساختاری از نمونه‌های ساخته شده (a) $Silica/Silver$ NPs (b) $Silica/Silver$ NPs (c) $Silica/P3HT:PCBM$ 1:4..... ۵۹
- شکل ۲-۵- نمایی از ساختار پرپودیک دوبعدی نانوذرات نقره اشغال شده در BHJ برای محاسبه $FDTD$ (a) نمای بالایی (b) نمای پهلو..... ۶۰
- شکل ۲-۶- الف) شماتیکی از سطوح انرژی مواد دهنده و گیرنده الکترون. ب) سطوح انرژی حاصل از مدل MIM با ولتاژ بایاس مثبت V_a در شرایط عملیاتی ($V_a < V_{oc}$)..... ۶۴
- شکل ۲-۷- الگوریتم شبیه سازی برای حل معادلات اساسی..... ۷۴

فصل سوم

- شکل ۳-۱- در یک سلول Yee با ابعاد A_x, A_y, A_z ۷۹
- شکل ۳-۲- شماتیکی از لایه‌های مختلف سلول خورشیدی و ضخامت‌های مربوط به آن‌ها ۸۱
- شکل ۳-۳- طراحی انجام شده برای انجام محاسبات $FDTD$ ۸۲
- شکل ۳-۴- منحنی دیسپرزین بدست آمده از طیف‌سنجی الیپسومتری برای قسمت حقیقی و موهومی ضریب شکست مربوط به لایه‌های مختلف ۸۳
- شکل ۳-۵- ضریب شکست مختلط و ثابت دی‌الکتریک مختلط نقره [۴۸] ۸۷
- شکل ۳-۶- منحنی جذب مربوط به ناحیه اکتیو سلول خورشیدی پلیمری شامل $P3HT:PCBM$ ۸۹
- شکل ۳-۷- منحنی مشخصه ولتاژ- جریان برای سلول خورشیدی پلیمری با لایه‌ی فعال $P3HT:PCBM$ ۹۰
- شکل ۳-۸- طراحی دوبعدی برای نانوذرات فلزی نقره کروی شکل (a) نمای بالا نمایی (b) نمای پهلو ۹۱
- شکل ۳-۹- منحنی جذب نانوذرات نقره نسبت به طول موج ۹۲
- شکل ۳-۱۰- نمودار ضریب شکست پلیمر $MEH-PPV:PCBM$ ۹۲
- شکل ۳-۱۱- شماتیکی از طراحی سلول خورشیدی پلیمری همراه با نانوذرات با ناحیه اکتیو $MEH-PPV:PCBM$ ۹۳
- شکل ۳-۱۲- تأثیر نانوذرات فلزی قرار داده شده در ناحیه فعال بر روی طیف جذب ۹۳
- شکل ۳-۱۳- مقایسه‌ی منحنی‌های جذب ناحیه اکتیو شامل $P3HT:PCBM$ و نانوذرات نقره با تغییر قطر نانوذرات از 20nm تا 35nm ۹۴
- شکل ۳-۱۴- مقایسه‌ی منحنی‌های جذب ناحیه اکتیو شامل $P3HT:PCBM$ و نانوذرات نقره با تغییر قطر نانوذرات از 40nm تا 50nm ۹۵
- شکل ۳-۱۵- شماتیکی از ساختار لایه‌ی اکتیو $P3HT:PCBM$ همراه با نانوذرات طلا و نقره ۹۶
- شکل ۳-۱۶- منحنی جذب مربوط به لایه‌ی فعال بدون نانوذرات و با نانوذرات طلا و نقره ۹۷
- شکل ۳-۱۷- مشخصه ولتاژ جریان مربوط به سلول با لایه‌ی فعال بدون نانوذرات و با نانوذرات طلا و نقره ۹۷

شکل ۳-۱۸- شماتیکی از سلول خورشیدی پلیمری با لایه‌ی فعال شامل آرایه‌ی پرئودیکی ترکیبی از نانوذرات با شعاع‌های مختلف.....	۹۹
شکل ۳-۱۹- دو منحنی جذب مربوط به طراحی شکل ۳-۱۸.....	۱۰۰
شکل ۳-۲۰- طراحی سلول خورشیدی پلیمری با لایه اکتیو شامل نانوذرات بزرگتر.....	۱۰۰
شکل ۳-۲۱- منحنی جذب مربوط به لایه اکتیو شامل نانوذرات بزرگتر.....	۱۰۱
شکل ۳-۲۲- طراحی لایه‌ی اکتیو با نانوذرات با قطر 36nm -۲۰ در پلیمر با عرض بزرگتر.....	۱۰۱
شکل ۳-۲۳- منحنی جذب مربوط به طراحی شکل ۳-۲۲.....	۱۰۲

فهرست جدول ها

جدول ۳-۱- پارامترهای مدل <i>Drude</i> برای نقره و طلا.....	۸۵
جدول ۳-۲- پارامترهای مدل <i>Drude-Lorentz</i> برای نقره و طلا با یک عبارت نوسان لورنتز.....	۸۶
جدول ۳-۳- پارامترهای الکتریکی مربوط به لایه فعال <i>P3HT:PCBM</i> در سلول خورشیدی پلیمری.....	۹۰
جدول ۳-۴- مقایسه پارامترهای الکتریکی مربوط به لایه‌ی فعال بدون نانوذرات و با نانوذرات طلا و نقره.....	۹۸
جدول ۳-۵- مقایسه‌ی بازده جذب مربوط به لایه‌ی اکتیو <i>P3HT:PCBM</i> بدون نانوذرات و با نانوذرات.....	۹۸

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- مقدمه

نیاز به سوخت‌های فسیلی در چند دهه‌ی اخیر در حال افزایش بوده است. بر طبق آمارها و نمودارهای موجود، نرخ مصرف انرژی در فاصله سال‌های ۱۹۶۵-۲۰۰۵ بطور تصاعدی در حال افزایش است. در سال ۲۰۰۸ میلادی میزان مصرف کل انرژی جهان ۱۵ تراوات ($10^{13} \times 0.054$ وات) بوده که ۸۰ تا ۹۰ درصد آن از سوخت‌های فسیلی تأمین شده است. [۱]

طبق گزارش‌های انجمن اطلاعات انرژی^۱ نیاز به انرژی تا سال ۲۰۳۰ میلادی دو برابر خواهد شد. در حال حاضر بخش عمده‌ای از انرژی مورد نیاز جهان از منابع فسیلی تأمین می‌شود که در مصرف این منابع دو نکته حائز اهمیت است:

۱. منابع فسیلی شامل زغال سنگ، نفت و گاز محدود بوده و ایجاد مجدد آن‌ها سالیان متمادی به طول می‌انجامد. با فرض اینکه مصرف انرژی زمین همان نرخ مصرف سال ۲۰۰۵ میلادی باقی بماند، در سال ۲۰۴۵ میلادی نفت و در سال ۲۱۵۹ زغال سنگ تمام خواهد شد؛ در نتیجه طبیعتاً طی سال‌های آتی قیمت این سوخت‌ها نیز به طور چشمگیری افزایش خواهد یافت.

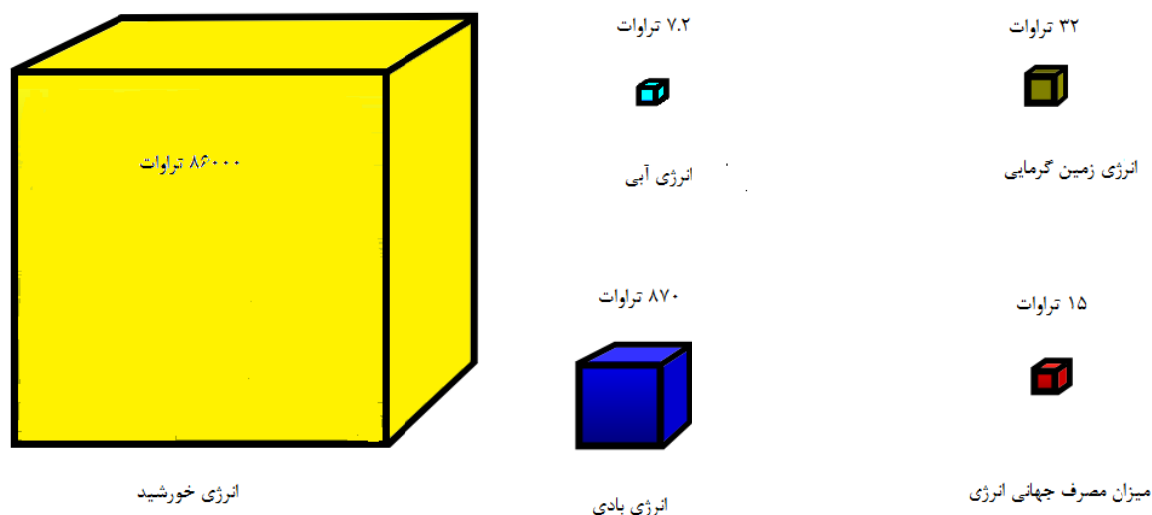
۲. نکته مهم‌تر آلاینده‌گی این منابع و تأثیرات زیست‌محیطی آن‌ها می‌باشد. غلظت کنونی گاز دی‌اکسیدکربن ۳۷۸ جزء در میلیون^۲ می‌باشد که پیش از انقلاب صنعتی این میزان ۲۷۵ بوده است؛ هر چند این مقدار حداکثر می‌تواند ۷۵۰ باشد، ولی با توجه به اثرات زیست‌محیطی

^۱ - EIA

^۲ - ppm

گاز دی‌اکسیدکربن حداکثر تلاش می‌شود تا بر اساس استاندارد *WWF*^۱ این میزان در مقدار ۴۰۰ جزء در میلیون ثابت نگه داشته شود. با این حساب تا سال ۲۰۳۰ میلادی سالانه حداقل ۱۰ تراوات انرژی غیر کربنی مورد نیاز خواهد بود.

از جمله منابع تجدیدپذیر انرژی، خورشید، باد، جزر و مد، زمین گرمایی و انرژی آبی می‌باشد. شکل ۱-۱ میزان انرژی قابل دسترس از هر منبع را بر حسب تراوات نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌توان دریافت که انرژی خورشید بخش قابل توجهی از انرژی‌های تجدیدپذیر موجود را شامل می‌شود.



شکل ۱-۱- بیان شماتیک میزان انرژی قابل دسترس از هر یک از منابع [۱].

از این رو علاقمندی جهانی به استفاده از شکل‌های مختلف انرژی در حال افزایش است و نور خورشید یک منبع در دسترس و خصوصاً تمیز در مقایسه با سوخت‌های فسیلی متداول است. سلول‌های خورشیدی^۲ ابزارهایی هستند که به طور مستقیم انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند.

^۱ - World wide Fund for Nature

^۲ - Solar Cell

مقدار انرژی تابش شده از خورشید که به زمین برخورد می‌کند یک انرژی بسیار بزرگ در حدود $3 \times 10^{24} J$ در یک سال است که حدود ۱۰۰۰۰ برابر بیشتر از مقدار انرژی است که جمعیت جهان بطور معمول مصرف می‌کنند. [۳ و ۲] پوشاندن ۰/۱٪ سطح زمین با سلول‌های خورشیدی با بازده ۱۰٪ انرژی مورد نیاز کل جهان را فراهم خواهد کرد. با این وجود، الکتریسیته‌ی تولید شده از سلول‌های خورشیدی امروزه کمتر از ۰/۱ درصد از تقاضای انرژی کل جهان است. [۲]

در حال حاضر سلول‌های خورشیدی بیشتر بر پایه نیمه‌هادی‌های غیرآلی همانند سیلیکون تک یا چند کریستالی هستند. این سلول‌ها به صورت صفحات تخت روی سقف ساختمان‌ها، ماشین حساب‌های جیبی و پمپ‌های آب کاربرد دارند. سلول‌های خورشیدی رایج تا ۲۴٪ توانایی تبدیل انرژی نور خورشید به انرژی الکتریکی را دارند. بیشینه مقدار بازده گزارش شده به صورت تئوری ۳۰٪ است. فناوری‌هایی که دارای هزینه ساخت و بازده تبدیل بیشتری باشند، گزینه مناسب‌تری هستند.

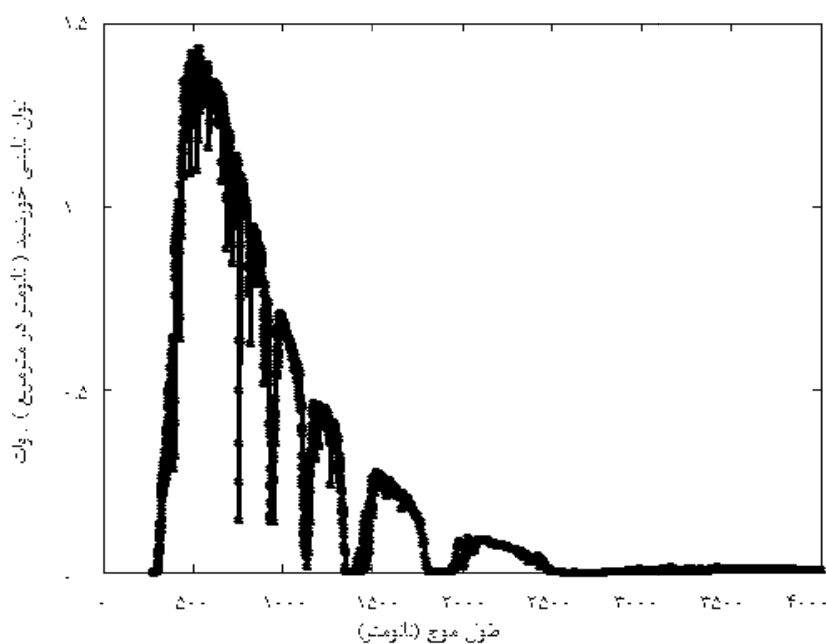
۱-۲- انرژی خورشید

زمین روزانه ۱۷۴ پتاوات از تابش خورشید ورودی را در قسمت فوقانی اتمسفر دریافت می‌کند، که تقریباً ۳۰٪ آن به فضا بازتاب می‌شود و بقیه به وسیله ابرها، اقیانوس‌ها و خشکی‌ها جذب می‌شود. بقیه طیف خورشید که در سطح زمین دریافت می‌شود عمدتاً در ناحیه مرئی^۱ و نزدیک مادون قرمز^۲ قرار دارد و بخش کوچکی از آن در ناحیه فرابنفش^۳ گسترده شده است.

^۱ - Visible

^۲ - Near Infrared

^۳ - Ultraviolet



شکل ۱-۲- طیف تابشی خورشید مطابق استاندارد AM 1.5

"سلول خورشیدی" ابزار خاصی است که جهت بهره‌برداری از انرژی خورشید طراحی و ساخته شده است و بر اساس پدیده فتوولتائیک^۱ عمل نموده، تابش خورشید را به توان الکتریکی تبدیل می‌کند.

۳-۱- تاریخچه

توسعه تکنولوژی سلول خورشیدی در سال ۱۸۳۹ توسط فیزیکدان فرانسوی بکرل^۲ آغاز شد. بکرل اثر فتوولتائیک را در حال آزمایش با یک الکتروود جامد در یک حلال الکترولیت و افزایش ولتاژ الکتروود هنگام تابش نور روی الکتروود مشاهده کرد.

^۱ - Photovoltaic

^۲ - A.E. Becquerel

بر طبق دایره المعارف بریتانیا، اولین سلول خورشیدی واقعی حدود سال ۱۸۸۳ توسط چارلز فريتز^۱ ساخته شد، که از پیوندهای تشکیل یافته توسط پوشش سلنیوم (یک نیمه‌هادی) با یک لایه خیلی نازک از طلا استفاده کرد.

در سال ۱۸۸۷ میلادی هرتز^۲ پدیده فتوالکتریک را کشف نمود و به دنبال آن فیزیکدان روسی استولوف^۳ اولین سلول خورشیدی مبتنی بر این پدیده را ساخت. در سال ۱۹۰۵ میلادی آلبرت انیشتین^۴ این پدیده را توصیف نموده و بر اساس آن جایزه نوبل فیزیک ۱۹۲۱ را از آن خود ساخت.

در سال ۱۹۴۶، سلول خورشیدی سیلیکونی توسط راسل اوهل^۵ در حالی که وی مشغول کار روی ساخت ترانزیستور بود با بازده یک درصد اختراع شد.

در سال ۱۹۵۴، تکنولوژی فتوولتائیک در ایالات متحده آمریکا متولد شد. چین^۶، فولر^۷ و پیرسون^۸ اولین سلول فتوولتائیک سیلیکونی - اولین سلول خورشیدی با قابلیت تبدیل انرژی خورشید به توان - را در آزمایشگاه بل^۹ ساختند. سلول خورشیدی سیلیکونی در آزمایشگاه بل با بازده ۰.۴٪ بود که بعدها سلول‌هایی با بازده ۱۱٪ بدست آمد.

در سال ۱۹۶۰، هافمن^{۱۰} سلول‌های فتوولتائیک با بازده ۱۴٪ بدست آورد.

^۱- Charles Fritts

^۲- Heinrich Hertz

^۳- Aleksandr Stoletov

^۴- Albert Einstein

^۵- Russell Ohl

^۶- D. Chapin

^۷- Calvin Fuller

^۸- Gerald Pearson

^۹- Bell Laboratory

^{۱۰}- Hoffman

شروع توسعه فتوولتائیک‌های آلی و پلیمری در قرن ۱۹ با مشاهده فرآیند فتوالکتروشیمیایی توسط بکرل بود.

اولین مطالعات فتوهادی در مواد آلی توسط پاجتینو^۱ در سال ۱۹۰۶ بود.

اولین سلول فتوولتائیک هتروجانکشن روی مولکول‌های آلی کوچک توسط تنگ^۲ در سال ۱۹۸۶ بنا شد.

اولین سلول فتوولتائیک هتروجانکشن بالک رنگی توسط هیراموتو^۳ در سال ۱۹۹۱ ساخته شد.

اولین سلول فتوولتائیک هتروجانکشن با ترکیب پلیمر- C_{60} توسط ساریسیفچی^۴ و همکارانش در سال ۱۹۹۳ ساخته شد.

۱-۴- طبقه‌بندی سلول‌های خورشیدی

سلول‌های خورشیدی در حالت کلی به سه نسل تقسیم می‌شوند:

۱. سلول‌های نسل اول که مبتنی بر سیلیکون هستند.

در این ساختار سیلیکون به صورت قطعه نازک^۵ استفاده می‌شود، این ساختار به دلیل بازده بالا (حدود ۸۶٪)، بیشترین بازار را به خود اختصاص داده ولی چون فرآیند استخراج و خالص‌سازی سیلیکون بسیار دشوار و هزینه‌بر است، قیمت این ساختارها بالا می‌باشد و از این رو این سلول‌ها از

¹ - Pochettino

² - Tang

³ - Hiramoto

⁴ - Sariciftci

⁵ - Wafer