



## دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق

پروژه کارشناسی

### عنوان

**دستیابی به حداکثر توان در سیستم برق خورشیدی به روش الگوریتم گرده**

### افشانی گل‌ها

دانشجو:

محمد عسگری

استاد راهنما:

دکتر علیرضا شایسته فرد

تابستان

۱۳۹۸

## فهرست مطالب

فصل اول: سلول های خورشیدی	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۱-۲ تاریخچه	۲
۱-۳ تشعشع خورشیدی	۳
۱-۴ تاریخچه سلول های خورشیدی	۴
۱-۵ انواع سلول های خورشیدی	۵
۱-۶ فن آوری های گروه سه و پنج	۶
۱-۸ سلول های خورشیدی با لایه نازک	۷
۱-۹ سلول های خورشیدی پیشرفته	۷
۱-۱۰ سلول های خورشیدی پلیمری	۸
۱-۱۲ ساخت سلول خورشیدی در ایران	۹
۱-۱۳ اثر فتوولتائیک و اساس کار سلول های خورشیدی	۱۰
۱-۱۴ کاربردهای فتوولتائیک	۱۲
۱-۱۵ نیروگاه های فتوولتائیک	۱۳
۱-۱۶ مزایای سلول های فتوولتائیک	۱۳
۱-۱۷ ساختمان داخلی سلول های خورشیدی	۱۷
۱-۲۲ پنل خورشیدی	۲۰
۱-۲۴ عوامل طبیعی موثر بر عملکرد سلول ها	۲۰
فصل دوم: دریافت حداکثر توان MPPT	۲۳
۲-۱ مدل سلول خورشیدی	۲۶
۲-۲ PV و مشخصه های آن	۲۷
فصل سوم: ردیابی حداکثر توان در سیستم تولید توان خورشیدی بر اساس الگوریتم گرده افشانی	۲۹
۳-۱ الگوریتم گرده افشانی	۲۹
۳-۲ اجرای FPA برای MPPT	۳۱

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
۳-۳ نتایج شبیه سازی	۳۳	۳-۵ نتایج شبیه سازی با تغییر وضعیت تابش	۳۶
۳-۶ نتایج آزمایش عملی	۳۶	۳-۷ نتیجه گیری	۳۹
فصل چهارم : شبیه سازی سلول خورشیدی	۴۰	۴-۱ برنامه نویسی الگوریتم P&O	۴۲
۴-۲ نتایج شبیه سازی	۴۶	۴-۲-۱ برای تابش ۱۰۰۰	۴۶
۴-۲-۲ برای تابش ۸۰۰	۴۸	۴-۲-۳ برای تابش متغیر	۵۰
منابع	۵۲	<b>فهرست اشکال</b>	
شکل ۱-۱ سلول های خورشیدی ابتدایی	۳	شکل ۱-۲ نمودار جریان بر حسب ولتاژ پیل خورشیدی	۲۳
شکل ۱-۲ سلول خورشیدی پلیمر	۸	شکل ۲-۱ منحنی های جریان بر حسب ولتاژ الگوهای سایه	۲۸
شکل ۱-۳ ساختار داخلی سلول فتوولتاییک	۱۸	شکل ۲-۲ منحنی های توان بر حسب ولتاژ الگوهای سایه	۲۸
شکل ۱-۴ منحنی ولتاژ-جریان	۱۸	شکل ۳-۱ نتایج شبیه سازی برای توان و چرخه وظیفه	۳۵
شکل ۱-۵ نمودار جریان بر حسب ولتاژ پیل خورشیدی	۲۳	شکل ۳-۲ نتایج شبیه سازی برای الگوهای مختلف	۳۶
شکل ۲-۱ منحنی های جریان بر حسب ولتاژ الگوهای سایه	۲۸	شکل ۳-۳ نتایج شبیه سازی با الگوریتم های مختلف	۳۷
شکل ۲-۲ منحنی های توان بر حسب ولتاژ الگوهای سایه	۲۸	شکل ۳-۶ نمودار شبیه سازی الگوریتم های مختلف	۳۷
شکل ۳-۱ نتایج شبیه سازی برای توان و چرخه وظیفه	۳۵		
شکل ۳-۲ نتایج شبیه سازی برای الگوهای مختلف	۳۶		
شکل ۳-۳ نتایج شبیه سازی با الگوریتم های مختلف	۳۷		
شکل ۳-۶ نمودار شبیه سازی الگوریتم های مختلف	۳۷		

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
شکل ۳-۷ نمودار الگوهای سایه برای سلول خورشیدی	شکل ۳-۷ نمودار الگوهای سایه برای سلول خورشیدی	شکل ۳-۷ نمودار الگوهای سایه برای سلول خورشیدی	شکل ۳-۷ نمودار الگوهای سایه برای سلول خورشیدی
..... ۳۸	..... ۳۸	..... ۳۸	..... ۳۸
شکل ۴-۱ فلوجارت روش اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۱ فلوجارت روش اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۱ فلوجارت روش اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۱ فلوجارت روش اغتشاش و مشاهده
..... ۴۰	..... ۴۰	..... ۴۰	..... ۴۰
شکل ۴-۲ شبیه سازی سلول خورشیدی در متلب	شکل ۴-۲ شبیه سازی سلول خورشیدی در متلب	شکل ۴-۲ شبیه سازی سلول خورشیدی در متلب	شکل ۴-۲ شبیه سازی سلول خورشیدی در متلب
..... ۴۱	..... ۴۱	..... ۴۱	..... ۴۱
شکل ۴-۳ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش الگوریتم اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۳ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش الگوریتم اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۳ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش الگوریتم اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۳ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش الگوریتم اغتشاش و مشاهده
..... ۴۲	..... ۴۲	..... ۴۲	..... ۴۲
شکل ۴-۴ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۴ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۴ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش اغتشاش و مشاهده	شکل ۴-۴ شبیه سازی سلول خورشیدی به روش اغتشاش و مشاهده
..... ۴۳	..... ۴۳	..... ۴۳	..... ۴۳
شکل ۴-۵ نمودار VSC	شکل ۴-۵ نمودار VSC	شکل ۴-۵ نمودار VSC	شکل ۴-۵ نمودار VSC
..... ۴۶	..... ۴۶	..... ۴۶	..... ۴۶
شکل ۴-۷ نمودار جریان خروجی	شکل ۴-۷ نمودار جریان خروجی	شکل ۴-۷ نمودار جریان خروجی	شکل ۴-۷ نمودار جریان خروجی
..... ۴۷	..... ۴۷	..... ۴۷	..... ۴۷
شکل ۴-۸ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۸ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۸ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۸ مشخصات سلول خورشیدی
..... ۴۸	..... ۴۸	..... ۴۸	..... ۴۸
شکل ۴-۹ مشخصات VSC	شکل ۴-۹ مشخصات VSC	شکل ۴-۹ مشخصات VSC	شکل ۴-۹ مشخصات VSC
..... ۴۸	..... ۴۸	..... ۴۸	..... ۴۸
شکل ۴-۱۰ نمودار ولتاژ خروجی	شکل ۴-۱۰ نمودار ولتاژ خروجی	شکل ۴-۱۰ نمودار ولتاژ خروجی	شکل ۴-۱۰ نمودار ولتاژ خروجی
..... ۴۹	..... ۴۹	..... ۴۹	..... ۴۹
شکل ۴-۱۱ نمودار جریان خروجی	شکل ۴-۱۱ نمودار جریان خروجی	شکل ۴-۱۱ نمودار جریان خروجی	شکل ۴-۱۱ نمودار جریان خروجی
..... ۴۹	..... ۴۹	..... ۴۹	..... ۴۹
شکل ۴-۱۲ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۱۲ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۱۲ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۱۲ مشخصات سلول خورشیدی
..... ۵۰	..... ۵۰	..... ۵۰	..... ۵۰
شکل ۴-۱۳ نمودار ولتاژ خروجی	شکل ۴-۱۳ نمودار ولتاژ خروجی	شکل ۴-۱۳ نمودار ولتاژ خروجی	شکل ۴-۱۳ نمودار ولتاژ خروجی
..... ۵۰	..... ۵۰	..... ۵۰	..... ۵۰
شکل ۴-۱۴ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۱۴ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۱۴ مشخصات سلول خورشیدی	شکل ۴-۱۴ مشخصات سلول خورشیدی
..... ۵۱	..... ۵۱	..... ۵۱	..... ۵۱
<b>فهرست جداول</b>			
جدول ۱-۱ مقایسه سلول های فتوولتائیک آلی و معدنی	جدول ۱-۱ مقایسه سلول های فتوولتائیک آلی و معدنی	جدول ۱-۱ مقایسه سلول های فتوولتائیک آلی و معدنی	جدول ۱-۱ مقایسه سلول های فتوولتائیک آلی و معدنی
..... ۹	..... ۹	..... ۹	..... ۹
جدول ۱-۳ پارامترها در الگوریتم های شبیه سازی	جدول ۱-۳ پارامترها در الگوریتم های شبیه سازی	جدول ۱-۳ پارامترها در الگوریتم های شبیه سازی	جدول ۱-۳ پارامترها در الگوریتم های شبیه سازی
..... ۳۴	..... ۳۴	..... ۳۴	..... ۳۴
جدول ۳-۳ ارزیابی اقتصادی سه الگوریتم شبیه سازی	جدول ۳-۳ ارزیابی اقتصادی سه الگوریتم شبیه سازی	جدول ۳-۳ ارزیابی اقتصادی سه الگوریتم شبیه سازی	جدول ۳-۳ ارزیابی اقتصادی سه الگوریتم شبیه سازی
..... ۳۹	..... ۳۹	..... ۳۹	..... ۳۹

## فصل اول

# سلول های خورشیدی

### ۱- مقدمه

از تمام منابع انرژی تجدید پذیر بیشترین توجه به انرژی خورشیدی انجام شده است. توجه به آن به عنوان یک راه حل برای کاهش استفاده از منابع فسیلی و سوخت های هسته ای برای محیط زیست پاکیزه تر شد. انرژی

خورشیدی انرژی پتانسیلی دارد که برای تهیه انواع انرژی الکتریکی، حرارتی، شیمیایی می توان استفاده کرد.

به هر حال انرژی خورشیدی قابل گسترش، قابل چرخش و غیروابسته است. بیشترین مواد سازنده برای جمع

انرژی و تغییر شکل تشعشعات خورشیدی استفاده می شود. برای مثال مقدار زیادی انرژی برای تبدیل سنگ

معدن به محصولات زیر مانند: آلومینیوم، فولاد، مس، بتن، شیشه و پلاستیک لازم است. تبدیل مستقیم انرژی

خورشیدی به الکتریسیته (فتوولتاییک) به پروسه ای شتاب دهنده که از ماسه کریستال سیلیکون است نیاز دارد.

هر دو سیستم تبدیل انرژی تشعشعات را جمع آوری کرده و به انرژی قابل استفاده گرمای خورشید و فتوولتاییک

تبدیل می کند. یک ارزیابی منطقی از انرژی خورشیدی نشان می دهد که دارای ارزش های بسیار زیادی است.

ارزش ها بر دو نوع اند: ۱- ارزش پولی محصولات تولید شده و فراهم کردن آن برای ورود به سیستم های قابل

کارکرد ۲- مقدار منابع انرژی موسوم اعم از زغال سنگ نفت گاز طبیعی و سوخت های هسته ای که باید در

پروسه های تولیدی محصولات فوق در ساختمان سیستم ها مصرف شود. انرژی خورشیدی در

پروژه برق و انرژی زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انرژی زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه

برق و انرژی زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انرژی زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

و انرژی زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انرژی زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انرژی

زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انرژی زنجان و اسکند مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انرژی زنجان

## ۱-۲- تاریخچه

در کل نیاز انسان به انرژی خورشیدی غیر قابل انکار است. نور خورشید باعث رشد همه گیاهان شده و آب تازه

برای گیاهان و بقای انسان تولید می کند. بعلاوه آن منبع گرما در زندگی مرم هزاره اول بوده و آزمایشات جدی مهندسی

برای استفاده از آن برای تولید انرژی بطور ویژه در قرن هیجدهم شروع شد. در سال ۱۷۷۴ ژرف پریستلی روی

اکسید جیوه مطالعه کرد. نتیجه آن یک گاز بود که به روشنی یک شعله می سوخت. این آزمایش منجر به کشف

اکسیژن گشت.

یک قرن بعد یک دستگاه تقطیر نسبتاً خورشیدی در شمال صحرائی شیلی نصب شد. شامل سقف های شیشه ای

تخت شیبی بود که اشعه خورشید از آب زیر سقف ها عبور می کرد. آب بخار شده در زیر شیشه ای که از آن عبور

می کند و سردکننده ای بود کنداکسی می شد و در کانال ها جمع می شد. دستگاه در هر روز حدود ۲۵ متر

مکعب آب تقطیر شده تولید می کرد و در یک معدن نیترات استفاده می شد. دستگاه ۴۰ سال کار کرد یعنی تا

وقتی که معدن تمام شد. تبدیل انرژی خورشیدی به مکانیکی برای اولین بار در نمایشگاهی در پاریس در سال

۱۸۷۸ هنگامی که نور خورشید بر روی یک بویلر که بخار تولید می کرد متمرکز شده بود و یک موتور بخار کوچک

را تغذیه می کرد و آن یک دستگاه چاپ را به راه می انداخت شرح داده شد. در سال های ۱۹۰۷ و ۱۹۱۱ نزدیک

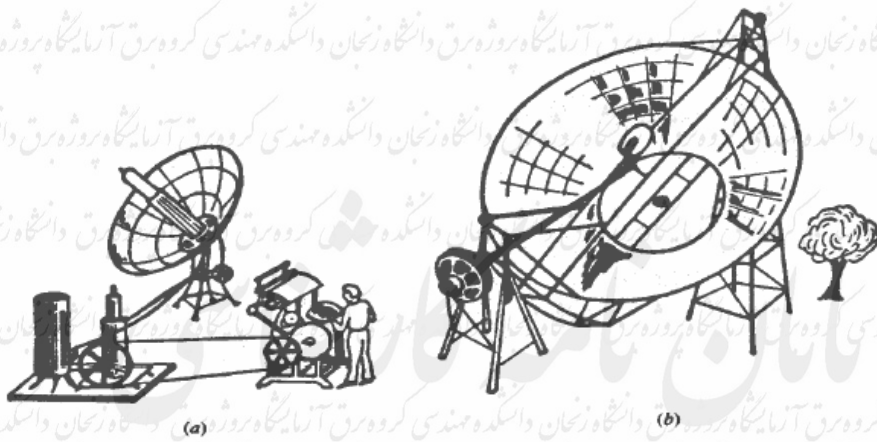
فیلا دلفیا ف شامن موتورهای بخار خورشیدی ساخت که برای پمپاژ آب به کار می رفت. در سال ۱۹۱۳ شامن با

همکاری سی . وی . بویز یک موتور بخار خورشیدی بزرگ تر ساخت که اشعه خورشید را به یک لوله که در مرکز

آن بود جمع می کرد و موتور آب را برای آبیاری پمپ می کرد . چهار سیستم توضیح داده شده در بالا در شکل

۱-۱ نمایش داده شده است.

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان



زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

در نیومکزیکو ساخته شد. نور خورشید بر روی یک بویلر متمرکز می شد که یک موتور بخار را به حرکت در می آورد و آب را به داخل یک تانک که در ارتفاع ۶ متری قرار داشت و ۱۹ متر مکعب حجم داشت هدایت می کرد. آب ذخیره شده به سمت پایین حرکت می کرد که یک موتور بین آبی را بچرخاند و آن متصل به یک ژنراتور بود که چند لامپ کوچک معدن را تغذیه می کرد.

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

### ۱-۳ تشعشع خورشیدی

پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

برق دانشگاه زنجان انرژی خورشیدی که به سطح زمین می رسد تشعشعات فرازمینی (خورشیدی) نامیده می شود. آهنگ رسیدن نگاه پروژه برق

دانشگاه زنجان انرژی خورشیدی که به سطح زمین می رسد تشعشعات فرازمینی (خورشیدی) نامیده می شود. آهنگ رسیدن نگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

یا چگالی انرژی مربوط می شود. تشعشعات فرا زمینی گاز های مختلف بخارات و مواد ویژه در اتمسفر زمین در معرض تغییر و یا کاهش دادن قرار می دهد.

تشعشعات فرا زمینی به وسیله دو مکانیسم پراکندگی و جذب تضعیف می شوند. پراکندگی مکانیسمی است که قسمتی از یک پرتو پراکنده می شود یعنی بوسیله مولکول های بخار آب و یا گرد و غبار در اتمسفر تضعیف شود.

مکانیسم به نوع پراکندگی و طول موج تشعشع بستگی دارد و تقریباً یک اثر طبیعی پیچیده می باشد. به هر حال این مکانیسم شناخته شده که پراکندگی و انتشار تشعشعات بیشتر برای امواج با طول موج کوتاه تر رخ می دهد و به این دلیل دیدن آسمان به رنگ آبی است. جذب تشعشعات خورشیدی در اتمسفر عمدتاً توسط اوزون صورت

می گیرد. بخار آب و دی اکسید کربن اشعه X و دیگر امواج طول موج کوتاه خورشید بوسیله یون های نیتروژن و اکسیژن و دیگر اجزای درون اتمسفر بسیار جذب می شوند.

## ۱-۴ تاریخچه سلول های خورشیدی

سلول های خورشیدی وسائلی هستند که انرژی خورشیدی را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می کنند یا مستقیماً از طریق اثر فتوولتایی و یا به طور غیر مستقیم انرژی خورشیدی به گرما یا انرژی شیمیایی تبدیل می کنند.

متداول ترین شکل خورشیدی سلول ها مبتنی بر اثر فتوولتایی هستند که شامل دو لایه نیم رسانا می باشد یک

اختلاف پتانسیلی بین لایه ها تولید می شود. این ولتاژ تولید یک شدت جریان در یک مدار بیرونی تولید می کند

و بدین وسیله کار مفید ایجاد می شود. سلول های خورشیدی میانه دهه ۱۹۵۰ در دسترس بوده اند ولی زمانی

که بکرل دانشمند فرانسوی کشف کرد که با تاباندن نور به برخی محلول های شیمیایی ویژه جریان الکتریکی

تولید می شود تحقیق علمی اثر فتوولتایی شروع شد.



در سال ۱۸۷۷ این تاثیر ابتدا در فلز سلنیم مشاهده شد. این فلز سال های بسیاری برای سنجش نور به کار رفته بود و فقط به مقادیر خیلی کم توان داشت. یک درک عمیق تر علمی، در سال ۱۹۰۵ توسط انیشتین و در سال ۱۹۳۰ به وسیله اسکاتکی فراهم شد و لازم بود سلول های خورشیدی کارآمد ساخته شود. در سال ۱۹۵۴ یک

سلول خورشیدی سیلیسیمی که ۰.۶٪ از انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می کرد به وسیله پیرسون و فولر

ساخته شد، این نوع باتری از ۱۹۵۸ در شاتل های فضایی به کار رفت.

امروز سلول های خورشیدی سیلیسیمی به طور تجارتي در حدود ۱۸٪ از نور خورشید را به الکتریسیته تبدیل می

کنند. اکنون انواع روش های تولید عملی سلول های خورشیدی سیلیسیمی همانند سلول های خورشیدی ساخته

شده از مواد دیگر تحت بررسی است.

## ۱-۵ انواع سلول های خورشیدی

سه نوع سلول بلوری وجود دارد: سیلیسیم تک بلوری چند بلوری و بی شکل.

سلول های تک بلوری: به ضخامت تقریبی ۱/۲ تا ۱/۳ میلی متر. از یک قطعه تک بلوری در دمای حدود ۱۴۰۰

درجه سانتیگراد تشکیل شده است و این مرحله از تولید بسیار پر هزینه است. سیلیسیم باید خالص بوده و یک

ساختار بلوری کامل داشته باشد. این فرآیند تولید با سطح بازده بالا را ضمانت می کند.

سلول های چند بلوری: لایه های چند بلوری به وسیله فرآیند ریخته گری تهیه می شوند. سیلیسیم مذاب را در

یک قالب می ریزند و اجازه می دهند متبلور شوند. لایه های چند بلوری که به وسیله ریخته گری درست شده اند

عمدتا ارزان تر هستند و بازده پایین تری دارند.

سیلیسیم بی شکل: اگر یک لایه سیلیسیم روی شیشه یا یک ماده دیگر قرار گیرد که معروف به سلول لایه بی

شکل یا نازک، است تشکیل می شود. ضخامت این لایه کمتر از یک میکرومتر است بنابراین تولید این سلول ها

و



## منابع

[1]. J.Prasanth Ram and N.Rajasekar. "A novel Flower Pollination based Global Maximum Power Point method for Solar Maximum Power Point Tracking".IEEE transactions on Power electronics 2016-06-1119

[2]. Juan David Bastidas-Rodriguez , Edinson Franco , Giovanni Petrone , Carlos Anders Ramos-Paja and Spagnuolo. "Maximum power point tracking architectures for photovoltaic systems in mismatching conditions a review " . IET Power Electron , Vol.7 , Iss. 6 , pp. 13961413 , Jan 2014.

[3]. Zhou, Y. Bulk-heterojunction Hybrid Solar Cells Based on Colloidal CdSe Quantum Dots and Conjugated Polymers, Freiburg Im Breisgau, Dr. Thesis, 2011.

[4]. Hadziioannou, G.; Hutten P.F.V. Semiconducting Polymers (Wiley, New York, Department of Polymer Chemistry and Materials Science Centre University of Groningen, 1999 )

[5]. Mozer, A. J. Charge Transport and Recombination in Bulk Heterojunction Plastic Solar Cells, Linz, Dr. Thesis, 2004.