



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : الکترونیک

عنوان : طراحی و ساخت سیستم کنترل موقعیت سلول خورشیدی برای

افزایش بازده آن

استاد راهنما : دکتر سیروس طوفان

نگارش : مهدی شاکری حسین آباد

تیر ۹۳

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

چکیده

با توجه به پیشرفت های انجام گرفته در استفاده از انرژی های پاک و همچنین نگرانی ها در مورد پایان یافتن و اثرات مخرب زیست محیطی انرژی های فسیلی، امروزه سعی می شود تا انرژی های پاک را جایگزین سوخت ها و انرژی های فسیلی نمایند. یکی از مهمترین و بهترین انتخاب ها در انرژی های پاک، انرژی رایگان و قابل دسترس خورشید می باشد. به خصوص در کشور ما که میزان تابش خورشید در بخش وسیعی از خاک کشور از متوسط جذب جهانی بیشتر است. برای استفاده از انرژی خورشیدی اغلب از سلول های خورشیدی استفاده می شود که برای جذب حداکثر انرژی باید سلول ها در مناسب ترین موقعیت یعنی عمود بر زاویه تابش خورشید قرار بگیرند. در این پروژه سیستمی برای ردیابی خورشید توسط سلول خورشیدی جهت دریافت ماکزیمم نور در تمام ساعات روز طراحی شده است که از مقاومت های حساس¹ به نور (فتوسل) استفاده می شود. برای تشخیص موقعیت خورشید استفاده شده و با یک موتور پله ای² سلول خورشیدی را در جهت های مناسب حرکت داده تا سلول خورشیدی در بهترین موقعیت یعنی عمود بر تابش خورشید قرار بگیرد و ماکزیمم انرژی را تولید کند.

¹ Light dependent resistor

² Stepper motor

فهرست

فصل اول : سلول خورشیدی

- ۱-۱-۱ تعریف چند اصطلاح ۱
- ۱-۱-۱-۱ پدیده فتوولتائیک ۱
- ۱-۱-۱-۲ پنل خورشیدی ۱
- ۱-۱-۱-۳ آرایه خورشیدی ۱
- ۱-۲ تاریخچه سلول خورشیدی ۲
- ۱-۳ ساختار سلول خورشیدی : ۳
- ۱-۴ انواع سلول های خورشیدی ۴
- ۱-۴-۱ سیلیکون بلوری ۴
- ۱-۴-۲ سلول های خورشیدی با لایه نازک ۶
- ۱-۴-۳ سلول های خورشیدی نانو ساختار اکسید تیتانیم ۷
- ۱-۵ راندمان سلول خورشیدی ۸
- ۱-۶ خروجی سلول خورشیدی ۹
- ۱-۷ منحنی ولتاژ-جریان (I-V) سلول خورشیدی ۹
- ۱-۸ تاثیر تابش بر خروجی ماژول ۱۰
- ۱-۹ تاثیر دما بر خروجی ماژول ۱۱
- ۱-۱۰ مدل سلول خورشیدی ۱۲
- فصل دوم : موتورهای پله ای

- ۲-۱ موتور های پله ای ۱۴
- ۲-۲ انواع موتور های پله ای ۱۴
- ۲-۲-۱ موتور های پله ای با مقاومت مغناطیسی متغیر ۱۵
- ۲-۲-۲ موتور های پله ای مغناطیس دائم ۱۵
- ۲-۲-۳ موتور های هیبریدی ۱۶
- ۲-۳ انواع موتور های پله ای مغناطیس دائم ۱۶

۱۷	۳-۲-۱ موتور های تک قطبی	۱۷
۱۷	۳-۲-۲ موتور های دو قطبی	۱۷
۱۸	۳-۲-۳ زاویه پله	۱۸
۱۸	۴-۲ انواع روش های درایو موتور پله ای	۱۸
۱۸	۴-۲-۱ موجی (یک فاز روشن)	۱۸
۱۹	۴-۲-۲ تمام پله (دو فاز روشن)	۱۹
۱۹	۴-۲-۳ آنتیم پله (یک و دو فاز روشن)	۱۹
۲۰	۴-۲-۴ میکرو پله	۲۰
۲۳	۵-۲ مدار های درایو موتور پله ای	۲۳
۲۳	۵-۲-۱ راه اندازی موتور پله ای با استفاده از ترانزیستور و ماسفت	۲۳
۲۳	۵-۲-۲ سی های درایور موتور پله ای	۲۳
۲۳	۵-۲-۳ ادراپور ULN2003	۲۳
۲۵	۵-۲-۴ آی سی L293	۲۵
	فصل سوم : معرفی ادوات الکتریکی استفاده شده در پروژه	
۲۶	۳-۱ آی سی L298	۲۶
۲۸	۳-۲ آی سی L297	۲۸
۳۳	۳-۳ آشکار ساز های نوری	۳۳
۳۳	۳-۳-۱ آشکار سازهای اثر حرارتی نور	۳۳
۳۳	۳-۳-۲ آشکار سازهای فوتون	۳۳
۳۵	۳-۳-۳ آنور رسانا ها	۳۵
۳۸	۳-۴ میکروکنترلر ATMEGA 32	۳۸
۳۸	۳-۴-۱ ویژگی های میکروکنترلر ATMEGA 32	۳۸
۴۱	۳-۴-۲ مبدل آنالوگ به دیجیتال	۴۱
۴۲	۳-۴-۳ ویژگی های مبدل آنالوگ به دیجیتال در ATmega 32	۴۲
۴۳	۳-۴-۴ مبدل آنالوگ به دیجیتال در دو حالت کار میکند	۴۳
۴۳	۳-۴-۴-۱ ثبات های داده ADCH و ADCL	۴۳
۴۴	۳-۴-۴-۲ ثبات کنترل و وضعیت	۴۴

فصل چهارم : طراحی و ساخت سیستم کنترل موقعیت سلول خورشیدی برای افزایش بازده آن

۲-۴-۲-۵ ثبات انتخاب مالی پلکسر ۴۶
۲-۴-۳-۶ زمان تبدیل اطلاعات ورودی آنالوگ به دیجیتال ۴۸

۴-۱ مقدمه ۴۹
۴-۲ شرح کار ۵۰
۴-۳ نتیجه گیری ۵۷
۴-۴ پیشنهاد ۵۷
مراجع ۵۸

فصل اول

سلول خورشیدی

۱-۱-۱ تعریف چند اصطلاح

۱-۱-۱-۱ پدیده فتوولتائیک

به پدیده ای که در اثر آن انرژی تابشی به طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می شود، پدیده فتوولتائیک می گویند و به هر سیستمی که از پدیده فتوولتائیک (تبدیل مستقیم انرژی تابشی به انرژی الکتریکی) استفاده کند، سیستم فتوولتائیک می گویند.

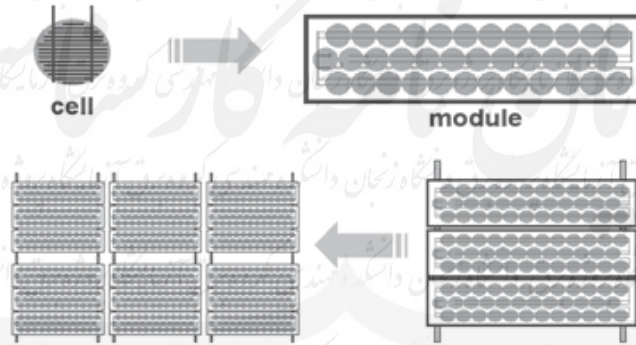
۱-۱-۲ پنل خورشیدی

یک پنل خورشیدی مجموعه ای از چندین سلول خورشیدی است که به صورت سری و موازی به هم وصل شده اند. پنل های خورشیدی از بازدهی کمتری نسبت به سلول های خورشیدی برخوردارند و علت این موضوع بیشتر به فواصل برمی گردد که بین سلول هایی که در مجاورت هم به صورت سری و موازی قرار دارند، وجود دارد.

۱-۱-۳ آرایه خورشیدی

به مجموعه ای از پنل های خورشیدی آرایه خورشیدی گفته می شود.

شکل (۱-۱) ارتباط سلول خورشیدی و پنل خورشیدی و آرایه خورشیدی را نشان می دهد. [1]



شکل (۱-۱) ارتباط سلول خورشیدی و پنل خورشیدی و آرایه خورشیدی

۲-۱ تاریخچه سلول خورشیدی

کشف پدیده فتوولتاییک به بکرل فیزیکدان فرانسوی نسبت داده می شود که در سال ۱۸۳۹ مشاهده نمود

که ولتاژ باتری وقتی که صفحات نقره‌ای آن تحت تابش نور خورشید قرار می گیرند، افزایش می یابد. وی که از کودکی نزد پدر دانشمندش به عنوان دانش آموز و سپس دستیار به تحقیق می پرداخت در سن ۱۹ سالگی

این پدیده را مشاهده کرد. پدر او (سزار بکرل) کاشف اثر پیزوالکتریک بود. این اثر ابتدا روی مواد جامد مثل

سلنیوم توسط هرتز در سال ۱۸۷۰ مطالعه شد. اما اولین گزارش از پدیده فتوولتاییک در یک ماده جامد در

سال ۱۸۷۷ بود که دو دانشمند کمبریج به نام های دی و آدامز در مقاله‌ای به انجمن سلطنتی تغییراتی که

در خواص الکتریکی سلنیوم وقتی که تحت تابش نور قرار می گیرد را توضیح دادند. در سال ۱۸۸۳ چارلز که

یک مهندس برق اهل نیویورک بود، یک سلول خورشیدی سلنیومی ساخت که از برخی جهات شبیه به

سلولهای خورشیدی سیلیکونی امروزی بود. این سلول از یک ویفر نازک سلنیوم تشکیل شده

بود که با یک توری از سیمهای خیلی نازک طلا و یک ورق حفاظتی از شیشه پوشانده شده بود. اما

سلول ساخت او خیلی کم بازده بود. کمتر از ۱٪ انرژی خورشیدی تابیده شده به سطح این سلول ابتدایی

به الکتریسیته تبدیل می شد. با وجود این، سلولهای سلنیومی سرانجام در نورسنج‌های عکاسی به طور

وسیعگی بکار گرفته شد. در سال ۱۸۸۷، هرتز کشف کرد که نور ماوراء بنفش حداقل ولتاژ لازم برای ایجاد

جرقه برای پرش بین دو الکتروود فلزی را تغییر می دهد. در سال ۱۹۰۴ هال واپس^۳ کشف کرد که یک ترکیبی از مس و اکسید مس حساس به نور است. همچنین در این سال اینس تین^۴ مقاله اش را در زمینه اثر فتوالکتریک منتشر کرد. فهم کامل و مفصل تر از قوانین اساسی سلول های خورشیدی در سال ۱۹۰۵ توسط اینس تین و در سال ۱۹۳۰ توسط چاتکی^۵ بوجود آمد. اولین سلول خورشیدی سیلیکونی با بازده حدود ۶٪ با نور مستقیم توسط داریل چاپین^۶، جرالند پرسون^۷ و کالوین فولر^۸ در سال ۱۹۵۴ بوجود آمد. [2]

اولین استفاده تجاری از سلول های خورشیدی در سال ۱۹۵۸ در فضاپیما بود و اولین ماهواره با انرژی خورشیدی به نام وانگورد پیاده سازی شد، به طوری که سیستم توان ماهواره به مدت ۸ سال کار کرد. این عمده کاربرد تجاری از سلول های خورشیدی تا سال ۱۹۷۰ بود. [3]

در سال ۱۹۶۴ فضاپیمای نیمه باس^۹ با یک آرایه سلول خورشیدی ۴۷۰ وات راه اندازی شد و در سال ۱۹۶۸ ماهواره OVI-13 با دو پنل CdS راه اندازی شد.

۱-۳ ساختار سلول خورشیدی :

سلول های خورشیدی کریستال هایی هستند که از لایه های نازک از جنس نیمه هادی (سیلیکون و آرسینورگالیم) ساخته شده اند. سلول هایی که از سیلیسکون ساخته شده اند از لحاظ تئوری بازده ماکزیمم حدود ۲۲ درصد دارند ولی بازده عملی آن حدود ۱۵ تا ۱۸ درصد است. در صورتی که بازده سلول هایی که از آرسینورگالیم ساخته می شوند بازده عملی آنها بیشتر از ۲۰ درصد است. این کریستال ها خصایل الکترونیکی متفاوتی دارند و این امر موجب پیدایش میدان های الکتریکی در درون آن ها می شود. هنگامی که نور وارد کریستال می شود الکترون هایی که بوسیله نور تولید می شوند بوسیله این میدان ها جدا می شوند و اختلاف پتانسیلی بین وجوه بالای و پایینی سلول بوجود می آید. در صورتی که مدار کامل شود آنگاه این اختلاف پتانسیل جریان مستقیمی را بوجود می آورد. سیلیسیم یک نیمه هادی است که به طور خاص از نظر هدایت الکتریکی هادی ضعیفی است ولی اگر در موقع پالایش به آن فسفر اضافه شود بار

³ Hallwachs

⁴ Einstein

⁵ Schottky

⁶ DarylChapin

⁷ GeraldPearson

⁸ CalvinFuller

⁹ Nimbus

منفی پیدا کرده و در صورتی که بور اضافه شود بار مثبت پیدا می کند . نوع اول را سیلیسیم نوع N و نوع دوم را سیلیسیم نوع P می نامند . می دانیم که سیلیسیم دارای ۴ الکترون در مدار خارجی خود می باشد هنگامی که تعدادی اتم فسفر به داخل کریستال سیلیسیم وارد شود با توجه به اینکه فسفر دارای ۵ الکترون در مدار خارجی خود است ۴ الکترون مدار خارجی فسفر با ۴ الکترون مدار خارجی سیلیسیم یک مدار بوجود آورده و به این ترتیب یک الکترون بصورت آزاد باقی مانده یعنی سیلیسیم با بار منفی باردار شده و نیمه هادی نوع N بوجود می آید . از طرفی اگر به جای فسفر از اتم بور که ۳ الکترون در مدار خارجی خود دارد استفاده شود حفره هایی که مثل الکترون قابلیت حرکت دارند ایجاد شده و سیلیسیم به صورت مثبت باردار می شود . یعنی نیمه هادی نوع P بوجود می آید حال یک اتصال N-P ایجاد شده است . در طرف نوع P حفره های آزاد و اتمهای بور با بار منفی ساکن اند و در طرف نوع N الکترون های آزاد و اتم های فسفر با بار مثبت وجود دارند. حال اگر یک فوتون با اتصال N-P برخورد کند الکترون را از اتم سیلیسیم جدا کرده و در نتیجه حفره بوجود می آورد . حفره موجود تحت تاثیر میدان موجود به سمت ناحیه P و الکترون به سمت ناحیه N حرکت کرده و این دو حرکت مخالف با بار های مختلف یک جریان الکتریکی بوجود می آورند . با اتصال کنتاکتهایی به رویه های قطعات نیمه هادی مداری تشکیل می شود که اجازه برگشت الکترون ها را به اتصال نوع P از میان یک بار خارجی می دهد . شکل زیر دیاگرام شماتیکی یک اتصال N-P را نشان میدهد.[1]

۱-۴ انواع سلول های خورشیدی

بر حسب نوع سیلیکون کریستالی استفاده شده می توان سلول های خورشیدی را به ۳ دسته عمده تقسیم کرد .

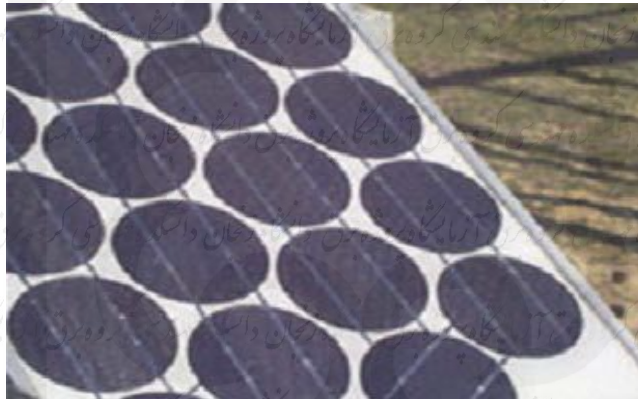
۱-۴-۱ سیلیکون بلوری

این دسته رایج ترین نوع سلول های خورشیدی هستند و برای ساخت آنها از سیلیکون استفاده شده است . گروهی از سلول های خورشیدی از سلول های بلوری سیلیکون ساخته شده است . این پوشش ها محدوده نوری را که می تواند به سلول راه پیدا کند مشخص می کنند و طراح با انتخاب رنگ مورد نظر مقدار نور ورودی را تنظیم می کند. رنگ آبی به دلیل راندمان بالا رایج ترین رنگ است و سلول خورشیدی با رنگ های دیگر

نسبت به آن راندمان پایین تری دارند. این خانواده از سلول های خورشیدی به دو دسته تک کریستالی و چند کریستالی تقسیم می شوند.

الف-سیلیکون تک بلور

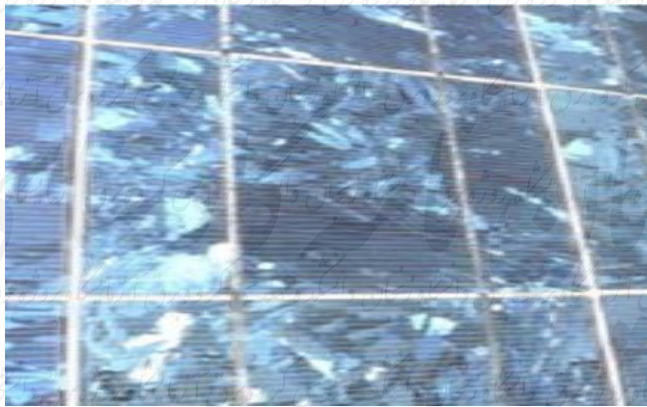
سیلیکون تک بلور از لحاظ تاریخی مرسوم ترین نوع برای تهیه سلول های خورشیدی است و بیشترین آزمایش ها برای استفاده از صنایع الکترونیک روی آن انجام شده است. آنها کارآمدترین و در عین حال گران ترین نوع از این سلول ها می باشند و برای فضاهایی که از نظر مساحت دچار مشکل است توصیه می شوند. سلول های خورشیدی در این روش از طریق ورقه کردن گرداله تک بلور رشد داده شده سیلیکون تهیه می شوند. آنها را می توان به نازکی ۲۰۰ میکرون برید. برای سلول های خورشیدی تهیه شده از تک بلور سیلیکون در آزمایشگاه به راندمان ۲۴ درصدی و در صنعت به راندمان ۱۵ درصدی رسیده اند. سلول های تک بلوری سیلیکون بین ۲۰ تا ۲۵ سال پایدار هستند و مشکل آنها در گران بودن روش تولید آنها است.



شکل (۱-۳) سلول خورشیدی از نوع سیلیکون تک باور

ب-سیلیکون چند بلوری

تفاوت سلول های خورشیدی چند بلوری و تک بلوری این است که ورقه های سلول های خورشیدی چند آزمایشگاه پروژه



شکل (۱-۴) سلول خورشیدی از نوع سیلیکون چند بلور

۱-۴-۲ سلول های خورشیدی با لایه نازک^{۱۰}

همان گونه که از نام این نوع سلول خورشیدی مشخص است ، اصول کار در این سلول ها مبتنی بر لایه نازکی از نیمه رسانا است که بر روی یک سطح نشانده شده باشد . از آن جایی که این لایه نازک است از نیمه رساناهای حجیم ارزان تر خواهد بود . روش های تولید سلول های خورشیدی لایه نازک باید به سرعت بالای تولید و اتوماسیون فرآیند منجر شود . سلول های خورشیدی با لایه های نازک خود به انواعی تقسیم می شوند که مهمترین آنها عبارتند از سیلیکون بی شکل، سلول های گالیم آرسنیک، تلورید کادمیم و ...

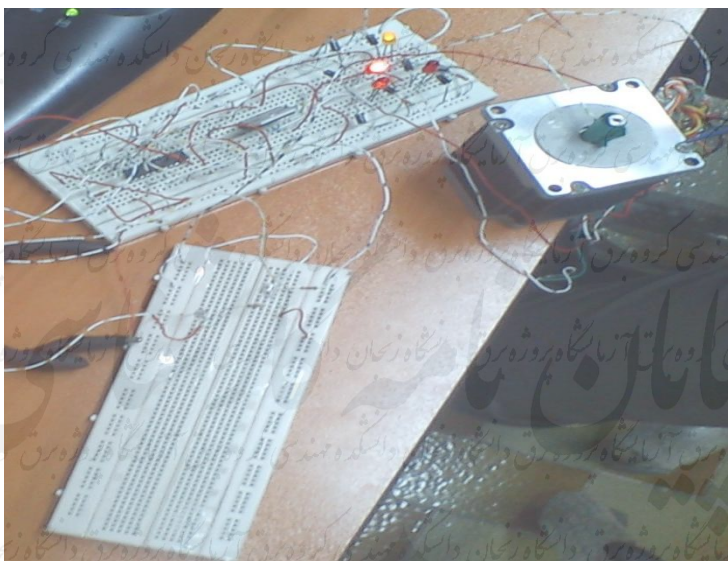
الف-سیلیکون بی شکل

در سیلیکون بی شکل اتم ها نسبت به سیلیکون بلوری بیشتر به صورت تصادفی قرار گرفته اند . سیلیکون بی شکل ساختار بلوری مشخص ندارد و تدریجا با قرار گرفتن در برابر نور از بین رفته و کیفیت ابتدایی خود را از دست می دهد البته منفعل سازی به کمک هیدروژن می تواند این اثر را کاهش دهد. راندمان فیلم نازک سیلیکون بی شکل بسیار پایین بوده و در حدود ۱۰ تا ۱۳ درصد است و طول عمر کمتر و قیمت ارزان تر نسبت به سیلیکون بلوری دارند . سیلیکون بی شکل خصوصیات بسیار متفاوتی نسبت به سیلیکون بلوری دارد و می تواند نور مرئی را به جریان الکتریسیته تبدیل کند . همچنین نسبت به سیلیکون بلوری نور بیشتری جذب می کند . به عنوان مثال می توان این فناوری را در ماشین حساب های نوری دید .

¹⁰ thin film

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.



شکل (۴-۹)

۳-۴ نتیجه گیری

با استفاده از این ایده می توان خورشید را با دقت بالایی ردیابی کرد و به طور پیوسته بیشترین شدت تابش را از خورشید دریافت کنیم و همچنین در هوای ابری و بارانی نیز به جای دنبال کردن خورشید ، موقعیتی را

دنبال می کنیم که دارای بیشترین شدت تابش باشد .

۴-۴ پیشنهاد

برای افزایش دقت می توان همین ایده را با استفاده از ۴ عدد فتوسل در ۴ جهت و حرکت سلول خورشیدی در دو محور پیاده سازی کرد . با این طرح سلول خورشیدی توانایی ردیابی خورشید در جهت شمال - جنوب را نیز پیدا می کند.

مراجع

[1] نشریه " انرژی های خورشیدی " که توسط سازمان انرژی های نو ایران " سانا" انتشار یافته است .

[2] Sachin jain , single stage grid connected photovoltaic systems with maximum power point tracking , Bombay , 2007

[3] stefan krauter , Solar electric power generation photovoltaic energy systems , 2006

[4] Djamila rekioua , Emest matagne , optimization of photovoltaic power systems , London , 2012

[5] Mark hankins , Stand –Alone Solar Electric Systems , London , 2010

[6] www.en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor

[7] www.solarbotics.net

[8] www.st.com

[9] مجله تخصصی برق و الکترونیک "نویز" ، سال اول ، شماره ۵ ، دی ۱۳۸۹

[10] دکتر حسن سید رضی ، میکروکنترلر های AVR ، تهران ، انتشارات ناقوس ، ۱۳۹۰