ساخت وبررسی عملکرد یک نمونه سلول خورشیدی تحت شرایط اقلیمی سبزوار توسط نرم افزار اسکپس

رضا مزینانی[1*]، دکتر جواد باعدی[2]، مهدی مزینانی[3]

1- گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
2- دانشیار، گروه فیزیک، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
3- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
*سمنان، reza70mazinani@gmail.com

چکیده

بشر امروزی با دو مشکل اساسی روبرو است؛ از یک طرف سوخت‌های فسیلی رو به اتمام اند و از طرف دیگر، این سوخت‌ها مشکلات زیست محیطی زیادی مانند آلودگی هوا و اثر گلخانه‌ای ایجاد می‌کنند. سلول خورشیدی بهترین گزینه برای جایگزینی سوخت فسیلی است. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار اسکپس شبیه سازی اولیه برای ساخت سلول خورشیدی مد نظر صورت گرفته است. تحقیقات نشان داد که دما و تابش دو عامل مهم و تاثیرگذار در عملکرد سلول خورشیدی می‌باشند. در این تحقیق به کمک شبیه سازی با نرم افزار به بررسی این تغییرات پرداختیم و همان طور که مشاهده خواهید کرد با تغییرات آن‌ها، میزان توان دریافتی از سلول نیز تغییر می‌کند، به طوری که در شرایط اقلیمی سبزوار بهترین دما برای بیشترین بازده سلول 300 کلوین می‌باشد این در شرایطی است که از قلع به عنوان لایه نازک با ضخامت 4 میکرومتر و اکسید روی به عنوان پنجره استفاده شده است. در پایان نیز ایده‌های محقق برای افزایش بازده سلول خورشیدی بیان شده است.

کلیدواژگان

اسکپس، سلول خورشیدی، انرژی¬های نو، فتوولتائیک، سوخت¬های فسیلی

Construction reviewing the performance of a solar cell samples under climatic conditions Sabzevar software scaps

Reza mazinani1*, Dr. javad baedi, Mahdi mazinani

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad university, Semnan, Iran.
2- Department of Mechanical Engineering, Hakim Sabzevari university, Sabzevar, Iran.
3- Associate Professor, Hakim Sabzevari university, Sabzevar, Iran.
* Semnan, reza70mazinani@gmail.com

Abstract

Modern man is facing two major problems; On the one hand, fossil fuels are running out and the other side, these fuels environmental problems such as air pollution and the greenhouse effect, making them much. Solar cell is the best choice to replace fossil fuels. In this study, using the software scaps Initial simulation for solar cells has been considered. The investigation revealed that for best performance, Should be as thin with a thickness of 4 μm tin And zinc oxide used as window that if we can keep constant temperature of the solar cell at 300 K have the highest efficiency.

Keywords

Scaps, solar cell, new energies, tin, Fossil Fuels

1- مقدمه

به گفته کارشناسان، تابش خورشید بزرگترین منبع تجدیدپذیر کره زمین است. به طوری که اگر فقط یک درصد از تابش صحراهای جهان توسط نیروگاه های حرارتی خورشیدی بکارگرفته شود، می‌تواند کل تقاضای برق سالانه جهان را تأمین کرد. انرژی خورشیدی، وسیع ترین منبع انرژی در جهان به شمار می رود. انرژی تابشی گسیل شده از خورشید به زمین در هر ساعت از مقدار کل انرژی مصرفی ساکنان زمین در طول یک سال بیشتر است.

درهمین راستا سلول خورشیدی بهترین گزینه برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی و هسته‌ای است. نوعی انرژی پاک است که عوارض آلایندگی زیست محیطی ندارد. انرژی خورشید می تواند به عنوان یک انرژی تمیز و قابل دسترس، حلال مشکلات باشد؛ از سوی دیگر شرایط جغرافیایی ایران که در که در بین مدارهای 25 تا 45 درجه عرض شمالی کره زمین قرار گرفته است به گونه‌ای است که تقریبا 280 روز آفتابی دارد، با توجه به این ویژگی‌ها، ما بر آن شدیم تا با انجام این تحقیق به یک روش کاملا اصولی و عملی برای تولید سلول‌های خورشیدی پر بازده و صنعتی که با شرایط اقلیمی کشور عزیزمان ایران بیشترین سازگاری را داشته باشد، برسیم. و از طرفی کمترین هزینه ممکن را نسبت به نمونه‌های مشابه آن در بازار را برای مصرف کننده و تولید کننده در بر داشته باشد [1].

1-2- ایران و بهره گیری از انرژی‌های نو

اگرچه میزان تابش خورشید در ایران به اندازه قابل ملاحظه‌ای بالاتر از میانگین جهانی است، اما به نظر می‌رسد در حال حاضر میزان استفاده از این انرژی در حد و اندازه پتانسیل موجود در کشور نیست. هم‌اکنون در کل کشور روزانه فقط 500 کیلووات ساعت برق تولید می‌شود؛ این در حالی است که

مجموع تولید برق کشور بیش از 40 هزار مگاوات است. ما در اکثر نقاط کشورمان به ازای هر متر مربع بیش از 5 کیلووات ساعت انرژی رایگان از خورشید دریافت می‌کنیم و اگر بخواهیم احساسی نسبت به این مقدار انرژی داشته باشیم می‌توانیم این مثال را بزنیم، اگر یک لامپ 20 وات را 10 ساعت در روز روشن کنیم، انرژی مصرفی آن برابر خواهد بود با 200 وات ساعت انرژی. در حالی که ما در هر متر مربع حدود 5 هزار وات ساعت انرژی رایگان دریافت می‌کنیم. یعنی ما به راحتی می‌توانیم 25 عدد از این لامپ‌ها را در خانه فقط با یک متر مربع از سطح، دریافت کنیم. کشور ایران در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین 1800 تا 2200 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است. که رقم بسیار قابل توجهی است. با وجود این شرایط، این سوال مطرح می‌شود که چرا هنوز استفاده از انرژی خورشیدی فرا گیر نشده است؟

همانطورکه در شکل 1 مشاهده می‌کنید، پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران آنقدر بالا است که می‌توان با بهره‌گیری درست از این انرژی آن را به کشورهای دیگر نیز صادر کرد. در ایران 500 هزار فرصت شغلی را می‌توان به صورت مستقیم و غیرمستقیم ایجاد کرد. ایران می‌تواند به این طریق هم اشتغال و هم انرژی تولید کند، و این انرژی را به همسایگانمان نیز صادر کند. به عنوان مثال ما در بخش خراسان در طول سال بین 4500 تا 5200 وات ساعت در هر متر مربع انرژی داریم و این را می‌توانیم در نیروگاه‌ها تولید و به افغانستان صادر کنیم. همین مقدار را ما در غرب کشورمان هم داریم. می‌توانیم آن را به عراق و کشورهای دیگر صادر کنیم. یعنی می‌خواهم بگویم، اگر واقعا به انرژی خورشیدی یک اپسیلون توجه شود، کشور ما نیاز به هیچ گونه نیروگاه دیگری برای تولید برق و انرژی در داخل کشور ندارد.

شکل 1 پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران

انرژی خورشیدی را می‌توان به صورت حرارتی و نوری (فناوری فتوولتائیک) مورد استفاده قرار داد. از سیستم‌های گرما خورشیدی می‌شود در مقاصد گوناگون، از جمله سیستم‌های حرارتی و برودتی، تهیه آب گرم، آب شیرین کن یا آب مقطرگیری، سرمایش یا گرمایش ساختمان، انتقال و پمپاژ آب، سیستم تولید فضای سبز یا گلخانه، خشک کن و اجاق‌های خورشیدی، خوراک پز، سردکن‌ها یا چیلرهای جذبی و نیروگاه‌های خورشیدی استفاده کرد. با استفاده از سیستم فتوولتائیک نیز می‌توان انرژی خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد.

در ایران، وجود زمینه مناسب اقلیمی و تابش آفتاب در بیشتر مناطق و در اکثر فصول سال، همچنین وجود پستی و بلندی‌ها در مسیر نهرهای آب، داشتن مناطق واجد پتانسیل بالای باد و قابلیت‌های تولید انرژی زمین گرمایی، زمینه لازم و مناسبی را برای استفاده و گسترش انرژی‌های نو و پاک فراهم آورده است. ایران در کمربند خورشیدی واقع شده و زمین‌های بلا استفاده بسیار در این مسیر است که می توان از آن ها برای ساخت نیروگاه های خورشیدی استفاده کرد. طبق برآورد بودیکو و سلرز متوسط سالانه انرژی خورشید در کشور ما 140 تا 220 کیلو کالری در سانتی متر مربع است.

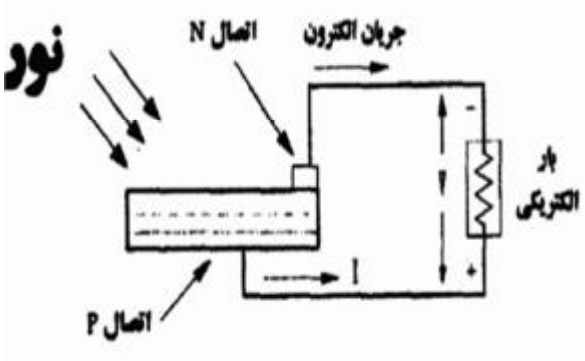
نیروگاه های حرارتی خورشیدی با توجه به قابل دسترس بودن انرژی خورشیدی درکشور یکی از اصلی ترین مصرف کنندگان این انرژی در آینده خواهند بود. انرژی خورشیدی در مقایسه با سایر انرژی های نو یکی از پاک ترین منابع انرژی است که در سال‌های اخیر تحقیق و توسعه در زمینه کاربرد سیستم های خورشیدی افزایش یافته است.

در کشور ما نیروگاه خورشیدی 250 کیلوواتی شیراز در حال راه اندازی است که شروع خوبی جهت کسب دانش و توسعه این صنعت می باشد، بیشتر استفاده حرارتی از انرژی خورشید، مربوط به آبگرمکن های منازل است. این که میزان تابش متوسط روزانه آفتاب در ایران به 4 کیلووات ساعت بر متر مربع می رسد و متوسط تعداد ساعات آفتابی، از 2800 ساعت درسال بیشتر است، قابلیت تولید انرژی پاک از این منبع عظیم، بسیار بالاست. البته، مقادیر ذکر شده به طور متوسط بیان شده‌اند و در شهرهای کویری کشور هم چون یزد و اکثر مناطق خراسان جنوبی، ساعات آفتابی به 3200 ساعت نیز می‌رسد. با توجه به این که، ایران کشور کوهستانی است که اکثر نقاط آن دارتفاعی بالاتر از 1000 متر از سطح دریا واقع شده‌اند، توان دریافتی‌از تابش نور خورشید آن بیشتر خواهد بود. به عنوان نمونه مقدار تابش کلی خورشید در سطح زمین در ایستگاه های تشعشع سنجی کشور در جدول1، آمده است [2,3].

جدول 1 مقدار تابش کلی انرژی خورشیدی در ایستگاهای نمونه در سطح کشور

2- سلول خورشیدی

قبل از همه بگویم که سلول‌های خورشیدی را با یک نام دیگر یعنی فتوولتاییک نیز می شناسند که فتو به معنی نور و ولتاییک به معنی الکتریسیته می باشد. سلول خورشیدی که عنصر اصلی تشکیل دهنده یک آرایه فتوولتائیک است از یک پیوند نیمه هادی n-p از جنس سیلیکون ساخته می‌شود. فرایند تبدیل انرژی در یک سلول خورشیدی در شکل 2 نشان داده شده است که پس از برخورد فوتون‌های نور خورشید به سلول خورشیدی سبب تولید الکترون در نیمه هادی گشته و با اتصال بار الکتریکی، جریان الکتریکی جاری می‌شود [4].



شکل 2 نحوه تبدیل در سلول خورشیدی

3- شبیه سازی وبررسی عددی سلول‌های خورشیدی

شبیه سازی به عنوان آزمایش نمونه بدون ساخت هیچ نمونه واقعی می تواند توسعه علوم و فناوری‌ها را تسریع بخشد. از همین رو با توجه به اهمیت و گستردگی مسئله‌ی انرژی فتوولتائیک، ما برای کاهش هزینه های پژوهشی و همچنین سرعت بخشیدن به آن نیاز به شبیه سازی داریم.

در انرژی خورشیدی در مراحل مختلف از شبیه سازی استفاده می کنیم. اولین مرحله در یک سلول خورشیدی انتخاب مواد مناسب برای آن است. در این مرحله بجای ساخت و فراوری مواد که با توجه به حجم زیاد مواد قابل استفاده، کار تقریبا غیر ممکن است می‌توانیم از شبیه سازی استفاده کنیم. یافتن موادی با ضریب جذب بالا، باند ممنوعه و خواص اپتیکی- الکتریکی مناسب از بین هزاران کاندیدا، کار سختی است، که توسط شبیه ساز امکان پذیر است.

مرحله بعد ساخت سلول خورشیدی است. شبیه سازی می تواند تعیین ضخامت هر لایه و چینش این لایه‌ها را برای ما مشخص کند. و در مرحله آخر ساخت ماژول خورشیدی است که در این قسمت نیز شبیه سازی می تواند این مرحله را تسریع ببخشد.

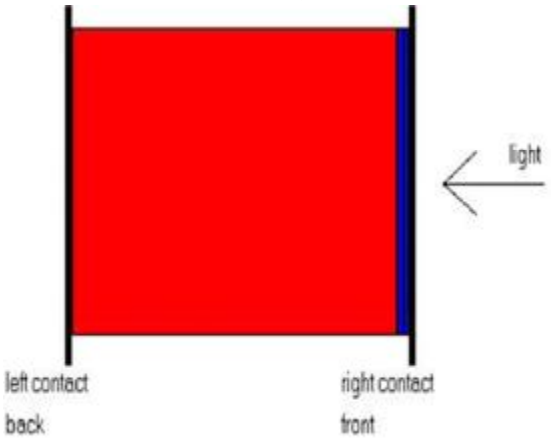
3-1- شبیه سازی سلول خورشیدی قلعی

SnS دارای ضریب جذب بالایی در محدوده نور مرئی است. همین خاصیت SnS را به یک کاندیدای ویژه برای سلول‌های خورشید لایه نازک تبدیل می کند. همچنین این ماده از قلع و سلفور که مواد ارزانی هستند ساخته شده است که یک مزیت اقتصادی است.

در این تحقیق ما تاثیر دما، ضخامت و همچنین ماده بکار رفته در لایه پنجره را بررسی می‌کنیم. ساختار شماتیک سلول خورشیدی ما در شکل 3 نمایش داده شده است. قسمت قرمز رنگ نماینگر لایه SnS است که به عنوان

نام ایستگاه	مقدار تابش cal/cm^2	نام ایستگاه	مقدار تابش cal/cm^2
ارومیه	٤٧٥/٣	شیراز	٤٧٦/٩
اصفهان	٤٦١/٦	طبس	٤٨١/٨
بجنورد	٣٩٧/٢	کرج	٤١٩/٤
بوشهر	٤٥٤/٩	کرمان	٤٨٢/٨
بیرجند	٤٨٢/١	کرمانشاه	٤٢٢/٨
تبریز	٤٦٢/٧	مشهد	٣٨٣/١
تهران	٤٢٢/٨	همدان	٤٠٩
رامسر	٢٨٣	یزد	٥٠٥/٦

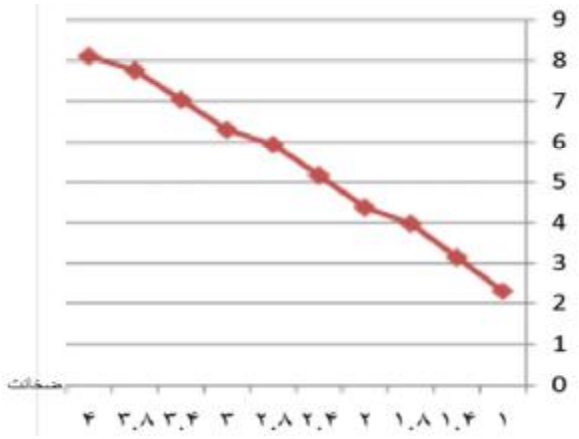
لایه جاذب عمل می کند. قسمت آبی نیز لایه پنجره است که می توان از انواع اکسیدهای فلزات مثل اکسید قلع، اکسید روی، و یا FTO استفاده کرد.



شکل 3 شماتیک سلول خورشیدی

3-1-1- بررسی تاثیر ضخامت

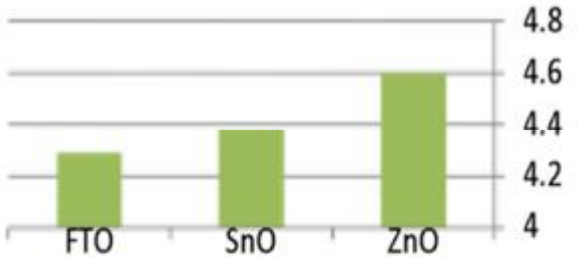
همان طور که در شکل 4 دیده می‌شود، ضخامت نمونه بین 1 تا 4 میکرومتر تغییر می‌کند و در طی این پروسه خواص سلول بررسی می‌شود. مطابق نتایج با افزایش ضخامت کارایی سلول افزایش میابد که می‌تواند به دلیل جذب بیشتر فوتون‌ها باشد.



شکل 4 کارایی نسبت به ضخامت

3-1-2- انواع پنجره

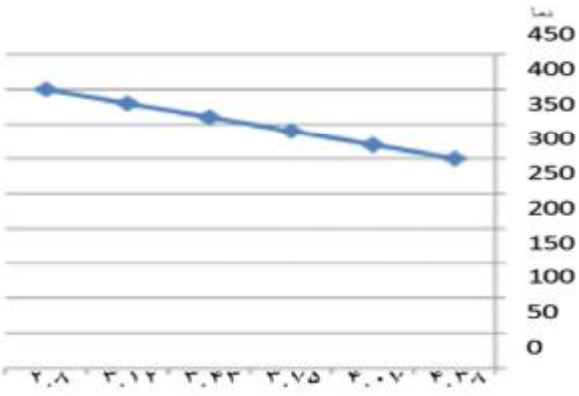
در این قسمت از سه ماده FTO و اکسیدهای قلع و روی به عنوان لایه جاذب استفاده کردیم و خواص سلول را بررسی کردیم. مطابق شکل 5 بهترین کارایی را لایه پنجره ZnO دارد.



شکل 5 کارایی انواع پنجره

3-1-3- تاثیر دما

در این قسمت دمای نمونه بین 300 تا 400 کلوین تغییر می‌کند و خواص سلول بررسی می شود. مطابق شکل6 با افزایش دما بازده سلول کاهش می‌یابد.



شکل 6 کارایی نسبت به دما

4- ساخت سلول خورشیدی

از مزیت‌های سلول‌های خورشیدی لایه نازک می‌توان به فرایند ساخت ارزان تر و ساده تر آن نسبت به دیگر انواع سلول های خورشیدی اشاره کرد. این نوع سلول‌ها را می توان توسط فرایندهای ارزان و خارج از خلع تولید کرد.

یکی از روش‌های تولید لایه‌های نازک بدون خلع افشانه پایرولیز است. در این روش زیر لایه بر روی یک هیتر قرار می‌گیرد و دمای آن توسط هیتر کنترل می‌شود. برای حفظ همگنی لایه می‌توان زیر لایه را حول مرکزش دوران داد. محلول متشکل از ماده مورد نظر توسط هوا و یا گاز با فشار به سطح زیر لایه افشانه می‌شود و در طی زمان لایه نشانی اتفاق می‌افتد.

این روش به دلیل سادگی و ارزانی، قابلیت لایه نشانی در مساحت‌های بالا را دارد که این مزیت موجب افزایش سرعت تولید محصول و کاهش قیمت آن می شود [5].

شکل 7 دستگاه اسپری کوتینگ

5- فرایند

در این تحقیق ما از زیر لایه‌های استاندارد آزمایشگاه و لامیت میکروسکوپ به عنوان زیر لایه استفاده کردیم. سپس یک لایه نازک اکسید قلع به عنوان لایه شفاف رسانا بر روی آن لایه نشانی کردیم. و در انتها لایه ای از SnS به عنوان ماده جاذب را لایه نشانی کردیم.

6- زیرلایه

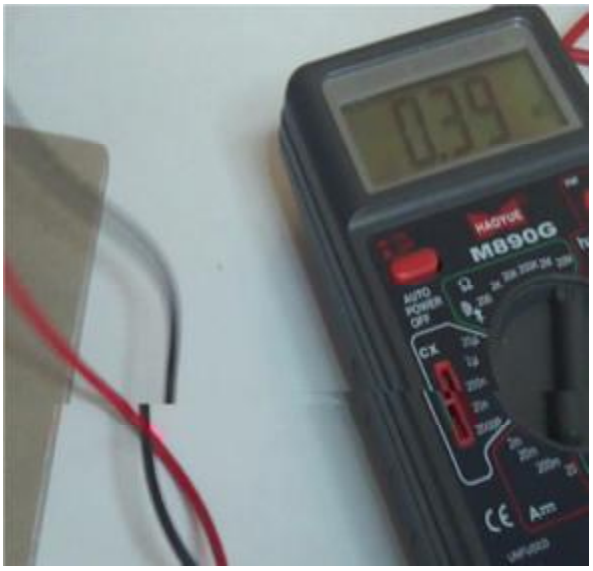
همچنان که در قسمت قبل اشاره شد ما از دو نوع شیشه به عنوان زیرلایه استفاده کردیم. در تحقیق به این نتیجه رسیدیم که امکان ساخت سلول خورشیدی بر روی لامیت نیست که می توان به دلیل هسته‌های بلوری لامیت باشد که همخوانی با اکسید قلع ندارد. در مقابل زیر لایه نوع دیگر بسیار شکننده و حساس به حرارت بوده که در مرحله‌ی الکترود گذاری مشکل ساز شده بود.

7- لایه شفاف رسانا

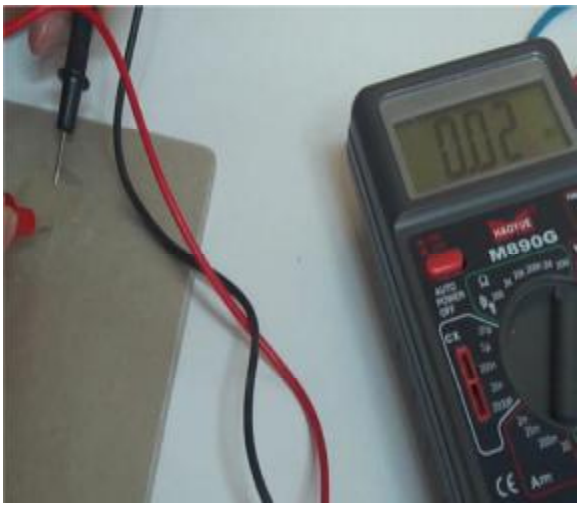
در ادوات نوری معمولا به لایه ای نیاز داریم که هم رسانا باشد تا به عنوان الکترود عمل کند و هم شفاف باشد تا امکان عبور نور و رسیدن آن به لایه

نازک را فراهم کند. رساناها کاندیداهای مناسبی برای الکترود هستند اما بدلیل خواص الکترومغناطیسی شفاف نیستند. در مقابل بیشتر مواد عایق شفاف هستند. در این بین اکسیدهای فلزی علی رغم رسانایی، شفاف نیز هستند که از بهترین این مواد می توان به اکسید ایندیوم قلع اشاره کرد که به طور گسترده در سلول‌های خورشیدی استفاده می شود.

در این تحقیق ما از اکسید قلع استفاده کردیم. برای ساخت این لایه از محلول متانول به همراه $SnCL_2$ دو آبه استفاده می‌کنیم. که در دمای بین 350 تا 450 کلوین بر روی زیرلایه افشانه می‌شود. علی رغم اینکه تلاش ما بر روی لامیت های میکروسکوپ نتیجه نداد، اما در نمونه های دیگر نتیجه بخش بود.



شکل 8 عایق بودن سطح مجاور



شکل 9 لایه شفاف راسانا

مطابق شکل‌های 8 و 9 در زمانی که الکترودها بر روی زیر لایه پوشیده شده از اکسید قلع قرار می‌دهیم مولتی متر مقدارکمتری مقاومت نسبت به حالتی که الکترودها روی زیر لایه بدون اکسید قلع هستند، نشان می دهند.

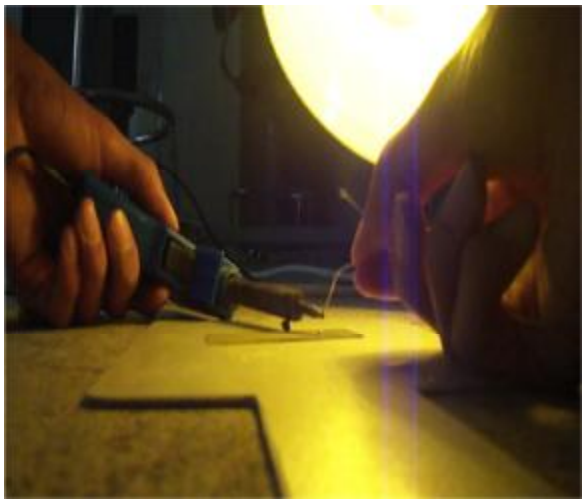
8- لایه جاذب

در این تحقیق ما از SnSe به عنوان لایه جاذب استفاده کردیم. SnSe یک نمونه رسانا با باند گپ 1/01 مستقیم است. همانطور که در شکل 10مشاهده می‌شود برای ساخت این لایه ما از $SnCL_2$ دو آبه به همراه دانه‌های SeO_2 استفاده کردیم که در آب محلول شده بودند. سپس این محلول را در دمای بین 300 تا 450 کلوین می توان بر روی لایه اکسید قلع افشانه کرد.

شکل 10 مرحله اسپری

9- الکترود فلزی

یکی از قسمت های مهم که تاثیر زیادی در میزان بازترکیب و همچنین حفظ فوتوالکترون‌های تولیدی دارد الکترودهای دو سوی سلول است. در قسمت جلویی، پنجره کار الکترود فلزی را انجام می‌دهد. اما در قسمت عقبی برای کاهش باز ترکیب و افزایش کارایی سلول از لایه ی فلزی استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه فلزات در دمای بالاتر زودتر اکسید می‌شوند امکان تبخیر و لایه نشانی آن ها خارج از خلع معمولا امکان پذیر نیست. ما برای حل این مشکل از ذوب قلع که در صنایع الکترونیک نیز استفاده می‌شود استفاده کردیم. همانطور که در شکل شماره 11 مشاهده می‌شود، در این فرایند حرارت هویه موجب ترک خوردن و شکسته شدن زیر لایه می شود و نمونه از بین می رود.



شکل 11 الکترود گذاری

10- ایده‌های محقق

اگر ما بتوانیم سلول‌های خورشیدی را به حالت مقعر(به شکل کاسه) در آورده و سپس با استفاده از یک عدسی همگرا اشعه های تابیده شده از سوی خورشید را در کانون عدسی متمرکز کرده و سپس با استفاده از عدسی دوم واگرا که در محل کانون عدسی اول قرار دارد اشعه های متمرکز شده را در سراسر صحفه خورشیدی ساطع کنیم، در این صورت اشعه ای بیشتری به صفحه خورشیدی تابیده و در نتیجه ولتاژ بیشتری تولید می کند، چون میزان تابش خورشید(فوتون‌ها) با میزان ولتاژ تولید شده رابطه مستقیم دارد. اما همانطور که می دانیم افزایش میزان برخورد تعداد فوتون ها به صفحه سلول خورشیدی باعث گرم شدن سلول ما شده ودر نتیجه باعث کاهش بازده شده، که برای رفع این مشکل می توان به آب متوسل شد به این گونه که با استفاده از رادیاتورهای بسیار کوچک، که می‌توان در پشت صفحه سلول خورشیدی تعبیه کرد، تا با عبور جریان آب از داخل لوله های رادیاتور به سرد شدن سلول کمک کرد. که در این صورت می توان به افزایش راندمان سلول کمک شایانی کرد.

همانطور که در بالا ذکر شد هرچه میزان تابش بیشتر باشد، بازده سلول خورشدی بیشتر شده و در نتیجه ولتاژ خروجی نیز افزایش پیدا می کند، پس تا حد ممکن می بایست جبهه سلول خورشیدی روبه روی خورشید قرار گیرد، به همین منظور با استفاده از علم کامپیوتر و برنامه نویسی می توان برنامه ای نوشت که با توجه به فصل سال و ساعات روز، سلول خورشیدی به طور منظم در مقابل خورشید قرار گیرد.

1- تقدیر و تشکر

در انتها جا دارد از دوست عزیزم سید علی حسینی دانشجوی دکتری فیزیک حالت جامد دانشگاه صنعتی شریف کمال تشکر را داشته باشم.

11- منابع

[1] SANA 1390 (Energy Organization of Iran). (In Persian)
[2] The potential benefit of solar energy (article 131 and 132 energy economy Mehr- Aban 1389). (In Persian)
[3] Explore different models for estimating solar radiation in order to introduce the most suitable criteria in a semi-arid climate models, mohamad mosavi baigi- batol ashraf- ameneh myanabadi- Journal of Soil and Water , Volume 24, Number 4 , Mehr- Aban 1389. (In Persian)
[4] Semiconductor devices, physics and technology – es em.zi- Translation gholam hossein sadir abedi- Publication astane ghodse razavi- University Imam reza,1375. (In Persian)
[5] Scaps getting stared 2011.