

بررسی منابع انرژی تجدیدپذیر و نقش سلول‌های خورشیدی

صادق رسول اهری

دانشجو دکتری، مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد تبریز، تبریز

تبریز، صندوق پستی ۵۱۵۸۹۷۸۸۶۳، Sadegh164@yahoo.com

چکیده

بشر از دیرباز با بکارگیری انرژی‌های فراوان و در دسترس طبیعت، در پی گشودن دریچه‌های تازه به روی خویش بود تا از این رهگذار، بتواند افزون بر آسانتر کردن کارها، فعالیتهای خود را با کمترین هزینه و بالاترین سرعت به انجام رساند و گامی برای آسایش بیشتر بردارد. با توجه به کاهش منابع انرژی تجدیدپذیر مانند سوختهای فسیلی، بحران انرژی یکی از مسائل مهم در دنیای امروز می‌باشد. همچنین استفاده از این منابع، آلودگیهای زیست محیطی بسیاری به همراه دارد که منجر به بروز پدیده گرمای جهانی میشود. از این رو تمایل به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مورد توجه قرار گرفته شده است و تبدیل مستقیم پرتوهای خورشید به الکتریسیته بوسیله تجهیزاتی به نام فتوولتائیک از موارد استفاده انرژی خورشید می‌باشد. در اینجا انرژی خورشید و ساخت سلول‌ها بر پایه ویفرهای سیلیکونی و لایه‌های نیمه هادی در ساخت سلول‌های خورشیدی مورد بررسی قرار گرفته شده است، همچنین سلولهای خورشیدی به عنوان دستگاههای فوتوولتائیک تبدیل کننده نورخورشید به جریان الکتریسیته و مخصوصا سلول‌های خورشیدی پلیمری و مکانیسم عملکرد آن‌ها به عنوان یکی از مهمترین منابع انرژی تجدیدپذیر مورد بررسی واقع شده است.

کلمات کلیدی: انرژی تجدید پذیر، سلولهای خورشیدی، پدیده ی فوتوولتائیک، سلول‌های خورشیدی پلیمری

Investigating the Renewable Energy Resources and the Role of Solar Cells

Sadegh Rasoul Ahari

Ph.D. Student, Mechanic Department, Tabriz Azad University, Tabriz, Iran.
P.O.B.5158978863, Tabriz, Iran, Sadegh164@yahoo.com

Abstract

Humanity has long been using the abundant and accessible nature of energy and looking for new ways, In addition to Make it easier than before, do all of the project with the lowest cost and the highest speed and take a step for more relief. According to reducing non-renewable energy sources such as fossil fuels, Energy crisis is one of the most important issues in today's world. Also use these resources, Causes many environmental pollution and Causes to the emergence of a global warming phenomenon. Therefore, the desire to use renewable energy sources has been considered and Direct conversion of the rays of the sun into electricity by using the equipment called photovoltaic, it is the use of solar energy.

Here is an overview of the sun's energy and Making Cells Based on Silicon Wafers and Semiconductor layers are made in the construction of solar cells Has been investigated, Also, solar cells, as photovoltaic devices converting sunlight to the electric current and Especially Polymer Solar Cells and Their performance mechanism has been considered as one of the most important renewable energy sources.

Keywords: renewable energy, Solar cells, Photovoltaic phenomenon, Polymer Solar Cells



۱- مقدمه

های انرژی تجدیدپذیر منجر به حل مسائل مهمی از جمله ارتقاء منبع انرژی قابل اعتماد و سوخت ارگانیک مقرون به صرفه، حل مشکلات انرژی محلی و منبع آب، افزایش استاندارد زندگی و سطح اشتغال جمعیت بومی، تضمین توسعه پایدار مناطق دوردست در نواحی بیابانی و کوهستانی و اجرای التزامات کشورها درخصوص انجام توافق نامه های بین المللی در مورد حفاظت محیط زیست میشود. توسعه و اجرای پروژه های انرژی تجدیدپذیر در مناطق روستایی می تواند منجر به ایجاد فرصتهای شغلی شده، در نتیجه باعث کاهش مهاجرت به شهر می گردد. انرژی تجدید پذیر از طریق تأثیر در توسعه انسانی و بهره وری اقتصادی، رابطه مستقیمی با توسعه پایدار دارد. شکل زیر فرصتهای منابع انرژی تجدیدپذیر را در خصوص توسعه پایدار نشان میدهد. [۱۳]



شکل ۲ فرصتهای منابع انرژی تجدیدپذیر

۲- مقدمه ای بر انرژی خورشیدی

خورشید یکی از منابع عظیم انرژی در جهان است. این ستاره از گازهای هیدروژن (۷۳,۴۶ درصد)، هلیوم (۲۴,۸۵ درصد) و عناصر دیگر تشکیل شده است. میزان دما در مرکز خورشید حدود ۲۰ میلیون درجه کلوین و در سطح آن معادل با ۶۰۰۰ درجه کلوین است. اخیراً استفاده از منبع عظیم انرژی خورشید برای تولید انرژی الکتریسته، ایجاد گرمایش ساختمانها، خشک کردن تولیدات کشاورزی شروع شده است.

۳-۱- پدیده ی فوتولتائیک و سلولهای خورشیدی

سلول خورشیدی دستگاهی الکتریکی است که به واسطه اثر فوتولتائیک نور خورشید را با استفاده از یک نیمه رسانا به طور مستقیم به الکتریسته تبدیل مینماید. به همین دلیل به سلولهای خورشیدی، سلولهای فوتولتائیک نیز گفته میشود. [۱۱]

فوتولتائیک نقش مهمی را در بهره برداری از سلولهای خورشیدی برای تولید برق ایفا میکند. در شکل زیر اثر فوتولتائیک نشان داده شده است. فوتولتائیک تبدیل مستقیم نور خورشید به الکتریسته در سطح اتمی می باشد. پس از کشف اثر فوتولتائیک، زمینه طراحی و ساخت سلول های خورشیدی فراهم شد. بررسی روند پیشرفت سلولهای خورشیدی از گذشته تا به امروز، نشان می دهد که در طول زمان، ترکیبات مختلفی طراحی و سنتز شده اند که خصوصیات فوتولتائیک را از خود نشان می دهند. [۲]

منابع انرژی به دو دسته منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم میشوند. منابع تجدیدناپذیر مانند نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی اثرات مخرب زیست محیطی بسیاری داشته و با داشتن اثرات گلخانه ای موجب گرم شدن کره زمین میشوند. از سویی دیگر، کاهش ذخایر منابع تجدیدناپذیر در جهان باعث تشدید نگرانی ها در استفاده از آنها شده است. انرژی های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی موج ها و جذر و مد نامحدود هستند. یکی از مزایای استفاده از منابع تجدیدپذیر آن است که این منابع هیچ گونه اثر گلخانهای یا آلودگی به همراه ندارند. استفاده از این منابع بی انتها بوده و این منابع محدودیت کاربردی ندارند [۱]

همچنین با توجه به افزایش قیمت نفت در بازارهای جهانی نیاز به تامین انرژی از منابع دیگر به طور چشمگیری احساس میشود. به طور عمده انرژی از دو منبع در دسترس با نام های انرژی تجدیدناپذیر و انرژی تجدیدپذیر تامین میگردد. منابع تجدید پذیر انرژی مانند انرژی خورشید، باد، جزر و مد و انرژی زمین گرمایی بی انتها بوده و محدودیت کاربری ندارند. درمقابل، به کارگیری منابع انرژی تجدید ناپذیر با کاهش و اتمام آنها همراه است. میزان مصرف انواع مختلف انرژی در جهان در شکل ۱ نمایش داده شده است [۲]



شکل ۱ میزان مصرف منابع انرژی موجود در جهان

ساختمان ها در حدود ۴۰٪ از انرژی مصرفی کشورها را مصرف می کنند و تقریباً به همین میزان در تولید گازهای آلاینده به ویژه CO₂ نقش دارند. ضرورت حفظ حیات بر کره زمین و منابع حیاتی آن برای نسل امروز و آینده رویکرد توسعه پایدار را در دهه آخر قرن بیستم اثبات گردید. این رویکرد جهانی سعی دارد به پنج نیاز اساسی پاسخ گوید: تلفیق حفاظت و توسعه، تامین نیازهای اولیه زیستی انسان، دستیابی به عدالت اجتماعی، خودمختاری و تنوع فرهنگی و حفظ یگانگی اکولوژیکی. [۱۲]

۱- انرژی تجدیدپذیر و توسعه پایدار

انرژی تجدیدپذیر نقش مهمی در آینده جهان ایفا خواهد کرد. منابع انرژی تجدیدپذیری که نیازهای انرژی خانگی را تأمین می کنند میزان انتشار گازهای گلخانهای و آلوده کننده هوای صفر و یا نزدیک صفر را دارد. توسعه سیستم



دستگاه ها می توانند با تکنیک های ساخت ارزان قیمت که نیاز به فرایند های دمایی کمتری دارند تهیه شوند [۴]

سلولهای خورشیدی پلیمری، از سه جزء اصلی فوتوآند، لایه ی فعال و کاتد تشکیل شده اند. فوتوآند اولین جزء در تماس با نور خورشید است. این لایه باید تا حد امکان شفاف باشد؛ بگونه ای که در ناحیه ی مرئی فاقد جذب بوده تا بتواند بیشتر تابش فرودی را از خود عبور دهد. همچنین از هدایت الکتریکی بالا و مقاومت پایینی برخوردار باشد. فوتوآند باید دارای تابع کار بالا باشد تا بتواند حفرات تولید شده توسط لایه ی فعال را بطور مطلوبی جمع آوری نماید. کاتد نیز بایستی از هدایت الکتریکی بالا و تابع کار پایین برای جمع آوری الکترون ها برخوردار باشد.

گرافن به عنوان یکی از مواد پرکاربرد مورد استفاده در الکتروود های موجود در سلول های خورشیدی پلیمری می تواند هم در فوتوآند و هم در کاتد سلول های خورشیدی پلیمری به کار گرفته شود. که افزایش شفافیت و کاهش مقاومت صفحات گرافنی به کار گرفته شده در الکتروودها تاثیر قابل توجهی بر عملکرد سلول های خورشیدی پلیمری دارد. [۱۴]

۲-۲-۲- تقسیم بندی سول های خورشیدی سیلیکونی

معمولا سلول های خورشیدی سیلیکونی به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

۲-۲-۱- سلول های سیلیکونی تک کریستالی

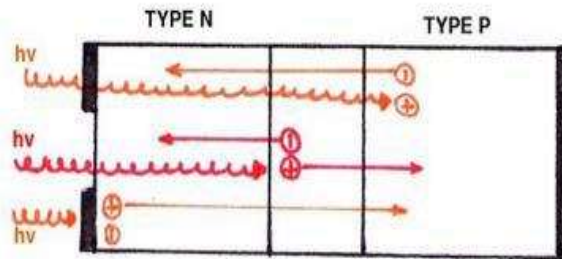
این سلول ها، نسل اول سلول های خورشیدی را تشکیل می دهند. از این حیث یکی از رایج ترین نوع سلول های خورشیدی در صنعت فتوولتائیک می باشند. این نوع سلول ها دارای ساختار یکنواخت و غیر سمی هستند و به خاطر فراوانی زیاد، در مدارهای الکتریکی صنعتی کاربرد بسیاری دارند. این سلول ها، بازده بالایی نسبت به دیگر انواع سلول های کریستالی، پلی کریستالی، و آمورف دارند که این میزان بازده برای مدول فتوولتائیک این نوع از سلول ها در گستره ای از ۱۵ تا ۲۹ درصد می باشد [۱۵]

۲-۲-۲- سلول های سیلیکونی پلی کریستالی

سلول های خورشیدی پلی کریستالی که از نسل دوم سلول های خورشیدی می باشند از دانه های ریز سیلیکون تک کریستالی ساخته شده اند. بازده این سلول ها نسبت به سلول های سیلیکونی تک کریستالی کمتر است. این کاهش بازده به این خاطر است که مرز بین دانه های سلول پلی کریستالی مانع از جریان الکترون ها شده و در نتیجه بازده بیرونی سلول را کاهش می دهد. بازده تبدیل انرژی برای مدول های تجاری ساخته شده برای سیلیکون های پلی کریستالی در گستره ۱۰ تا ۱۴ درصد می باشد. [۵]

۲-۲-۳- سلول های خورشیدی سیلیکونی آمورف

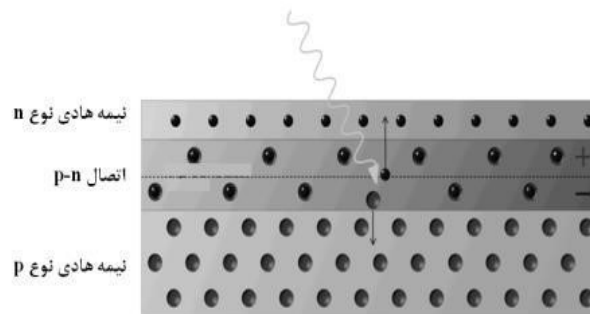
سیلیکون آمورف، یک ماده غیر کریستالی از اتم های سیلیکون است که در ساختار بلوری آن ها بی نظمی وجود دارد. جذب نور بالا یکی از مهمترین مزایای این گونه سلول ها است به طوری که جذب نور این سلول ها، ۴۰ برابر بیشتر از سلول های سیلیکونی کریستالی می باشد. این خاصیت سیلیکون های آمورف باعث شده که جذب نور لایه نازکی از این سلول ها با جذب نور چند لایه از سلول های سیلیکونی کریستالی برابر باشد. این ویژگی سلول های سیلیکونی آمورف باعث شده تا هم سیلیکون مورد نیاز برای ساخت سلول های خورشیدی و هم هزینه ساخت این سلول ها کاهش یابد.



شکل ۳ اثر فوتوولتائیک

همانگونه که در شکل زیر نمایش داده شده است در دستگاههای فوتوولتائیک الکترون های حالت برانگیخته و حفرات تولید شده در حالت پایه باید به طور جداگانه برای تولید الکتریسیته جمع آوری شوند. اثر فوتوولتائیک در اثر تماس دو نیمه هادی نوع n و نوع p ایجاد میشود. هنگامی که نیمه هادی نوع n در تماس با نیمه هادی نوع p قرار میگیرد در فصل مشترک آنها اتصال p-n تشکیل میشود. در برخورد نور به نیمه هادی نوع p الکترون و حفره تولید میشود. الکترون حفره تشکیل شده به سمت- فصل مشترک دو نیمه هادی حرکت کرده و در فصل مشترک آن دو جدایش بار اتفاق می افتد، در صورت بسته شدن مدار خارجی، الکترونها و حفرات، تولید جریان الکتریسیته مینمایند [۱۱].

نور فرودی



شکل ۴ شکل شماتیکی از اثر فوتوولتائیک

امروزه سلول های خورشیدی سیلیکونی ۹۰٪ سلول های خورشیدی تجاری را تشکیل می دهند. این دستگاه ها به ویفرهای سیلیکونی با خلوص بالا نیاز دارند. ویفرهای سیلیکونی قبل از آن که در این دستگاه ها مورد استفاده قرار گیرند بایستی از فرایند های دمایی با هزینه ی بالا بهره مند شوند؛ به گونه ای که ممکن است هزینه ی تهیه ی آن ها تا چهار برابر نسبت به تولید انرژی از طریق سوخت های فسیلی افزایش یابد. لذا لازم است در ساختار سلول های خورشیدی از مواد ارزان تری استفاده نمود [۳]

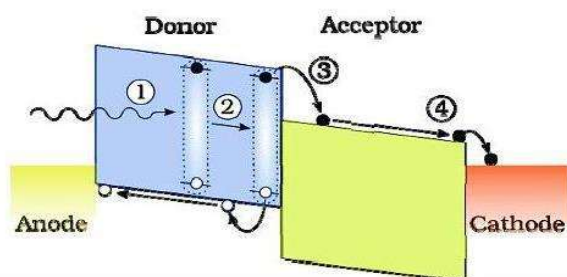
امروزه سلول های خورشیدی پلیمری^۱، رنگدانه ای^۲، پروسکایت^۳ به منظور جایگزین شدن کامل سلول های خورشیدی سیلیکونی روی کار آمده اند. در سال های اخیر سلول های خورشیدی پلیمری به دلیل راندمان تبدیل انرژی مناسب و هزینه ی پایین ساخت مورد توجه قرار گرفته اند. این دستگاه ها دارای مزایایی چون وزن کم، انعطاف پذیری مناسب، ضریب جذب بالا هستند و ضخامت چند صد نانومتری آنها برای جذب بیشتر تابش فرودی کافیست. این

³ Perovskite solar cells

¹ Polymer solar cells

² Dye-sensitized solar cells

ی الکترون است. مرحله ی سوم تفکیک اکسایتون در مرز مشترک ترکیبات دهنده و پذیرنده الکترون و تولید الکترون ها و حفره های آزاد میباشد. مرحله ی آخر شامل انتقال بار به کاتد و آند و جمع آوری آن میباشد. بارهای آزاد تولید شده بایستی قبل از تخریب به الکتروود مناسب رسیده و جمع آوری شوند. [۸،۷]



شکل ۶ مکانیسم عملکرد سلول های خورشیدی پلیمری

۳- خواص الکتریکی

هدایت الکتریکی یک ماده، انتقال الکترون درون لایه ی هدایت می باشد. پراکندگی الکترون ناشی از برهمکنش با فوتون ها، مرزخانه ها و ناخالصی ها به صورت بسیار زیادی تحرک الکترونی را کم خواهد کرد. در نتیجه، برای عملکرد مطلوب رساناهای الکتریکی، برخورد الکترون با این عوامل باید به حداقل برسد. مقدار رسانایی الکتریکی مورد نیاز براساس نوع کاربرد الکترودهای رسانای شفاف متفاوت می باشد. مقاومت یکی از پارامترهای اصلی مواد رسانا میباشد. مقاومت از فرمول ۱ محاسبه میشود:

$$R = \rho \frac{L}{wt} \quad (1)$$

که در آن، L طول نمونه، W و t به ترتیب عرض و ضخامت نمونه میباشد. از آنجا که اندازه گیری ضخامت فیلم ها اغلب مشکل میباشد، مقاومت سطحی تعریف میشود که مقاومت در واحد سطح یک فیلم نازک میباشد که واحد آن $\frac{\Omega}{sq}$ است:

$$R_s = \frac{\rho}{t} \quad (2)$$

بنابراین مقاومت کل به صورت زیر بیان میشود:

$$R = R_s \frac{L}{wt} \quad (3)$$

بدین ترتیب برای نمونه ای با طول و عرض یکسان مقاومت کل برابر با مقاومت سطحی میباشد. [۹]

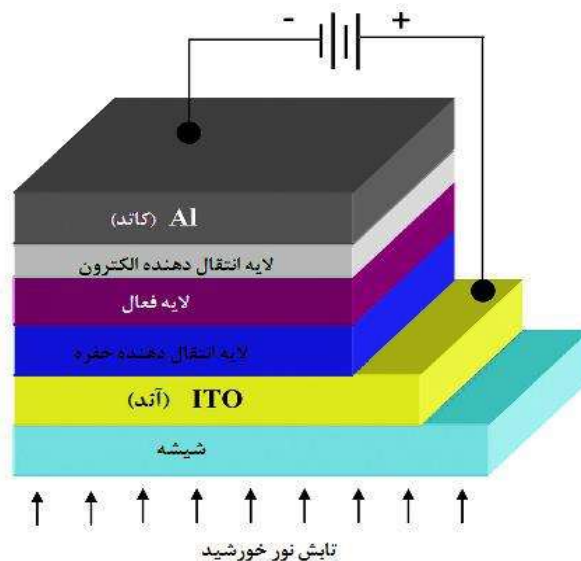
۴-۱- بهینه کردن خواص الکتریکی نوری

برای طراحی الکتروود رسانای شفاف، هدایت الکتریکی و درصد عبور نور بالا مورد نیاز است. هدایت الکتریکی بالا معمولاً منجر به کاهش شفافیت

مشکل اصلی سلول های سیلیکونی آمورف بازده تبدیل انرژی آنها است. دلیل اصلی این امر بی نظمی در ساختار کریستالی آنها است به طوری که بازده این سلول ها، در گستره ای از ۷ تا ۱۰ درصد می باشد. در سال های اخیر تلاش های زیادی برای افزایش بازده اینگونه از سلول های خورشیدی انجام شده که به عنوان نمونه می توان به، افزایش جذب نوری این سلول ها با استفاده از نانو میله ها و افزایش مسیر نوری اشاره کرد. [۱۵]

۳-۳- ساختار سلول های خورشیدی پلیمری

شکل زیر طرح شماتیکی از یک سلول خورشیدی پلیمری را نمایش میدهد. یک سلول خورشیدی پلیمری از اجزای مختلفی تشکیل شده است که در ادامه معرفی شده اند.



شکل ۵ طرح شماتیکی از ساختار یک سلول خورشیدی پلیمری

آند سلول های خورشیدی پلیمری اولین بخش در معرض تابش خورشید میباشد و به علت تماس مستقیم با نور خورشید به آن فوتوآند گفته میشود. این بخش از سلول های خورشیدی پلیمری بایستی شفاف باشد به گونه ای که نور خورشید به راحتی و بدون جذب به لایه های درونی تر انتقال یابد. در اکثر سلول های خورشیدی پلیمری از ITO به عنوان ماده ی شفاف و نیمه رسانا جهت استفاده در فوتوآند استفاده میشود. این ترکیب معمولاً با روش لایه نشانی پاششی^۱ بر روی سطح شیشه لایه نشانی میشود و به دلیل شفافیت مناسب و تابع کار (تفاوت بین تراز فرمی و تراز خلاء است و عبارتست از حداقل کار ترمودینامیکی لازم برای حذف یک الکترون از جسم جامد به نقطه ای در خلاء و خارج از سطح جسم)، بالا برای استفاده در فوتوآند سلول های خورشیدی پلیمری و جمع آوری حفره مناسب است. [۶]

۳-۴- مکانیسم عملکرد سلول های خورشیدی پلیمری

فرآیند تبدیل نور به الکتریسیته به وسیله ی سلول های خورشیدی پلیمری در چهار مرحله توصیف میگردد که در شکل زیر نمایش داده شده است. مرحله ی اول شامل جذب فوتون و تولید جفت الکترون حفره است. مرحله ی دوم شامل نفوذ اکسایتون به فصل مشترک ترکیب دهنده و پذیرنده

^۱-Sputtering

[4] J. Bernede, "Organic photovoltaic cells: history, principle and techniques," *Journal of the Chilean Chemical Society*, vol. 53, pp. 1549-1564, 2008

[5] M. A. Green, "Catalogue photovoltaic drawings", photovoltaics special research centre, university of new south wales, Sydney, 1112

[6] T. L. Benanti and D. Venkataraman, "Organic solar cells: An overview focusing on active layer morphology," *Photosynthesis research*, vol. 87, pp. 73-81, 2006

[7] S. Günes, H. Neugebauer, and N. S. Sariciftci, "Conjugated polymer-based organic solar cells," *Chemical Reviews*, vol. 107, pp. 1324-1338, 2007

[8] B. C. Thompson and J. M. Frechet, "Polymer-fullerene composite solar cells," *Angewandte chemie international edition*, vol. 47, pp. 58-77, 2008

[9] H. H. Khaligh, "Silver Nanowire Transparent Electrodes: Fabrication, Characterization, and Device Integration," *Univ. Waterloo*, 2013.

[10] G. Haacke, "New figure of merit for transparent conductors," *J. Appl. Phys.*, vol. 15, no. 1, pp. 1086-1081, 1156

[۱۱] شعله کاظمی فرد ، لیلا ناجی ، فرامرز افشار طارمی ، زهرا فخاران "مروری بر انواع مختلف سلولهای خورشیدی و مکانیزم عملکرد آنها" فصلنامه علمی - ترویجی انرژیهای تجدیدپذیر و نو، سال دوم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۴ ، ص ص ۶۳-۷۱

[۱۲] حسین مدی ، پریا علی اکبری "رویکرد همه جانبه در طراحی ساختمانهای انرژی صفر" فصلنامه علمی - ترویجی انرژیهای تجدیدپذیر و نو، سال دوم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۴ ، ص ص ۱۱-۱۶

[۱۳] شعله کاظمی فرد ، لیلا ناجی ، فرامرز افشار طارمی "مروری بر نقش منابع انرژی تجدیدپذیر در توسعه پایدار" فصلنامه علمی - ترویجی انرژیهای تجدیدپذیر و نو، سال چهارم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۶ ، ص ص ۳۴-۴۳

[۱۴] زهرا فخاران ، لیلا ناجی ، خسرو معدنی پور ، شعله کاظمی فرد "تأثیر کاربرد گرافن به عنوان ماده الکترودی بر بازده سلول های خورشیدی پلیمری" دو فصلنامه علمی - ترویجی انرژیهای تجدیدپذیر و نو، سال سوم، شماره اول، بهار ۱۳۹۵ ، ص ص ۱۵-۷

[۱۵] کیوان مختاری ، شیوا سالم ، احمد تقی زاده دامناپی "بررسی و مقایسه عملکرد نسلهای مختلف سلولهای خورشیدی" فصلنامه علمی - ترویجی انرژیهای تجدیدپذیر و نو، سال سوم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۵ ، ص ص ۴۵-۵۶

میشود. برای دستیابی به شفافیت نوری بالا، ضخامت الکترودها باید کاهش یابد، از طرفی، زمانی که ضخامت کم شود، مسیرهای انتقال الکترون کاهش مییابد. بدین ترتیب خواص الکتریکی و نوری الکترودهای رسانای شفاف با توجه به کاربرد مورد نظر باید بهینه گردند. [۱۰]

طور کلی مقاومت الکترودها با کاهش طول نانوسیم افزایش خواهد یافت. قطر و طول نانوسیم ها نقش مهمی را در تراکم مورد نیاز برای انتقال الکترونی و مسیرهای رسانا در الکترودها ایفا میکنند. افزایش دانسیته نانوسیم ها با افزایش در تعداد مسیرهای عبور الکترون، منجر به کاهش مقاومت سطحی الکترودها میشود. نانوسیم های بلندتر با دانسیته ی کمتر می تواند به هم متصل شوند و انتقال الکترونی را افزایش دهند. [۴]

۴- نتیجه گیری

افزایش بی رویه مصرف سوختهای فسیلی تأثیر جدی و مضر بر روی محیط زیست دارد و باعث افزایش خطرات سلامتی و تغییر مخاطره آمیز شرایط جوی کره زمین میشود. جامعه بطور آهسته به سمت جستجوی روش تولید پایدار، کمینه سازی اتلاف، کاهش آلودگی ایجاد شده توسط وسایل، حفاظت جنگل های محلی و کاهش نشر گازهای گلخانه ای سوق می یابد. برای مقابله با هشدار اخیر تقاضای انرژی در خصوص بحران انرژی، جایگزینی منابع تجدیدپذیر جهت تامین نیاز انرژی در حال رشد جهانی مطرح شده است. یکی از مهمترین تکنولوژی هایی که امروزه به منظور کاهش مصرف سوخت های فسیلی و در نتیجه کاهش انتشار آلایندهای زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از سلول های خورشیدی است. در حال حاضر فناوری های مختلفی از جمله ساخت سلول ها بر پایه ویفرهای سیلیکونی و لایه نشانی نیمه هادی ها بر بسترها، در ساخت سلول های خورشیدی مورد استفاده قرار می گیرد.

در سلول خورشیدی پلیمری به دلیل شفافیت مناسب بالا برای استفاده در فوتوآند سلول های خورشیدی پلیمری و جمع آوری حفره، مناسب است و گرافن به عنوان یکی از مواد پر کاربرد مورد استفاده در الکترودها موجود در سلول های خورشیدی پلیمری می تواند هم در فوتوآند و هم در کاتد سلول های خورشیدی پلیمری به کار گرفته شود. همچنین، افزایش شفافیت و کاهش مقاومت صفحات گرافنی به کار گرفته شده در الکترودها تأثیر قابل توجهی بر عملکرد سلول های خورشیدی پلیمری دارد.

منابع

- [1] D. K. Panda, "Nanostructured organic solar cells," 2011
- [2] M. A. Green, "Third generation photovoltaics: solar cells for 2020 and beyond," *Phys. E Low-dimensional Syst. Nanostructures*, vol. 11, no. 1, pp. 61-50, 2002
- [3] H. Assender and A. Barkhouse, "Photovoltaic Polymer Materials," *Photochemistry and Photophysics of Polymeric Materials*, p. 271, 2010

