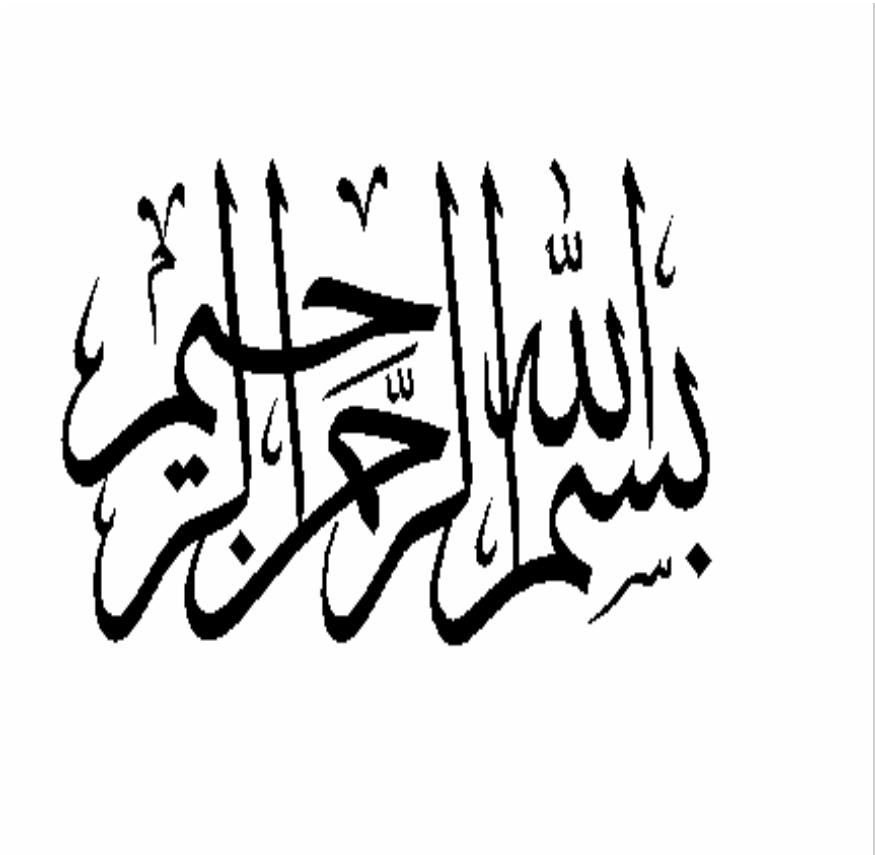
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش ماده چگال

ساخت یک سلول خورشیدی لایه نازک نانومتری آلی و بررسی برخی عوامل موثر بر کارایی آن

استادان راهنما:
دکتر سید محمد حسن فیض
دکتر رسول اژئیان

پژوهشگر:
محمد توکلی

اسفند ماه ۱۳۸۸

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نو آوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

بعد از سپاس فراوان از خداوند بزرگ، جا دارد از زحمات استادان راهنمای خود جناب آقای دکتر سید محمد حسن فیض و جناب آقای دکتر رسول اژئیـان صـمیمانه تقـدیر و تشکر نمایم. همچنین تشکر ویژه ای از همکاران ارجمند در گروه تحقیقـاتی سـلول‌هـای خورشیدی آزمایشگاه لایه نازک دانشگاه علم و صنعت، آقایان : موسی نخعـی بـدرآبادی، سعید صالح اردستانی و کمیل الهی نسب دارم که در این پروژه همکاری صـمیمانه ای بـا بنده داشتند.

تقدیم به:

مادر عزیزم و روح بزرگوار پدرم

چکیده

در این پژوهش با ساخت سلول فوتوولتائیک لایه نازک دو لایه ای ناهمگون آلی بر پایه ی CuPc/C60، نشان داده شد که مواد مورد استفاده در سلول با ساختار ITO/PEDOT:PSS/CuPc/C60/EBL/Ag شرایط اپتیکی لازم به منظور ایجاد طیف‌های جذب و عبور مناسب جهت جذب بهینه در لایه فعال را برآورده می‌کنند. نقش لایه سدکننده اکسایتون (EBL) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و دیده شد با استفاده از این لایه مشخصه‌های اصلی سلول شامل: چگالی جریان مدار کوتاه J_{sc}، ولتاژ مدار باز V_{OC}و بازدهی تبدیل توان η_P این سلول به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابند. سپس با لایه‌نشانی یک لایه پلیمر رسانای آلی (PEDOT:PSS) روی آند ITO، با تابع کار بالاتر نسبت به ITO، اثر افزایش تابع کار آند بر بهبود عملکرد سلول مورد تائید قرار گرفت. تاثیر دمای زیر لایه در حین لایه‌نشانی الکترود فلزی کاتد بر مشخصه‌های مذکور سلول فوق بررسی و نشان داده شد با افزایش دمای زیر لایه تا مقدار نهایی $112^0 C$ این مشخصه‌ها به طور پیوسته افزایش می‌یابند. در مورد آهنگ لایه‌نشانی کاتد و اثرهای مثبت ومنفی آن روی عملکرد سلول بحث شد و برای کاتد نقره بهینه آهنگ لایه‌نشانی برابر با $0.1A^0 / Sec$ به دست آمد. همچنین پایداری سلول های فوتوولتائیک دو لایه‌ای آلی مورد بررسی قرار گرفت و تغییر مشخصه‌های مهم سلول با ساختار ITO/PEDOT:PSS/CuPc/C60/BCP/Ag با گذشت زمان اندازه‌گیری شدند. سپس عوامل ممکن برای افزایش اولیه ولتاژ مدار باز وکاهش آهسته‌ی آن در ادامه و برای کاهش پیوسته‌ی چگالی جریان مدار کوتاه و بازدهی تبدیل توان، بیان شدند. معلوم شد که خود الکترود نقره می‌تواند تا حد قابل توجهی در محافظت سلول در مقابل تخریب و کاهش آهنگ نزول مشخصه‌های مذکور سلول موثر باشد. در پایان نشان داده شد که با جایگزینی Bphen با BCP به عنوان یک لایه سدکننده اکسایتون، پایداری سلول می‌تواند تا حد بسیار زیادی بهبود یابد.

کلمات کلیدی: بازدهی تبدیل توان، چگالی جریان مدار کوتاه، سلول فوتوولتائیک دو لایه‌ای ناهمگون آلی، فتالوسیانین مس، فولرین، ولتاژ مدار باز.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱. انرژی ۱

۱-۲. اثرات مخرب سوخت‌های فسیلی ۲

۱-۳. محدودیت‌های موجود در منابع انرژی متداول (تجدید ناپذیر) ۲

۱-۴. انرژی‌های تجدیدپذیر ۳

۱-۵. انرژی خورشیدی ۳

۱-۵-۱. انرژی خورشیدی و مزیت‌های آن بر سایر انرژی‌ها ۳

۱-۵-۲. نحوه توزیع تابش خورشید بر سطح زمین ۴

۱-۶. کاربردهای انرژی خورشید ۴

۱-۷. سلول‌های خورشیدی ۴

۱-۷-۱. کاربردهای سلول‌های خورشیدی ۵

فصل دوم: نیم‌رساناها

۲-۱. مقدمه ۶

۲-۲. نیم‌رسانا ۷

۲-۳. چگالی الکترون وحفره در نیم‌رساناها ۸

۲-۴. تراز فرمی ۱۱

۲-۵. نیم‌رسانای تحت تابش ۱۲

۲-۶. پیوند p-n ۱۳

۲-۷. اکسایتون ۱۶

۲-۷-۱. دینامیک حرکت اکسایتون ۲۰

۲-۸. خاصیت نیم‌رسانایی در مواد آلی ۲۱

عنوان **صفحه**

۲-۸-۱. تاثیر طول مضاعف شده برسطوح انرژی ۲۳

۲-۸-۲. تاثیر مدهای ارتعاشی و پیچشی و خمشی بر سطوح انرژی ۲۴

۲-۸-۳. تاثیر برهمکنش‌های بین مولکولی در ایجاد سطوح انرژی متفاوت ۲۵

۲-۹. انتقال حامل بار ۲۵

۲-۱۰. طبقه بندی ساختاری نیم‌رساناهای آلی ۲۷

فصل سوم: سلول‌های خورشیدی آلی

۳-۱. مقایسه‌ی برخی پارامترهای نیم‌رسانای آلی و معدنی..... ۲۸

۳-۲. استفاده از نیم‌رساناهای آلی در سلول‌های خورشیدی ۲۹

۳-۳. مراحل اصلی کار یک سلول خورشیدی آلی و بازدهی کوانتومی دیود نوری ۳۳

۳-۴. شرایط انتخاب یک ماده برای ساخت سلول خورشیدی ۳۵

۳-۵. الکترودها ۳۶

۳-۵-۱. انتخاب الکترودها ۳۶

۳-۵-۲. نقش اتصال الکترود-نیم‌رسانا در سلول خورشیدی ۳۷

۳-۶. پارامترهای مهم در منحنی مشخصه جریان – ولتاژ یک سلول خورشیدی ۳۹

۳-۶-۱. چگالی جریان مدار کوتاه ۴۱

۳-۶-۲. ولتاژ مدار باز ۴۱

۳-۷. مدار معادل یک سلول خورشیدی ۴۳

۳-۸. استانداردهای تابش خورشید ۴۵

فصل چهارم: معرفی دستگاه‌ها و تجزیه وتحلیل لایه‌های مورد استفاده در ساخت سلول‌ها

۴-۱. مقدمه ۴۶

۴-۲. دستگاه‌های استفاده شده در انجام آزمایش‌ها ۴۷

۴-۲-۱. دستگاه لایه‌نشانی تبخیر حرارتی ۴۷

عنوان **صفحه**

۴-۲-۲. دستگاه لایه‌نشانی پوششی چرخشی ۴۸

۴-۲-۳. دستگاه لرزشی فرا صوت ۴۹

۴-۲-۴. دستگاه شبیه‌ساز خورشیدی و نحوه‌ی ساخت آن ۵۰

۴-۲-۵. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۵۱

۴-۳. مواد استفاده شده در ساخت سلول‌های خورشیدی ۵۳

۴-۳-۱. نیم‌رساناهای آلی بخشنده و پذیرنده ۵۳

۴-۳-۱-۱. فتالوسیانین مس ۵۳

۴-۳-۱-۲. فولرین C۶۰ ..... ۵۴

۴-۳-۲. مواد استفاده شده در لایه سد کننده اکسایتون EBL ۵۵

۴-۳-۳. الکترودها ۵۶

۴-۳-۳-۱. الکترود شفاف ITO (آند) ۵۶

۴-۳-۳-۲. پلیمر رسانا PEDOT:PSS ۵۷

۴-۳-۳-۳. الکترود فلزی (کاتد) ۵۷

۴-۴. اندازه‌گیری و تحلیل طیف جذبی و عبور لایه‌های مختلف سلول ۵۸

۴-۵. اندازه‌گیری پراش پرتوی X (XRD) لایه‌ها ۶۵

فصل پنجم: ساخت و مشخصه‌یابی سلول‌ها

۵-۱. مقدمه ۶۸

۵-۲. سونش شیمیایی و تمیز کردن زیر لایه‌های پوشش داده شده با ITO ۶۹

۵-۳. شرایط لایه‌نشانی لایه‌ها ۷۰

۵-۳-۱. لایه‌نشانی ماده‌ی PEDOT:PSS و ضخامت‌سنجی آن ۷۱

۵-۳-۲. لایه‌نشانی لایه‌های آلی کوچک مولکول و الکترودها در دستگاه PVD ۷۲

۵-۴. تاثیر برخی عوامل موثر بر بهبود عملکرد سلول‌های دو لایه‌ای ناهمگون آلی ۷۳

عنوان **صفحه**

۵-۴-۱. تاثیر لایه بسیار نازک سدکننده اکسایتون (EBL) ۷۳

۵-۴-۲. تاثیر لایه‌ی پلیمر رسانا PEDOT:PSS ۷۸

۵-۴-۳. تاثیر دمای زیر لایه در هنگام لایه‌نشانی الکترود فلزی (کاتد) ۸۱

۵-۴-۴. تاثیر آهنگ لایه‌نشانی الکترود فلزی ۸۳

۵-۵. تاثیر الکترود نقره و نوع لایه سدکننده اکسایتون بر پایداری سلول‌های دو لایه‌ای ناهمگون آلی ۸۸

فصل ششم: نتایج و پیشنهادها

۶-۱. مقدمه ۹۴

۶-۲. نتایج ۹۴

۶-۳. پیشنهادها ۹۶

منابع و مآخذ ۹۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱. نمایش یک سیستم دو ترازی ساده ۸

شکل ۲-۲. پیوند بین دو نیم‌رسانای نوع p و نوع n ۱۴

شکل ۲-۳. نمایش موقعیت نوارهای انرژی نیم‌رساناهای (الف) نوع p و (ب) نوع n قبل از پیوند و (ج) بعد ازپیوند ۱۴

شکل۲-۴. نمایش تغییرات (الف) نوارهای انرژی، (ب) میدان الکتریکی داخلی و (ج) چگالی بار در یک پیوند p-n نسبت به مکان ۱۶

شکل ۲-۵. طول مضاعف شده ۲۴

شکل ۲-۶. ظهور سطوح مختلف انرژی به دلیل متغیر بودن طول مضاعف شده و توزیع گاوسی ۲۴

شکل ۳-۱. فصل مشترک بین دو پلیمر نیم‌رسانای مختلف ۳۲

شکل ۳-۲. دو رهیافت به سلول‌های خورشیدی پیوند ناهمگن (الف)پیوند ناهمگن دولایه‌ای (ب) پیوند ناهمگن حجمی ۳۳

شکل ۳-۳. قاعده کلی جدایی بار در سلول خورشیدی ۳۳

شکل ۳-۴. نمای کلی از مراحل چهارگانه پشت سر هم در تولید فوتوجریان از نور فرودی ۳۴

شکل ۳-۵. توزیع شدت طیف خورشید در شرایط AM۱/۵..... ۳۶

شکل ۳-۶. نمودار ساده شده بلندهای انرژی قبل و بعد از تماس در پیوندگاه نیم‌رسانا / فلز برای سلول‌های تک لایه‌ای و دو لایه‌ای ۳۷

شکل ۳-۷. نمودار های نوار انرژی قطعات D/A به همراه فصل مشترک الکترودها ۳۸

شکل ۳-۸. منحنی مشخصه I-V یک سلول خورشیدی ونمایش پارامترهای مهم آن ۴۰

شکل ۳-۹. مدار معادل سلول خورشیدی (الف)با مقاومت بار قابل تغییر (ب) با منبع ولتاژ خارجی . ۴۳

شکل ۳-۱۰. نمایی از استانداردهای تابش خورشید ۴۵

شکل ۴-۱. نمای کلی از دستگاه لایه‌نشانی PVD ۴۷

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۲. نمونه‌ای از بوته سبدی تنگستنی، بوته های قایقی تنگستنی و مولیبدنی ۴۸

شکل ۴-۳. ساختار شماتیک روش پوشش چرخشی ۴۹

شکل ۴-۴. دو نمونه دستگاه لرزشی فراصوتی مورد استفاده ۵۰

شکل ۴-۵. مقایسه توزیع طیف انرژی لامپ‌های هالوژن و هالوژنه‌ی فلزی با خورشید ۵۰

شکل ۴-۶. شبیه‌ساز خورشیدی ساخته شده ۵۱

شکل ۴-۷. تصویری از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شده در این پایان نامه ۵۲

شکل ۴-۸. ساختار شیمیایی (الف) CuPc و (ب) C60 ..... ۵۴

شکل ۴-۹. ساختار شیمیایی (الف) BCP و (ب) Bphen ۵۶

شکل ۴-۱۰. ساختار شیمیایی ماده PEDOT:PSS ۵۷

شکل ۴-۱۱. منحنی درصدعبور از شیشه مورد استفاده در ساخت لامهای معمول آزمایشگاهی ۵۹

شکل ۴-۱۲. طیف جذبی لایه CuPc با ضخامت ۲۰nm ۵۹

شکل ۴-۱۳. طیف جذبی لایه C۶۰ با ضخامت ۴۰nm با خلوص (الف) ۹۸٪ و (ب) ۹۹،۵٪ ۶۰

شکل ۴-۱۴. طیف جذبی لایه (الف) BCP با ضخامت ۶۰nm و (ب) Bphen با ضخامت ۳۵nm ۶۲

شکل ۴-۱۵. منحنی درصد عبور مربوط به ITO ساخت (الف) صنایع اپتیک اصفهان و (ب)
شرکت آلدریچ ۶۳

شکل۴-۱۶. (الف) منحنی درصد عبور مربوط به لایه PEDOT:PSS و (ب) طیف جذبی سلول
بدون الکترود فلزی ۶۴

شکل ۴-۱۷. نقش پراش پرتوی X برای لایه CuPc (۱۱۰nm) ۶۵

شکل ۴-۱۸. نقش پراش پرتوی X برای لایه ITO (ساخت صنایع اپتیک) ۶۶

شکل ۴-۱۹. نقش پراش پرتوی X برای سلول بدون الکترود کاتد فلزی با ساختار
ITO/CuPc(20nm)/C60(40nm)/BCP(7nm) ۶۷

شکل ۵-۱. دو حالت برای سونش شیمیایی ITO ۷۰

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۲. تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح مقطع لایه PEDOT:PSS ۷۲

شکل ۵-۳. ساختار شماتیک سلول ۱ ..... ۷۴

شکل ۵-۴. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح مقطع سلول۱ ..... ۷۵

شکل ۵-۵. منحنی مشخصه چگالی جریان- ولتاژ تحت روشنایی و تاریکی سلول‌های ۱ و ۲ ..... ۷۵

شکل۵-۶. نمودار ترازهای انرژی سلول ۱ و تشکیل حالت‌های نقص در گاف انرژی BCP ۷۶

شکل ۵-۷. منحنی مشخصه چگالی جریان- ولتاژ تحت روشنایی و تاریکی سلول‌های ۳ و ۴ ..... ۷۹

شکل ۵-۸. منحنی مشخصه چگالی جریان- ولتاژ تحت روشنایی و تاریکی سلول‌های ۵ و ۶ ..... ۸۱

شکل ۵-۹. منحنی مشخصه چگالی جریان- ولتاژ تحت روشنایی و تاریکی سلول‌های ۱ و ۵ و ۶ ..... ۸۳

شکل ۵-۱۰. منحنی مشخصه چگالی جریان- ولتاژ تحت روشنایی و تاریکی سلول ۷ ..... ۸۴

شکل ۵-۱۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح مقطع سلول با ساختار

ITO/PEDOT:PSS/CuPc/C60/ BCP/Ag و آهنگ رشد Ag برابر با $0.2A^0/S$ ۸۶

شکل ۵-۱۲. منحنی مشخصه چگالی جریان- ولتاژ تحت روشنایی و تاریکی سلول ۸ ..... ۸۷

شکل ۵-۱۳. تغییرات (الف) چگالی جریان مدار کوتاه J_{SC} ،(ب) ولتاژ مدار باز V_{OC}، (ج) ضریب

پرشدگی FF و (د) بازدهی تبدیل توان η_P نسبت به زمان، مربوط به سلول‌های ۱ و ۹ و ۱۰ ..... ۸۹

شکل ۵-۱۴. منحنی مشخصه چگالی جریان- ولتاژ تحت روشنایی و تاریکی سلول‌های ۹ و ۱۰ ..... ۹۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۵-۱. مشخصه‌های سلول‌های ۱ و ۲ ..... ۷۶
جدول۵-۲. مشخصه‌های سلول‌های ۳ و ۴ ..... ۸۰
جدول۵-۳. مشخصه‌های سلول‌های ۵ و ۶ ..... ۸۲
جدول ۵-۴. مشخصه‌های سلول۷ ..... ۸۴
جدول ۵-۵. مشخصه‌های سلول۸ ..... ۸۷
جدول۵-۶. مشخصه‌های سلول‌های ۹ و ۱۰ ..... ۹۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱. انرژی

با افزایش جمعیت جهان در ۱۵۰ سال اخیر وتقاضای بیشتر انرژی برای زندگی راحت‌تر، مصرف انرژی نیز روز به روز درحال افزایش است، به گونه‌ای که بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده تقاضای جهانی انرژی تا سال ۲۰۵۰ به بیش از دو برابر مصرف فعلی خواهد رسید، و تا اواخر قرن حاضر نرخ مصرف سه برابر نیز خواهد شد. بنابراین باتوجه به رشد نجومی نرخ مصرف انرژی و محدود بودن منابع متداول انرژی در آینده‌ای نزدیک با بحران کمبود انرژی مواجه خواهیم شد، به گونه‌ای که بر اساس تحقیقات انجام شده این ذخایر تا ۵۰ سال آینده تمام خواهد شد.

در جهان کنونی منابع فراوان انرژی وجود دارد که متداول ترین آن‌ها زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و انرژی هسته ای (در ۵۰ سال اخیر) می‌باشند، که بیش از ۸۰ درصد از کل مصرف جهانی انرژی از سوخت‌های فسیلی (

نفت، گاز و زغال سنگ) تأمین می‌شود. سوخت‌های فسیلی علاوه بر مزایای فراوانشان، گازهای آلوده‌کننده‌ای را (در اثر سوختن) وارد محیط زیست می کنند که اثرات مخربی را بر روی پدیده‌های زیست محیطی می‌گذارد [۱ و۲].

۱-۲. اثرات مخرب سوخت‌های فسیلی

به دنبال افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی به ویژه در جوامع صنعتی و شهرهای بزرگ، گازهای سمی و پسماندهای حاصل از احتراق این سوخت‌ها به طور محسوسی افزایش یافته، که اثرات مخرب زیادی را بر محیط زیست گذاشته است. از مهمترین این آثار می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

انتشار CO_2 و آلودگی هوا، باران‌های اسیدی[۱]، اثر گلخانه‌ای[۲] و گرم شدن زمین [۱-۴].

۱-۳. محدودیت‌های موجود در منابع انرژی متداول (تجدید ناپذیر)

در این بخش، منابع فسیلی انرژی (نفت، گاز و زغال سنگ) و انرژی هسته‌ای جزء منابع متداول انرژی[۳] دسته‌بندی شده‌اند.

شکل گیری سوخت‌های فسیلی از نظر زمین شناسی رویدادی است، که تنها یک بار رخ می دهد. مثلاً بیشتر از ۱۰۰ میلیون سال زمان لازم است تا سوخت‌های فسیلی موجود دوباره تولید شوند، پس باید به آن‌ها به عنوان ذخایر محدود نگریست و مفهوم تجدیدپذیر[۴] را نمی‌توان به آن‌ها اطلاق کرد.

استفاده از انرژی هسته‌ای تفاوت‌های بنیادینی با دیگر انرژی‌ها دارد. پسماندهای هسته‌ای با رادیواکتیویته بالا نیمه عمری در حدود چندین هزار سال دارند (برای مثال نیمه عمر پلوتونیوم ۱۲۵۰۰ سال است) و حدّاقل باید در طول این مدّت بطور کامل محافظت شوند. بنابراین، برپایی نیروگاه های هسته‌ای به دلیل موارد امنیتی (به منظور

---

[1] Acid rains
[2] Green house effect
[3] conventional sources of energy
[4] renewable

جلوگیری از نشت مواد رادیواکتیو) بسیار پرهزینه اند. همچنین سوخت‌های هسته ای به دلیل محدود بودن منابع اورانیوم جهان منابع تجدیدپذیر نیستند.

بنابراین به دلیل حساسیت هایی که در زمینه مسائل زیست محیطی و کاهش وابستگی به انرژی سوخت‌های فسیلی وجود دارد، و همچنین نیاز جدی آینده به انرژی‌های پایان ناپذیر، جهت‌گیری مصرف انرژی جهان به سمت انرژی‌های تجدید پذیر خواهد بود [۲و۳].

۱-۴. انرژی‌های تجدیدپذیر

از انرژی‌های تجدید پذیر موارد زیر را می‌توان نام برد:

انرژی باد،انرژی آب، انرژی زمین گرمایی[1]، انرژی زیست توده[2] (سوخت‌های گیاهی)، انرژی خورشیدی [۲و۳].

۱-۵. انرژی خورشیدی

خورشید یک رآکتور هسته ای طبیعی بسیار عظیم است، که در آن بر اثر همجوشی هسته ای ماده به انرژی تبدیل می‌شود.

در ۲۰ سال گذشته کارهای تحقیقاتی گسترده‌ای در زمینه استفاده از انرژی خورشید صورت گرفته و پیشرفت‌های فراوانی در زمینه توجیه اقتصادی و مقرون به صرفه کردن این انرژی انجام گرفته است.

۱-۵-۱. انرژی خورشیدی و مزیت های آن بر سایر انرژی‌ها

از انرژی خورشید می‌توان به عنوان یک انرژی پاک و بدون آلودگی (در مقایسه با سوخت‌های فسیلی) و رایگان و قابل دسترس در همه‌جا استفاده کرد، و این انرژی می تواند به عنوان یک منبع بی پایان انرژی تا پنج

[1] Geothermal
[2] Biomass

میلیارد سال آینده حلال مشکلات ما باشد. به عنوان یک مثال برای مقایسه انرژی خورشید با سوخت‌های فسیلی، می توان گفت اگر همه ی سوخت‌های فسیلی را جمع کرده و بسوزانیم، این انرژی معادل تابش خورشید به زمین تنها برای ۴ روز می باشد. عدم پرداخت هزینه حمل و نقل و نداشتن تلفات به هنگام توزیع، از دیگر مزایای استفاده از انرژی خورشید می باشند [۳].

۱-۵-۲. نحوه توزیع تابش خورشید بر سطح زمین

انرژی سالانه تابیده شده به زمین به میزان 3×10^{24} j انرژی بوده که بیش از ۱٤۰۰۰ برابر مصرف رایج می‌باشد. چگالی انرژی تابشی در سطح زمین بسیار متغیر است و به عواملی نظیر عرض جغرافیایی محل، ارتفاع محل از سطح دریا، فصل و اوقات مختلف، ابری یا غیر ابری بودن آسمان و... بستگی دارد [۱].

۱-۶. کاربرد های انرژی خورشید

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارتند از : ۱- استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی ۲- تبدیل مستقیم پرتوهای خورشید به الکتریسیته توسط تجهیزاتی به نام فتوولتائیک [۱و۳].

۱-۷. سلول‌های خورشیدی

در سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک، انرژی خورشیدی بدون بهره‌گیری از مکانیزم‌های متحرک، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.هم اکنون این سلول‌ها به عنوان مولد برق در سفینه‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سی سال اخیر محققین سعی دارند با بالا بردن بازدهی وکاهش هزینه ساخت این سلول‌ها، استفاده از آن‌ها را در زمین نیز مقرون به صرفه سازند.

از ویژگی‌های سلول‌های خورشیدی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- در مقایسه با توربین های بادی وآبی که مساحت زیادی را اشغال می کنند، سلول‌های خورشیدی جای زیادی را اشغال نمی کنند. ۲- بازدهی آن‌ها با تغییرات دمایی زیاد تغییر نمی کند. ۳- به سادگی قابل نصب هستند. ۴- تولید وسیع این قطعات، منبع انرژی پایدار و انرژی زیادی را در اختیار ما قرار می دهد. به عنوان مثال با پوشاندن ۰/۱ درصد از سطح زمین توسط سلول‌های خورشیدی با راندمان ۱۰ درصد نیازهای کنونی جهان به انرژی تأمین می‌شود. به عنوان مثالی دیگر، اگر تمام ایالت آریزونا در آمریکا را با سلول‌های خورشیدی بپوشانند، انرژی مورد نیاز آمریکا تأمین می‌شود، در حالی که پوشاندن تمام آمریکا توسط توربین‌های بادی این نیاز را بر طرف نمی‌کند. ۵- بدون آلودگی صوتی بوده، وبا نصب بر روی دیوارها و پشت بام‌ها مزاحمتی برای دید مناظر ایجاد نمی‌کنند [۱-۳].

۱-۷-۱. کاربرد های سلول‌های خورشیدی

از سلول‌های خورشیدی می‌توان در: تأمین نیروی حرکتی ماهواره‌ها، تأمین انرژی دستگاه‌هایی که نیاز به ولتاژهای کم دارند (ماشین حساب و ساعت)، تأمین الکتریسیته در مناطقی که دور از شبکه انرژی بوده و به مقدار انرژی کم اما مستمر نیازمندند، تهیه برق شهر توسط نیروگاه‌های فتوولتائیکی، تأمین نیروی لازم برای حرکت خودروها و قایق های کوچک و... استفاده نمود [۱و۲ و۳ و۵].

فصل دوم

نیم‌رساناها

۲-۱. مقدمه

در سال ۱۹۵۴ اولین سلول فوتوولتائیک به صورت پیوند p-n سیلیکونی ساخته شد. بعد از آن سلول‌های کادمیوم سولفاید رشد پیدا کردند. در سالهای بعد سلول‌های خورشیدی از نیم‌رساناهای دیگر و ساختارهای مختلف مانند تک بلورین، بس بلورین و آمورف ساخته شدند. بعد از کشف رسانایی در مواد آلی،ا ین مواد نیز برای سلول‌های خورشیدی مورد توجه قرار گرفتند. همچنین ترکیب مواد آلی و مواد معدنی هم نتایج جالبی در برداشته است. امروزه سلول‌های فوتوولتائیک تجاری از مواد معدنی ساخته می‌شوند. البته در سال‌های اخیر مزایای سلول‌های آلی، آن‌ها را در کانون توجهات دانشمندان قرار داده است [۶].

به دلیل اهمیت و نقش کلیدی نیم‌رساناها در سلول‌های خورشیدی آلی و معدنی، ابتدا به طور خلاصه ویژگی‌های کلیدی نیم‌رساناها را به خصوص در رابطه با کاربرد آن‌ها در سلول‌های خورشیدی توضیح داده، وسپس به کاربرد