بسم الله الرحمن الرحيم

همه‌ی امتیازات این پایان‌نامه به دانشگاه لرستان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب در مجلات، کنفرانس‌ها یا سخنرانی‌ها ، باید نام دانشگاه لرستان (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت

دانشگاه لرستان

دانشکده علوم پایه

گروه شیمی

عنوان پایان نامه

طراحی و ساخت سلول خورشیدی با استفاده از نانوکامپوزیت های کربن و نانو فایبراکسیدتیتانیم

نگارش

زینب حسنوند راد

استاد راهنما

دکتر ناهید سرلک

استاد مشاور

مهندس کیوان شعبانی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی تجزیه

شهریور۹۱

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است به پاس

قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت

های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر و همسر عزیزم تقدیم می کنم.

معلما مقامت ز عرش برتر باد　　همیشه تو سن اندیشه ات مظفر باد

باتقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته و فرزانه سرکار خانم دکتر ناهید سرلک

که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، صحیفه های سخن را علم پرور نمود و

همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده است.

خانواده عزیزم که همواره مشوق من در راه تحصیل علم بوده اند و در این راه از هیچ تلاشی فروگذار نکرده اند.

و اساتید گروه شیمی دانشگاه لرستان که در طول این دوره تحصیلی نهایت راهنمایی و مساعدت را به اینجانب داشته اند.

کارکنان پژوهشکده مهندسی جهاد، جناب آقای فرهمند و بویژه مدیر محترم گروه نانو فناوری جناب آقای مهندس کیوان شعبانی

که در مقام مشاوره نقش شایان توجهی در پیشبرد کار داشته اند.

با تشکر از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محسن عادلی که در ارائه ی این پایان نامه نهایت همکاری را داشته اند.

از آقای دکتر کمال علیزاده و دکتر بابک سمعی که زحمت داوری و تصحیح پایان نامه را به عهده داشته اند کمال تشکر را دارام.

و بر خود واجب می دانم از اساتید دانشگاه تربیت معلم تهران (خوارزمی) که افتخار بهره گیری از دانش آنها را در دوره کارشناسی

داشته ام تشکر کنم.

و دوستانی که همراهی و تعامل با ایشان برایم مغتنم بوده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:مقدمه ای بر سلول های خورشیدی ومعرفی سلول های خورشیدی حساس شده به رنگ

۱-۱- انرژی ---------- ۱

۱-۲- انرژی خورشیدی ---------- ۳

۱-۲-۱- چشم انداز انرژی خورشیدی ---------- ۴

۱-۳- سیستم های فوتوولتائیک ---------- ۴

۱-۳-۱- تاریخچه سیستم های فوتوولتائیک---------- ۶

۱-۴- نسل های مختلف سلول های فوتوولتائیک ---------- ۸

۱-۴-۱- نسل اول سلول های فوتوولتائیک ---------- ۹

۱-۴-۲- نسل دوم سلول های فوتوولتائیک ---------- ۱۳

۱-۴-۳- نسل سوم سلول های فوتوولتائیک ---------- ۱۵

۱-۵- سلول های خورشیدی حساس شده به رنگ ---------- ۱۵

۱-۵-۱- بستر رسانای اکسیدی شفافFTO ---------- ۱۸

۱-۵-۲- نیمه رسانای اکسیدی---------- ۱۸

۱-۵-۳- رنگ ---------- ۲۲

۱-۵-۴- محلول الکترولیت ---------- ۲۳

۱-۵-۵- الکترود مقابل---------- ۲۴

۱-۵-۶- مکانیسم عملکرد سلول های خورشیدی رنگینه ای ---------- ۲۴

۱-۵-۷- سینتیک تزریق الکترون و انتقال بار در سلول های خورشیدی رنگینه ای ---------- ۲۷

۱-۵-۸- محاسبه راندمان خروجی سلول های خورشیدی رنگینه ای ---------- ۲۹

۱-۵-۹- مزایای سلول های خورشیدی رنگینه ای نسبت به سایر سلول های خورشیدی---------- ۳۲

۱-۶- مقایسه ی عملکرد سلول های فوتوولتائیکp-n junctionبا سلول های خورشیدی رنگینه ای ---- ۳۲
۱-۷- بررسی اقتصادی سیستم های فوتوولتائیک ---------- ۳۳
۱-۷-۱- کشورهای تولید کننده ی عمده سیستم های فوتوولتائیک---------- ۳۶
۱-۸- چند نمونه از کاربردهای سیستمهای فوتوولتائیک : ---------- ۳۷

فصل دوم

بخش اول: طراحی و مشخصه یابی سلول خورشیدی رنگینه ای با استفاده از نانوکامپوزیت های کربن

۲-۱- مقدمه ---------- ۴۰
۲-۲- بخش تجربی ---------- ۴۱
۲-۲-۱- مواد مورد استفاده در آزمایش ها---------- ۴۱
۲-۲-۱-۱- مواد شیمیایی ---------- ۴۱
۲-۲-۱-۲- شیشه‌ی رسانا FTO : ---------- ۴۲
۲-۲-۱-۳- محلول رنگینه‌ایN719 ---------- ۴۳
۲-۲-۱-۴- الکترولیتIodolyte MPN-100 ---------- ۴۴
۲-۲-۱-۵- دستگاه ها ---------- ۴۵
۲-۲-۲- مراحل ساخت بخش های مختلف سلول خورشیدی حساس شده به رنگ ---------- ۴۵
۲-۲-۲-۱- مراحل ساخت الکترود مقابل ---------- ۴۷
۲-۲-۲-۱-۱- بازکردن نانولوله کربنی چند دیواره ---------- ۴۷
۲-۲-۲-۱-۲- سنتز نانولوله ی‌کربنی عاملدار شده با سیتریک اسید(CNT-g-PCA)---------- ۴۷
۲-۲-۲-۱-۳- روش سنتز نانوکاتالیست CNT-g-PCA-Pt ---------- ۴۸
۲-۲-۲-۱-۴- روش سنتز نانوکاتالیست CNT-g-PCA-Pd ---------- ۴۹
۲-۲-۲-۱-۵- روش سنتز نانوکاتالیست CNT-g-PCA-Pt&Pd---------- ۴۹
۲-۲-۲-۱-۶- آماده سازی بستر FTO---------- ۵۰
۲-۲-۲-۱-۷- لایه نشانی نانوکامپوزیت های به روش الکترواسپری ---------- ۵۰

۲-۲-۲-۲- مراحل ساخت فوتو آند ---------- ۵۴
۲-۲-۲-۲-۱- لایه نشانی خمیر شفاف دی اکسید تیتانیوم ---------- ۵۴
۲-۲-۲-۲-۲- عملیات حرارتی ---------- ۵۵
۲-۲-۲-۲-۳- حساس سازی فوتو الکترود ---------- ۵۶
۲-۲-۳- اتصال اجزای مختلف سلول خورشیدی حساس شده به رنگ---------- ۵۷
۲-۲-۳- آزمون سلول خورشیدی حساس شده به رنگ---------- ۵۹

فصل دوم

بخش دوم : ساخت و بررسی فوتو آند سلول خورشیدی رنگینه ای با استفاده از نانو ساختار های TiO_2

۲-۳- بخش تجربی ---------- ۶۲
۲-۳-۱- مواد شیمیایی ---------- ۶۲
۲-۳-۲- روش تهیه ی نانو فایبر TiO_2---------- ۶۲
۲-۳-۳- روش تهیه ی نانو بلت دی اکسید تیتانیم ---------- ۶۴
۲-۳-۴- روش تهیه نانومیله دی اکسید تیتانیم ---------- ۶۴
۲-۳-۵- آماده سازی خمیر(سوسپانسیون) نانو کریستالی TiO_2 ---------- ۶۵
۲-۳-۶- آماده سازی بستر FTO ---------- ۶۵
۲-۳-۷- مراحل ساخت فوتو آند (نانو میله و نانو بلت TiO_2)---------- ۶۶
۲-۳-۷-۱- لایه نشانی خمیر نانو کریستالی دی اکسید تیتانیوم ---------- ۶۷
۲-۳-۷-۲- عملیات حرارتی ---------- ۶۷
۲-۳-۸-الکترود کاتد---------- ۶۹
۲-۳-۹-اتصال اجزای مختلف سلول خورشیدی حساس شده به رنگ ---------- ۷۰
۲-۳-۱۰-آزمون سلول خورشیدی حساس شده به رنگ ---------- ۷۱

فصل سوم : نتایج و بحث

۳-۱- نتایج و بحث ---------- ۷۳
۳-۱-۱- بررسی نتایج به دست آمده از سطح الکترود مقابل ---------- ۷۳

۳-۱-۱-۱- بررسی باز شدن نانولوله های کربنی چند دیواره ---------- ۷۳
۳-۱-۱-۲- بررسی و شناسایی نانولوله ی کربنی عاملدار شده با سیتریک اسید (CNT-g-PCA)------ ۷۴
۳-۱-۱-۳- انجام آنالیز SEM از نانوکامپوزیت های لایه نشانی شده ---------- ۷۵
۳-۱-۲- بررسی نتایج به دست آمده از سطح فوتو آند ---------- ۷۶
۳-۱-۲-۱- بررسی مورفولوژی سطح توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ---------- ۷۶
۳-۱-۳- اندازه گیری طیف جذبی محلول رنگینه ---------- ۷۷
۳-۱-۴- آزمون سلول خورشیدی با TiO_2 نانو ساختار تهیه شده---------- ۷۸
۳-۱-۵- نتیجه گیری : ---------- ۸۱
۳-۲- نتایج بحث---------- **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۱- بررسی نتایج به دست آمده از سطح فوتو آند ---------- ۸۲
۳-۲-۱-۱- تصاویر SEM از سطح فوتو آند ها ---------- ۸۲
۳-۲-۲- آزمون سلول خورشیدی ساخته شده با نانو ذرات TiO_2---------- ۸۳
۳-۲-۳- نتیجه گیری : ---------- ۸۵
فصل چهارم : منابع----------۸۷

فهرست شکل ها و جدول ها

عنوان **صفحه**

شکل(۱-۱) روش رشد کریستالی سیلیکون موسوم به چکرالاسکی ---------- ۷

شکل(۱-۲) میزان تولید الکتریسیته با استفاده از سلول های خورشیدی. ---------- ۸

شکل(۱-۳) ساختمان یک سلول خورشیدی استاندارد سیلیکونی(p-n junction). ---------- ۹

شکل (۱-۴) و صفحه سیلیکونی مثبت(نوع-p)و صفحه سیلیکونی منفی (نوع-n)---------- ۱۰

شکل(۱-۵)سلول خورشیدی سیلیکونی تک کریستالی.---------- ۱۲

شکل(۱-۶)سلول خورشیدی سیلیکونی چند کریستالی.---------- ۱۲

شکل(۱-۷)سلول خورشیدی تلوئورید کادمیم. ---------- ۱۴

شکل(۱-۸)سلول خورشیدی دی سلنید ایندیم گالیم مس(CIGS) .---------- ۱۵

شکل(۱-۹) شماتیک کلی از بخش های مختلف سلول خورشیدی رنگینه ای . ---------- ۱۷

شکل (۱-۱۰) نحوه ی آرایش هشت وجهی های TiO_6 درسه فاز روتایل،آناتاز و بروکیت.---------- ۱۹

شکل(۱-۱۱)نمایی از انتقال الکترون از رنگینه به نانو حفرات TiO_2 ---------- ۲۳

شکل(۱-۱۲) چرخه ی انتقال الکترون در سلول خورشیدی رنگینه ای . ---------- ۲۵

شکل (۱-۱۳) ساختار مولکولی رنگینه روتینیومیN719---------- ۲۸

شکل(۱-۱۴)سینیتیک واکنش ها انتقال الکترون در سلول خورشیدی رنگینه ای.---------- ۲۹

شکل (۱-۱۵) منحنی ولتاژ- جریان یک سلول خورشیدی ---------- ۳۱

شکل(۱-۱۶) زمان بازپرداخت برای انواع سلول های خورشیدی سلول های فوتوولتاییک. ---------- ۳۴

شکل(۱-۱۷)چشم انداز هزینه تولید و راندمان انواع سلول خورشیدی بر حسب دلار بر وات ($/W). --- ۳۶

شکل (۱-۱۸)کشور های اصلی تولید کننده سلول خورشیدی و سهم هریک از فروش جهانی. ------- ۳۷

شکل(۲-۱)شیشه FTO ---------- ۴۳

شکل(۲-۲)ساختار ملکولی رنگ N719 ---------- ۴۳

شکل (۲-۳) مراحل ساخت الکترود های مقابل ---------- ۴۶

شکل (۲-۴) نانو لوله های عامل دار شده با سیتریک اسید ---------- ۴۸
شکل (۲-۵) تعیین سمت رسانای شیشه FTO ---------- ۵۱
شکل(۲-۶) FTO آماده شده جهت لایه نشانی ---------- ۵۱
شکل (۲-۷) نانو کامپوزیت CNT-PCA-Pt که بر روی بستر FTO لایه نشانی شده اند ---------- ۵۱
شکل (۲-۸) نانو کامپوزیت CNT-PCA-Pt&Pd لایه نشانی شده ---------- ۵۱
شکل (۲-۹) نانو کامپوزیت CNT-PCA-Pd لایه نشانی شده ---------- ۵۲
شکل (۲-۱۰) شماتیک تکنیک الکترواسپری به منظور لایه نشانی نانوکامپوزیت ---------- ۵۳
شکل (۲-۱۱) مراحل ساخت فوتو آند ---------- ۵۴
شکل (۲-۱۲) روش لایه نشانی غلطکی برای لایه نشانی فیلم TiO_2 ---------- ۵۵
شکل (۲-۱۳) فوتو آند حساس شده به رنگ ---------- ۵۶
شکل (۲-۱۴)مراحل مونتاژ سلول خورشیدی حساس شده به رنگ ---------- ۵۷
شکل (۲-۱۵) سلول خورشیدی ساخته شده با الکترود مقابلCNT-PCA-Pt ---------- ۵۸
شکل (۲-۱۶) سلول خورشیدی ساخته شده با الکترود مقابلCNT-PCA-Pd ---------- ۵۸
شکل (۲-۱۷) سلول خورشیدی ساخته شده با الکترود مقابلCNT-PCA-Pt&Pd ---------- ۵۸
شکل (۲-۱۸) مدار استفاده شده جهت اندازه گیری ولتاژ و جریان سلول خورشیدی ---------- ۵۹
شکل (۲-۱۹) مدار آزمایشگاهی جهت آزمون سلول خورشید ---------- ۶۰
شکل (۲-۲۰) نحوه اتصال سلول خورشیدی به ولت متر ---------- ۶۰
شکل(۲-۲۱) شماتیک دستگاه الکتروریسی برای تولید نانو فایبر ---------- ۶۳
شکل (۲-۲۲) مراحل ساخت فوتو آند های ساخته شده از نانو بلت و نانو میل ---------- ۶۶
شکل (۲-۲۳) فوتو آند حساس شده به رنگ ساخته شده از نانو بلت TiO_2 ---------- ۶۶
شکل (۲-۲۴)فوتو آند حساس شده به رنگ ساخته شده از نانو میله TiO_2 ---------- ۶۹
شکل (۲-۲۵) فوتو آند حساس شده به رنگ ساخته شده از نانو فیبر TiO_2 ---------- ۶۹
شکل (۲-۲۶) تصویر الکترود کاتد مورد استفاده ---------- ۷۰
شکل (۲-۲۷) نمونه سلول خورشیدی ساخته شده با استفاده از نانو بلت TiO_2 ---------- ۷۰

شکل(۳-۱) طیف FT-IR نمونهی نانولولهی باز شده---------- ۷۳
شکل (۳-۲) طرح شماتیک واکنش عاملدار شدن نانولولههای کربنی با سیتریک اسید ---------- ۷۴
شکل(۳-۴) تصاویر SEM (A) نانوکامپوزیت CNT-g-PCA-Pt و CNT-g-PCA-Pt-Pd (B) - ۷۵
شکل(۳-۵) تصویر سطح فوتوالکترود در مقیاس ۵ میکرون---------- ۷۶
شکل(۳-۶)تصویر SEM از ساختار اسفنجی فیلم TiO_2 ---------- ۷۷
شکل (۳-۷)آنالیز طیف سنجی جذبی مربوط به رنک روتنیوم N719---------- ۷۸
شکل (۳-۸)نمودار ولتاژ- جریان برای الکترود مقابل CNT-PCA-Pt---------- ۷۹
شکل (۳-۹)نمودار ولتاژ- جریان برای الکترود مقابل CNT-PCA-PT&Pd ----------۷۹
شکل(۳-۱۰) نمودار ولتاژ- جریان برای الکترود مقابل CNT-PCA-Pd ---------- ۸۰
شکل (۳-۱۱)تصاویر SEM از نانو بلت تهیه شده به روش سل ژل ---------- ۸۲
شکل (۳-۱۲) تصویر SEM نانو میله TiO_2 تهیه شده به روش سل ژل ---------- ۸۲
شکل (۳-۱۴) نمودار ولتاژ- جریان برای الکترود آند ساخته شده از نانو فیبر TiO_2 ---------- ۸۳
شکل (۳-۱۵) نمودار ولتاژ- جریان برای الکترود آند نانو میلهTiO_2 ---------- ۸۴
شکل (۳-۱۶) نمودار ولتاژ- جریان برای الکترود آند نانو بلت TiO_2---------- ۸۴

***

جدول(۱-۱)تخمین هزینه ساخت ماژول سلول های خورشیدی رنگینه ای ---------- ۳۵
جدول(۲-۱)مشخصات شیشه رسانا بکار رفته در سلول خورشیدی ---------- ۴۳
جدول (۲-۲) مشخصات رنگ روتنیومی مورد استفاده در ساخت سلول خورشیدای رنگینه ای --------- ۴۴
جدول(۲-۳) مشخصات الکترولیت مورد استفاده در ساخت سلول خورشیدی رنگینه ای ---------- ۴۵
جدول (۳-۱) اطلاعات بدست آمده از سلول خورشیدی رنگینه با الکترودهای مقابل مختلف ---------- ۸۰
جدول (۳-۲) اطلاعات بدست آمده از سلول خورشیدی رنگینه ای ساخته شده با فوتو آند های مختلف -- ۸۵

نام خانوادگی: حسنوند راد		نام: زینب
عنوان پایان نامه : طراحی و ساخت سلول خورشیدی با استفاده از نانوکامپوزیت های کربن و نانو فایبراکسیدتیتانیم		
استاد راهنما: ناهید سرلک		
درجه تحصیلی: دکترای تخصصی	رشته: شیمی	گرایش: تجزیه
استاد مشاور:کیوان شعبانی		
درجه تحصیلی: دکترا ی تخصصی	رشته: مهندسی مکانیک	گرایش:
محل تحصیل (دانشگاه) : دانشگاه لرستان	دانشکده : علوم پایه	گروه آموزشی : شیمی
تاریخ فارغ التحصیلی : ۹۱/۶/۲۱	تعداد صفحه : ۹۰	
کلید واژه‌ها: فارسی: سلول های خورشیدی حساس شده به رنگ ، نانو لوله های کربنی چند دیواره ، پلاتین ، پالادیم ، تیتانیم دیاکسید ، نانو میله ، نانو بلت ، نانو فیبر ، لایه نشانی الکترو اسپری. انگلیسی: *Dey sensitized solar cell , MWCNT , Platinum , Palladium, TiO2 , Nanorod , Nanobelt , Nanofib ,Electrostatic spray deposition.*		

چکیده :

بخش اول :

سلول خورشیدی حساس شده به رنگ با نام اختصاری (DSSC) از دو الکترود تشکیل شده ،که الکترود آند آن یک شیشه ی شفاف رسانا است که با نانو ذرات TiO_2پوشش داده شده است . یک لایه تک مولکولی از رنگ بر روی سطح نانو ذرات TiO_2جذب شده و حفره های بین نانو ذرات با یک الکترولیت حاوی ردوکس I^-/I^{3-} پر می شود . الکترود کاتد نیز معمولا از شیشه ی شفاف رسانا است که فلزاتی نظیر طلا ، پلاتین و یا نقره بر روی آن رسوب داده می شود . این دو الکترود روی هم قرار گرفته و درزگیری می شوند تا از تبخیر الکترولیت جلوگیری شود . در این پژوهش به اصلاح الکترود کاتد پرداخته شد ، به این منظور برای اولین بار از یک نانو کامپوزیت کربن استفاده شده است .ساخت این نانو کامپوزیت در دو مرحله صورت گرفت به این صورت که در ابتدا نانو لوله های کربنی عامل دار و سپس با استفاده از سیتریک اسید پلیمریزه شدند. از این نانو کامپوزیت سنتزی پر شاخه برای به دام انداختن نانو ذرات پلاتین وپلادیم وکپسوله کردن آن ها استفاده گردید . در ادامه نانو کامپوزیت های سنتز شده به روش الکترو اسپری بر روی شیشه رسانا لایه نشانی شده و به عنوان الکترود کاتد در سلول خورشیدی حساس شده به رنگ مورد استفاده قرار گرفت. الکترود آند یکسان جهت مقایسه بازدهی الکترود های کاتد ساخته شده به کار گرفته شد.بازده تبدیل انرژی(η) برای سلول ساخته شده با الکترود متفاوت پلاتین و پالادیم محاسبه گردید که بالاترین بازده مربوط به الکترود کاتد پلاتین با مقدار ۰/۶۵ بدست آمد.

بخش دوم :

در این پژوهش، فوتو آند سلول های خورشیدی حساس شده به رنگ با استفاده از ساختار های مختلف تیتانیم دی اکسید ساخته و با هم مقایسه شد . به این منظور نانو میله و نانو بلت (TiO_2) به روش سل ژل تهیه گردید،

سپس از نانو ذرات سنتز شده سوسپانسیونی تهیه و به روش لایه نشانی غلطکی بر روی بستر شیشه رسانا لایه نشانی شد . پیش ماده ی نانو فیبر TiO_2 نیز با استفاده از روش سل ژل ساخته و به وسیله دستگاه الکترو اسپری برروی شیشه رسانا به صورت نانو الیاف لایه نشانی گردید . با استفاده از آنالیز میکروسکوپی SEM از تولید نانو ساختارها اطمینان حاصل شد . به منظور آزمون سلول های خورشیدی رنگینه ای متشکل از فوتو آند های تولیدشده به وسیله نانو ذرات TiO_2 (نانوفایبر ، نانو میله و نانو بلت) از الکترود کاتد استاندارد یکسان(پلاتین) استفاده شد . در نهایت منحنی ولتاژ–جریان برای سلول های ساخته شده تحت شدت تابش نور ۱۰۰۰ وات بر متر مربع ثبت گردید و بازده سلول های خورشیدی ساخته شده محاسبه گردید .

فصل اول

مقدمه ای بر سلول های خورشیدی و معرفی سلول های خورشیدی حساس شده به رنگ

۱-۱- انرژی

افزایش سه برابری جمعیت کره زمین طی سال های ۱۸۵۰ تا ۱۹۷۰ منجر به افزایش ۱۲ برابری مصرف انرژی گردیده است. مطابق آمار ارائه شده [۱] در سال ۲۰۰۲ مصرف سوخت فسیلی که ۸۵ درصد کل انرژی روزانه را تأمین می کرد به میزان ۷۳ درصد افزایش یافت. امروزه ما انسان ها مجموعاً ۱۳ ترا وات[1] انرژی مصرف می کنیم، این در حالی است که کارشناسان پیش بینی کرده اند انرژی مورد نیاز بشر در سال ۲۰۵۰ به مقدار ۳۰ ترا وات افزایش خواهد یافت[۲]. متأسفانه ذخایر سوخت های فسیلی در حال اتمام هستند، به طوری که سوخت فسیلی تا ۵۰ سال دیگر تمام خواهد شد. علاوه بر این محدودیت های زیست محیطی در استفاده از سوختهای فسیلی که اثرات منفی را برای طبعیت در بر دارد باعث شده است تا دولتهای کشورهای توسعه یافته سیاست های جدیدی در این زمینه اتخاذ کنند. تغییرات وضعیت آب هوایی در جهان و ایجاد گازهای گلخانه ای به خاطر تولید انرژی از سوخت های فسیلی موضوع مهمی است که باعث شده طراحی و اجرای انرژی های نو مورد توجه قرار گیرد. در نتیجه برای بر طرف کردن نیاز به انرژی مصرفی و همچنین کاهش اثر گلخانه ای ناشی از تولید دی اکسید کربن حاصل از سوخت های فسیلی، بایستی به دنبال یک انرژی جایگزین تجدید پذیر باشیم[۳].

انرژی در کل به غیر از سوخت فسیلی می تواند توسط تأسیسات مربوط به انرژی هسته ای، باد، امواج اقیانوس ها، توده های زیستی و یا حرارت مرکزی زمین تولید شود. ولی نکات منفی که درباره ی این منابع انرژی این است که آنها بالقوه هستند و برای دستیابی به آنها به تجهیزات خاصی نیاز است، و علاوه بر این استفاده از بعضی از آنها زیان آور نیز است. در زیر به بعضی از مشکلات دستیابی به این نوع انرژی ها اشاره شده است[۴]:

1-Terawatt = 10^{12} W

۱- حتی اگر ما بتوانیم به اندازه کافی تأسیسات هسته ای برای رسیدن به انرژی مورد نیازمان بسازیم، باز هم با مشکلاتی از جمله هزینه ی بسیار بالای ساخت راکتورها ی هسته ای و زباله های ناشی از این منبع انرژی که سرطان زا هستند، روبرو هستیم. به علاوه شرایط ایمنی کار در استفاده از این انرژی، دست یابی مشکل به فناوری غنی سازی ، مسئله ی جهانی تروریسم و استفاده نظامی نادرست از این انرژی نیز وجود خواهد داشت.

۲- هم اکنون ثابت شده است که انرژی بادی پاک ترین و ثمر بخش ترین نوع انرژی است، اما پیش بینی شده است که بیشترین انرژی که می توان از این طریق به دست آوریم فقط ۲ تا ۶ ترا وات است، که این مقدار در برابر نیاز بشر به انرژی در آینده بسیار ناچیز است.

۳- طبق مطالعات آماری، انرژی ذخیره شده در همه جریانهای رودخانه ای، جزرومدها و جریانهای اقیانوسی در حدود ۲ تراوات می باشد که این مقدار انرژی نیز برای برطرف کردن نیاز بشر امروزی زیاد نمی تواند قابل اعتماد و سرمایه گذاری باشد .

۴- انرژی پتانسیل ایجاد شده توسط توده های زیستی نیز به وسیله میزان نیاز نسبتاً زیاد به زمین کشاورزی برای کشت غذای مورد نیاز برای آنها، محدود می شود.

۵- انرژی مربوط به حرارت مرکزی زمین نیز به وسیله هزینه های فوق العاده زیاد مربوط به مته های بسیار بزرگ و همچنین به وسیله کمبود دسترسی جغرافیایی مورد نظر، محدود می شود.

حال با توجه به مطالب بالا، نتیجه می شود که خورشید به عنوان یک منبع بی پایان انرژی می تواند حلال مشکلات موجود در مورد انرژی و محیط زیست باشد.

۱-۲- انرژی خورشیدی

انرژی خورشید یکی از منابع تامین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی است که از دیر باز به روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است. بحران انرژی در سال‌های اخیر، کشورهای جهان را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی برخوردی متفاوت نمایند، که در این میان جایگزینی انرژی فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کنترل عرضه و تقاضای انرژی با استقبال فراوانی روبرو شده است.میزان ثابت خورشیدی برای هر نقطه‌ای که در شرایط هوایی مطلوب و غیرابری تحت تاثیر تابش مستقیم نور خورشید قرار گیرد (زمانی که خورشید در [سمت الرأس] -که همان نقطه اوج خورشید است- قرار داشته باشد) حدود ۱۰۰۰ وات به ازای هر یک متر مربع است[۵].خورشید در یک ساعت $۴/۳\times۱۰^{۲۰}$ژول انرژی به زمین منتقل می کند، که این میزان انرژی بیش از کل انرژی مصرف شده در زمین به ازای یک سال است که حدود $۴/۱\times۱۰^{۲۰}$ ژول می باشد. حال اگر فقط ۱۶٪ از سطح زمین با سیستم های تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی با راندمان ۱۰٪ پوشش داده شود ، ۲۰ تراوات انرژی الکتریکی تولیدمی شود که تقریبا دو برابر مصرف جهانی از سوخت فسیلی است[۴].

در نتیجه انرژی خورشیدی یک راه حل مناسب برای نیازهای انرژی در آینده است و از لحاظ جغرافیای سیاسی و عدم آلودگی بسیار حائز اهمیت است.گزارش های تحقیقاتی ارائه شده حاکی از فواید انرژی خورشیدی و رقابت های علمی در جهت جستجوی تاثیرات اقتصادی و زیستی این منبع بیان شده است. این منبع انرژی موضوعی مهم برای تامین انرژی ضروری جوامع بشری در قرن ۲۱محسوب می شود.

۱-۲-۱- چشم انداز انرژی خورشیدی

کارهای تحقیقاتی زیادی در ۲۰ سال گذشته در زمینه ی انرژی خورشیدی انجام شده و حجم قابل توجهی اطلاعات در مورد تکنولوژی و کاربردهای این انرژی به دست آمده است، همچنین پیشرفت های حیرت آوری در زمینه توجیه اقتصادی و مقرون به صرفه بودن این انرژی انجام گرفته است.فناوری های جدید در تولیدو بکارگیری انرژی خورشیدی به طورسریع در حال پیشروی است. در سال های اخیر پیشرفت های بی سابقه ای در زمینه ی نانوتکنولوژی به دست آمده است که اندیشه بکارگیری این تکنولوژی جدید را در سیستم های خورشیدی به وجود آورده است.در این نوع سیستم ها نور به موادی خاص برخورد می کند و جذب انرژی توسط الکترون های برانگیخته شده صورت می گیرد. انرژی الکترونهای برانگیخته توسط مکانیزم های خاصی (مقیاس مولکولی) به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد[۶].

۱-۳-سیستم های فوتوولتائیک[1]

در سیستم فوتوولتائیک انرژی خورشیدی بدون بهره‌گیری از مکانیزم‌های متحرک و شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد و تغییر آرایش اوربیتالی الکترونها و حفره های پیوندی، تحت تاثیر جذب نور خورشید ایجاد می شود.مقدار انرژی منتقل شده توسط فوتون های منفرد وابسته به فرکانس نور می باشد.الکترونی که تحت تاثیر فوتون قرار می گیردمی تواند تمام انرژی فوتون را کسب کند که این پدیده اثرفوتوالکتریک نامیده می شود و

1- photovoltaic system