دانشگاه گیلان

دانشکده فنی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تهیه و ارزیابی نانوکامپوزیت PVA/CdS و PVA/TiO_2 الکتروریسی شده جهت کاربرد در سل‌های خورشیدی

از

پرنیان فردوسی

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر جواد مختاری

شهریور ۹۲

دانشکده فنی

گروه مهندسی نساجی

گرایش شیمی نساجی و علوم الیاف

تهیه و ارزیابی نانوکامپوزیت PVA/CdS و PVA/TiO_2 الکتروریسی شده جهت کاربرد در سل‌های خورشیدی

از

پرنیان فردوسی

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر جواد مختاری

شهریور ۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به:

تمام اندیشمندان و خردمندانی که در راه پیشرفت علم و فن‌آوری، راه را برای راه‌جویان هموار می‌نمایند...

بنام خداوند بزرگ و عقل آفرین

آدمی همواره برای درنوردیدن قله‌های علم و آگاهی و اندیشه و پی‌بردن به ناشناخته‌های عالم هستی در تلاش بوده و هست. کوشش او با استعانت از خداوند بزرگ نیز به نتیجه رسیده و امروزه شاهد تعالی و پیشرفت او در جمیع علوم و فنون می‌باشیم. بنا به قول بزرگ سخنور همه دوران " سعدی شیرازی" :

رسد آدمی به جایی که به جز خدا نداند بنگر که تا چه حد است مقام آدمیت

و این همه را مدیون راهنمایی بزرگ مردان و اساتید فرزانه که همچون شمع می‌سوزند و روشنی بخش شیفتگان کسب علم و خرد می‌شوند، می‌باشیم. معلمان و اساتید بزرگ که آنچه امروز از آن بهره‌مند هستیم، نتیجه‌ی تلاش و کوشش آنان می‌باشد و پیروان راه دانش و کسب تحصیل هرچه از زحمات و هدایت آنان سپاسگزار باشند ذره‌ای از دریای بیکران را تقدیر نموده‌اند. لذا جا دارد از استاد بزرگ و فرزانه خود جناب آقای دکتر مختاری که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده بارور ساختند؛ تقدیر و تشکر نمایم.

معلما مقامت ز عرش برتر باد همیشه توسن اندیشه‌ات مظفر باد

به نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند صحیفه‌های سخن از تو علم پرور باد

همچنین از سرکار خانم مهندس غمگسار که در فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی همکاری نمودند و نیز پدر و مادر عزیز و دلسوز که بستری آرام و محیطی دلپذیر برای مطالعه و طی نمودن مراتب تحصیلی اینجانب فراهم می-آورند؛ سپاسگزاری نمایم.

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا بر منتهای همت خود کامران شدم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جداول ..... ح

فهرست شکل‌ها..... خ

فهرست علائم اختصاری ..... ذ

چکیده فارسی ..... ز

چکیده انگلیسی ..... ژ

فصل اول: مروری بر مقالات و منابع

۱-۱- مقدمه..... ۱

۱-۲- سل خورشیدی..... ۲

۱-۲-۱- تاریخچه‌ی سل‌های خورشیدی..... ۳

۱-۲-۲- فن‌آوری ساخت سل‌های خورشیدی..... ۹

۱-۲-۳- اجزای سل خورشیدی..... ۱۰

۱-۲-۴- مکانیزم عملکرد سل خورشیدی..... ۱۲

۱-۳- آشنایی با فناوری نانو..... ۱۲

۱-۳-۱- نانوذرات..... ۱۳

۱-۳-۲- نانوکامپوزیت‌ها..... ۱۴

۱-۳-۲-۱- پلی وینیل الکل..... ۱۴

۱-۳-۲-۲- سولفید کادمیم..... ۱۶

۱-۳-۲-۳- دی‌اکسید تیتانیم..... ۱۸

۱-۴- الکتروریسی..... ۱۸

۱-۴-۱- مقدمه‌ای بر نانوالیاف و روش‌های تولید..... ۱۹

۱-۴-۲- روش‌های تولید نانوالیاف..... ۱۹

۱-۴-۲-۱- روش کشش..... ۱۹

۱-۴-۲-۲- روش تولید از قالب..... ۲۰
۱-۴-۲-۳- روش جدایی فاز..... ۲۰
۱-۴-۲-۴- روش خودآرایی..... ۲۰
۱-۴-۲-۵- روش الکتروریسی..... ۲۱
۱-۴-۳- پارامترهای تاثیرگذار بر الکتروریسی نانوالیاف..... ۲۳
۱-۴-۳-۱- پارامترهای محلول..... ۲۳
۱-۴-۳-۱-۱- وزن مولکولی و وسکوزیته‌ی محلول..... ۲۳
۱-۴-۳-۱-۲- کشش سطحی..... ۲۴
۱-۴-۳-۱-۳- هدایت محلول..... ۲۴
۱-۴-۳-۱-۴- اثر دی‌الکتریک..... ۲۴
۱-۴-۳-۲- پارامترهای دستگاهی..... ۲۵
۱-۴-۳-۲-۱- ولتاژ..... ۲۵
۱-۴-۳-۲-۲- نرخ تغذیه..... ۲۵
۱-۴-۳-۲-۳- دما..... ۲۵
۱-۴-۳-۲-۴- اثر جمع‌کننده..... ۲۶
۱-۴-۳-۲-۵- قطر روزنه یا سوزن سرنگ..... ۲۶
۱-۴-۳-۲-۶- فاصله‌ی بین نوک سوزن و جمع‌کننده..... ۲۶
۱-۴-۳-۳- پارامترهای محیطی..... ۲۷
۱-۴-۳-۳-۱- رطوبت..... ۲۷
۱-۴-۳-۳-۲- نوع اتمسفر محیط..... ۲۷
۱-۴-۳-۳-۳- فشار ۲۷
۱-۴-۴- کاربردهای نانوالیاف..... ۲۸
۱-۵- تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی سل‌های خورشیدی لایه نازک..... ۲۸

۱-۶- هدف از پروژه..... ۲۹

فصل دوم: کارهای آزمایشگاهی

۲-۱- مقدمه..... ۳۲
۲-۲- مواد و تجهیزات..... ۳۲
۲-۲-۱- مواد اولیه..... ۳۲
۲-۲-۲- تجهیزات مورد نیاز..... ۳۳
۲-۳- روش کار..... ۳۳
۲-۳-۱- سنتز نانوذرات سولفید کادمیم..... ۳۳
۲-۳-۲- تهیه‌ی لایه‌های نازک نانوکامپوزیت PVA/CdS و PVA/TiO_2 ..... ۳۴
۲-۳-۲-۱- الکتروریسی محلول PVA..... ۳۴
۲-۳-۲-۲- تهیه‌ی نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS ۳۵
۲-۳-۲-۳- تهیه‌ی نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2..... ۳۷
۲-۴- آنالیزهای انجام شده..... ۳۷
۲-۴-۱- آنالیز میکروسکوپ نوری..... ۳۷
۲-۴-۲- بررسی خواص نوری لایه‌های نازک نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS و PVA/TiO_2 ..... ۳۸
۲-۴-۲-۱- طیف بازتاب پخشی (DRS)..... ۳۸
۲-۴-۲-۱-۱- بررسی درصد انتقال نوری نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS و PVA/TiO_2 ..... ۳۸
۲-۴-۲-۱-۲- بررسی شکاف انرژی PVA/CdS و PVA/TiO_2 ..... ۳۸
۲-۴-۳- بررسی گونه‌شناسی..... ۳۹
۲-۴-۳-۱- آنالیز میکروسکوپی الکترون پویشی (SEM)..... ۳۹
۲-۴-۳-۲- آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)..... ۳۹

فصل سوم: نتایج وبحث

۳-۱- مقدمه..... ۴۱

۳-۲- بررسی خواص نوری لایه‌های نازک نانوکامپوزیت PVA/CdS و PVA/TiO_2 ..... ۴۱
۳-۲-۱- بررسی رفتار جذب نور نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS ۴۱
۳-۲-۲- بررسی درصد انتقال نوری نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS ۴۱
۳-۲-۳- بررسی شکاف انرژی نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS ۴۲
۳-۲-۴- بررسی رفتار جذب نور نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2 ..... ۴۵
۳-۲-۵- بررسی درصد انتقال نوری نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2 ..... ۴۶
۳-۲-۶- بررسی شکاف انرژی نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO2 ..... ۴۷
۳-۳- گونه‌شناسی سطح نانو کامپوزیت‌های PVA/CdS و PVA/TiO_2 ..... ۴۹
۳-۳-۱- تصاویر SEM نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS ۴۹
۳-۳-۲- تصاویر SEM نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2 ..... ۵۱
۳-۴- بررسی ساختار بلوری نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS و PVA/TiO_2 ..... ۵۲
۳-۴-۱- بررسی طیف‌های پراش پرتو ایکس نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS ۵۲
۳-۴-۲- بررسی طیف‌های پراش پرتو ایکس نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2 ..... ۵۵
۳-۵- نتیجه‌گیری نهایی ۵۸
۳-۶- پیشنهادات ۵۹
مراجع ۶۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱) مقایسه‌ی روش‌های مختلف برای تولید نانوالیاف.....۲۲

جدول (۱-۲) مزایا و معایب روش‌های مختلف تولید نانوالیاف.....۲۲

جدول (۲-۱) شرایط الکتروریسی محلول PVA با غلظت‌های مختلف.....۳۵

جدول (۲-۲) شرایط مطلوب الکتروریسی محلول PVA/CdS در غلظت‌های مختلف.....۳۶

جدول (۲-۳) الکتروریسی محلول‌های PVA/CdS.....۳۷

جدول (۳-۱) شکاف انرژی، جابجایی شکاف انرژی و اندازه ذرات سولفید کادمیم با استفاده از طیف جذبی.....۴۵

جدول (۳-۲) شکاف انرژی و جابجایی شکاف انرژی نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2.....۴۹

جدول (۳-۳) قطر نانو الیاف PVA/CdS با استفاده از تصاویر SEM.....۴۹

جدول (۳-۴) قطر نانو الیاف PVA/TiO_2 با استفاده از تصاویر SEM.....۵۲

جدول (۳-۵) اندازه ذرات CdS با استفاده از نتایج XRD ۵۵

جدول (۳-۶) اندازه ذرات TiO_2 با استفاده از نتایج XRD.....۵۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) سل، واحد و آرایه‌ی خورشیدی.....۳

شکل (۱-۲) اجزای سل خورشیدی.....۱۱

شکل (۱-۳) مکانیزم عملکرد سل خورشیدی.....۱۲

شکل (۱-۴) ساختار پلی وینیل الکل.....۱۵

شکل (۱-۵) ساختار چهارگوشه‌ای TiO_2 .....۱۸

شکل (۱-۶) فرایند الکتروریسی.....۲۱

شکل (۲-۱) ترکیب دو محلول نیترات کادمیم و سولفید سدیم بر روی همزن مغناطیسی.....۳۳

شکل (۲-۲) تشکیل دو فاز نیترات سدیم و سولفید کادمیم.....۳۴

شکل (۲-۳) نانو سولفید کادمیم به فرم ژل.....۳۴

شکل (۳-۱) منحنی جذب نانو کامپوزیت‌های PVA/CdS.....۴۳

شکل (۳-۲) منحنی درصد انتقال نوری نانو کامپوزیت‌های PVA/CdS ۴۴

شکل (۳-۳) منحنی شکاف انرژی نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS با نسبت‌های ۵۰:۵۰ و ۶۰:۴۰.....۴۴

شکل (۳-۴) منحنی شکاف انرژی نانوکامپوزیت‌های PVA/CdS با نسبت‌های ۷۰:۳۰ و ۸۰:۲۰.....۴۵

شکل (۳-۵) منحنی جذب نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2.....۴۶

شکل (۳-۶) منحنی درصد انتقال نوری نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2.....۴۷

شکل (۳-۷) منحنی شکاف انرژی نانو کامپوزیت‌های PVA/TiO_2 با نسبت‌های: الف) ۵۰:۵۰ و ۶۰:۴۰، ب) ۷۰:۳۰ و ۸۰:۲۰ .....۴۸

شکل (۳-۸) تصاویر SEM نانو کامپوزیت‌های PVA/CdS: الف) تراکم نانو ذرات CdS با نسبت ۵۰:۵۰، ب) ۵۰:۵۰، ج) ۶۰:۴۰، د) ۷۰:۳۰ و ه) ۸۰:۲۰.....۵۰

شکل(۳-۹) تصاویر SEM نانوکامپوزیت‌های PVA/TiO_2: الف) ۵۰:۵۰، ب) ۶۰:۴۰، ج) ۷۰:۳۰ و د) ۸۰:۲۰.....۵۱

شکل (۳-۱۰) نمودار XRD نانو کامپوزیت‌های PVA/CdS با نسبت‌های: الف) ۵۰:۵۰ و ب) ۶۰:۴۰ ..... ۵۳

شکل (۳-۱۱) نمودار XRD نانو کامپوزیت‌های PVA/CdS با نسبت‌های: الف) ۷۰:۳۰ و ب) ۸۰:۲۰ ..... ۵۴

شکل (۳-۱۲) نمودار XRD نانو کامپوزیت‌های PVA/TiO_2 با نسبت‌های: الف) ۵۰:۵۰ و ب) ۶۰:۴۰..... ۵۶

شکل (۳-۱۳) نمودار XRD نانو کامپوزیت‌های PVA/TiO_2 با نسبت‌های: الف) ۷۰:۳۰ و ب) ۸۰:۲۰..... ۵۷

علائم اختصاری

پلی وینیل الکل……PVA

نیترات کادمیم ……$Cd(NO_3)_2$

سولفید سدیم……Na_2S

سولفید کادمیم……CdS

نیترات سدیم……$NaNO_3$

دی‌اکسید تیتانیم……TiO_2

تلورید کادمیم……CdTe

سیلیکون بی‌نظم……a-Si

نیمه‌هادی ساخته شده از مس، ایندیم و سلنیوم……CIS

نیمه‌هادی ساخته شده از مس، ایندیم، گالیوم و سلنیوم……CIGS

سولفید مس……CuS

فسفید ایندیم……InP

دی‌سلنید ایندیم مس……$CuInSe_2$

طیف‌سنج بازتاب پخشی……DRS

پراش پرتو ایکس……XRD

میکروسکوپ الکترون پویشی……SEM

تقریب جرم موثر……EMA

نیمه‌هادی نوع منفی……n

نیمه‌هادی نوع مثبت……p

نانومتر (واحد اندازه گیری ذرات و طول موج جذبی)……nm

آنگستروم (واحد اندازه گیری ذرات و طول موج جذبی)……Å

سانتی‌متر (واحد طول)……cm

گرم ……g

کیلوولت (واحد ولتاژ)……Kv

دقیقه……Min

ساعت……h

میکرولیتر بر دقیقه (واحد سرعت)……µl/min

میلی‌لیتر بر ساعت (واحد سرعت)……ml/h

درجه سانتی گراد (واحد دما)……°C

الکترون ولت ……eV

طول‌موج ماکزیمم جذب……λ_{max}

جذب……A

درصد انتقال نوری……T%

شکاف انرژی توده……E_{gb}

شکاف انرژی نمونه ……E_{gn}

میانگین اندازه ذرات بلوری……D

پهنای نوار ماکزیمم……$\beta_{2\theta}$

زاویه……Θ

چکیده

تهیه و ارزیابی نانوکامپوزیت PVA/CdS و PVA/TiO_2 الکتروریسی شده جهت کاربرد در سل‌های خورشیدی

پرنیان فردوسی

انرژی خورشیدی از جمله انرژی‌های دوستدار محیط زیست و یکی از منابع تمام نشدنی انرژی می‌باشد و برای مهار کردن آن از ابزارهایی مانند سل‌های خورشیدی استفاده می‌شود. به منظور کاهش هزینه‌ها و بالا بردن کیفیت سل‌های خورشیدی و به دنبال آن افزایش راندمان تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریکی، از نانوکامپوزیت‌ها استفاده می‌شود. در این تحقیق، نیمه-هادیهای سولفید کادمیم و دی‌اکسید تیتانیم انتخاب و لایه‌های نازک نانوکامپوزیت PVA/CdS و PVA/TiO_2، به عنوان نیمه-هادی نوع منفی در سل خورشیدی لایه نازک، در نسبت‌های مختلف تهیه شدند. برای این منظور ابتدا نانو ذرات CdS با استفاده از نیترات کادمیم و سولفید سدیم با روشی ساده و کم هزینه تولید شدند. سپس نانو کامپوزیت‌های PVA/CdS و PVA/TiO_2 با نسبت‌های مختلف از نانوذرات نیمه‌هادی (۵۰ و۴۰ ،۳۰ ،۲۰) به روش الکتروریسی تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفتند. گونه‌شناسی و ساختار نانو کامپوزیت‌ها با استفاده از طیف‌سنج پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل تشکیل نانو ذرات CdS با فاز کریستالی در ماتریس پلیمری PVA و پوشش موفقیت‌آمیز نانوذرات نیمه‌هادی توسط مولکول‌های پلی وینیل الکل را برای هر دو نوع نانوکامپوزیت نشان داد. همچنین فعالیت نوری وب‌ها نیز با دستگاه اندازه‌گیری طیف بازتاب پخشی (DRS) بررسی شد. اندازه‌ی ذرات نیز با استفاده از نتایج حاصل از XRD محاسبه شد به طوری که با طیف جذبی نانوکامپوزیت‌ها مطابقت داشتند. اندازه‌ی ذرات CdS و TiO_2، به ترتیب، کمتر از ۹ و ۱۵ نانومتر گزارش شد. نتایج نشان داد که لایه‌های تهیه شده با نسبت ۵۰:۵۰، در هر دو نوع نانوکامپوزیت PVA/CdS و PVA/TiO_2، به دلیل فاز بلوری، شکاف انرژی مطلوب (۲/۵۳ eV و ۳/۳۱) و انتقال نوری بالا جهت استفاده در سل خورشیدی به عنوان نیمه‌هادی نوع n مناسب می‌باشند.

کلمات کلیدی: نانوذرات سولفید کادمیم، نانوذرات دی‌اکسید تیتانیم، الکتروریسی، نانو کامپوزیت PVA/CdS، نانوکامپوزیت PVA/TiO_2، سل خورشیدی.

Abstract

Preparation and characterization of PVA/CdS and PVA/TiO_2 electrospun nanocomposites for solar cell application

Parnian ferdowsi

Solar energy is clean and renewable source of energy. Solar cell is a device to collect solar energy. In order to decrease expenses, to increase quality of solar cells and thereupon to increase conversion efficiency of solar energy to electrical energy, nanocomposites are used. In this research, cadmium sulfide and titanium dioxide were chosen and PVA/CdS and PVA/TiO_2 nanocomposite thin films were prepared at different ratio as window layer in thin film solar cell. For this purpose, first CdS nanoparticles were synthesized by using cadmium nitrate (Cd $(NO_3)_2$) and sodium sulphide (Na_2S) in a simple and economical way. PVA/CdS and PVA/TiO_2 nanocomposite were then prepared and characterized at different semiconductor ratio (20, 30, 40 and 50) using the electrospinning method. Morphology and structure of nanocomposites were characterized by X- ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope (SEM). The results indicated the formation of CdS nanoparticles with crystalline phase in the PVA matrix and proved that nano particles were successfully coated by polyvinyl alcohol molecules for both nanocomposites. Also, optical properties of samples were characterized by Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS). Particle sizes were calculated with the results obtained from XRD observation and it was found to be in agreement with absorption spectra of nanocomposites. Particle sizes of CdS and TiO_2 were reported less than 9 and 15 nanometers, respectively. The films prepared at 50:50 ratio, in both PVA/CdS and PVA/TiO_2, was found to be suitable for application in solar cell as a window layer due to the crystalline phase, favorable band gap (2/53 , 3/31 eV) and higher optical transmittance.

Keywords: Cadmium sulphide nanoparticles, Titanium dioxide nanoparticles, Electrospinning, PVA/ CdS nanocomposite, PVA/TiO_2 nanocomposites, Solar cell.

فصل اول:

مروری بر مقالات و منابع

۱-۱- مقدمه

خورشید ستاره‌ای است از ستارگان رشته اصلی که ۵ میلیارد سال از عمرش می‌گذرد. این ستاره کروی شکل بوده و عمدتا از گازهای هیدروژن و هلیوم تشکیل شده است. سطح آن بسیار داغ است و دمایی حدود ۵۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد دارد و انرژی خود را به شکل پرتو خارج می‌کند. زمین در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید واقع است و ۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد. کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و 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 ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالیانه بیش از ۲۸۰ روزآفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است[۱].

داشتن منبع انرژی مناسب، عمده‌ترین عامل اقتصادی جوامع صنعتی پس از نیروی انسانی است؛ چراکه انرژی یک نیاز اساسی برای استمرار توسعه اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت جامعه است. اگر انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که توسعه انسانی را در بلند مدت در تمامی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی تامین کند، مفهوم انرژی پایدار تحقق خواهد یافت. به همین دلیل تامین انرژی پایدار ضرورت توسعه پایدار است و در سالهای اخیر کشورهای مختلف اعم از پیشرفته و در حال توسعه، توجه فزاینده‌ای به انرژی تجدیدپذیر (انرژی حاصل از خورشید، باد، ژئوترمال و ...) جهت ایجاد تنوع دراستفاده از منابع انرژی و کاهش وابستگی به یک حامل انرژی و ملاحظات زیست محیطی برای دستیابی به انرژی پایدار، معطوف داشته‌اند.

محدود بودن منابع انرژی فسیلی، افزایش بهای سوختهای فسیلی، مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، خطرات غیرقابل انکار نیروگاه‌های هسته‌ای، مشکلات متعدد توزیع سوختهای فسیلی در روستاهای پراکنده کشور، سطح بالای تشعشع خورشیدی در گستره‌ی وسیعی از مناطق آب و هوایی ایران و رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا برای گونه‌های مختلف انرژی ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدید پذیر را بر همگان روشن ساخته است. انرژی خورشیدی 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. تابش خورشید بزرگترین منبع تجدید پذیر انرژی روی کره زمین می‌باشد و عدم وجود خورشید به راحتی می‌تواند به زندگی پایان دهد. بدون وجود خورشید دمای زمین به طور ناگهانی کاهش خواهد یافت و زمین سرد و تاریک خواهد شد به طوریکه هیچ حیات نباتی و هیچ بشری بر روی زمین وجود نخواهد داشت.

انرژی خورشیدی توسط واکنش ذوب هسته‌ای هلیم و هیدروژن در داخل خورشید به وجود می‌آید، اختلاف جرمی که در این پروسه ایجاد می‌شود به انرژی تبدیل می‌شود و یکی از منابع تمام نشدنی است که بشر امروزه به اهمیت آن پی برده است و

حجم زیادی از تحقیقات را برای استفاده از آن متمرکز کرده است. با توجه به موفقیت‌های کسب شده در استفاده از انرژی خورشیدی، اکنون تلاش بر بهینه‌سازی سل‌های تولید شده و افزایش کارایی و کاهش قیمت تمام شده‌ی تولید است. نسل‌های مختلف سل‌های خورشیدی تولید شده، مبین تکاپو بشر برای رسیدن به بالاترین بازده و بهترین کیفیت است.

حدود نیمی از انرژی خورشیدی ورودی، به سطح زمین می‌رسد. زمین حدود ۱۷۴×۱۰^{۱۵} وات از پرتوهای خورشیدی را در لایه بیرونی اتمسفر دریافت می‌کند. تقریبا حدود ۳۰ درصد از پرتوهای ورودی به فضا منعکس می‌شود و مابقی توسط ابرها، اقیانوس‌ها و مناطق وسیعی از زمین جذب می‌شود و این امر سبب افزایش دمای سطح آنها می‌شود و میانگین دمای آنها ۱۴ درجه سانتی گراد می‌باشد. نور خورشید که به زمین می‌رسد شامل طول موجهای زیر می‌باشد: ٪۴۷ مادون قرمز، ٪۴۶ نور مرئی و ٪۷ فرابنفش. از این رو سل‌های خورشیدی باید در ناحیه‌ی مادون قرمز و نور مرئی جذب بالایی داشته باشند. بنابراین در سل‌های خورشیدی معمولاً از مواد نیمه‌رسانا استفاده می‌شود [۱،۲].

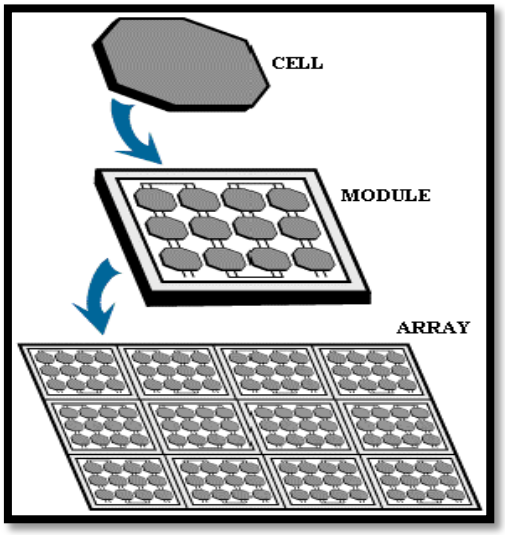
انرژی خورشیدی، در تولید برق، آب شیرین، گرمایش آب و فضاهای مسکونی، تجاری و استخرهای آب و همچنین فراهم آوردن گرمای مورد نیاز در فرایندهای صنعتی و ... کاربرد وسیعی دارد.

۱-۲- سل خورشیدی

به منظور به دام انداختن انرژی خورشیدی از ابزارهایی از جمله سل‌های خورشیدی استفاده می‌شود، به طوری که انرژی خورشیدی را به عنوان ورودی می‌گیرند و خروجی آنها انرژی الکتریکی می‌باشد. سل خورشیدی ابزاری است که انرژی خورشیدی را تحت اثر فوتوولتاییک به الکتریسیته تبدیل می‌کند. فوتوولتاییک شاخه‌ای از فن‌آوری است که به کاربرد سل‌های خورشیدی می‌پردازد. همانطور که از نام آن مشهود است، در این علم، جذب نور(فوتون) و تبدیل آن به الکتریسیته (ایجاد ولتاژ) مورد مطالعه قرار می‌گیرد. از آنجا که مجموعه بزرگی از پدیده‌های حالت جامد، شامل تبدیل انرژی از شکلی به شکل دیگر هستند، مطالعه تبدیل انرژی در مواد، با استفاده از قطعات حالت جامد، زمینه‌ای گسترده برای پیشرفت تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر، خواهد بود. بسیاری از نیمه‌رساناها می‌توانند الکتریسیته را از نور خورشید تولید کنند. سل‌های فوتوولتایی، که اغلب سل‌های خورشیدی نامیده می‌شوند، از جمله قطعات حالت جامد هستند که بر اساس تبدیل انرژی خورشید به الکتریسیته، کار می‌کنند. از مزایای این روش تبدیل انرژی است که، مواد غیر دوستدار محیط زیست تولید نمی‌کند و منبع نامحدودی از انرژی در اختیار ما قرار می‌دهد.

گاهی اصطلاح سل خورشیدی تنها برای ابزارهایی به کار می‌رود که مختص تبدیل نور خورشید هستند، در حالی که عبارت سل فتوولتائیک به صورت عام‌تر به کار می‌رود. سازه‌ای که از کنار هم قرار گرفتن سل‌های خورشیدی در یک چارچوب بدست

می‌آید را واحد خورشیدی گویند و برای تامین الکتریسیته در یک ولتاژ معین طراحی می‌شوند. جریانی که تولید می‌شود مستقیما به مقدار نوری که به واحد خورشیدی اصابت می‌کند بستگی دارد. با اتصال تعدادی از این سازه‌ها یک آرایه (Array) تشکیل می‌شود (شکل (۱-۱)). هرچه سطح واحد خورشیدی و آرایه بیشتر باشد، تولید الکتریسته نیز افزایش می‌یابد. واحدهای خورشیدی و آرایه‌ها جریان الکتریکی مستقیم (DC) را تولید می‌کنند و به هر دو فرم سری و موازی برای تولید هر نوع ولتاژ و جریان ترکیبی آرایش می‌یابند [۳] .



شکل (۱-۱) سل، واحد و آرایه‌ی خورشیدی [۳]

۱-۲-۱- تاریخچه‌ی سل‌های خورشیدی

تاریخچه‌ی شناخت انرژی خورشیدی به دوره‌ی ماقبل تاریخ مربوط است. انرژی خورشیدی به عنوان شکلی از نور و گرما از زمان انسان‌های اولیه، مهار شده و حضور ثابت و حیاتی در زندگی روزانه بشر داشته است. با پیشرفت تکنولوژی استفاده از انرژی خورشیدی افزایش یافته و متنوع و تجاری گردیده است. تاریخچه‌ی استفاده از انرژی خورشید به اشکال مختلف برای اهداف گوناگون و همچنین سیر پیشرفت تحقیقات در زمینه سل‌های خورشیدی به طور مختصر در ذیل آمده است:

قرن هفتم قبل از میلاد[1]:

در این دوره، از ذره‌بین برای متمرکز کردن اشعه‌های خورشید به منظور ایجاد آتش برای سوزاندن مورچه‌ها استفاده می‌کردند.

[1] 7th Century B.C.