بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای سید رضا موسوی بایگی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **طراحی و مدلسازی سیستم خنک کننده به کمک مواد تغییر فاز جهت افزایش راندمان سل های خورشیدی** در تاریخ ۱۳۹۲/۸/۲۵ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مجتبی صدر عاملی	استاد	
استاد مشاور	دکتر علی بخش کسائیان	استادیار	
استاد ناظر	دکتر آرزو جعفری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر امید توکلی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر آرزو جعفری	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تائید است

امضاء استاد راهنما:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

سید رضا موسوی بابلی

نام و نام خانوادگی

امضاء

۹۲/۴/۲۴

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته **مهندسی شیمی** است که در سال **۱۳۹۲** در دانشکده **مهندسی شیمی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **سید مجتبی صدرعاملی و** مشاوره جناب آقای دکتر **علیبخش کساییان** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **سید رضا موسوی بایگی**دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سید رضا موسوی بایگی

تاریخ و امضا:

۱۴۰۲/۹/۲۴

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- طراحی فرآیند

طراحی و شبیه سازی سامانه خنک کننده به کمک مواد تغییر فاز جهت افزایش راندمان سل‌های خورشیدی

سید رضا موسوی

استاد راهنما:

دکتر سید مجتبی صدرعاملی

استاد مشاور:

دکتر علی بخش کسائیان

پاییز ۱۳۹۲

تقدیم به

پدر و مادر بسیار عزیز، دلسوز و فداکار

که پیوسته جرعه‌نوش جام تعلیم و تربیت، فضیلت و انسانیت آقا بوده‌اند و همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی‌ها و مشکلات بوده است و با مهربانی، چگونه زیستن را به من آموختند.

تشکر و قدردانی

سپاس گویم پروردگار بلند مرتبه را که توفیق و سعادت حرکت در راه پر ارزش کسب علم و دانش را به بنده عطا کرد. شایسته است از تلاش‌های مداوم و کوشش‌های مستمر جناب آقای دکتر مجتبی صدر عاملی در اشاعه‌ی تعلیم و تربیت و بسط و توسعه‌ی علم و دانش و اخلاق و نیز کارگشایی ثمربخش ایشان به عنوان استاد راهنمای اینجانب تشکر و قدردانی کنم. تشکر ویژه‌ای خواهم داشت از خانواده‌ی عزیز و بخصوص همسر صبورم که تمامی شرایط را جهت هرچه بهتر انجام شدن این کار و رفاه بنده فراهم کرده و با دعای خیرشان، مشکلات این راه را بر من آسان گردانیدند. در ادامه از آقایان دکتر علی کساییان به عنوان استاد مشاور اینجانب در انجام این پروژه، دکتر سیفی، دکتر جامه خورشید و خانوم مهندس گلزاری که استفاده از تجربیاتشان روشنایی بخش راهم بود، تشکر می‌کنم و از خداوند منان برایشان آرزوی بهترین‌ها را دارم.

سید رضا موسوی بایگی

پاییز ۱۳۹۲

چکیده

پنل‌های فتوولتاییک وسایلی هستند که می‌توانند نور خورشید یا هر منبع دیگری از نور را به انرژی الکتریسیته تبدیل کنند. افزایش دما در این پنل‌ها به بیش از $25^{\circ}C$ موجب کاهش بازدهی بین ۰/۳ تا ۰/۵ درصد به ازای هر کلوین می‌شود. تا کنون روش‌های متفاوتی برای جذب حرارت اضافی از سطح سلول در نظر گرفته شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از جابجایی آزاد توسط باد و ایجاد جریان اجباری در پشت پنل می‌باشد.

راه حل دیگر جذب گرمای اضافی از پشت سلول به کمک مواد تغییر فاز است. مواد تغییر فاز انرژی را طی فرایند ذوب و انجماد، جذب و دفع می‌کنند.

در این پژوهش یک واحد کوچک خنک سازی پنل فتوولتاییک به کمک مواد تغییر فاز ساخته شد. از ماده پلی اتیلن گلیکول ۱۰۰۰ به عنوان ماده تغییر فاز استفاده گردید. اثر دما بر سلول فتوولتاییک و نیز اثر خنک سازی بر بازدهی الکتریکی آن مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین به منظور معتبرسازی آزمایش، فرایند با نرم افزار فلوئنت شبیه سازی شده و اطلاعات تجربی با اطلاعات نظری مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد ماده تغییر فاز عملکرد مثبتی در افزایش بازدهی تولید برق سلول داشته است بطوریکه دمای سلول کنترل شده با ماده تغییر فاز، تا $15^{\circ}C$ کاهش یافته که این امر منجر به بهبود بازدهی به بیش از ۸٪ گردیده است. همچنین طی این فرایند ۶۰۰ کیلوژول انرژی گرمایی در ۳ کیلوگرم ماده تغییر فاز ذخیره شده است. از این رو می‌توان استفاده از مواد تغییر فاز را یکی از روش‌های موثر برای کنترل دمایی سلول های فتوولتاییک عنوان کرد.

کلمات کلیدی: انرژی خورشیدی، سلول فتوولتاییک، ماده تغییر فاز، کنترل گرمایی

فهرست

فهرست شکل‌ها.....ث

فهرست جدول‌ها.....خ

فصل ۱ مقدمه ۲

۱-۱ پیشگفتار..... ۲

۱-۲ سامانه های فتوولتائیک ۳

۱-۲-۱ تاریخچه ۴

۱-۲-۲ فناوری و توسعه..... ۴

۱-۲-۳ انواع سلول های خورشیدی ۵

۱-۲-۴ نحوه تولید انرژی الکتریکی در یک سلول خورشیدی ۶

۱-۲-۵ کاربردهای سلول های خوشیدی ۷

۱-۲-۶ مزایا و معایب سامانه های فتوولتاییک..... ۹

۱-۳ مروری بر فصول بعدی ۹

فصل ۲ مروری بر مطالعات انجام شده ۱۱

۲-۱ مقدمه ۱۱

۲-۲ سامانه های فتوولتاییک حرارتی..... ۱۱

۲-۲-۱ فتوولتاییک/حرارتی بر اساس هوا..... ۱۳

۲-۲-۲ فتوولتاییک/حرارتی بر اساس آب..... ۱۳

۲-۳ اهمیت خنک سازی پنل های فتوولتاییک ۱۴

۲-۴ مواد تغییر فاز و فرایند ذوب ۱۸
۲-۵ خصوصیات مواد تغییر فاز ۲۰
۲-۶ انواع مواد تغییر فاز ۲۱
۲-۶-۱ مواد تغییر فاز آلی ۲۲
۲-۶-۲ مواد تغییر فاز معدنی ۲۴
۲-۶-۳ یوتکتیک ۲۵
۲-۷ بهبود انتقال حرارت در مواد تغییر فاز ۲۶
۲-۷-۱ اضافه کردن سطح گسترش یافته ۲۷
۲-۷-۲ افزودن نانوذرات به PCM ۲۸
۲-۸ استفاده از PCM برای خنک سازی ۲۹
۲-۸-۱ استفاده برای خنک سازی وسایل الکترونیکی ۳۱
۲-۸-۲ استفاده به منظور خنک سازی سلول فتوولتاییک ۳۶

فصل ۳ مدل ریاضی ۴۰

۳-۱ مقدمه ۴۰
۳-۲ مدل ریاضی ۴۰

فصل ۴ مواد و روش ها ۴۹

۴-۱ مقدمه ۴۹
۴-۲ تجهیزات ۴۹
۴-۲-۱ لوازم و وسایل اصلی ۴۹
۴-۲-۲ وسایل اندازه گیری ۵۵

۳-۴ نحوه انجام آزمایش ۵۸

فصل ۵ نتایج و بحث ۶۱

۵-۱ مقدمه ۶۱

۵-۲ اثر دما بر عملکرد پنل فتوولتاییک ۶۱

۵-۳ اثر دما بر ولتاژ، جریان و توان خروجی ۶۶

۵-۴ مقایسه نتایج نظری و تجربی ۷۳

۵-۵ بررسی اثر وجود پره بر انتقال حرارت..... ۷۴

۵-۶ بازدهی گرمایی..... ۷۶

۵-۷ منابع خطای آزمایش ها..... ۷۷

۵-۷-۱ خطای انسانی ۷۷

۵-۷-۲ خطای روش اندازه گیری ۷۷

۵-۷-۳ خطای ابزارهای اندازه گیری ۷۷

فصل ۶ نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۷۹

مراجع..... ۸۱

واژه نامه..... ۸۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ تولید جفت الکترون (e^-) و حفره (h^+)..... ۷

شکل ۱-۲ سلول های فتوولتاییک نصب شده در نیومکزیکو..... ۸

شکل ۲-۱ مقایسه PV، PV/T و سامانه گرمایش خورشیدی..... ۱۲

شکل ۲-۲ توان بیشینه خروجی پنل بر حسب دما..... ۱۴

شکل ۲-۳ رابطه بازدهی الکتریکی و دما و نیز اثر خنک سازی در پنل فتوولتاییک..... ۱۶

شکل ۲-۴ بخش های مختلف ساختار آزمایشی خنک سازی توسط آب..... ۱۷

شکل ۲-۵ تغییر دما طی فرایند ذوب و انجماد..... ۱۹

شکل ۲-۶ دسته بندی کلی مواد تغییر فاز..... ۲۱

شکل ۲-۷ مخزن دارای پره های عمودی..... ۲۷

شکل ۲-۸ گرمای نهان و هدایت حرارتی کامپوزیت بر حسب درصد جرمی نانوگرافیت..... ۲۸

شکل ۲-۹ نمایی از روش بکار گرفته شده ماده تغییر فاز در کلاه ایمنی..... ۳۰

شکل ۲-۱۰ نمایی از واحد ذخیره انرژی بکار گرفته شده توسط F. L. Tan و همکارانش..... ۳۱

شکل ۲-۱۱ استفاده از ماده تغییر فاز برای برای خنک سازی ریزپردازنده..... ۳۲

شکل ۲-۱۲ انواع گرماخورهای مورد آزمایش S.C. Fok و همکارانش..... ۳۳

شکل ۲-۱۳ تاثیر ماده تغییر فاز بر میزان دمای ریزپردازنده..... ۳۳

شکل ۲-۱۴ تاثیر پره بر میزان کاهش دما در ریزپردازنده..... ۳۴

شکل ۲-۱۵ نمایی از دو نمونه گرما خور مورد آزمایش Rajesh Baby و همکارش..... ۳۵

شکل ۲-۱۶ مقایسه خنک سازی در سه حالت بدون فین، پره ی تیغه ای شکل و پره ی پین شکل..... ۳۵

شکل ۲-۱۷ نمایی از پنل مورد آزمایش M. J. Haung و همکارانش برای خنک سازی پنل ۳۶
شکل ۲-۱۸ مقایسه نتایج دمای سلول در چهار حالت مختلف ۳۷
شکل ۲-۱۹ تصویر ساختار آزمایشی برای دو محفظه با جنس و ابعاد متفاوت ۳۸
شکل ۳-۱ اطلاعات وارد شده در Gambit ۴۵
شکل ۳-۲ مرحله مش خط زدن ۴۶
شکل ۳-۳ اتمام مش بندی ۴۶
شکل ۴-۱ تصویر استفاده از کیسه آلومینیومی به عنوان محفظه نگهدارنده ۵۰
شکل ۴-۲ تصویر محفظه ی یکپارچه از جنس آلومینیوم ۵۱
شکل ۴-۳ محفظه آماده شده قبل از نصب ورقه آلومینیوم روی آن ۵۳
شکل ۴-۴ محفظه پس از نصب ورقه آلومینیوم و پر شدن با ماده تغییر فاز ۵۳
شکل ۴-۵ محفظه آماده شده پس از پر شدن ۵۳
شکل ۴-۶ نحوه قرارگیری محفظه ها در پشت پنل ۵۴
شکل ۴-۷ پیرانومتر Hukseflux مدلSR12 ..... ۵۶
شکل ۴-۸ نمایشگر دوازده سوییچ ۵۷
شکل ۴-۹ دو پنل در حال انجام آزمایش ۵۸
شکل ۴-۱۰ مدار الکتریکی پنل و سایر تجهیزات اندازهگیری ۵۹
شکل ۵-۱ دمای نقاطی از پنل بدون PCM در زمان های مختلف حین رسیدن به حالت پایا ۶۲
شکل ۵-۲ دمای نقاطی از پنل با محفظه PCM در زمان های مختلف حین رسیدن به حالت پایا ۶۲
شکل ۵-۳ مقایسه دمای دو پنل در دو حالت بدون PCM و با PCM در حالت افقی ۶۴
شکل ۵-۴ مقایسه دمای دو پنل در دو حالت بدون PCM و با PCM با زاویه ۱۵ درجه ۶۶

شکل ۵-۵ نمودار ولتاژ جریان برای ۱۵ درجه در ابتدای آزمایش ۶۷
شکل ۵-۶ نمودار ولتاژ جریان برای ۱۵ درجه ۲۰ دقیقه پس از شروع آزمایش ۶۸
شکل ۵-۷ مقایسه توان خروجی پنل در حالت بدون PCM و با PCM در حالت افقی ۶۹
شکل ۵-۸ مقایسه توان خروجی پنل در حالت بدون PCM و با PCM در زاویه ۱۵ درجه ۷۰
شکل ۵-۹ بازدهی پنل در حالت خنک سازی و نیز بدون خنک سازی در حالت افقی ۷۱
شکل ۵-۱۰ مقایسه بازدهی دو پنل در زاویه ۱۵ درجه ۷۱
شکل ۵-۱۱ بازدهی نسبی دو پنل در طول زمان در حالت افقی و ۱۵ درجه ۷۲
شکل ۵-۱۲ مقایسه نتایج تجربی و نظری در حالت افقی ۷۳
شکل ۵-۱۳ تاثیر پره بر انتقال حرارت ماده تغییر فاز ۷۵
شکل ۵-۱۴ تاثیر پره در مطالعات S.C. Fok (سمت راست) و Rajesh Baby (سمت چپ)..... ۷۵
شکل ۵-۱۵ تاثیر پره با عرض ۴۰mm در توزیع انتقال حرارت ۷۶

فهرست جداول

مقایسه انواع روش های خنک سازی سلول فتوولتاییک ۱۵

دما و گرمای نهان ذوب پارافین ها بر اساس تعداد اتم کربن..... ۲۳

دما و گرمای نهان ذوب اسیدهای چرب..... ۲۳

دما وگرمای نهان ذوب نمکهای هیدراته ۲۴

نقطه ذوب و گرمای نهان ذوب تعدادی از ترکیبهای یوتکتیک ۲۵

مقایسه انواع مواد تغییر فاز ۲۶

خواص ترموفیزیکی مواد تغییر فاز مورد استفاده در آزمایش..... ۳۸

محدوده تغییرات وارد شده در نرم افزار برای محاسبه $\boldsymbol{Cp}$..... ۴۴

اطلاعات وارد شده در Fluent..... ۴۵

شدت تابش در مدت زمان آزمایش..... ۴۷

مشخصات پنل فتوولتاییک مورد آزمایش ۵۰

مشخصات محفظه های حاوی ماده تغییر فاز ۵۲

خواص PEG1000 ..... ۵۵

فصل اول

مقدمه

فصل ۱ مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

امروزه بشر با دو بحران بزرگ روبرو است که بیش از آنچه ظاهرا تشخیص داده می‌شود با یکدیگر ارتباط دارند. از یک طرف جوامع صنعتی و همچنین شهرهای بزرگ با مشکل آلودگی محیط زیست مواجهند و از طرف دیگر مشاهده می‌شود که مواد اولیه و سوخت مورد نیاز همین ماشین ها با شتاب روز افزون در حال اتمام است.

اثرات مصرف بالای انرژی در زمین و آب و هوا آشکارا مشخص می‌باشد و تنها راه حل در پایین آوردن میزان مصرف انرژی می باشد، حال آنکه این امر نمی تواند به طور موثر ادامه داشته باشد. توجه و توسل به انرژی اتمی به عنوان جانشینی برای سوختهای فسیلی نیز چندان موفقیت آمیز نبوده است. صرف هزینه های سنگین و همچنین تشعشعات خطرناکی که از نیروگاههای اتمی در فضا پخش شده، نتیجه مثبتی نداشته است و اگر یکی از این نیروگاهها منفجر شود زیانهای فراوان و جبران ناپذیری به بار خواهد آورد. این امور دانشمندان را به سوی کشف و توسعه منابع نوین انرژی ترغیب کرده است.

منابع انرژی معمول به دو گروه منابع تجدیدپذیر و منابع تجدیدناپذیر تقسیم می‌شوند. منابع انرژی تجدیدپذیر می‌توانند به عنوان انرژی بدست آمده از جریان های تکرار پذیر در محیط زیست تعریف شوند. منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید، انرژی باد، انرژی زمین گرمایی و غیره می‌باشند، منابع تجدیدناپذیر شامل سوخت های فسیلی نظیر نفت و گاز طبیعی می‌باشند. منابع سوختهای فسیلی رو به اتمام هستند و انسان ناگزیر از یافتن منابع انرژی تجدیدپذیر است. به طور کلی باید به نحوی انرژی های نامبرده را مهار و ذخیره کرد و مورد استفاده قرار داد[۱]. انرژی های تجدیدپذیر یک جایگزین برای

سوخت های فسیلی در سال های آینده خواهند بود که انرژی خورشیدی یکی از مهمترین این منابع می باشد.

خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشاء تمام انرژیهای دیگر است. مطابق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ میلیون سال از تولد این گوی آتشین می‌گذرد و در هر ثانیه ۲/۴ میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد[۲].

خورشید به عنوان یک منبع بی پایان انرژی می تواند حلال مشکلات موجود در مورد انرژی و محیط زیست باشد. انرژی که از سوی خورشید به زمین می تابد هزاران بار بیش از آنچه که ما نیاز داریم و مصرف می‌کنیم، می باشد. حتی نور کمی که از پنجره به اتاق می تابد دارای انرژی بیشتری از سیم برقی است که به داخل اتاق کشیده شده است. از انرژی خورشیدی می توان استفاده های مهم و کاملا مفید، به عنوان یک انرژی پاک و قابل دسترس در همه جا استفاده کرد. اما از نور خورشید به طور مستقیم نمی توان به جای سوخت های فسیلی بهره برد بلکه باید دستگاههایی ساخته شود که بتوانند انرژی تابشی خورشید را به انرژی قابل استفاده نظیر انرژی مکانیکی، حرارتی الکتریسیته و غیره تبدیل کنند[۲].

۱-۲ سامانه های فتوولتائیک[1]

یکی دیگر از کاربردهای نوین انرژی خورشیدی سامانه‌های فتوولتاییک یا سلول‌های خورشیدی هستند. این سامانه‌ها بطور مستقیم نور خورشید را به الکتریسیته تبدیل کرده و به علت سهولت در کاربرد

[1] Photovoltaic System

و عمر طولانی و نیاز به تعمیر و نگه‌داری بسیار کم، گسترش فراوان یافته اند. طبق تعریف، به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاه از مکانیزم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند پدیده فتوولتائیک و به هر سامانه‌ای که از این پدیده‌ها استفاده کند سامانه‌ی فتوولتائیک گویند. سامانه‌های فتوولتائیک یکی از پر مصرف‌ترین کاربرد انرژی‌های نو می‌باشند و تاکنون استفاده‌های گوناگونی با ظرفیت‌های مختلف (۵وات تا چند مگاوات) در سراسر جهان نصب و راه اندازی شده‌است و با توجه به قابلیت اطمینان و عملکرد این سامانه‌ها هر روزه بر تعداد متقاضیان آنها افزوده می‌شود. از سری و موازی کردن سلول‌های آفتابی می‌توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک مجموعه از سلول‌های سری و موازی شده پنل فتوولتائیک می‌گویند. امروزه اینگونه سلول‌ها عموماً از ماده سیلیسیم تهیه می‌شود و سیلیسیم مورد نیاز از شن و ماسه تهیه می‌شود که در مناطق کویری کشور، به فراوانی یافت می‌گردد[۲].

۱-۲-۱ تاریخچه

برای اولین بار پدیده تولید برق فتوولتاییک در سال ۱۸۳۹ کشف شد. الکساندر ادموند بکرل[1][۳]، فیزیکدان فرانسوی، مشاهده کرد که جریان‌هایی الکتریکی از بعضی واکنش‌های شیمیایی ناشی از نور بوجود آمد. در ادامه فناوری و توسعه سلول فتوولتاییک بطور مختصر معرفی می گردد.

۱-۲-۲ فناوری و توسعه

اولین دستگاه فتوولتاییک توسط فریتس[2] در سال ۱۸۸۳ ساخته شد. دوران مدرن فتوولتاییک‌ها از سال ۱۹۵۴ آغاز گردید.[۳].

[1] Alexandre-Edmund Becquerel

[2] Fritts

نخستین سلول خورشیدی سیلیکونی، در سال ۱۹۵۴ در آزمایشگاه‌های بل در آمریکا، توسط چاپین[1] و همکارانش ابداع شد. چاپین و همکارانش به طور تصادفی پی بردند که وقتی چراغ‌های اتاق روشن است، دیودهای پیوند n-p، تولید الکترون می کنند[۴].

نیاز به فراهم کردن توان برای وسایل نقلیه فضایی نقطه ورود عالی برای راه‌اندازی سلول‌های خورشیدی در اواخر دهه ۱۹۵۰ بود. در سال ۱۹۵۸، ۱۰۸ سلول خورشیدی برای تامین توان ماهواره‌ها در مدار زمین قرار داده شدند. آن‌ها توانی بیش از حد انتظار برای ماهواره‌ها فراهم کردند[۵].

۱-۲-۳ انواع سلول‌های خورشیدی

همه سلول‌های خورشیدی به یک ماده جاذب نور در داخل ساختار سلول، برای جذب فوتون‌ها و تولید الکترون‌های آزاد از طریق اثر فتوولتاییک، نیاز دارند. بر این اساس سلول‌های خورشیدی به انواع گوناگونی تقسیم می‌شوند که در زیر به برخی از آن ها اشاره می گردد.

۱-۲-۳-۱ سلول خورشیدی سیلیکونی

بعد از اکسیژن، سیلیکون فراوان ترین عنصر موجود در پوسته‌ی زمین است. سلول‌های خورشیدی سیلیکونی بلوری بیش از ۸۵ درصد بازار فتوولتاییک امروز را تشکیل داده‌اند[۴]. سلول‌های خورشیدی سیلیکونی شامل سلول‌های خورشیدی سیلیکونی آمورف و بلوری می باشند.

سلول‌های خورشیدی سیلیکونی بلوری به دو بخش تک بلوری و چند بلوری تقسیم می شوند.

[1] Chapin