بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد
دانشکده فیزیک
گروه اتمی ملکولی

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

بررسی و مقایسه اثر تغییر ابعاد نانوذرات TiO_2 بر کارایی سلولهای خورشیدی رنگدانه‌ای طبیعی

استاد راهنما
دکتر عباس بهجت

استاد مشاور
علیرضا خوشرو

پژوهش و نگارش
فاطمه جعفری ندوشن

بهمن ۱۳۹۱

سپاس

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

به پاس زحمات بی دریغشان

همسر مهربانم

که در سایه همیاری و همدلی او به این منظور نائل شدم

فرزند دلبندم

زیباترین هدیه ی خداوند که آرام جانم است

و تقدیم به دانشمندان، بزرگان و جوانمردانی که جان و مال خود را در حفظ و اعتلای این مرز و بوم فدا نموده و مینمایند.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خداوندی که با الطاف بیکران خود دغدغه ی آموختن و اندیشیدن را در وجودم ودیعه نهاد و پیمودن این راه پر فراز و نشیب را در سایه سار محبت های خانواده‌ام به من ارزانی داشت. در آغاز وظیفه ی خود می دانم از زحمات بی دریغ استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر عباس بهجت صمیمانه تشکر کنم که قطعاً بدون راهنمایی های ایشان این مجموعه به انجام نمی رسید. همچنین از تلاش های بی وقفه ی مشاور پایان نامه جناب آقای علیرضا خوشرو که علاوه بر راهنمایی های سودمند خود، در مراحل عملی این پایان نامه نیز مراهمراهی نمودند بسیار سپاسگذارم. از اساتید محترم جناب آقای دکتر حمیدرضا زارع و جناب آقای دکتر مهدی شریفیان که داوری این رساله را بر عهده داشتند سپاسگذارم. تشکر ویژه از پدر و مادر عزیزم و همسر مهربانم که در فراز و نشیب زندگی تکیه گاهم و مخصوصاً در امر تحصیل بهترین مشوقم بودند را دارم و در پایان از تمامی دوستانی که مرا در تهیه وتدوین این پایان نامه یاری کردند کمال تشکر را دارم و از خداوند مزید توفیقشان را خواستارم.

چکیده

سال‌هاست که سلول‌های فوتوولتائیک برای تبدیل مستقیم نور خورشید به الکتریسیته به‌کارمی‌روند. سلول‌های خورشیدی حساس‌شده با رنگدانه، از نسل سوم سلول‌های فوتوولتائیک به شمار می‌آیند که در سال‌های اخیر به علت سهولت ساخت و کارایی مناسب، مورد توجه قرار گرفته‌اند. فوتوالکترود این سلول‌ها از یک نوع نیمه‌رسانا نانوساختار متخلخل (در اکثر موارد نانو ذرات دی اکسیدتیتانیوم) که با یک لایه رنگ جاذب نور مرئی پوشیده شده، تشکیل شده است. رنگدانه‌های طبیعی به علت ارزان بودن و منابع فراوان و کارایی نسبتاً قابل قبول به عنوان حساس‌کننده جایگزین مناسبی برای رنگدانه‌های صنعتی گران‌قیمت می‌باشند. در این رساله اثر تغییر اندازه‌ی نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم بر کارایی سلول‌های خورشیدی حساس‌شده به رنگدانه‌ی طبیعی بررسی‌شد. برای انتخاب رنگدانه بهینه، از رنگدانه‌های طبیعی موجود در ریشه‌ی گیاه چغندر، گل یونجه و آب میوه‌ی انار در حلال‌های متفاوت استفاده شد. بهترین بازدهی برای سلول حساس‌شده با رنگدانه‌ی موجود در آب انار با pH یک به دست آمد. سپس از کربن، پلاتین، PEDOT:PSS و مخلوط PEDOT:PSS و نانوذرات TiO_2 به عنوان کاتالیزور در الکترود مقابل استفاده شد و اثر کاتالیستی این مواد در احیاء تری‌یدید موجود در الکترولیت بررسی شد. در مرحله‌ی بعد از نانوذرات TiO_2 با اندازه‌های ۲۵ و ۱۰۰ نانومتر و مخلوط آنها به عنوان انتقال‌دهنده‌ی الکترون در فوتوالکترود استفاده‌شد و سلول‌های ساخته‌شده با این نانوذرات مشخصه‌یابی و نمودار I-V آنها رسم شد. نتایج حاصل بهترین بازدهی را برای نمونه‌ی ساخته‌شده بر اساس مخلوط نانوذرات ۲۵ و۱۰۰ نانومتر نشان می‌دهد. در پایان از ذرات TiO_2 با اندازه‌های ۱۰۰ و ۴۰۰ نانومتر به عنوان پراکننده‌گر و دومین لایه در فوتوالکترود استفاده شد. بهترین کارایی برای نمونه ساخته شده بر اساس ذرات ۴۰۰ نانومتر به عنوان پراکننده‌گر مشاهده شد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: سلول‌های خورشیدی ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت انرژی خورشیدی ۳

۱-۲-۱- موقعیت کشور ایران از نظر دریافت انرژی خورشیدی ۴

۱-۳- تاریخچه سلول‌های خورشیدی ۵

۱-۴- انواع مختلف سلول‌های خورشیدی ۷

۱-۴-۱- سلول‌های سیلیکونی ۷

۱-۴-۲- سلول‌های خورشیدی لایه نازک ۷

۱-۴-۳- سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای ۸

فصل دوم: اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای ۱۱

۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲- زیرلایه ۱۲

۲-۲-۱- اکسیدهای رسانای شفاف (TCO) ۱۳

۲-۲-۲- زیرلایه‌های فلزی ۱۳

۲-۳- نیمه‌رسانا ۱۴

۲-۳-۱- خواص بنیادی دی‌اکسید تیتانیوم ۱۵

۲-۴- رنگدانه ۱۹

۲-۴-۱- رنگدانه‌های طبیعی ۲۰

۲-۴-۲- رنگدانه‌های صنعتی ۲۳

۲-۵- الکترولیت ۲۴

۲-۵-۱- حلال الکترولیت ۲۴

۲-۵-۲- زوج اکسایش- کاهش در الکترولیت ۲۶

۲-۵-۳- مواد افزودنی به الکترولیت ۲۷
۲-۶- الکترود مقابل ۲۸
فصل سوم: اصول عملکرد و مشخصه‌یابی سلول خورشیدی رنگدانه‌ای ۳۱
۳-۱-مقدمه ۳۲
۳-۲-عملکرد سلول خورشیدی رنگدانه‌ای ۳۲
۳-۳-فرآیند انتقال بار در DSC ۳۴
۳-۳-۱- تزریق الکترون ۳۵
۳-۳-۲- احیاء رنگدانه ۳۶
۳-۳-۳- انتقال الکترون در TiO_2 ..... ۳۶
۳-۴-فرآیندهای بازترکیب بار در DSC_S ۳۷
۳-۴-۱- جریان تاریک ۳۷
۳-۴-۲- فرآیند بازترکیب الکترون ۳۸
۳-۵-روش‌های مشخصه‌یابی DSC_S ۳۸
۳-۵-۱- اندازه‌گیری جریان – ولتاژ ۳۸
۳-۵-۲- بازده کوانتومی (IPCE) ۴۱
۳-۵-۳- اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی(EIS) ۴۲
۳-۵-۴- ولتامتری چرخه‌ای ۴۶
۳-۶-چالش‌های سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای ۴۸
۳-۶-۱- پایین‌بودن چگالی جریان ۴۸
۳-۶-۲- پایین‌بودن ولتاژ مدار باز ۴۹
۳-۶-۳- پایداری ۵۰
فصل چهارم: دستگاه‌های مورد استفاده و روش آزمایش ۵۳
۴-۱-مقدمه ۵۴
۴-۱-دستگاه‌های مورد استفاده در ساخت DSC_S ۵۴

۴-۱-۱- دستگاه همزن فراصوت ۵۴
۴-۱-۲- کوره‌های الکتریکی ۵۵
۴-۱-۳- همزن مغناطیسی ۵۶
۴-۱-۴- ترازوی دیجیتال ۵۶
۴-۱-۵- دستگاه لایه‌نشانی چرخشی ۵۷
۴-۱-۶- عوامل مؤثر بر ضخامت در روش لایهنشانی چرخشی ۵۸
۴-۲-دستگاه‌های مشخصه‌یابی ۵۹
۴-۲-۱- دستگاه اندازه‌گیری جریان- ولتاژ ۵۹
۴-۲-۲- دستگاه شبیه‌ساز نور خورشید ۶۰
۴-۲-۳- دستگاه SEM ۶۱
۴-۲-۴- دستگاه اندازه‌گیری طیف جذبی ۶۱
۴-۲-۵- پتانسیواستات-گالوانواستات ۶۱
۴-۳- روش ساخت سلول خورشیدی رنگدانه‌ای ۶۲
۴-۳-۱- شستشوی زیرلایه ها ۶۲
۴-۳-۲- آماده‌سازی فوتوآند ۶۳
۴-۳-۳- آماده سازی الکترود مقابل ۶۵
۴-۳-۴- تهیه‌ی الکترولیت ۶۵
۴-۳-۵- مجتمع کردن و آب‌بندی DSC_S ۶۶
۴-۴-روش اندازه‌گیری مشخصه‌ی جریان- ولتاژ ۶۸
فصل پنجم: آزمایش‌ها و نتایج ۶۹
۵-۱- مقدمه ۷۰
۵-۲-انتخاب رنگدانه‌ی مناسب ۷۰
۵-۲-۱- رنگدانه‌ی چغندر ۷۲
۵-۲-۲- رنگدانه‌ی گل یونجه ۷۵

۵-۲-۳- رنگدانه‌ی آب انار ۷۹
۵-۳-انتخاب الکترود مقابل ۸۲
۵-۳-۱- استفاده از پلیمر PEDOT:PSS به عنوان کاتالیزور ۸۲
۵-۳-۲- استفاده از پلاتین به عنوان کاتالیزور ۸۷
۵-۴-بررسی اثر اندازه‌ی نانوذرات TiO_2 در فوتوالکترود(تک لایه) ۹۱
۵-۵-بررسی اثر اندازه‌ی نانوذرات TiO_2 به عنوان پراکننده‌گر فوتون در سطح فوتوالکترود. ۹۶
نتیجه‌گیری ۹۹
پیشنهاد برای کارهای آینده **۱۰۰**
منابع و مآخذ: ۱۰۱

فصل اول:

سلول‌های خورشیدی

۱-۱- مقدمه

در جهان امروز انرژی الکتریکی یکی از مفیدترین شکل‌های انرژی است. همزمان با پیشرفت فن‌آوری و اقتصاد در دنیا و افزایش جمعیت، تقاضای انرژی بطور فزاینده‌ای در سال‌های اخیر افزایش یافته است. تخمین‌زده شده است که مصرف انرژی جهانی تا سال ۲۰۳۰ ، ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. اقتصاد انرژی هنوز به شدت وابسته به سوخت‌های فسیلی که مهمترین‌آن نفت، گاز طبیعی و ذغال سنگ به ترتیب با ۳۷٪، ۲۰٪ و ۲۷٪ هستند، می‌باشد[۱]. با مصرف کنونی، طی ۴۰ سال آینده نسبت ذخایر به تولیدات معکوس خواهد شد و در آینده جهان با کمبود انرژی مواجه خواهدشد. در ضمن این افزایش مصرف انرژی، افزایش اثرات مخرب زیست محیطی وهمچنین گرم‌شدن زمین را در پی دارد، که لزوم توسعه فوری منابع انرژی تجدیدپذیر برای جبران کمبود و ضعف انرژی‌های فسیلی را نشان می‌دهد.

در سال‌های اخیر توسعه‌ی منابع پاک و تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، باد، زمین‌گرمایی و هسته‌ای یک استراتژی مهم برای دولت‌ها محسوب می‌شود. در میان چشمه‌های تجدیدپذیر، سلول‌های فوتوولتائیک بیش از نیم قرن هست که مورد استفاده قرار می‌گیرند. سلول‌های فوتوولتائیک مستقیماً انرژی خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند، بدون اینکه هیچ گونه آلودگی برای محیط زیست در پی داشته باشند. این پدیده در سال ۱۸۳۹ توسط دانشمند فرانسوی ادموند بکرل کشف شد[۲]. مهمترین مشکل این نوع سلول‌ها قیمت بالای مواد اولیه و وسایل ساخت آنها می‌باشد که هزینه‌ی زیادی را به دولت‌ها به خصوص برای تولید در مقیاس های وسیع تحمیل می‌کند. همین امر باعث شد که پژوهشگران به دنبال تولید سلول‌های فوتوولتائیک با قیمت تمام‌شده‌ی کمتر و روش تولید ساده‌تر باشند. تا اینکه در سال ۱۹۹۱ گراتزل[1] و همکارانش ساخت سلول خورشیدی گزارش کردند، این نوع سلول خورشیدی که سلول خورشیدی رنگ دانه‌ای نامیده می‌شود از نسل سوم سلول های خورشیدی به شمار می‌آید[۳]. مهمترین مزیت این نوع سلول، قیمت تمام شده‌ی پائین و بازدهی نسبتاً خوب آن می‌باشد.

[1] Grätzel

بنابراین در سال‌های اخیر رشد و توسعه‌ی سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای از موضوعات اصلی تحقیقات کنونی در زمینه‌ی انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد.

۱-۲- اهمیت انرژی خورشیدی

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 انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله انرژی خورشیدی به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبرو شده است. برآوردها نشان می‌دهد که کشورهای جهان انرژی خورشید را به عنوان یکی از منابع اصلی تامین‌کننده انرژی در آینده می‌دانند و بر این اساس از هم اکنون برنامه‌ریزی و فعالیت‌های گسترده‌ای در جهت گسترش کاربرد این نوع انرژی در مصارف مختلف به انجام رسانده‌اند.

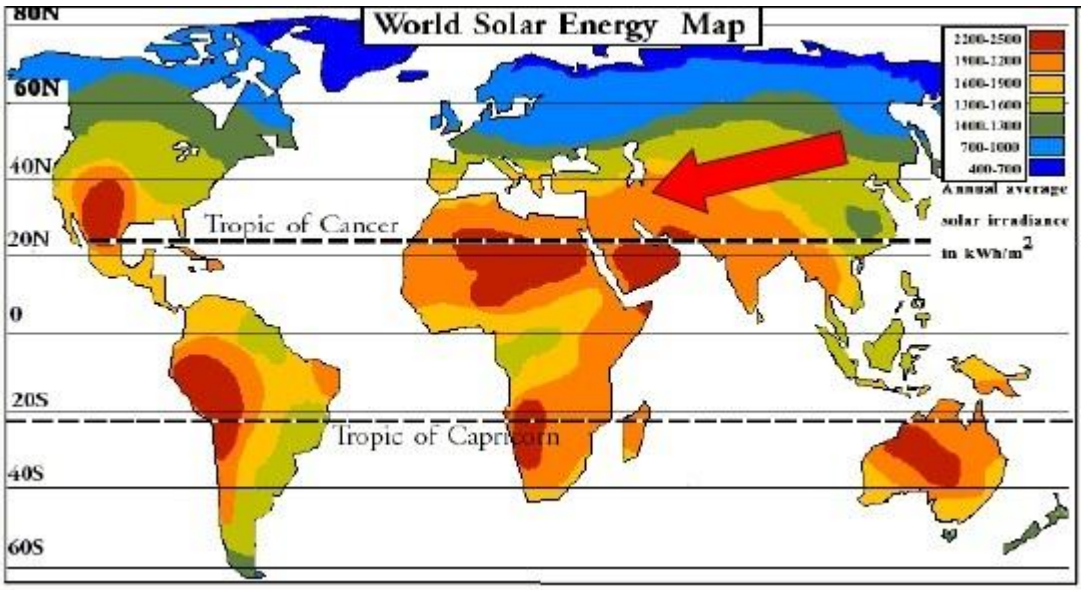
سیستم‌های فوتوولتائیک[1] قادر به تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریسیته می‌باشند. استفاده از این سیستم‌ها به ما این قابلیت را می‌دهد که محیط زیست پاکیزه‌ای داشته باشیم، چرا که سیستم تولید الکتریسیته فتوولتائیک اثرات جانبی بسیار ناچیزی بر طبیعت دارد و برخلاف سوخت‌های فسیلی که تجدید ناپذیر هستند و روزی به پایان می‌رسند انرژی خورشیدی منبعی تجدیدپذیر به‌شمار می‌آید که تا روزی که حیات در کره خاکی وجود دارد قابل استفاده و بهره‌برداری است. انرژی خورشید از گداخت هسته‌ای بدست می‌آید. در خورشید در هر ثانیه حدود ۶×۱۰^{۱۱} Kg هیدروژن، با کاهش جرم خالص ۴×۱۰^{۳} Kg به هلیوم تبدیل می‌شودکه با استفاده از رابطه جرم- انرژی انیشتین معادل تولید ۴×۱۰^{۲۰} J انرژی خواهد بود. این انرژی اصولاً به صورت تشعشع الکترومغناطیسی در ناحیه ماورای بنفش تا مادون قرمز گسیل می‌شود. هم‌اکنون جرم کل خورشید حدود ۲×۱۰^{۳۰} Kg است که بیش از ۱۰ بیلیون سال، انرژی تابشی خروجی تقریباً ثابت، برای آن تخمین زده می‌شود[۴]. همچنین از کل انرژی منتشرشده توسط خورشید، تنها در حدود ۴۷٪ آن به سطح زمین می‌رسد. یعنی انرژی ناشی از سه روز تابش خورشید به زمین معادل با

[1] photovoltaic

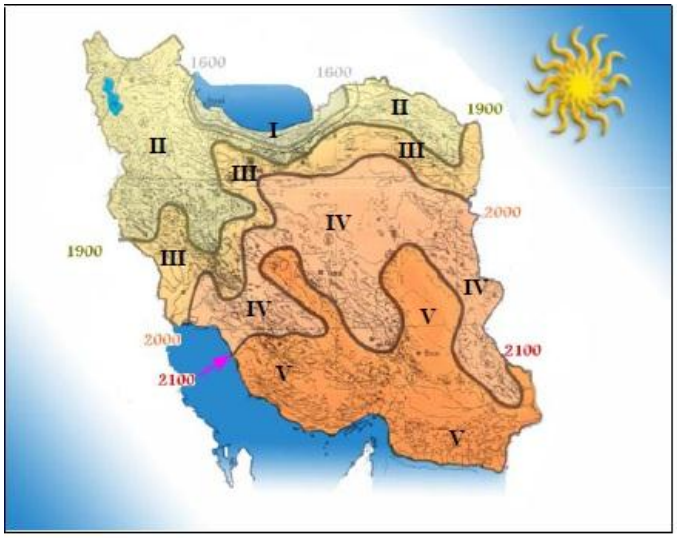
تمام انرژی ناشی از احتراق کل سوخت‌های فسیلی کره زمین است. به عبارت دیگر در اثر تابش خورشید به مدت چهل روز، می‌توان انرژی مورد نیاز یک قرن را ذخیره نمود.

۱-۲-۱- موقعیت کشور ایران از نظر دریافت انرژی خورشیدی

کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرارگرفته است و در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین مناطق جهان در بالاترین رده‌ها (کمربند تابشی خورشید) قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات‌ساعت بر مترمربع در سال تخمین‌زده شده است که بالاتر از میزان متوسط جهانی است. همچنین در ۹۰٪ از خاک کشورمان بیش از ۳۰۰ روز آفتابی وجود دارد. در بین استان‌های ایران یزد با بالاترین میزان دریافت انرژی در هرروز (kwh/m^2 ۴/۵-۵/۴) در موقعیت تابشی خوبی قرار دارد[۵].



شکل۱- ۱ : اطلس تابش انرژی خورشیدی در جهان



شکل۱- ۲ : اطلس تابش انرژی خورشیدی در ایران، ناحیهI : کمتر از kw/m^2 ۱۶۰۰ ، ناحیهII : بین kw/m^2 ۱۶۰۰ تا kw/m^2 ۱۹۰۰، ناحیهIII : $kw/m^2$۱۹۰۰تا kw/m^2 ۲۰۰۰، ناحیهIV : بین kw/m^2 ۲۰۰۰ تا kw/m^2 ۲۱۰۰ ، ناحیهV : بیش از kw/m^2 ۲۱۰۰

۱-۳- تاریخچه سلول‌های خورشیدی

با استفاده از سلول‌های خورشیدی، تابش نور خورشید به طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود که این پدیده اثر فوتوولتائیک نامیده می‌شود. برای اولین‌بار فیزیک‌دان فرانسوی ادموند بکرل[1] پدیده فوتوولتاییک را در سال۱۸۳۹ گزارش کرد. او مشاهده کرد هنگامی که به الکترود نقره قرارداده شده در الکترولیت نور خورشید تابانده شود ولتاژ آن به مقدار کمی افزایش می‌یابد[۶]. پیشرفت مهم بعدی بواسطه آزمایش اسمیت[2] در سال۱۸۷۳ روی جریان الکتریکی گذرنده از میله کریستال سلنیوم بود، او فهمید هنگامی که میله‌ای از کریستال سلنیوم در معرض نور قراربگیرد مقاومت آن کاهش می‌یابد. در سال ۱۸۹۴ چارلز فیرتز[3] اولین سلول خورشیدی را با استفاده از دو صفحه فلزی که سلنیوم مایع بین آن تزریق‌شده بود ساخت، نتایج این آزمایش راه را برای مطالعات سلول خورشیدی در قرن۲۰ بازکرد[۷]. لنارد[4] در سال ۱۹۰۲ با تابش نور ماوراءبنفش روی یک فلز در خلاء ارتباط بین انرژی الکترون و فرکانس نور تابیده‌شده را نشان داد، او ماکزیمم انرژی جنبشی الکترون را با استفاده از فرکانس نور فرودی محاسبه کرد، از آنجایی که

[1] Edmund Bequerel
[2] Smith
[3] Charels Fritts
[4] Lenard

باید از فلز خالص در این آزمایشات استفاده می‌شد و این فلزات به سرعت اکسید می‌شدند انجام این آزمایش‌ها بسیار پیچیده بود. درآن زمان هنوز وجود فوتون به اثبات نرسیده بود به همین دلیل مشاهدات لنارد بیشتر کیفی بود تا کمی[۸]، این مشکل در سال۱۹۰۵ با پیشنهاد انشیتن مبتنی بر کوانتیده‌بودن نور، که نور از اجزاء گسسته‌ای به نام فوتون تشکیل شده حل شد. در سال۱۹۰۴ هال[1] یک سلول خورشیدی اتصال نیمه‌رسانا با استفاده از مس واکسید مس ساخت، که یک نمونه اولیه از سلول شاتکی لایه نازک بود[۹]. در سال ۱۹۴۶ راسل اهل[2] سلول خورشیدی سیلیکونی را اختراع کرد. در سال ۱۹۵۴ چاپین[3] و همکارانش توانستند اولین سلول خورشیدی را با بازدهی ۵/۴ درصد با استفاده از سیلیکون بلوری بسازند. این نوع باتری از سال ۱۹۵۸ در شاتل‌های فضایی به کار گرفته شد. فلزات دیگری مثل گالیم آرسناید، ایندیوم فسفید و کادمیم تلوراید برای استفاده در سلول‌های اتصال P-N بررسی شدند اما هنوز سیلیکون به عنوان جزء اصلی این سلول‌ها محسوب می‌شود[۱۰]. در سال ۱۹۷۰ به علت بحران انرژی در جهان غرب، استفاده از چشمه‌های جدید انرژی مورد توجه قرار گرفت، همین امر باعث پیشرفت‌های خوبی در ساخت سلول‌های خورشیدی و رسیدن به بازدهی‌های بالاتر شد. خواص یکسوکنندگی و فوتوولتایی دیودهای پلیمری نخستین بار در سال ۱۹۸۵ توسط شیروتا و همکارانش با استفاده از یکی از مشتقات پلی کربازول مورد بررسی قرار گرفت. سپس در سال ۱۹۸۶ تانگ اولین ساختار فوتوولتائیک ناهمگون پلیمری را ساخت[۱۱]. در سال ۱۹۹۱ گراتزل و همکارانش ساخت سلول خورشیدی جدیدی را بر اساس فوتوسنتز گیاهان گزارش کردند، این نوع سلول خورشیدی که سلول خورشیدی رنگ دانه‌ای نامیده می‌شود از نسل سوم سلول های خورشیدی به شمار می‌آید[۱۲].

در حال حاضر بازار سلول‌های خورشیدی در اختیار سلول‌های سیلیکونی می باشد، این نوع سلول‌ها بالاترین بازدهی را دارا می‌باشند اما مشکل این نوع سلول‌ها هزینه‌ی بالای ساخت وشکننده‌بودن آنهاست. امروزه سلول‌های نسل سوم مانند سلول‌های پلیمری، سلول‌های خورشیدی

[1] Hall
[2] Russell Ohl
[3] Chapin

رنگدانه‌ای و سلول‌های خورشیدی حساس‌شده با نقاط کوانتومی که عمدتاً مبتنی بر فناوری نانو هستند به علت هزینه ساخت پایین، روش ساخت آسان و بازدهی‌های مناسب مورد توجه محققان قرارگرفته‌اند.

۱-۴- انواع مختلف سلول‌های خورشیدی

۱-۴-۱- سلول‌های سیلیکونی

سلول‌های کریستالی سیلیکونی اولین نسل از سلول‌های خورشیدی می‌باشند، این نوع از سلول‌های خورشیدی با بازدهی حدود ۲۵٪ عمده بازار دنیا را در اختیار دارند. اما با وجود داشتن مزایایی مانند غیرسمی بودن، پایداری و بازدهی بالا، به این دلیل که از سیلیکون خالص گرانقیمت در آنها استفاده می‌شود دارای قیمت تمام‌شده بالایی هستند وهمچنین پروسه‌ی تولید پیچیده‌ای دارند[۱۳]. بنابراین ساخت سلول‌های سیلیکونی در مقیاس صنعتی نیاز به بودجه‌های کلانی دارد که همین امر باعث شده محدودیت‌هایی برای توسعه‌ی بیشتر این سلول‌ها در آینده بوجود آورد.

۱-۴-۲- سلول‌های خورشیدی لایه نازک

برای اینکه تکنولوژی فوتوولتائیک از لحاظ اقتصادی قابل مقایسه با چشمه‌های الکتریکی رایج باشد، قیمت تمام‌شده سلول‌ها باید کاهش پیدا کند به‌طوریکه ارزش ضریب تولید به حدود ۱ دلار برای هر وات (1$/watt) برسد. یکی از راه‌های امیدبخش رسیدن به این هدف سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک می‌باشند. سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک نسل‌دوم سلول‌های خورشیدی نامیده‌می‌شوند. سیلیکون بی‌شکل، کادمیم تلوراید (CdTe) و (CIGS) از رایج‌ترین مواد مورد استفاده در این نسل می‌باشند. تکنولوژی لایه‌نازک مقدار استفاده از سیلیکون را کاهش می‌دهد که همین امر باعث کاهش ارزش ضریب تولید می‌شود، همچنین امکان استفاده از مواد با کیفیت پائین‌تر در این روش وجود دارد[۱۳]. بازدهی این نوع سلول‌ها بین۱۰٪ تا ۲۰٪ است که کمتر از نسل اول می باشد اما به نظر می رسد کمیابی و سمی بودن مواد اولیه بزرگترین مشکل این نسل از سلول های خورشیدی باشد[۱۴].

۱-۴-۳- سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای

سلول های خورشیدی حساس‌شده با رنگدانه (DSCs[1]) نسل سوم سلول‌های خورشیدی نامیده می شوند. DSCs برای اولین بار در سال ۱۹۹۱ توسط گراتزل و همکارانش ساخته شد.

در مقایسه با سیستم‌های متداول سلول‌های خورشیدی، که مسئولیت جذب نور و انتقال بار بر عهده‌ی نیمه‌رسانا است، در DSCs این دو کارکرد بر عهده‌ی دو جزء مختلف می‌باشد. جذب نور از طریق یک لایه مولکول رنگدانه که بر روی لایه‌ی متخلخل نیمه‌رسانا با شکاف انرژی عریض قراردارد انجام می‌گیرد، سپس بار به تراز رسانش نیمه‌رسانا منتقل می‌شود و وظیفه‌ی انتقال بار بر عهده‌ی نیمه‌رساناست. بهترین بازدهی گزارش شده برای DSCs برای سلول‌های در مقیاس کوچک حدود ۱۲٪ و در ساختارهایی با مقیاس بزرگ ۱۰٪ می‌باشد[۱۵].

این سلول‌ها در مقایسه با دو نسل قبل دارای مزایایی هستند که باعث شده در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران قراربگیرند. که در اینجا به بیان چند نمونه از آن می‌پردازیم:

- موادی که در ساخت DSCs استفاده می شود دارای قیمت پائینی هستند بنابراین قیمت سلول ساخته شده را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد.
- وسایلی که برای ساخت DSCs استفاده می‌شود، ارزان قیمت هستند.
- نسبت به دما حساسیت کمتری دارند یعنی بازده در DSCs با افزایش دما تغییر زیادی نمی کند، البته این از مزایای نسل دوم هم هست اما درسلولهای سیلیکونی بازده با افزایش دما به شدت افت می کند.
- در شرایط مطلوب‌تری کار می‌کنند، حتی اگر هوا ابری باشد یا داخل ساختمان نزدیک پنجره باشد کاهش شدیدی در بازده رخ نمی دهد.
- چون به زاویه تابش خیلی حساس نیستند، بازده در رنج وسیعی از ساعات روز تقریباً ثابت است.
- شفّاف هستند، بنابراین می‌توان از آنها به عنوان پنجره در ساختمان‌ها استفاده کرد.
- DSCs در رنگ‌های متفاوتی ساخته می‌شود،که می‌توانند برای استفاده در دکوراسیون

[1] Dye-sensitized solar cells

ساختمان مناسب باشند.

برای رقابت در برابر سلول‌های فوتوولتایی سنتی، سلول های خورشیدی رنگدانه‌ای نیاز به افزایش بازدهی، افزایش پایداری و هزینه تولید پائین دارند[۱۶].

فصل دوم:

اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی سلول‌های خورشیدی

رنگدانه‌ای