

سید محمد

۱۲۱۶۶۲

دانشکده علوم

میلان

گروه شیمی

(شیمی تجزیه)

اصلاحات شیمیایی در دستور عملهای تهیه

سل خورشیدی حساس شده با رنگدانه (DSSC)

از

حامد فرزین خضریگی

استاد راهنما

دکتر محمد علی زنجانیچی

استاد مشاور

دکتر سید محمد روضاتی

کتابخانه دانشگاه تهران
تاسیس ۱۳۰۲

۱۳۸۹/۷/۲

اسفند ۸۸



۱۴۱۶۶۲

تقدیم بہ

دستان رنج کشیدہ مادرم

و تقدیم بہ روح و روان پاک پدرم

منت خدای راعزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش فرید نعمت. هر نفسی که می رود مدحیات است و چون برمی آید مفرح ذات، پس در هر نفسی دو نعمت بر هر نعمت شکر می واجب. از دست و زبان که برآید کز عهده می شکرش به درآید.

از استاد گرامی و فرزانه جناب آقای دکتر زنجانی که اینجانب را در انجام این پرورش حاضر راهنمایی و مساعدت نمودند صمیمانه سپاس گذارم. از راهنمایی های استاد ارزنده جناب آقای دکتر رضائی شکر می نمایم. از آقایان دکتر علی اکبر و دکتر انصاری به جهت قبول زحمت و اوری این پیمان نامه قدردانی می نمایم و همچنین از یارنده تحصیلات تکمیلی جناب دکتر محمودی کمال شکر را دارم. در نهایت از خانواده مهربان و دلسوزم که همواره حامی و پشتیبانم بودند و همچنین دوستان عزیزم آقایان سید حسن سجادی، سید اسماعیل ناشی، مهدی لطفی، حسین گل مرده، سید میلاد ناشی، مجید پورنقی، وحید عظیمی، حسین ترابی، مسعود لطفی، محمد علی شیری، عاشوری نیا، صدر نجش، میلاد خشود، شیم پسندیده، ابراهیم غیاثی، صادق دهقانی خواه، شهرام کوشی، رضاولی زاده، محمد زنجانی و مسعود زرجی و همچنین خانم عباس نژاد، ابراهیمیان، صاحب جمع نیا، روشنگر، آریلاد، جویبار، کاظمی راد، قاسم پور و دیگران که مجال آوردن اسم آن یاد اینجانبست، کمال سپاس و شکر را دارم و برای ایشان از درگاه خداوندباری تعالی به روزی و سعادت خواستارم.

چکیده فارسی..... ر

چکیده انگلیسی..... ز

فصل اول: مقدمه و تئوری

۱-۱- توسعه پایدار با منابع انرژی نو..... ۲

۲-۱- خورشید منبع انرژی بدون آلودگی محیط زیست..... ۴

۱-۲-۱- سیستم‌های فتو بیولوژی..... ۴

۲-۲-۱- سیستم‌های شیمیایی..... ۴

۳-۲-۱- سیستم‌های حرارتی و برودتی..... ۵

۴-۲-۱- سیستم‌های فتوولتایی..... ۵

۳-۱- شیمی تجزیه و انرژی..... ۶

۴-۱- تاریخچه‌ی ساخت پیل‌های خورشیدی..... ۶

۵-۱- انواع پیل‌های خورشیدی..... ۸

۱-۵-۱- پیل‌های خورشیدی نیم رسانا..... ۸

۲-۵-۱- پیل‌های خورشیدی حساس شده با رنگدانه (DSSC)..... ۱۰

۶-۱- پیل خورشیدی حساس شده با رنگدانه (DSSC) و مزایای آن..... ۱۱

۱-۶-۱- بستر شیشه‌ای پوشیده شده با اکسیدهای شفاف..... ۱۱

۲-۶-۱- فوتوالکتروکود اکسید تیتانیم..... ۱۲

۳-۶-۱- رنگدانه یا کمپلکس فوتو حساس..... ۱۲

۴-۶-۱- الکترولیت ردوکس..... ۱۴

۵-۶-۱- الکتروکود متقابل..... ۱۴

۶-۶-۱- مزایای DSSC..... ۱۴

۷-۱- مروری بر منابع علمی در ساخت پیل‌های خورشیدی حساس شده با رنگدانه..... ۱۵

۸-۱- مکانیزم عملکرد DSSC..... ۲۳

- ۹-۱- نوآوری های اخیر در ابداع DSSC ۲۵
- ۱۰-۱- بررسی خصوصیات ساختاری فیزیکی و شیمیایی DSSC ۲۶
- ۱۱-۱- وارد کردن رنگدانه در ساختار DSSC ۲۷
- ۱۲-۱- استفاده از هتروپلی اسیدها در DSSC ۲۸
- ۱۳-۱- روش های بررسی شاخص های کارایی DSSC ۲۹
- ۱۴-۱- جمع بندی اهداف پایان نامه ۳۱

فصل دوم: کارهای تجربی

- ۱-۲- مواد شیمیایی به کار رفته در کار تحقیقاتی حاضر ۳۳
- ۲-۲- سنتز TiO_2 از $TiCl_4$ ۳۴
- ۳-۲- داپ کردن تنگستوفسفریک اسید در TiO_2 ۳۴
- ۳-۲- داپ کردن کبالت فتالوسیانین تترا سولفونه در تیتانیم دی اکسید ۳۵
- ۴-۲- آماده سازی الکتروود آند ۳۵
- ۱-۴-۲- آماده سازی سوسپانسیون ۳۵
- ۲-۴-۲- آماده سازی شیشه هادی و لایه نشانی با تکنیک دکتر بیلد ۳۵
- ۳-۴-۲- بازیخت لایه ها ۳۶
- ۴-۴-۲- برجذب رنگدانه بر سطح لایه ۳۶
- ۵-۲- ساخت الکتروولیت ردوکس ۳۷
- ۶-۲- ساخت کاتد گرافیتی و آلومینیومی ۳۷
- ۷-۲- ساخت و اندازه گیری عملکرد فوتوولتایی ۳۷
- ۸-۲- بررسی نمونه ها با استفاده از اسپکتروسکوپی بازتابش انتشاری (DRS) ۳۸
- ۹-۲- مطالعات پراش پرتو ایکس (XRD) ۳۹
- ۱۰-۲- اسپکتروسکوپی IR ۴۰
- ۱۱-۲- تعیین مساحت سطح ویژه نمونه ها (آزمایش BET) ۴۰

فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

- ۴۳-۱-۳- بررسی و مشاهده مراحل داپ کردن تنگستوفسفریک اسید در TiO_2
- ۴۴-۱-۱-۳- بررسی طرح پراش پرتو ایکس ترکیبات حاوی هتروپولی اسید.....
- ۴۶-۱-۲- محاسبه مساحت سطح ویژه و حجم حفره نمونه‌های TiO_2 -TPA.....
- ۴۷-۱-۳- بررسی طیف‌های IR و DR، نمونه‌های TiO_2 -HPA.....
- ۴۸-۲-۲- داپ کردن رنگدانه کبالت فتالوسیانین ترا سولفونه در TiO_2
- ۴۹-۱-۲-۳- بررسی طرح پراش پرتو ایکس نمونه های سنتزی TiO_2 -CoPC.....
- ۵۰-۲-۲- بررسی طیف‌های DR نمونه‌های TiO_2 -CoPC.....
- ۵۰-۳-۲- محاسبه مساحت سطح ویژه و حجم حفره نمونه‌های TiO_2 -CoPC.....
- ۵۱-۳-۲- تهیه پیل خورشیدی با استفاده از TiO_2 خالص: مراحل لایه نشانی، برجذب رنگدانه و افزایش الکترولیت.....
- ۵۳-۴-۳- آماده سازی، بهینه سازی و اندازه‌گیری پیل خورشیدی TiO_2 -HPA حساس شده با رنگدانه رودامین B.....
- ۵۳-۱-۴-۳- ساخت پیل با استفاده از سورفکتانت ترتیون ایکس-۱۰۰.....
- ۵۶-۲-۴-۳- جایگزینی سورفکتانت ترتیون ایکس-۱۰۰ با اتیلن گلیکول.....
- ۵۹-۳-۴-۳- بهینه سازی پیل خورشیدی با استفاده از کاند آلومینیومی.....
- ۶۱-۵-۳- مکانیزم پیشنهادی برای عملکرد پیل خورشیدی TiO_2 -HPA حساس شده با رنگدانه.....
- ۶۳-۶-۳- بررسی عملکرد پیل خورشیدی TiO_2 -HPA حساس شده با رنگدانه رودامین 6G.....
- ۶۵-۷-۳- بررسی عملکرد پیل خورشیدی TiO_2 -HPA حساس شده به رنگدانه ایوزین Y.....
- ۶۷-۸-۳- مقایسه ۳ رنگدانه رودامین B، رودامین 6G و ایوزین Y در عملکرد پیل‌های TiO_2 -TPA.....
- ۶۹-۹-۳- بررسی پیل خورشیدی ساخته شده از TiO_2 حاوی کبالت فتالوسیانین.....
- ۱۰-۳- برتری پیل TiO_2 -CoPc(1.2%) در بین DSSC های ساخته شده با اجزای مشابه ولی به روش تلقیح رنگدانه و یا پوشش دهی خشک.....
- ۷۳-۱۱-۳- نتیجه‌گیری نهایی.....
- ۷۳-۱۲-۳- پیشنهاد برای کارهای آینده.....
- ۷۴- مراجع.....

- شکل ۱-۱ میزان مصرف انرژی در گذشته، حال و آینده در جهان..... ۲
- شکل ۲-۱ نوع و میزان مصرف هر یک از منابع تأمین انرژی در جهان ۳
- شکل ۳-۱ پروفیسور Gratzel..... ۷
- شکل ۴-۱ ساختار پیل خورشیدی نیم رسانا..... ۹
- شکل ۵-۱ ساختار پیل خورشیدی حساس شده با رنگدانه که در آن اجزای نشان داده شده‌اند..... ۱۰
- شکل ۶-۱ ساختار کمپلکس رنگدانه N3..... ۱۲
- شکل ۷-۱ نحوه اتصال و برجذب رنگدانه بر سطح تیتانیم دی اکساید ۱۳
- شکل ۸-۱ محل اتصالات بین سطوح مختلف در DSSC و برهمکنش‌های بین آنها ۱۵
- شکل ۹-۱ روش کندوپاش که در آن منبع باید در محفظه خلاء قرار گیرد ۱۶
- شکل ۱۰-۱ روش انباشت بخار شیمیایی (CVD) که از یک اسپری برای پاشیدن ترکیب آنروسل استفاده می شود..... ۱۷
- شکل ۱۱-۱ وابستگی کارایی DSSC به درصد اندازه ذرات، a: ذرات کوچک b: ذرات بزرگ ۱۷
- شکل ۱۲-۱ بررسی تأثیر دما آماده سازی لایه TiO_2 بر کارایی و دانسیته جریان ۱۸
- شکل ۱۳-۱ بررسی تأثیر بستر لایه نشانی بر دانسیته جریان..... ۱۸
- شکل ۱۴-۱ طرق مختلف اتصال گروه های کربوکسیل..... ۱۹
- شکل ۱۵-۱ عملکرد فوتولتایی DSSC با الکترولیت $\alpha-ZrP$ دوپه شده ۱-متیل-۳-پروپیل ایمیدازول یدید..... ۲۱
- شکل ۱۶-۱ تصویری از یک DSSC حالت جامد..... ۲۲
- شکل ۱۷-۱ دیاگرام انرژی برای انتقال بار مؤثر در اجزاء پیل خورشیدی حساس شده با رنگدانه حالت جامد ۲۲
- شکل ۱۸-۱ مکانیزم عملکرد DSSC..... ۲۴
- شکل ۱۹-۱ انتقال تصادفی حامل‌های بار در فیلم‌های نیمه‌رسانای مزوپور..... ۲۵
- شکل ۲۰-۱ تصویر SEM لایه فشرده قرار گرفته بین نانوپروس های TiO_2 و FTO..... ۲۷
- شکل ۲۱-۱ تکنیک سمت چپ روش شناورسازی و تکنیک سمت راست برجذب رنگدانه، تحت فشار CO_2 را نشان می‌دهد..... ۲۸

- شکل ۱-۲۲ مدار الکترونی شامل آمپرسنج و یک ولت‌متر و یک پتانسیومتر ۲۹
- شکل ۱-۲۳ DSSC ساخته شده که در آن یک یک‌گیره ی سوسماری به آند و دیگری به کاتد متصل می‌شود..... ۲۹
- شکل ۱-۲۴ نمودار جریان بر حسب ولتاژ..... ۳۰
- شکل ۱-۲ تکنیک دکتر بلید که در آن از ۳ برچسب برحاشیه‌های شیشه‌ی هادی استفاده شد..... ۳۱
- شکل ۲-۲ طریقه آماده سازی الکتروود کاتد به وسیله گرافیت..... ۳۷
- شکل ۲-۳ اضافه کردن الکتروولیت بر سطح الکتروود آند..... ۳۸
- شکل ۲-۴ سیستم نوری طیف سنجی بازتابش انتشاری در حوالی کره جمع کننده..... ۳۹
- شکل ۲-۵ شمای دستگاه سنچسگر مساحت سطح..... ۴۱
- شکل ۳-۱ الگوی طرح پراش پرتو ایکس تنگستو فسفریک اسید خالص..... ۴۴
- شکل ۲-۳ پراش پرتو ایکس نمونه‌های TiO_2 -TPA حاوی مقادیر متفاوت TPA..... ۴۵
- شکل ۳-۳ نمایی از ساختار TiO_2 در فاز آاناتاز..... ۴۶
- شکل ۳-۴ نمایی از ساختار TiO_2 در فاز روتیل..... ۴۶
- شکل ۳-۵ طیف‌های IR در محدوده ۴۰۰ تا ۱۵۰۰، برای TiO_2 خالص، TPA خالص و TPA های داپ شده در TiO_2 ۴۷
- شکل ۳-۶ بررسی DRS نمونه‌های TiO_2 خالص، TPA خالص و TPA داپ شده در TiO_2 ۴۸
- شکل ۳-۷ طرح پراش پرتو ایکس TiO_2 حاوی CoPc..... ۴۹
- شکل ۳-۸ طیف‌های بازتابش انتشاری تیغه‌های TiO_2 -CoPc..... ۵۰
- شکل ۳-۹ طرح‌های پراش پرتو ایکس از مراحل مختلف تهیه پیل خورشیدی از TiO_2 سنتزی..... ۵۲
- شکل ۳-۱۰ طرح‌های پراش پرتو ایکس از مراحل مختلف تهیه پیل خورشیدی از TiO_2 دگوسا..... ۵۳
- شکل ۳-۱۱ سورفاکتانت تریتون ایکس-۱۰۰..... ۵۴
- شکل ۳-۱۲ طیف‌های DR تیغه‌ها پس از برجذب رنگدانه رودامین B بر سطح نمونه‌های TiO_2 -TPA. طیف رودامین B محلول در اتانول نیز نشان داده شده است..... ۵۴

- شکل ۳-۱۳ نمودار دانسیته جریان (J) برحسب ولتاژ (V) برای پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از سورفکتانت تریتون ایکس-۱۰۰، حساس شده با رنگدانه رودامین B و کاتد گرافیتی..... ۵۵
- شکل ۳-۱۴ نمودار توان (P) برحسب ولتاژ (V) برای پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از سورفکتانت تریتون ایکس-۱۰۰، حساس شده با رنگدانه رودامین B و کاتد گرافیتی..... ۵۵
- شکل ۳-۱۵ طیف‌های بازتابش انتشاری تیغه‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ که با استفاده از اتیلن گلیکول تهیه و حساس شده با رنگدانه رودامین B..... ۵۷
- شکل ۳-۱۶ نمودار دانسیته جریان (J) برحسب ولتاژ (V) برای پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین B و کاتد گرافیتی..... ۵۷
- شکل ۳-۱۷ نمودار توان (P) برحسب ولتاژ (V) برای پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین B و کاتد گرافیتی..... ۵۸
- شکل ۳-۱۸ نمودار دانسیته جریان (J) برحسب ولتاژ (V) برای پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین B و اصلاح شده با کاتد آلومینیومی..... ۵۹
- شکل ۳-۱۹ نمودار توان (P) برحسب ولتاژ (V) برای پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین B و اصلاح شده با کاتد آلومینیومی..... ۶۰
- شکل ۳-۲۰ مکانیزم پیل خورشیدی $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ حساس شده با رنگدانه..... ۶۲
- شکل ۳-۲۱ طیف‌های بازتابش انتشاری تیغه‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین 6G. طیف رودامین 6G محلول در اتانول نیز نشان داده شده است..... ۶۳
- شکل ۳-۲۲ نمودار J-V پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین 6G و کاتد گرافیتی..... ۶۴
- شکل ۳-۲۳ نمودار P-V پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین 6G و کاتد گرافیتی..... ۶۴
- شکل ۳-۲۴ طیف‌های بازتابش انتشاری تیغه‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس

- ۶۵..... شده با رنگدانه ایوزین Y. طیف ایوزین Y محلول در اتانول نیز نشان داده شده است.....
- شکل ۲۵-۳ نمودار J-V پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه ایوزین Y و کاتد گرافیتی.....
- ۶۶.....
- شکل ۲۶-۳ نمودار P-V پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-TPA}$ لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه ایوزین Y و کاتد گرافیتی.....
- ۶۷.....
- شکل ۲۷-۳ ساختار ۳ رنگدانه رودامین B (الف)، رودامین 6G (ب) و رنگدانه ایوزین Y (ج).....
- ۶۸.....
- شکل ۲۸-۳ نمودار J-V پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-CoPc}$ تکمیل شده با الکترولیت یدید/ تری یدید و کاتد گرافیتی.....
- ۶۹.....
- شکل ۲۹-۳ نمودار J-V پیل‌های $\text{TiO}_2\text{-CoPc}$ تکمیل شده با الکترولیت یدید/ تری یدید و کاتد گرافیتی.....
- ۷۰.....
- شکل ۳۰-۳ عملکرد فوتوولتایی سه پیل خورشیدی براساس $\text{TiO}_2\text{-CoPc}$ تکمیل شده با الکترولیت یدید/ تری یدید و کاتد گرافیتی.....
- ۷۱.....
- ۷۲.....

- جدول ۱-۱ رنگدانه‌های طبیعی بکار برده شده در DSSC ها ۲۰
- جدول ۱-۳ تغییرات ساختار تنگستوفسفریک اسید با تغییر pH ۴۳
- جدول ۲-۳ مساحت سطح ویژه و حجم حفره TiO_2 ها و TiO_2 -TPA های سنتز شده ۴۶
- جدول ۳-۳ مساحت سطح ویژه و حجم حفره نمونه‌های TiO_2 -CoPc ۵۱
- جدول ۴-۳ عملکرد فوتولتایی پیل‌های TiO_2 -TPA و TiO_2 (degusa) لایه نشانی شده با استفاده از سورفکتانت تریتون ایکس-۱۰۰، حساس شده با رنگدانه رودامین B و کاتد گرافیتی ۵۶
- جدول ۵-۳ عملکرد فوتولتایی پیل‌های TiO_2 -TPA و TiO_2 لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین B و کاتد گرافیتی ۵۸
- جدول ۶-۳ عملکرد فوتولتایی پیل‌های TiO_2 -TPA لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین B و اصلاح شده با کاتد آلومینیومی ۶۰
- جدول ۷-۳ عملکرد فوتولتایی پیل‌های TiO_2 -TPA و TiO_2 لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه رودامین 6G و کاتد گرافیتی ۶۵
- جدول ۸-۳ عملکرد فوتولتایی پیل‌های TiO_2 -TPA و TiO_2 لایه نشانی شده با استفاده از اتیلن گلیکول، حساس شده با رنگدانه ایوزین Y و کاتد گرافیتی ۶۷
- جدول ۹-۳ مقایسه داده‌های فوتولتایی پیل‌های ساخته شده از TiO_2 -TPA(26.7%) با رنگدانه‌های متفاوت ۶۸
- جدول ۱۰-۳ مقایسه شاخص‌های عملکرد پیل‌های TiO_2 -CoPc تکمیل شده با الکترولیت یدید/تری یدید و کاتد گرافیتی ۷۰
- جدول ۱۱-۳ مقایسه شاخص‌های عملکرد فوتولتایی پیل‌های خورشیدی براساس TiO_2 -CoPc ۷۲

چکیده

اصلاحات شیمیایی در دستور العمل‌های تهیه سل خورشیدی حساس شده با رنگدانه (DSSC).

حامد فرزین خضریگی

مشکل انرژی رایج در جهان ناکافی بودن میزان انرژی‌های فسیلی و نشر گازهای گلخانه‌ای در نتیجه افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی است. تأمین انرژی نیز یکی از مشکلات مهم پیش روی بشریت است. امروزه جهان نیاز به محیط پاک وابسته به استفاده از انرژی‌های سبز دارد. شیمیدان‌های تجزیه در سال‌های آینده نقش مهمی را در رابطه با انرژی به عهده خواهند داشت. ساخت پیل‌های خورشیدی اصلاح شده برای بهره‌دهی بیشتر از جمله اهداف آینده است. پیل خورشیدی حساس شده با رنگدانه (DSSC) می‌تواند انرژی خورشیدی را به جریان الکتریکی با هزینه کمتر و کارایی بالاتر تبدیل کند. در این پایان‌نامه کبالت فتالوسیانین (CoPc) و تنگستوفسفریک اسید (TPA) در TiO_2 به روش هیدروترمال داپ شده‌اند. این ترکیبات به عنوان یکی از اجزای DSSC‌ها بکار برده شده‌اند. ساختار نانو کامپوزیت‌های سنتزی بوسیله XRD, DRS, BET و IR بررسی شد. محصولات سنتز شده با تکنیک دکتر بلید بر سطح شیشه‌ی رسانا اکسید قلع فلئور داده شده، لایه نشانی شد. تیغه‌های آماده شده از TiO_2 -TPA در محلول رنگدانه قرار می‌گیرند. زوج ردوکس یدید/تری یدید به عنوان الکترولیت پیل خورشیدی بر سطح تیغه‌های TiO_2 -TPA و TiO_2 -CoPc اضافه شد. سرانجام با استفاده از کاتد آلومینیومی و یا گرافیت پیل‌ها تکمیل شدند. عملکرد فوتولتایی پیل‌های آماده شده تحت تابش مرئی اندازه‌گیری شد. بهترین پیل‌های تهیه شده، TiO_2 -CoPc(1.2%) و TiO_2 -TPA(26.7%) بود که به ترتیب دارای شاخص‌های شایستگی ($P_{\max}=21.07 \mu\text{W}$ و $V_{oc}=414 \text{ mV}$) و ($P_{\max}=26.78 \mu\text{W}$ و $V_{oc}=551 \text{ mV}$) می‌باشد.

کلید واژه: پیل خورشیدی، DSSC، TiO_2 ، کبالت فتالوسیانین، تنگستوفسفریک اسید.

Abstract**Chemical modifications in the preparation methods of dye-sensitized solar cells**

Hamed Farzin Khazarbagi

The current global energy problem can be attributed to insufficient fossil fuel supplies and excessive greenhouse gas emissions resulting from increasing of fossil fuel consumption. Energy supply has arguably become one of the most important problems facing humanity. Nowadays world requires the clean environment that depend on green energy. Analytical chemists will have important roles in the coming years for energy. Construction of improved solar cells with higher efficiency is one of the future aims. The dye sensitized solar cell (DSSC) sun energy could convert to electric current with lower cost and more efficiency. In this dissertation cobalt phthalocyanine (CoPc) and tungstophosphoric acid (TPA) were doped in TiO₂ by hydrothermal method. These compounds were used as one of the components in construction of a DSSC. Nano composites were characterized by means of XRD, DRS, BET and IR methods. Nanostructured products were deposited on fluorinated tin oxide conducting glass by doctor blade technique. Prepared layers of TiO₂-TPA were placed in solution of dye. The I⁻/I₃⁻ redox pairs solar cell electrolyte were added on the surface of TiO₂-TPA and TiO₂-CoPc blades. Finally the cell was complete with Al or graphite as cathode. The performances of the photovoltaic cells were measured under radiation of a day light source. Our best prepared dye sensitized solar cells TiO₂-CoPc(1.2%) and TiO₂-TPA(26.7%) that including merits indexes ($P_{max}= 21.07 \mu W$ and $V_{oc}= 414 mV$) and ($P_{max}= 26.78 \mu W$ and $V_{oc}= 551 mV$) respectively.

Keywords: Solar cell; DSSC; TiO₂ ; Cobalt phthalocyanine; Tungstophosphoric acid.

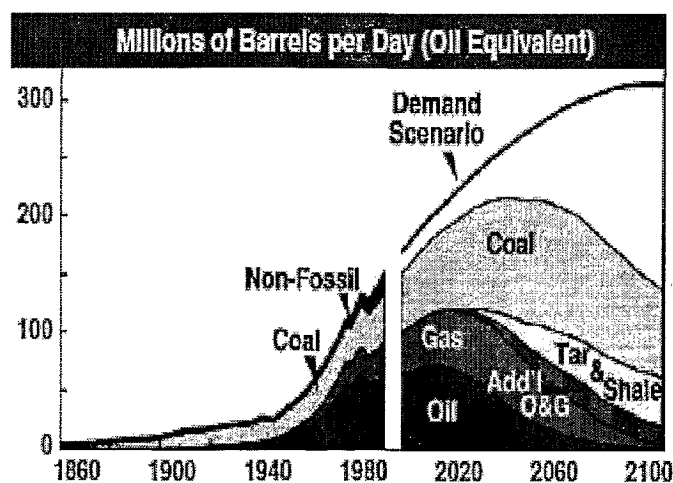
فصل ۱

مقدمه و تئوری

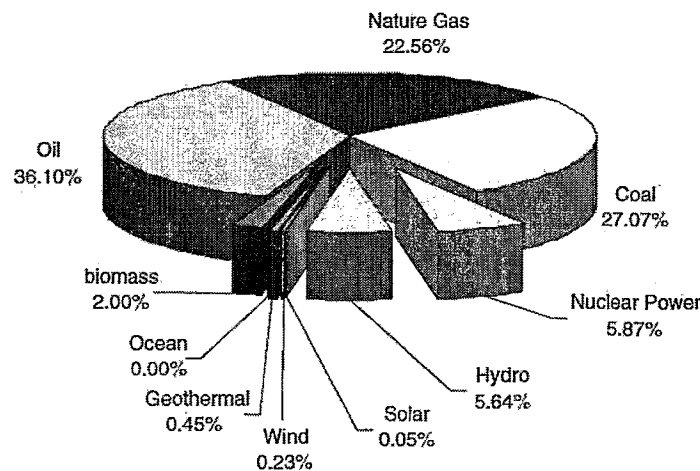
۱-۱- توسعه پایدار با منابع انرژی نو

طبق آمارهای به ثبت رسیده طی ۳۰ سال گذشته احتیاجات انرژی جهان به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. در سال ۱۹۶۰ مصرف انرژی جهان معادل ۳/۳ Gtoe^۱ بوده است. در سال ۱۹۹۰ این رقم به ۸/۸ Gtoe بالغ گردید، که دارای رشد متوسط سالانه ۳/۳ درصد می‌باشد و در مجموع ۱۶۶ درصد افزایش نشان می‌دهد. در حال حاضر مصرف انرژی جهان ۱۰ Gtoe در سال است و پیش‌بینی می‌شود این رقم در سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ۱۲ و ۱۴ Gtoe در سال افزایش یابد [۱].

شکل ۱-۱ میزان مصرف انرژی و نوع آن در سال‌های گذشته، حال و آینده را نشان می‌دهد [۲]. اکنون تنها ۰/۰۵٪ از کل انرژی مصرفی جهان از خورشید تأمین می‌شود و قسمت اعظم آن از سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال سنگ تهیه می‌شود (شکل ۱-۲). این ارقام نشان می‌دهند که میزان مصرف انرژی جهان در قرن آینده بالا خواهد بود و بالطبع این سؤال مهم مطرح می‌باشد که آیا منابع انرژی‌های فسیلی در قرن‌های آینده، جوابگوی نیاز انرژی جهان برای بقاء، تکامل و توسعه خواهند بود یا خیر؟



شکل ۱-۱ میزان مصرف انرژی در گذشته، حال و آینده در جهان [۲]



شکل ۱-۲ نوع و میزان مصرف هر یک از منابع تأمین انرژی در جهان [۲].

حداقل به دو دلیل عمده پاسخ این سؤال منفی است و باید منابع جدید انرژی را جایگزین این منابع نمود. این دلایل عبارتند از: نخست محدودیت و در عین حال مرغوبیت انرژی‌های فسیلی است چون که این سوخت‌ها از نوع انرژی شیمیایی متمرکز بوده و مسلماً کاربردهای بهتر از احتراق دارند و دوم مسایل و مشکلات زیست محیطی بطوری که امروزه حفظ سلامت اتمسفر از مهم‌ترین پیش شرط‌های توسعه اقتصادی پایدار جهانی به شمار می‌آید [۲].

بنابراین استفاده از منابع جدید انرژی به جای منابع فسیلی امری الزامی است. سیستم‌های جدید انرژی در آینده باید متکی به تغییرات ساختاری و بنیادی باشد که در آن منابع انرژی بدون کربن نظیر انرژی خورشیدی و بادی و زمین گرمایی^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳].

بدون تردید انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به سادگی فن آورشان در مقابل فن آوری انرژی هسته‌ای از یک طرف و نیز بدلیل عدم ایجاد مشکلاتی نظیر زباله‌های اتمی از طرف دیگر نقش مهمی در سیستم‌های جدید انرژی در جهان ایفا می‌کنند. در هر حال باید اذعان داشت که در عمل عوامل متعددی بویژه هزینه اولیه و قیمت تمام شده بالا، عدم سرمایه گذاری کافی برای بومی نمودن و بهبود کارایی تکنولوژی‌های مربوطه، به حساب نیامدن هزینه‌های خارجی در معادلات اقتصادی، نبود سیاست‌های حمایتی در سطح جهانی، منطقه‌ای و محلی، نفوذ و توسعه انرژی‌های نو را بسیار کند و محدود ساخته است. ولی پژوهشگران و صنعتگران همواره تلاش خود را جهت رفع این مشکلات مبذول می‌دارند [۴].

۲-۱- خورشید منبع انرژی بدون آلودگی محیط زیست

انرژی خورشیدی وسیع‌ترین منبع انرژی در جهان است. انرژی نوری که از جانب خورشید در هر ساعت به زمین می‌تابد، بیش از کل انرژی است که ساکنان زمین در طول یک سال مصرف می‌کنند [۵]. با وجود گسترده بودن این انرژی، چگالی آن بسیار پایین است. برای بهره‌گیری از این منبع باید راهی جست تا انرژی پراکنده آن با راندمان بالا و هزینه کم به انرژی قابل مصرف تبدیل شود.

سیستم های خورشیدی، سیستم‌هایی هستند که با استفاده از آنها تمام و یا قسمتی از انرژی لازم جهت تأمین احتیاجات جوامع بشری از انرژی خورشید تأمین می‌شود و اهم آنها عبارتند از [۶]:

۱-۲-۱- سیستم‌های فتو بیولوژی

عملکرد فوتوستز در گیاهان، قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین روش استفاده از انرژی خورشید است. گیاهان تشعشع خورشید را جذب کرده و با کمک آن گاز کربنیک و آب را به مواد قندی تبدیل می‌کنند.

۱-۲-۲- سیستم‌های شیمیایی

سیستم‌های شیمی خورشیدی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱- سیستم‌های فوتوشیمیایی که در آن‌ها از تشعشع خورشید در عملیات شیمیایی استفاده می‌شود.

۲- سیستم‌های هلیوترمیک^۱ که در آن‌ها از حرارت خورشید بعنوان یک منبع حرارتی بهره‌گیری شده و عملیات شیمیایی

انجام می‌گیرد.

۱- Heliothermic: سیستم‌های هلیوترمیک یا حرارت خورشید که در آن، بازتابنده‌هایی نور خورشید را بر روی یک قسمت متمرکز و آن قسمت گرم می‌شود و این گرما را به آب منتقل و سپس آب گرم می‌شود و بخار می‌کند. بخارات حاصل توربین را می‌چرخاند و تولید برق می‌کند، برق حاصل در واکنش‌های الکترولیز مصرف می‌شود [۶].

۱-۲-۳- سیستم‌های حرارتی و برودتی

روش‌های گرما خورشیدی، با استفاده از انواع جمع‌کننده‌ها و روش‌های غیر فعال، جهت جذب و جمع‌آوری انرژی حرارتی خورشیدی، طراحی شده‌اند و برای مقاصد از قبیل گرم کردن آب، هوا، تولید بخار و سرد کردن و ... بکار برده شده‌اند. سیستم‌های گرما خورشیدی را می‌توان بترتیب زیر طبقه‌بندی کرد.

سیستم‌های آبگرم خورشیدی

سیستم‌های گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها

سیستم‌های تهیه آب شیرین و آب مقطرگیری

سیستم‌های انتقال و پمپاژ

سیستم‌های تولید فضای سبز (گلخانه)

سیستم‌های خشک کن و خوراک پز خورشیدی

سیستم‌های سرد کننده خورشیدی

۱-۲-۴- سیستم‌های فتوولتایی

با استفاده از تکنولوژی‌های خاص، انرژی حاصل از نور خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. این تکنولوژی‌ها را به دو دسته می‌توان تقسیم کرد:

۱- سیستم فتوولتائیک (PV): که عموماً تجهیزاتی جامد و تثبیت شده هستند (جز در مورد انواع مجهز به سیستم ردیابی خورشید).

۲- سیستم‌های گرمایی خورشیدی: که از نور متمرکز شده خورشید برای گرم کردن مایعی که بخار آن یک توربین را به حرکت در می‌آورد، استفاده می‌کند.

در این میان استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک برای استفاده از نور خورشید به عنوان منبع انرژی بسیار رایج‌تر است. استفاده از پنل‌های فتوولتائیک در کشورهای پیشرفته به سرعت رو به گسترش است. استفاده از انرژی خورشیدی که یکی از اشکال انرژی موسوم به "سبز" است از سوی طرفداران محیط زیست پشتیبانی می‌شود. علت این استقبال را باید در ویژگی‌های انرژی خورشیدی جست.

۱-۳- شیمی تجزیه و انرژی

سردبیر نشریه *Analytical chemistry* وابسته به انجمن شیمی آمریکا در شماره ۷ سال ۲۰۰۹، مقاله‌ای با عنوان شیمی تجزیه و علوم انرژی را منتشر کرد [۷]. براساس نظر Murray سردبیر نشریه فوق، شیمیدانان تجزیه نقش مهمی را در سال‌های آینده در رابطه با انرژی و مسائل آن بر عهده خواهند داشت. هم اکنون کارهایی از قبیل تبدیل انرژی و ذخیره سازی، توسط شیمیدانان تجزیه سازمان انرژی ایالات متحده^۱ DOE که اکثراً مرتبط با الکتروشیمی است صورت می‌پذیرد. در این میان تأمین انرژی با استفاده از شکافتن آب به روش الکتروکاتالیزوری و استفاده از سیستم‌های فوتوشیمی، فوتوالکتروشیمی و سیستم‌های الکترولیتی موضوع روز است. ابداع پیل‌های سوختی با کارایی مناسب با استفاده از سیستم‌های الکتروکاتالیستی نیز دنبال می‌شود. استفاده مؤثر از ذخیره سازی انرژی شیمیایی در باتری و افزایش ظرفیت آنها بسته به بهبود مواد الکتروشیمیایی و سیستم‌های الکترولیت آنها دارد. Murray در پایان مقاله خود اشاره می‌کند که شیمیدانان تجزیه کار-های خود را در کنار پیشنهاد‌های دیگر کارشناسان شیمی و نظام مهندسی انجام می‌دهند اما استفاده از متخصصان شیمی تجزیه امری فراتر است. با اختصاص بودجه به موقع در این زمینه می‌توان آینده بهتری را پیش‌بینی کرد و در غیر این صورت باید شرایط سختی را متحمل شویم.

۱-۴- تاریخچه‌ی ساخت پیل‌های خورشیدی

Genwa در مقاله‌اش [۸] ذکر می‌کند که در سال ۱۸۳۹ دانشمند فرانسوی *Becquerel* جریانی را هنگامی که دو الکتروود فلزی در محلول الکترولیت در حضور نور خورشید قرار داشتند مشاهده کرد و برای اولین بار اثر فوتولتاییک توسط *Williams* و *Rideal* کشف شد.

پیل خورشیدی یا سلول‌های فوتولتاییی ابزارهایی الکترونیکی هستند که با استفاده از پدیده فوتولتاییک، نور یا فوتون را مستقیماً به جریان و ولتاژ الکتریکی تبدیل می‌کنند. نشریه *APS*^۲ نوشت که دانشمندان اولین باتری خورشیدی را در سال ۱۹۵۴، با استفاده از ماده نیمه رسانای سیلیسیوم، در آزمایشگاه‌های بل^۳ ساختند [۹].

دانشمندان و مهندسان خیلی زود به ارزش باتری‌های خورشیدی برای تأمین انرژی ماهواره‌ها پی‌بردند، زیرا این باتری‌ها جرم کمی دارند و هیچ بخش متحرک مکانیکی ندارند. نخستین ماهواره آمریکایی در فضا به باتری‌های خورشیدی از جنس

1- U.S. Department Of Energy
2- American Physical Society
3- Bell Laboratories