

کاربرد نانومواد در پیل‌های خورشیدی

بنیامین یارمند^۱، سید خطیب الاسلام صدرنژاد^۲، محمد رضا واعظی^۳

پژوهشگاه مواد و انرژی

byarmand@gmail.com

چکیده

افزایش تقاضای انرژی، فناپذیری ذخایر فسیلی و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف منابع آلاینده سبب شده است تا بشر به استفاده از منابع انرژی پاک که از نظر پسماند مشکلی ندارند روی آورد. در این میان خورشید به عنوان یک منبع فراوان، ارزان و در دسترس گزینه خوبی برای تامین انرژی مورد نیاز است. یکی از روش‌های استفاده از انرژی خورشیدی تبدیل مستقیم آن به جریان الکتریکی توسط پیل خورشیدی است. پیل‌های خورشیدی متداول بر اساس خاصیت فتولتائیک مواد نیمه هادی نظیر سیلیکون ساخته می‌شوند که علی‌رغم بازده خوب هزینه ساخت بسیار زیادی دارند. امروزه با دستیابی به دانش نانومواد و استفاده از خواص مطلوب آنها نسل جدیدی از پیل‌های خورشیدی با عنوان پیل فتوالکتروشیمیایی ابداع شده است که در مقایسه با پیل‌های متداول هزینه ساخت کمتری دارند. اما بازده آنها هنوز به حد مطلوب برای استفاده در کاربردهای صنعتی نرسیده است. این مقاله به بحث درباره استفاده از پوشش‌های نانو ساختار و نانولوله‌های کربنی در ساخت پیل‌های فتوالکتروشیمیایی و نقش آنها در افزایش بازده تبدیل انرژی خورشید به جریان الکتریکی می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: نانومواد، پیل خورشیدی، فتوالکتروشیمی، فتولتائیک.

۱- دانشجوی دکتری- پژوهشگاه مواد و انرژی

۲- استاد- دانشکده علم و مهندسی مواد- دانشگاه صنعتی شریف

۳- استادیار- پژوهشگاه مواد و انرژی

۱- مقدمه

امروزه بخش اعظم انرژی مورد نیاز بشر از طریق سوخت‌های فسیلی تامین می‌گردد که این امر موجب کاهش منابع فسیلی و آلودگی محیط زیست شده است. افزایش تقاضای انرژی، فناپذیری ذخایر فسیلی، ضرورت نیل به توسعه پایدار، ایجاد امنیت انرژی، لزوم تنوع بخشی به منابع انرژی و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف منابع آلاینده سبب شده بشر به جستجوی منابع انرژی پاک که از نظر پسماند مشکلی ندارند بپردازد. در این میان خورشید به عنوان یک منبع فراوان، ارزان و در دسترس گزینه خوبی برای دستیابی به این هدف است. در حال حاضر کمتر از ۰/۰۱ درصد از انرژی جهان توسط خورشید فراهم می‌گردد اما تلاش‌های بسیاری در زمینه تحقیق، توسعه و عرضه سیستم‌های انرژی خورشیدی به منظور افزایش سهم آنها در سبد انرژی جهانی صورت گرفته است [۱].

انرژی که از خورشید به زمین می‌رسد حدود $10^{24} \times 3$ ژول در سال است که این مقدار حدود ده هزار مرتبه بیشتر از انرژی مورد نیاز بشر می‌باشد. انرژی خورشید از نوع پرتوهای الکترومغناطیس در یک طیف وسیع از طول موج با دامنه ۳۰۰ تا ۲۱۰۰ نانومتر است. برای استفاده از انرژی خورشید باید انرژی پرتوهای الکترومغناطیس به نوعی از انرژی مورد نیاز تبدیل شود. در حال حاضر از چهار روش ترموالکتریک، فتوالکتریک، حرارت و ذخیره شیمیایی برای تبدیل انرژی خورشید استفاده می‌شود. پیل خورشیدی وسیله‌ای برای تبدیل مستقیم انرژی امواج الکترومغناطیس به جریان الکتریکی است. از پیل‌های خورشیدی برای ساخت سیستم‌های تولید انرژی الکتریکی با قابلیت حمل و نقل مورد استفاده در ماهواره‌ها، کاوشگرهای فضایی، وسایلی نظیر ماشین حساب، ساعت، تلفن و یا تامین انرژی الکتریکی مکان‌هایی که دسترسی به نیروگاه ندارند استفاده می‌شود. از مزایای پیل‌های خورشیدی می‌توان به امکان تولید در هر مکان، عدم نیاز به سیستم‌های انتقال، نداشتن اثرات مخرب زیست محیطی و سهولت نصب و نگهداری آنها اشاره کرد [۲].

پیل‌های خورشیدی بر اساس خاصیت فتوولتائیک مواد نیمه رسانا ساخته می‌شوند. اولین بار بکورل در سال ۱۸۳۹ خاصیت فتوولتائیک را هنگامی که نور خورشید به یکی از دو الکترود نیمه رسانای قرار گرفته در محلول الکترولیت تابیده می‌شد کشف کرد. در ادامه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بررسی و استفاده از این پدیده صورت گرفت تا اینکه محققان آزمایشگاه بل در سال ۱۹۵۴ موفق به ساخت اولین پیل خورشیدی با استفاده از خاصیت فتوولتائیک شدند. این پیل از نوع جامد بود و بازده ۶ درصد داشت [۳].

پیل‌های خورشیدی حالت جامد با استفاده از مواد نیمه رسانا که دارای نواحی باردار مثبت و منفی هستند ساخته می‌شوند. مکانیزم تولید جریان الکتریکی در این پیل‌ها بدین صورت است که با برخورد فوتون و انتقال انرژی به نیمه رسانا، جفت‌های الکترون-حفره به وجود می‌آیند که تحت تاثیر میدان الکتریکی ناشی از نواحی باردار از یکدیگر جدا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. بهترین نیمه رسانای مورد استفاده برای ساخت

پیل خورشیدی حالت جامد سیلیکون است چون کمترین انرژی شکاف ممنوعه را در بین مواد نیمه رسانا دارد. برای ایجاد بازده مناسب در این پیل‌ها، سیلیکون مورد استفاده باید شبکه کریستالی عاری از نقص داشته باشد که این امر موجب افزایش هزینه ساخت می‌شود. بیشترین بازده تئوری یک پیل خورشیدی پایه سیلیکون برابر ۳۳ درصد است که بهترین پیل ساخته شده در مقیاس آزمایشگاهی بازده ۲۸/۷ درصد دارد. تلاش‌هایی به منظور کاهش هزینه ساخت پیل‌های خورشیدی حالت جامد صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به ساخت پیل خورشیدی با استفاده از سیلیکون آمورف و یا استفاده از لایه‌های نازک با خاصیت فتوولتائیک نظیر کادمیم تلوراید اشاره کرد. اما با این وجود کاهش چندانی در هزینه ساخت این پیل‌ها ایجاد نشده است [۳ و ۴]. همزمان با تحقیقات روی پیل‌های حالت جامد، تلاش‌هایی در زمینه ساخت پیل خورشیدی بر پایه پیل‌های فتوالکتروشیمیایی صورت گرفته است. دکتر موسر در سال ۱۸۸۷ برای اولین بار خاصیت فتوولتائیک فعال شده با رنگ را گزارش کرد. در سال ۱۹۶۰ اولین آزمایش با استفاده از غوطه‌ور کردن الکترودهای نیمه رسانای تک کریستال در داخل محلول حاوی رنگ صورت گرفت. این وسیله برای شکافت آب استفاده شد و بازده کمتر از ۰/۵ درصد از خود نشان داد. گرتزل و همکارانش در سال ۱۹۸۰ تحقیقات روی پیل‌های خورشیدی فتوالکتروشیمیایی را شروع کردند تا اینکه در سال ۱۹۹۱ موفق به ساخت اولین پیل خورشیدی فعال شده با رنگ^۱ با بازده ۷/۱ درصد شدند [۵].

این پیل‌ها در مقایسه با پیل‌های حالت جامد هزینه ساخت کمتری دارند اما راندمان آنها پایین است. با دستیابی به دانش نانومواد و خواص مطلوب آنها پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه ساخت پیل‌های فتوالکتروشیمیایی صورت گرفته است که در این مقاله به بیان آنها پرداخته می‌شود.

۲- ساختمان و نحوه کار پیل‌های فتوالکتروشیمیایی

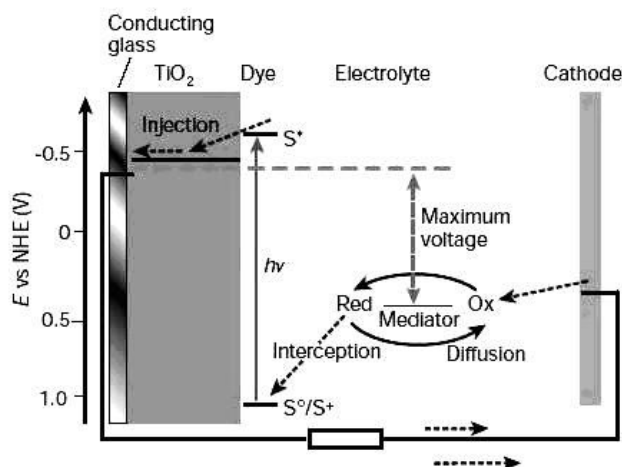
پیل‌های خورشیدی فتوالکتروشیمیایی ساختار لایه لایه دارند و از سه قسمت اصلی الکتروود کاری، الکتروود شمارنده و الکتروولیت تشکیل می‌شوند. الکتروود کاری دارای سه لایه است که بر روی زیرلایه شیشه‌ای قرار می‌گیرد. اولین لایه پوشش سرامیکی شفاف با قابلیت هدایت الکتریکی نظیر اکسید ایندیم قلع است که نقش جمع‌آوری و انتقال الکترون‌ها به مدار خارجی را بر عهده دارد. دومین لایه، پوششی از اکسیدهای فلزات انتقالی با خاصیت نیمه رسانایی نظیر اکسیدهای تیتانیم، قلع و یا روی است که نقش تولید الکترون را دارند. استفاده از مواد نیمه رسانا با انرژی شکاف ممنوعه زیاد در الکتروود کاری موجب ایجاد خوردگی کمتر و افزایش طول عمر پیل می‌شود، اما این مواد قادر به جذب امواج الکترومغناطیس در محدوده فرابنفش هستند. با توجه به اینکه این امواج فقط بخش کوچکی از پرتوهای خورشید (حدود ۸ درصد) را تشکیل می‌دهند لذا برای بهره‌گیری بهتر از

¹ Dye sensitized solar cell

نور خورشید به یک سری اصلاح کننده‌هایی که جاذب نور مرئی هستند نیاز است. بنابراین لایه سوم الکتروود کاری را مولکول‌های رنگی که جاذب نور مرئی هستند نظیر کمپلکس‌های روتنیوم تشکیل می‌دهند که نقش آنها فعال سازی و تزریق الکترون به نوار هدایت نیمه رسانا است. الکتروود شمارنده شامل دو لایه است که بر روی زیرلایه شیشه‌ای قرار می‌گیرد. اولین لایه همانند الکتروود کاری، پوششی از جنس سرامیک‌های شفاف رسانا است که به منظور جمع آوری و انتقال بار ایجاد می‌شود و دومین لایه، پوششی از مواد کاتالیزوری نظیر پلاتین است به طوری که مانعی در برابر عبور نور نباشند. استفاده از پوشش پلاتین علاوه بر سرعت بخشیدن به احیای حامل‌های بار الکتروولیت، موجب بازتابش نور به سطح الکتروود کاری و افزایش راندمان پیل می‌شود. الکتروولیت مورد استفاده در پیل‌های فتوالکتروشیمیایی حاوی یک زوج اکسایش- کاهش است تا با انجام واکنش‌های اکسایش و کاهش در فصل مشترک الکتروودها موجب انتقال الکترون و برقراری جریان می‌شود [۳].

زمانی که یک فوتون به سطح پیل برخورد می‌کند از لایه‌های مختلف آن عبور کرده و در نهایت توسط مولکول‌های رنگ جذب می‌شود. مطابق شکل ۱ بر اثر انتقال انرژی فوتون مولکول رنگ برانگیخته شده (S^*) و یک الکترون به نوار هدایت نیمه رسانا انتقال می‌دهد. به این فرایند تزریق الکترون^۱ گفته می‌شود. الکترون موجود در نوار هدایت پس از نفوذ در لایه نیمه رسانا توسط لایه شفاف رسانا جمع‌آوری شده و در مدار خارجی جریان می‌یابد. سرانجام الکترون که انرژی آن تحلیل یافته توسط الکتروود شمارنده وارد پیل شده و در فصل مشترک الکتروود با الکتروولیت موجب احیای حامل بار اکسید شده می‌شود. این فرایند تولید مجدد^۲ نام دارد. در ادامه با حرکت حامل احیاء شده و انتقال الکترون به مولکول رنگ اکسیده شده (S^+) که در سطح نیمه رسانا قرار دارد، مولکول رنگ به حالت اولیه خود باز می‌گردد و حلقه جریان کامل می‌شود. در کنار این تحولات پدیده‌های دیگری نظیر آرامش یافتن^۳، ترکیب مجدد^۴ و باز پس‌گیری الکترون^۵ ممکن است در داخل پیل صورت پذیرد که موجب کاهش بازده آن می‌شود. پدیده آرامش یافتن به برگشت مولکول رنگ از حالت برانگیخته به حالت پایه بدون اینکه الکترونی به نوار هدایت نیمه رسانا تزریق شود، ترکیب مجدد به بازگشت الکترون از نوار هدایت نیمه رسانا به مولکول رنگ اکسید شده و باز پس‌گیری الکترون به بازگشت الکترون از نوار هدایت نیمه رسانا به حامل اکسیده شده گفته می‌شود [۳ و ۴].

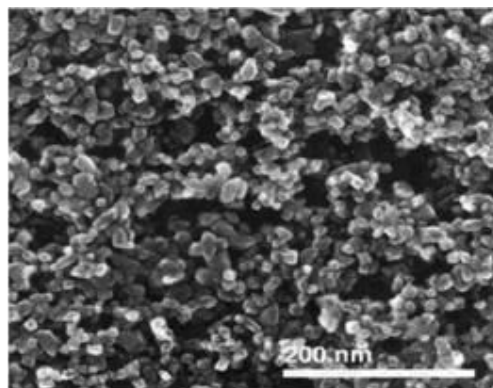
¹ Injection
² Regeneration
³ Relaxation
⁴ Recombination
⁵ Electron recapture



شکل ۱- نحوه کار پیل فتوالکتروشیمیایی به صورت شماتیک [۳].

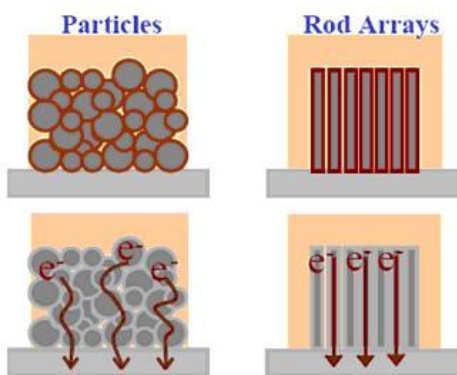
۳- استفاده از نانومواد در پیل‌های فتوالکتروشیمیایی

با کاهش اندازه مواد تا محدوده نانومتری خواص فیزیکی آنها تغییر می‌کند. از جمله این تغییرات می‌توان به افزایش نسبت مساحت سطح به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی اشاره کرد. افزایش نسبت مساحت سطح به حجم که به تدریج با کاهش اندازه ذره رخ می‌دهد، باعث غلبه یافتن رفتار اتم‌های واقع در سطح ذره به رفتار اتم‌های درونی می‌شود. این پدیده بر خصوصیات ذره در حالت انزوا و بر تعاملات آن با دیگر مواد اثر می‌گذارد. مساحت سطح زیاد، عاملی کلیدی در کارکرد کاتالیزورها و ساختارهایی همچون الکترودها است. بدین سبب محققان به فکر استفاده از نانومواد در پیل‌های خورشیدی افتادند. در پیل‌های فتوالکتروشیمیایی اولیه از نیمه رساناهای تک کریستال در ساخت الکترودها استفاده می‌شد. این مواد از بازده انتقال الکترون بسیار بالایی برخوردار بودند، اما به دلیل مساحت سطح کم و در نتیجه تعداد کم مولکول‌های رنگ جذب شده قادر به استفاده از تمامی انرژی نور برخوردی نبودند به طوری که این امر موجب کاهش بازده پیل به کمتر از یک درصد می‌شد [۳]. با جایگزینی پوشش‌های نانو کریستال متخلخل به جای تک کریستال‌ها مساحت سطح نیمه رسانا حدود ۲ تا ۳ برابر افزایش یافت و به همین نسبت تعداد مولکول‌های رنگ جذب شده نیز افزایش پیدا کردند. در نتیجه میزان تزریق الکترون به نوار هدایت نیمه رسانا و جریان خروجی پیل افزایش یافت. به بیان دیگر افزایش مساحت سطح الکترودها کاری به منزله افزایش بازده بهره‌گیری پیل از نور برخوردی است. با استفاده از پوشش‌های نانو کریستال متخلخل بازده پیل‌های فتوالکتروشیمیایی به حدود ۱۰ درصد افزایش پیدا کرد. شکل ۲ نمونه‌ای از پوشش‌های نانو کریستالی متخلخل دی اکسید تیتانیوم که توسط روش سل-ژل ایجاد شده است نشان می‌دهد [۴].

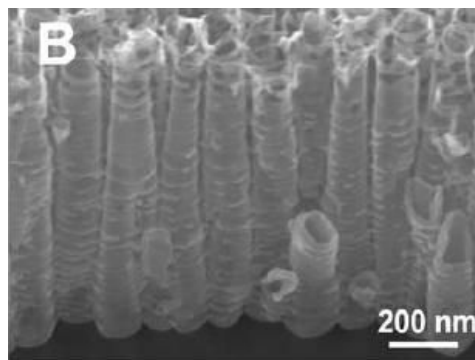
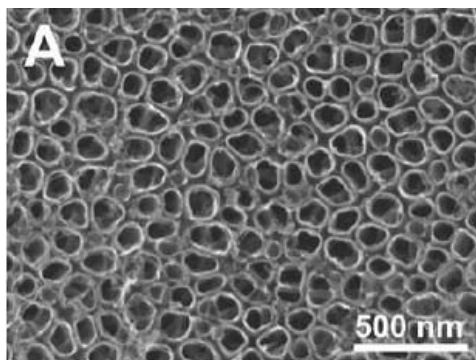


شکل ۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پوشش دی اکسید تیتانیوم تولید شده به روش سل- ژل [۳].

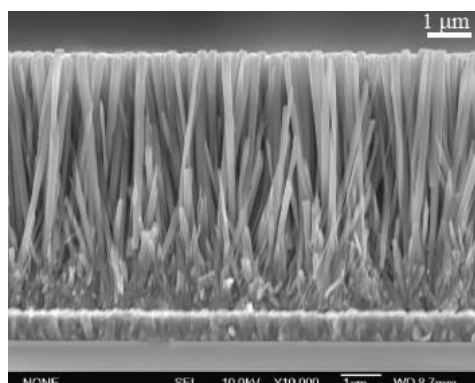
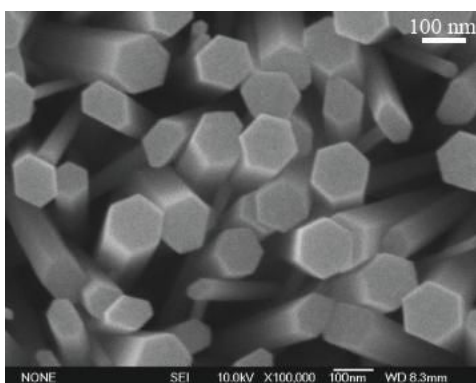
استفاده از پوشش‌های نانوکریستال متخلخل از یک سو به علت افزایش مساحت سطح موجب افزایش میزان تزریق الکترون می‌شود اما از سوی دیگر به علت افزایش مسیر حرکت الکترون موجب کاهش سرعت انتقال آن می‌گردد. زیرا یک پوشش نانوکریستال متخلخل مجموعه‌ای از نانوذرات است که به یکدیگر چسبیده‌اند. بنابراین یک الکترون در مسیر حرکت خود به سمت محل جمع‌آوری باید بسته به ضخامت پوشش به طور تقریبی در عرض 10^3 تا 10^6 نانوذره حرکت کند. این مساله محققان را به فکر استفاده از نانوساختارهای تک کریستال مانند نانوسیم‌ها و نانولوله‌ها انداخت زیرا این ساختارها همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده علاوه بر ایجاد مساحت سطح زیاد یک مسیر مستقیم برای حرکت الکترون از محل تولید تا محل جمع‌آوری ایجاد می‌کنند [۶]. شکل ۴ نمونه‌ای از نانولوله‌های دی اکسید تیتانیوم و نانوسیم‌های اکسید روی را که برای کاربرد در پیل‌های فتوالکتروشیمیایی تولید شده‌اند نشان می‌دهد. نانولوله‌های دی اکسید تیتانیوم به روش آندایزینگ تیتانیم در محلول الکترولیت حاوی یون‌های فلور ایجاد شده‌اند. طول نانولوله‌ها در حد ۷۰۰ نانومتر، قطر و ضخامت آنها به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۱۵ نانومتر است. نانوسیم‌های اکسید روی به روش سل- ژل ایجاد شده‌اند و طول آنها بین ۵ تا ۶ میکرومتر و قطر آنها بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ نانومتر قرار دارد. نتیجه هر دو تحقیق بیانگر بهبود بازده پیل می‌باشد [۶ و ۷].



شکل ۳- نحوه انتقال الکترون در دو ساختار نانومیله و نانوذره به صورت شماتیک [۶].



(الف)

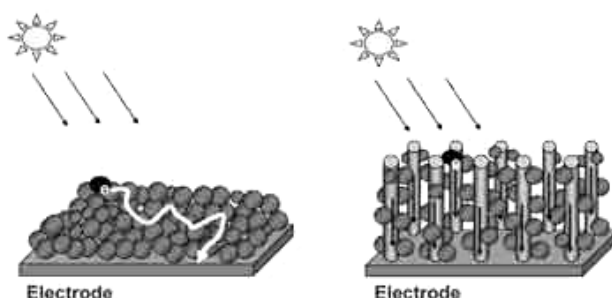


(ب)

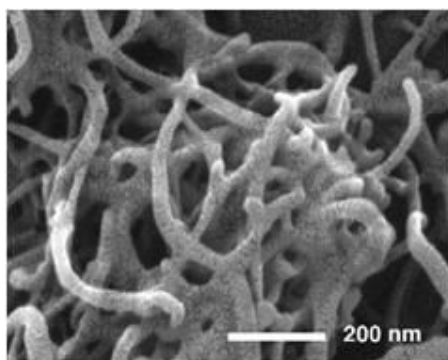
شکل ۴- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پوشش‌های الف) آندی دی اکسید تیتانیوم [۷] و ب) اکسید روی تولید شده به روش سل- ژل [۶].

عب عمده نانوساختارهای تک کریستال نسبت به نانوذرات، افزایش انجام‌پذیری فرایندهای مضر نظیر ترکیب مجدد و باز پس‌گیری الکترون است. زیرا در این ساختارها الکترون زمان بیشتری با نیمه رسانا و الکترولیت نسبت به حالت نانوذره در تماس است. برای کاهش احتمال وقوع این فرایندها و افزایش بازده پیل محققان به استفاده از نانولوله‌های کربنی برای انتقال الکترون روی آورده‌اند. نانولوله‌های کربنی نانوساختارهای خودسامانی هستند که از صفحات اتم‌های کربن شش ضلعی که به شکل استوانه‌هایی قرار گرفته‌اند ساخته می‌شوند. نانولوله‌ها به عنوان مدل‌هایی از دانش نانو و شاخه‌های مرتبط با آن توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. این علاقه ویژه به نانولوله‌ها از ساختار و ویژگی‌های بی‌نظیر آنها مانند اندازه بسیار کوچک (قطر کمتر از ۰/۴۲ نانومتر)، حالت فلزی و نیمه‌رسانایی آنها بر حسب شکل هندسی‌شان، برخورداری از خاصیت منحصر به فرد ترابری پرتابه‌ای و قدرت رسانایی گرمایی بسیار زیاد آنها نشأت می‌گیرد. همچنین مورفولوژی خاص این مواد و در دسترس بودن سطوح داخلی و خارجی آنها برای افزودن عوامل شیمیایی و اصلاح این سطوح، کاربردهای جدیدی را برای این مواد در فرایندهای کاتالیتی و الکترونیکی به وجود آورده است. نانولوله‌های

تک دیواره به عنوان بهترین نانولوله کربنی برای استفاده در پیل‌های خورشید شناخته شده‌اند [۳]. ساختمان پیل‌های فتوالکتروشیمیایی دارای نانولوله کربنی تک دیواره به صورت شماتیک در شکل ۵ نشان داده شده است. این پیل‌ها مجموعه‌ای از نانولوله‌های کربنی و نانوذرات نیمه رسانا هستند که توسط روش‌های متفاوت نظیر رسوب الکتروفوریتیک و یا سل-ژل ایجاد می‌شوند. در این پیل‌ها الکترون تزریق شده از نوار هدایت نیمه رسانا وارد نانولوله کربنی شده و از آنجا به محل جمع‌آوری الکترون می‌رود. شکل ۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نوع دیگری از تلفیق پوشش‌های دی‌اکسید تیتانیم با نانولوله‌های کربنی را نشان می‌دهد. در این مجموعه پوشش دی‌اکسید تیتانیم به روش سل-ژل روی نانولوله‌های کربنی چند دیواره ایجاد شده است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از این مجموعه به عنوان الکتروود کاری برای پیل‌های فتوالکتروشیمیایی موجب افزایش ۵۰ درصدی در بازده تبدیل می‌شود. در پیل‌های فتوالکتروشیمیایی که بر اساس پوشش‌های نانوساختار شکل گرفته‌اند استفاده از نانولوله‌های کربن در سیستم‌های جمع‌آوری نور راه موثر و مناسبی برای تحت نفوذ قرار دادن همه سیستم‌های جمع‌آوری فوتون‌ها است [۸].



شکل ۵- نحوه انتقال الکترون در دو ساختار نانوذره و مجموعه نانوذرات با نانولوله‌های کربن [۳].



شکل ۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پوشش دی‌اکسید تیتانیم ایجاد شده روی نانولوله کربنی چند دیواره [۸].

۴- نتیجه گیری

اولین کاربردهای نانومواد در پیل‌های خورشیدی شامل استفاده از پوشش‌های نانوکریستال، نانوسیم و نانولوله در الکتروود کاری است که موجب افزایش بازده پیل به حدود ۱۰ درصد شده است. در جدیدترین تحقیقات انجام گرفته در زمینه پیل‌های خورشیدی از مجموعه نانوذرات و نانولوله‌های کربنی به عنوان الکتروود کاری استفاده شده که در نتیجه آن افزایش ۵۰ درصدی در بازده تبدیل پیل مشاهده شده است. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از خواص مطلوب نانومواد در راستای بهبود فرایندهای درونی پیل‌های خورشیدی موجب ایجاد پیشرفت‌های زیادی در طراحی و تولید این تجهیزات شده است. تولید مواد جدید با ساختارهای متفاوت توسط روش‌های ساده و کم هزینه از عوامل کلیدی در بهبود کارایی پیل‌های خورشیدی به شمار می‌آید که حرکت در این راستا به منظور ساخت تجهیزات خورشیدی با بازده مناسب نیازمند تلاش و فعالیت فراوان است.

مراجع

- 1- Anandan, S., "Recent improvement and arising challenges in dye-sensitized solar cells", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 91, pp. 843-846, 2007.
- 2- World energy report 2005, RWE Group, www.rwe.com.
- 3- Bard, A., "Encyclopedia of Electrochemistry, Volume 6, Semiconductor Electrodes and Photoelectrochemistry", John Wiley & Sons, 2003.
- 4- Longo, C., De Paoli, M., "Dye-Sensitized Solar Cells: A Successful Combination of Materials", J. Braz. Chem. Soc., Vol. 14, No. 6, pp. 889-901, 2003.
- 5- O'Regan, B., Gratzel, M., Nature, 353, 737, 1991.
- 6- Law, M., Greene, L. E., "Nanowire dye-sensitized solar cells", Nature materials, Vol. 4, 2005.
- 7- Macak, J. M., Tsuchiya, H., "Dye-sensitized anodic TiO₂ nanotubes", Electrochemistry Communications, Vol. 7, pp. 1133-1137, 2005.
- 8- Lee, T., Alegaonkar, P. S., Yoo, J., "Fabrication of dye sensitized solar cell using TiO₂ coated carbon nanotubes", Thin Solid Films, Vol. 515, pp. 5131-5135, 2007.

Application of nanomaterial in solar cells

B. Yarmand, S. K. Sadrnezhaad and M. R. Vaezi

Corresponding Author Address: Advanced Materials Research Center, Materials and Energy Research Center, Karaj, Iran.

Corresponding Author E-mail: byarmand@gmail.com

Abstract

The depletion of fossil fuel resources associated with continually increasing demand is driving to research for new source of energy. Solar energy can be considered as the most important energy source because it is abundant, available and cheap. Solar energy can be converted into electricity by use of solar cell. Conventional solar cells are made of semi conductor material such as silicon. These cells have good efficiency but the prices are very high. Today, new types of solar cells are invented as named photoelectrochemical solar cell. The costs of photoelectrochemical solar cells are lower than conventional solar cells but their efficiency are not good. In this research work, we discuss the application of nanomaterials in improving new generation of solar cells.

Keywords: Nanomaterial, Solar cell, Photoelectrochemistry, Photovoltaic.