فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۲۱-۲۸
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: معرفی سلول خورشیدی پروسکایت
دوره ۵ / شماره ۱ / بهار ۱۴۰۰/ ص ۲۸- ۲۱

معرفی سلول خورشیدی پروسکایت

اصغر قادری۱، محمد اربابی *۲، یونس جمالزهی۲ و محمدبامری۲
۱. استادیار گروه برق، دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر،
۲. دانشجوی کارشناسی مهندسی برق، دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر
*mohamadarbabi00322@gmail.com

چکیده

امروزه با توجه به کاهش روز افزون ذخائر سوخت‌های فسیلی و همچنین آلودگی زیست محیطی ناشی از این منابع تولید انرژی، یافتن منابع جدید انرژی که هم تا حدی پایان‌ناپذیر باشد و هم اینکه باعث آلودگی محیط زیست نشود، امری اجتناب‌ناپذیر است. از میان انرژی‌های تجدید پذیر انرژی خورشیدی یکی از بزرگترین منابع انرژی در جهان است. سلول‌های خورشیدی ابزاری هستند که نور خورشید را بر طبق اثر فوتوولتاییک به جریان الکتریسیته تبدیل می‌کنند. در سال‌های اخیر، به دلیل توسعه نسل‌های مختلف سلول‌های خورشیدی، انواع گوناگونی از آن ها، شامل سلول‌های خورشیدی سیلیکونی، حساس شده به رنگ دانه، نقاط کوانتومی، آلی و نسل‌های جدید ساخته شده اند. سلول‌های خورشیدی پروسکایت نسل جدیدی از سلول‌های خورشیدی می‌باشند که می‌توانند در دسته سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای و لایه نازک قرار گیرند که با توجه به بازده بسیار بالای آنها (۲۱) درصد و هزینه ساخت بسیار پایینشان در مقایسه با سایر سلول‌های خورشیدی بازده بالا از قبیل سیلیکونی، کادمیم تلوراید و گالیم آرسناید، بسیار مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. در این مقاله محقق سعیداشته تا به معرفی سلول‌های خورشیدی پروسکایت و مزایای آن بپردازد.

واژگان کلیدی: انرژی تجدی‌دپذی‌ر، سلول‌های خورشی‌دی، سلول خورشی‌دی پروسکای‌ت

مقدمه

امروزه با توجه به کاهش روز افزون ذخائر سوخت‌های فسیلی و همچنین آلودگی زیست محیطی ناشی از این منابع تولید انرژی، یافتن منابع جدید انرژی که هم تا حدی پایان‌ناپذیر باشد و هم اینکه باعث آلودگی محیط زیست نشود، امری اجتناب‌ناپذیر است (فیروزی و محمدی، ۱۳۹۶).

محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدید پذیر را نمایان می‌سازد. از میان انرژی‌های تجدید پذیر انرژی خورشیدی یکی از بزرگترین منابع انرژی در جهان است. سلول‌های خورشیدی ابزاری هستند که نور خورشید را بر طبق اثر فوتوولتاییک به جریان الکتریسیته تبدیل می‌کنند. سلول‌های خورشیدی در سه نسل دسته‌بندی می‌شوند (آهنگرانی و مرندی، ۱۳۹۶)

سلول خورشیدی:

مزایای متعدد منابع انرژی تجدید پذیر ازجمله، فراوانی، عدم ایجاد آلودگی، فنّاوری نسبتاً ساده و تولید غیرمتمرکز، باعث افزایش روزافزون استفاده از این منابع شده است. سیستم‌های فتوولتائیک یکی از انواع این انرژی‌هاست (کریم‌پور و قادری، ۱۳۹۷).

مقدار از نور خورشید که فقط در یک ساعت به زمین می‌تابد، می‌تواند انرژی مورد نیاز زمین را برای یک سال تأمین کند. امروزه نیروگاه‌های خورشیدی زیادی در سرتاسر دنیا فعال هستند. سلول خورشیدی یا سلول فتوولتائیک وسیله‌ای الکترونیکی است که انرژی خورشید (یعنی انرژی تابشی رسیده از خورشید) تحت فرآیندی به نام فتوولتائیک، به الکتریسیته تبدیل می‌کند. در سلول-های خورشیدی اثرات مخرب محیط زیستی سلول‌های خورشیدی در مقایسه با سایر منابع انرژی مانند سوخت فسیلی و انرژی هسته‌ای بسیار ناچیز است (کریم‌پور و قادری، ۱۳۹۷؛ یعقوبی نژاد و همکاران، ۱۳۹۶).

مبدل‌های فتوولتائیک به دلیل امکان تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی و مزایای دیگر نظیر وزن کم و امکانات نصب در قدرت‌های کوچک، جزء تجهیزات مورد توجه در زمینه استفاده از انرژی‌های نو می‌باشند ولی در مقایسه با سایر مبدل‌های انرژی الکتریکی، قیمت بیشتری دارند؛ بنابراین لازم است که همواره شرایطی فراهم شود که از این مبدل‌ها حداکثر انرژی جذب شود تا استفاده بهینه از سیستم صورت گیرد. کاربردهای دیگر سیستم‌های خورشیدی علاوه بر تزریق توان اکتیو به شبکه مانند توانایی کنترل فلوی توان اکتیو و راکتیو به‌منظور تأمین نیازهای شبکه طبق استانداردها، کنترل ولتاژ نقطه PCC مبدل و ... شده است.

سلول خورشیدی بدون استفاده از سیکل ترمودینامیک یا سیال عامل، راندمان انرژی تشعشعی فوتون‌های نور خورشید را با ۵ تا ۲۵ درصد مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند و می‌توانند خودشان جمع کننده نور باشند و یا از متمرکز کننده‌های نوری مانند آینه یا عدسی محدب استفاده کنند. به دلیل مزایایی مانند کوتاه بودن زمان طراحی و راه‌اندازی، بی‌صدا بودن فرایند تبدیل انرژی، عمر زیاد و نیاز به نگهداری اندک به دلیل نداشتن اجزاء متحرک و حمل‌ونقل آسان بدلیل وزن کم اجزاء، این سیستم در حال پیشرفت است اما هنوز در مقایسه با سایر مبدل‌های انرژی نظیر دیزل ژنراتورها گران‌تر است. لذا استفاده بهینه و جذب حداکثر انرژی ممکن از آنها ضروری است زاویه تابش نور خورشید بر سطح یک آرایه خورشیدی، در میزان انرژی جذب‌شده توسط آرایه تأثیر زیادی می‌گذارد و با توجه به هزینه زیاد آرایه خورشیدی، ضروری است که همواره شرایطی فراهم شود که حداکثر انرژی خورشیدی جذب و تبدیل به انرژی الکتریکی شود تا استفاده بهینه از سیستم صورت گیرد. یکی از این شرایط، استفاده از آرایه خورشیدی متحرک با قابلیت تعقیب مسیر حرکت خورشید می‌باشد (کریم‌پور و قادری، ۱۳۹۷).

اجزا و عملکرد سلول‌های خورشیدی

اجزای اصلی تشکیل دهنده سلول‌های خورشیدی عبارت است از:

حساس کننده‌ها

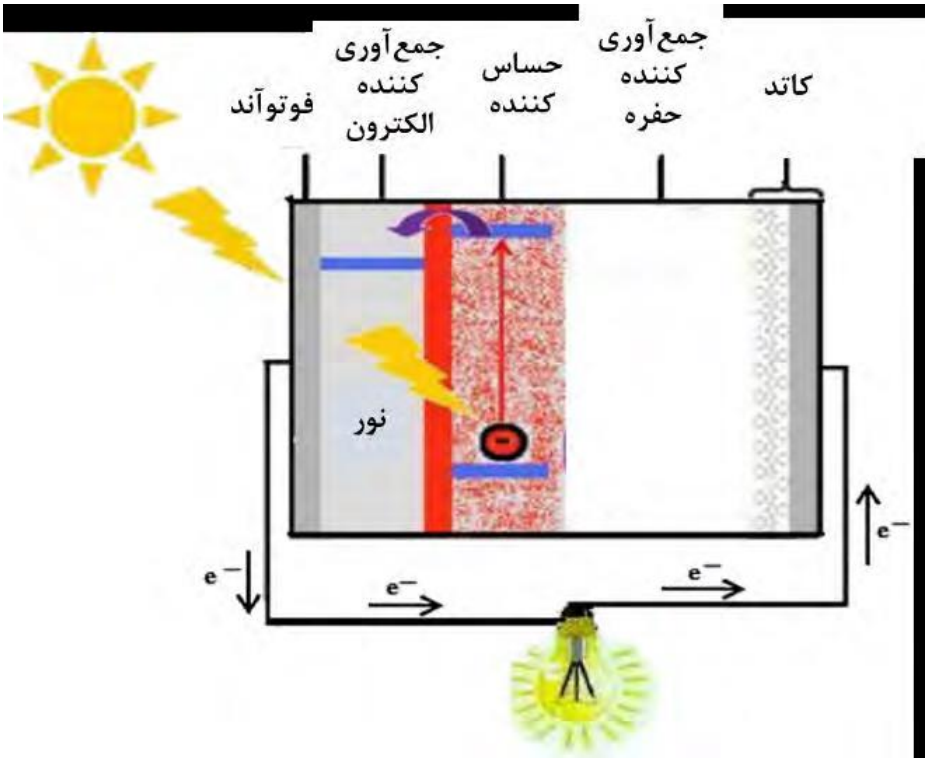
ماده جمع‌آوری‌کننده الکترون

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۲۱-۲۸
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

ماده جمع‌آوری کننده حفره

الکترود شمارنده

تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته، شامل چند مرحله است که جذب فوتون نور برخوردی، توسط ماده حساس کننده، اولین مرحله می‌باشد. این فوتون سبب تهییج الکترون در حساس کننده و تولید اگزایتون‌ها (جفت الکترون- حفره) می‌شود. الکترون تهییج یافته در ادامه می‌تواند به حالت پایه خود بازگشته و بازترکیب شود یا به لایه‌های مجاور خود نفوذ کند. برای برقراری جریان می‌بایست الکترون به تراز رسانش لایه جمع‌اوری الکترون وارد شود. هم زمان با ورود الکترون به این لایه حفره نیز به لایه جمع-اوری کننده حفره نفوذ می‌کند. الکترون نفوذ کرده به درون لایه جمع‌آوری کننده الکترون، از طریق اتصال‌ها به سمت فوتوآند حرکت می‌کند. حفره نیز پس از عبور از لایه جمع‌اوری کننده حفرهف در الکترود شمارنده، با الکترون باز ترکیب شده و مدار کامل می‌گردد. با جذب فوتون‌های متعدد و تهییج و حرکت الکترون‌های دیگر چریان در سولول ایجاد می‌شود. شکل زیر این چرخه را نشان می‌دهد (حنیفه‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۱- چگونگی ایجاد جریان الکتریکی توسط سلول خورشیدی(حنیفه‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

سلول خورشیدی پروسکایت

جدیدترین نسل از سلول های خورشیدی که حدوداً از سال ۲۰۱۴ موردتوجه جوامع علمی در سراسر دنیا قرار گرفت، سلول‌های خورشیدی پروسکایتی می‌باشند (آذرم، ۱۳۹۶).

در سال‌های اخیر، استفاده از مواد آلی- غیرآلی موسوم به پروسکایت در ساخت سلول‌های خورشیدی، مورد توجه قرار گرفته است. مواد پروسکایت دارای ساختار کلی به شکل ABX3 است که با تغییر هر یک از اتم‌های A ، Bو یا X خواص ماده دچار تغییر می-شود و تغییر گستره جذب نور پروسکایت با تغییر دادن عناصر سازنده آنها امکان‌پذیر است (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۸).

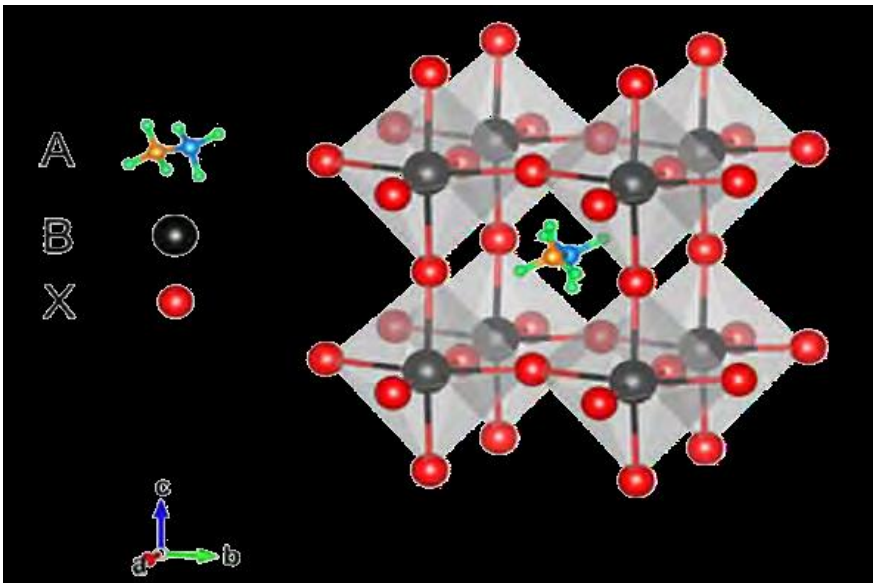
سلول‌های خورشیدی پروسکایت نسل جدیدی از سلول‌های خورشیدی می‌باشند که می‌توانند در دسته سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای و لایه نازک قرار گیرند که با توجه به بازده بسیار بالای آنها (۲۱) درصد و هزینه ساخت بسیار پایینشان در مقایسه با

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۲۱-۲۸
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

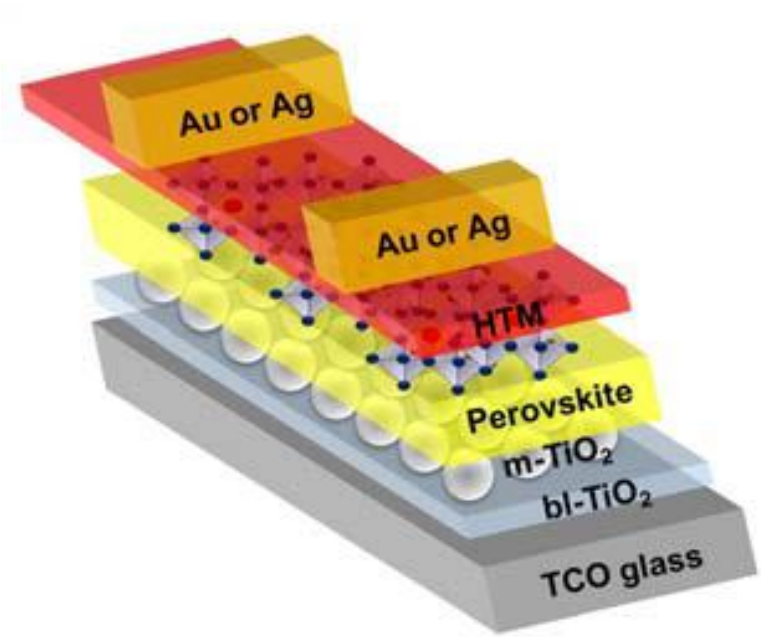
سایر سلول‌های خورشیدی بازده بالا از قبیل سیلیکونی، کادمیم تلوراید و گالیم آرسناید، بسیار مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است (رحمان نسب و همکاران، ۱۳۹۶).

مواد زیربنای پروسکایت ($X=halogen, CH_3NH_3PbX_3$) توجهات زیادی را به دلیل کاربرد امید بخشان در سلول‌های خوشیدی به عنوان تراشه‌ی جذب‌کننده‌ی نور به خود جذب کرده‌اند.

شکل (۲) تصویر ساختار پروسکایت در عمومی‌ترین حالت را نشان می‌دهد. به گونه‌ای که A جایگاه کاتیون آلی مانند متیل آمونیوم (MA) یا فرم آمودینیوم (FA)، B شامل کاتیون فلز نظیر قلع (Sn) یا سرب (Pb) و X به عنوان آنیون محل قرار گیری کلر، ید، برم و ترکیبی از هالیدها است (معنوی و ابراهیمی، ۱۳۹۶).



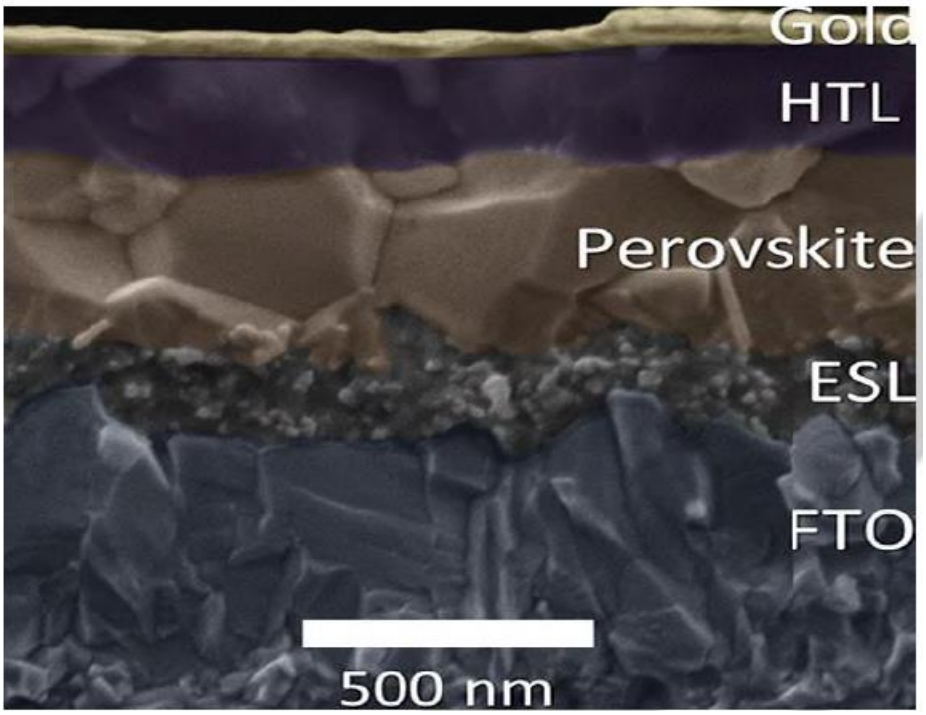
شکل ۲- ساختار کریستالی پروسکایت آلی- غیر آلی- فلزی (معنوی و ابراهیمی، ۱۳۹۶)



شکل ۳- نمایی از لایه‌های سلول خورشیدی پروسکایتی متداول (تیماسی و همکاران، ۱۳۹۵)

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۲۱-۲۸
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

سلول‌های خورشیدی پرو سکایتی (PSC) بر لایه‌های ازجنس شیشه که اکسید قلع با دوپنت فلورین (FTO) بر آن پوشش داده شده است، ساخته می‌شود. همانگونه که در شکل (۳) تصاویر مقطعی از PSC نشان داده شده است بعد از FTO به ترتیب لایه انتقال هنده الکترون (ETLکه فصل مشترک آن با پروسکایت سبب انتقال الکترون شده قرار می‌گیرد سپس پروساکایت به عنوان جاذب نور و تبدیل آن به الکترون-حفره پو شش داده می‌شود هم‌چنین لایه انتقال دهنده حفره (HTL) جهت انتقال حفره انتخاب می‌شود و در نهایت لایه رسانای طلا لایه نشانی می‌گردد (معنوی و ابراهیمی، ۱۳۹۶).



شکل ۳- تصویر سطح مقطع سلول‌های خورشیدی پروسکایتی (معنوی و ابراهیمی، ۱۳۹۶)

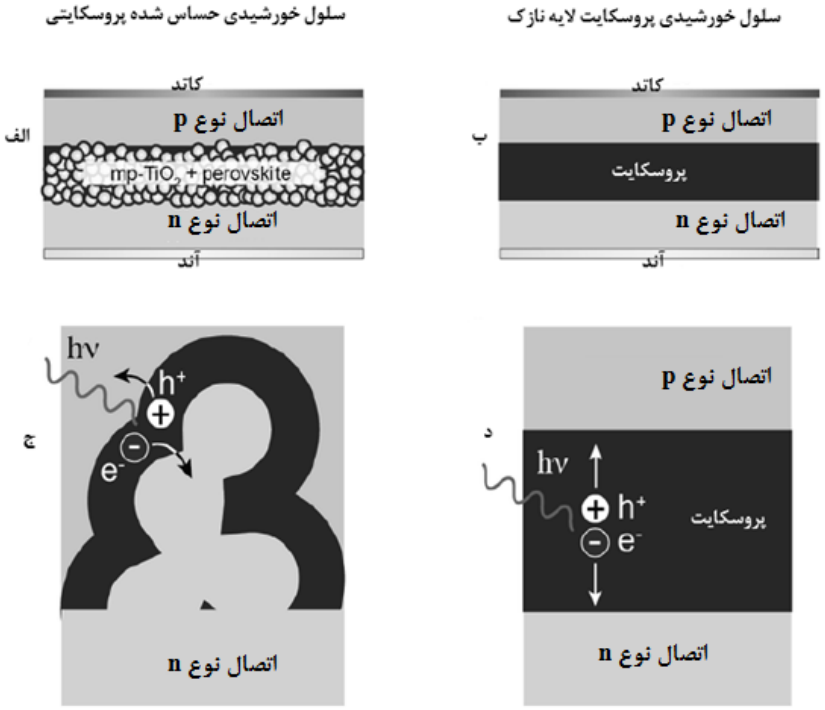
دستیابی به نتایجی با بازدهی بالا، قابلیت تکرار پذیری تولید و پایداری طولانی مدت، مسائل مهمی است که قبل از تجاری‌سازی پروسکایت باید برطرف شوند. بهبود ساختار شیمیایی پروسکایت می‌تواند روشی موثر در بهبود همزمان خواص الکترونیکی و پایداری آن باشد. بنابراین محققین در تلاشند تا با تغییر یا ترکیب آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ساختار پروسکایت، پایداری آن را افزایش دهند (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۸).

در تمام انواع مختلف سلول‌های خورشیدی پروسکایتی، مورفولوژی لایه پروسکایت نقش مهمی را در کارایی فتوولتائیکی سلول خورشیدی ایفا می‌کند. نشان داده شده است که با بهبود پوشش‌دهی لایه پروسکایت، جریان الکتریکی ناشی از نور خورشید افزایش می‌یابد و باعث بالارفتن بازده تبدیل توان می‌گردد. به دلیل حساسیت بالای سلول‌های خورشیدی پروسکایتی به مورفولوژی لایه پروسکایت، کنترل بلورینه شدن لایه پروسکایت یک عمل ضروری در ساخت این سلول‌های خورشیدی می‌باشد. پوشش بالای لایه پروسکایت باعث بالا رفتن جذب نور می‌شود و همچنین سطح لایه پروسکایت متراکم و یکنواخت، از باز ترکیب الکترون و حفره جلوگیری می‌کند که این به دلیل کاهش امکان تماس مستقیم بین لایه انتقال الکترون و لایه انتقال حفره می‌باشد (زارع نژاد و همکاران، ۱۳۹۷).

یکی از مهمترین ویژگی‌های سیستم‌های پروسکایتی هالیدهای متیل آمونیوم سرب آن است که می توان باندگپ آنها (بین ۵ / ۱ تا ۳ / ۲ الکترون ولت) را با مقدار هالید بکار برده شده تغییر داد. همچنین این مواد برای هر دو جزء الکترون و حفره طول نفوذی

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۲۱-۲۸
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

معادل با یک میکرون را دارا می‌باشند که این مقدار طول نفوذ عدد بسیار قابل توجهی می‌باشد. عدد طول نفوذ بالا به آن معناست که این مواد می‌توانند به طور مؤثری در یک معماری لایه نازک بکار برده شوند. همچنین حاملین بار می‌توانند در ترکیبات پروسکایت فواصل طولانی را طی کنند. شکل (۴) نمونه‌ای از دو ساختار پروسکایتی را نشان می‌دهد. در بخش الف ساختار سلول خورشیدی حساس شده به پروسکایت و بخش ج مکانیزم عملکرد این دستگاه را نشان می‌دهد. در این ساختار پروسکایت که به عنوان جاذب نور و تولید کننده الکترون و حفره عمل می‌کند برروی نانوذرات متخلخل TiO_2 قرار گرفته و مجموعه‌ی آنها برروی آند قرار می‌گیرند. بعد از جذب نور توسط پروسکایت الکترون از تراز پایه به تراز برانگیخته (رسانش) انتقال می‌یابد. سپس الکترون از تراز رسانش پروسکایت به تراز رسانش TiO_2 و از آنجا به الکترود آند منتقل شده و در مدار خارجی تولید جریان می‌کند. در بخش‌های ب و د به ترتیب ساختار سلول خورشیدی پروسکایتی لایه نازک و مکانیزم عملکرد آن نمایش داده شده است. در این ساختار، ماده پروسکایت بین دو نیمه هادی نوع n و p ساندویچ شده است. بعد از جذب نور در لایه پروسکایت الکترون‌ها به سمت نیمه هادی نوع n و حفرات به سمت نیمه هادی نوع p حرکت می‌کنند (کاظمی فرد و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۴- الف: سلول خورشیدی حساس شده به پروسکایت، ب: سلول خورشیدی پروسکایتی لایه نازک، ج: مکانیزم عملکرد سلول خورشیدی شکل الف، د: مکانیزم عملکرد سلول خورشیدی شکل ب (کاظمی فرد و همکاران، ۱۳۹۴).

مزایای پروسکایت:

پروسکایت از یک سو جاذب نور و از سوی دیگر، هم رساننده‌ی الکترون و هم رساننده‌ی حفره هستند. گاف انرژی مستقیم، ویژگی‌های اپتیکی قابل تنظیم توسط تغییر ساختار پروسکایت، تحرک‌پذیری مناسب حامل‌های بار و پایداری مناسب، درکنار ساخت نسبتاً ساده و ارزان، از دیگر ویژگی‌های آن هاست که نشان‌دهنده علل تمرکز بر این مواد به منظور جایگزینی با مواد و تکنولوژی‌های پیشین است (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۸).

نتیجه گیری

محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدید پذیر را نمایان می‌سازد. از میان انرژی‌های تجدید پذیر انرژی خورشیدی یکی از بزرگترین منابع انرژی در جهان است. سلول‌های

خورشیدی ابزاری هستند که نور خورشید را بر طبق اثر فوتوولتاییک به جریان الکتریسیته تبدیل می‌کنند. در سال‌های اخیر، به دلیل توسعه نسل‌های مختلف سلول‌های خورشیدی، انواع گوناگونی از آن ها، شامل سلول‌های خورشیدی سیلیکونی، حساس شده به رنگ دانه، نقاط کوانتومی، آلی و نسل‌های جدید ساخته شده‌اند.

سلول‌های خورشیدی پروسکایت نسل جدیدی از سلول‌های خورشیدی می‌باشند که می‌توانند در دسته سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای و لایه نازک قرار گیرند که با توجه به بازده بسیار بالای آنها (۲۱) درصد و هزینه ساخت بسیار پایینشان در مقایسه با سایر سلول‌های خورشیدی بازده بالا از قبیل سیلیکونی، کادمیم تلوراید و گالیم آرسناید، بسیار مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است

پروسکایت از یک سو جاذب نور و از سوی دیگر، هم رساننده‌ی الکترون و هم رساننده‌ی حفره هستند. گاف انرژی مستقیم، ویژگی‌های اپتیکی قابل تنظیم توسط تغییر ساختار پروسکایت، تحرک‌پذیری مناسب حامل‌های بار و پایداری مناسب، درکنار ساخت نسبتاً ساده و ارزان، از دیگر ویژگی‌های آن هاست که نشان‌دهنده علل تمرکز بر این مواد به منظور جایگزینی با مواد و تکنولوژی‌های پیشین است.

منابع:

آذرم، برهان.، نسل‌های مختلف سلول‌های خورشیدی و مکانیسم عملکرد آنها، نریه مباحث برگزیده در انرژی، سال اول، شماره دوم، ۱۳۹۶.

آهنگرانی فراهانی، فرزانه.، مرندی، مازیار.، حساس سازی همزمان سلول‌های خورشیدی نقاط کوانتومی متشکل از فوتوآند نانوبلوری TiO_2 با نانوذرات PbS و CdS و بررسی تأثیر نقاط کوانتومی PbS بر عملکرد سلول خورشیدی، مجله پژوهش فیزیک ایران، جلد ۱۷، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۶.

تیماسی، نازنین.، تفضلی، سعیده.، مهدیخانی، علی.، سیاوش موخر، روزبه.، کاربرد کربن به عنوان اتصال فلزی و لایه انتقال‌دهنده حفره در سلول‌های خورشیدی پروسکایتی با پایداری بالا، سی‌و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، ۱۳۹۵.

حشمتی، نیوشا.، محمدی، محمدرض.، عباچی، پروین.، تقوی نیا، نیما.، سنتز پروسکایت‌های هیبرید هالید سرب مخلوط کاتیونی بر پایه سزیم با کاربرد در سلول خورشیدی، هشتمین کنفرانس بین‌المللی مهندی مواد و متالوژی، تهران، ۱۳۹۸.

زارع نژاد، حمانه.، حلالی، محمد.، عسکری، مسعود.، بررسی اثر کلر در مورفولوژی لایه پروسکایت و بازده سلول‌های خورشیدی پروسکایتی به دو روش پوشش‌دهی چرخشی یک مرحله‌ای و پوشش‌دهی چرخشی غوطه‌وری، مجله مواد نوین جلود۹ف شماره ۲، ۱۳۹۷.

فیروزی، آرزو.، محمدی، احمد.، طراحی سلول‌های خورشیدی نانوپلاسمونیکی بر اساس برانگیختگی مدهای اپتیکی درون سلول؛ مجله پژوهش سیستم‌های بس ذره‌ای، دروه ۷، شماره ۱۵، زمستان ۱۳۹۶.

کاظمی‌فرد، شعله.، ناجی، لیلا.، افشار طارمی، فرامرز.، فخاران، زهرا.، مروری بر سلول‌های خورشیدی پلیمری، سازو کار عملکرد و مشخصه‌یابی آنها، بسپارش فصلنامه علمی- ترویجی، سال ششم، شماره ۳، ۱۳۹۵.

کریم‌پور، کریم.، قادری، آرام.، روش‌های افزایش بازده توان خروجی در سلول‌های خورشیدی؛ مجله نخبگان علوم و مهندسی، جلد۳، شماره ۴، ۱۳۹۷.

معنوی، سید احمد.، ابراهیمی، مرضیه.، بهبود ویژگی‌های سلول‌های خورشیدی پروسکایتی با تغییر در جزء آلی پروسکایت، ۴ امین همایش علمی دانشجویی مهندسی مواد و متالوژی ایران، شهرکرد، ۱۳۹۶.

یعقوبی‌نژاد، یدالله.، اشرفی گل، عاطفه.، دهنوی، فاطمه.، لطف الهی، غزل.، محمدزاده، مرتضی.، وکیلی، احسان.، نظری، امیر سجاد.، معرفی سلول‌های خورشیدی لایه نازک مبتنی بر ترکیبات گرافنی نانوساختار با توجه به پتانسیل‌های استان خراسان جنوبی؛ کنفرانس ملی فرصت‌ها و محدودیت‌های سرمایه‌گذاری در حوزه صنعت خراسان جنوبی، بیرجند، فروردین ۱۳۹۶.