

بررسی کاربرد ساختار با لایه‌ی فعال پروسکایت و اتصال فلزی آلومینیوم به عنوان

ممریستور

سعید صالح‌پور*

گروه آموزشی فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، شهر بابلسر، کشور ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

در این پژوهش به مسئله‌ی حرکت حامل‌های یونی در داخل پروسکایت پرداختیم که به عنوان لایه‌ی فعال در ساختار استفاده شد. این حامل‌ها می‌توانند منجر به ایجاد پسماند در نمودار ولتاژمتری چرخه‌ای دستگاه ساخته شده گردد. سایر لایه‌های دستگاه از جمله اتصال فلزی نیز می‌توانند در جریان‌ها نقش بازی کنند. برای بررسی این مسئله ما نقش اتصال فلزی آلومینیوم را بررسی کردیم. همچنین بین اتصال فلزی و پروسکایت لایه‌ی اسپایرو امتاد (Spiro-OMeTAD) قرار دادیم و نقش آن را در رفتار قطعه بررسی کردیم. طبق نتایج نمودارهای ولتاژمتری چرخه‌ای در عدم حضور تابش در نمودارها یک قله مشاهده شد که می‌توان آن را به بروز یک واکنش اکسایش-کاهش در ساختار نسبت داد. چون یون‌ها در ساختار متحرک هستند، در اثر این حرکت، یون‌های ید به سمت اتصال فلزی آلومینیوم حرکت می‌کنند و با آلومینیوم واکنش داده و تشکیل آلومینیوم یدید می‌دهند. این نوع رفتار (قله‌ی واکنش اکسایش-کاهش) در این دستگاه، عکس العمل خازنی نامیده می‌شود که برای دستگاه ممریستور مطلوب نمی‌باشد. نوعی رفتار به نام عکس العمل القایی وجود دارد که برای ممریستورها مطلوب است و در قطعات ساخته شده مشاهده نشد.

واژگان کلیدی: ممریستور پروسکایتی، جریان یونی، پسماند، اتصال فلزی، آلومینیوم

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۲

تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۹/۱۹

شاپای چاپی: 2588-493x
شاپای الکترونیکی: 2588-4921

*نویسنده مسئول

sd.salehpour@gmail.com



مقدمه

ساختار به طور پایداری قرار داد و از این لحاظ می‌توان به سهولت خواص آن را تغییر داد و بهینه کرد.

در این میان در تحقیقات اخیر تلاش بر این بوده که به بررسی مهاجرت یونی در این نوع مواد بپردازند. از آنجایی که پروسکایت‌ها ساختار نرمی دارند و مواد یونی در ساختار خود دارند این مواد می‌توانند با استفاده از تهی‌جای‌های درون ساختار دستگاه به حرکت در بیایند و جریان یونی ایجاد کنند. این مسئله در سلول‌های خورشیدی می‌تواند باعث ایجاد پسماند در منحنی

پروسکایت‌ها موادی هستند که امروزه به خاطر ساختاری که دارند در حوزه‌های مختلف و دستگاه‌های مختلف برای آینده در حال بررسی و مورد علاقه‌ی پژوهش‌گران هستند و دلیل این مسئله از طرفی هزینه‌ی پایین تر این مواد نسبت به مواد نیمه‌رسانای دیگر [۲۵] و ویژگی‌های اپتیکی و الکتریکی مناسب شان نظیر جذب اپتیکی گسترده می‌باشد [۲۴]. ساختار این مواد به گونه‌ای است که می‌توان کاتیون‌ها و مواد مختلفی را در این

ولتامتری چرخه‌ای گردد [۲۸] اما در عین حال از این خاصیت برای ساخت قطعاتی متفاوت به نام ممریستور می‌توان بهره برد که نوعی حافظه‌ی الکتریکی هستند.

در کامپیوترهای رایج فعلی سرعت جابجایی اطلاعات بین پردازشگر^۱ و حافظه، کمتر از سرعت پردازش اطلاعات است [۲] و [۳]. به همین دلیل جمع کردن واحد پردازش و حافظه با هم در یک دستگاه واحد برای نسل بعدی حافظه‌ها ضروری است [۵]. ممریستور چهارمین عنصر پایه‌ی مدار علاوه بر مقاومت، القاگر و خازن است [۶] و به دلیل قابلیت زیاد در ذخیره سازی داده‌ها و پردازش اطلاعات در تحقیقات اخیر مورد توجه بوده است و دارای مزایایی مثل سرعت کلید زنی^۲ [۷] بالا، چگالی بالای داده‌ها [۸]، انعطاف پذیری در اندازه [۹]، پایداری طولانی و مصرف انرژی کم است [۱۰ و ۱۱].

اثر کلید زنی مقاومتی از تغییر مقاومت ناگهانی ناشی می‌شود و مقادیر مقاومت بین حالت مقاومت کم (LRS) و حالت مقاومت بالا (HRS) به صورت برگشت پذیر تغییر می‌کنند، که می‌توان آن را به طور قراردادی مربوط به مقادیر منطقی «۱» و «۰» قرار داد [۱۲].

ساختار ممریستور متشکل از دو الکتروود [۱۶] و یک لایه فعال (مانند اکسید فلز [۱۷]، هالید پروسکایت [۱۸ و ۱۹]، MXene [۲۰]، و مواد آلی [۲۱]) است. ممریستورهای پروسکایت به دلیل مهاجرت سریع یون، انعطاف پذیری فوق العاده، طول انتشار حامل طولانی و تحرک بالای حامل لایه‌های پروسکایت دارای خواص عالی هستند.

هر یک از لایه‌ها در یک قطعه‌ی ممریستور در کارکرد آن نقش دارند. از جمله اتصالات، که با جداسازی یون فلزی از اتصال فلزی و واکنش با سایر یون‌ها از جمله یون‌های ید، که از سمت

پروسکایت آزاد می‌شوند، واکنش‌های برگشت پذیر و یا برگشت ناپذیری را رقم می‌زنند، به همین دلیل انتخاب یک اتصال فلزی مناسب بسیار مهم است. برای داشتن یک ممریستور اتصال فلزی نباید واکنش برگشت ناپذیر با سایر یون‌ها داشته باشد چون در این صورت ساختار لایه‌ها و اتصال تغییر می‌یابد و امکان به کاربردن مجدد ساختار به عنوان ممریستور وجود نخواهد داشت.

۱- روش تحقیق

در تحقیقات پیشین پاسپسیل و همکاران [۲۲] طلا را به عنوان اتصال در ساختار قطعه‌ی ممریستور حاوی پروسکایت آزمودند و دیدند که پسماند کاهشی در تکرار آزمایش ولتامتری چرخه‌ای قطعه نداشت. همچنین تیمورنیا و همکاران [۲۲] نقره را آزمودند و دیدند که پسماند بعد تکرار آزمایش ولتامتری چرخه‌ای دستگاه کاهش زیادی داشت، با الگو گرفتن از آن‌ها ما آلومینیوم را آزمودیم و قطعاتی با ساختار شکل ۱ را ساختیم. هدف ما این بود که تغییرات پسماند را بررسی کرده و عکس العمل خازنی یا القایی قطعه را بیازماییم. برای ساخت یک ممریستور مناسب باید دستگاه عکس العمل القایی از خود نشان بدهد.

Gold Contact
Al
Spiro-OMeTAD
Perovskite
PEDOT
FTO

شکل ۱ ساختار قطعات ساخته شده

^۲ Switching

^۱ CPU

۱-۱ مراحل تحقیق

لایه نشانی پروسکایت به روش لایه نشانی چرخشی انجام شد. بدین منظور برای تهیه‌ی هر لایه مقدار ۵۰ میکرولیتر از محلول پروسکایت تهیه شده را روی زیرلایه ریختیم و ۸ ثانیه بعد آغاز چرخش ۵۰۰ میکرولیتر ضد حلال کلروبنزن روی زیرلایه ریختیم و زمان کل چرخش ۵۰ ثانیه بود. تنظیمات دستگاه لایه نشانی چرخشی عبارت اند از ۵۰ ثانیه زمان چرخش، سرعت چرخش ۴۰۰۰ RPM و شتاب چرخش ۴۰۰۰ RPM/s. بعد پایان لایه نشانی لایه‌ی پروسکایت به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گرماداده شد.

برای ساختن محلول اسپایرو اُمتاد ۱۰ میلی‌گرم اسپایرو اُمتاد را به یک میلی‌لیتر کلروبنزن افزودیم. برای تهیه‌ی لایه‌ی اسپایرو اُمتاد از روش لایه نشانی چرخشی استفاده شد و مقدار ۵۰ میکرولیتر از محلول تهیه شده را روی نمونه ریختیم و چرخش نمونه انجام شد. تنظیمات دستگاه برای چرخش ۳۰ ثانیه زمان چرخش و سرعت چرخش ۶۰۰۰ RPM و شتاب چرخش ۸۰۰ RPM/s هستند.

برای لایه نشانی آلومینیوم از آلومینیوم خالص استفاده شد و روش لایه نشانی تبخیر گرمای فیزیکی بود. مقدار ضخامت لایه نشانی شده به این روش ۲۰ نانومتر بود که با ضخامت سنج بلور کوارتز داخل دستگاه و حین لایه نشانی اندازه‌گیری انجام می‌شد.

برای اتصال رویی از طلا استفاده شد و به روش تبخیر گرمایی فیزیکی لایه نشانی انجام شد. قطعات ساخته شده‌ی نهایی در شکل ۲ قابل مشاهده هستند.



شکل ۲ قطعات ساخته شده

ابتدا زیرلایه‌ها به روش متداول شسته شدند، سپس در ظرف مخصوص قرار گرفت و به ترتیب با هر یک از محلول‌های زیر در دستگاه اولتراسونیک به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت.

۱-آب دیونیزه + مایع ظرف شویی، ۲-استون، ۳-اتانول، ۴-۵۰ درصد اتانول + ۵۰ درصد ایزوپروپانول

محلول PEDOT مورد نیاز به وسیله‌ی یک فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر فیلتر شد تا برای لایه نشانی استفاده شود. این ماده به روش لایه نشانی چرخشی لایه نشانی شد. تنظیمات دستگاه برای چرخش عبارت اند از زمان چرخش ۳۰ ثانیه، سرعت چرخش ۳۰۰۰ RPM و شتاب چرخش ۱۰۰۰ RPM/s. نمونه بعد تهیه ۵ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گرماداده شد. سپس محلول‌ها و مواد مورد نیاز در گلاوباکس تحت نیتروژن و زیر هود تهیه و اندازه‌گیری شدند. برای آماده سازی محلول پیش ماده پروسکایت، ابتدا پیش ماده‌ها و حلال‌های لازم را اندازه‌گیری کردیم. این مواد، ۲۳۵ میلی‌گرم متیل‌آمونیم‌یدید^۳، ۱ میلی‌لیتر دی‌متیل‌فرم‌آمید^۴، ۹۵ میکرولیتر دی‌متیل‌سولفوکسید^۵، ۶۸۱/۵ میلی‌گرم سرب یداید^۶ (خلوص بیشتر از ۹۸ درصد) هستند که از شرکت مرک آلمان می‌باشد.

۱-۲ مراحل تحقیق

بعد از اندازه‌گیری پیش ماده‌ها و حلال‌ها ابتدا ۱ میلی‌لیتر دی‌متیل‌فرم‌آمید و ۹۵ میکرولیتر دی‌متیل‌سولفوکسید را به ۶۸۱/۵ میلی‌گرم سرب یداد افزودیم و ظرف را تکان دادیم تا حل شود سپس قبل از شروع ساخت پروسکایت ۲۳۵ میلی‌گرم متیل‌آمونیم‌یدید را به محلول قبلی افزودیم تا پیش ماده‌ی پروسکایت آماده شود.

^۵ DMSO

^۶ PbI₂

^۳ MAI

^۴ DMF

۲- یافته ها

نقص‌های لایه‌ی فعال باعث به تله افتادن و آزاد شدن الکترون‌ها می‌گردند همچنین حرکت یون‌ها درون ماده پروسکایت که باعث قطبش فروالکتریک این ماده می‌گردد [۱۰، ۴ و ۱۳].

در تحقیقات پیشین در توجیه جریان خازنی در قطعات مبتنی بر پروسکایت و دی‌اکسیدتیتانیوم گفته اند، یون‌های ید در اثر اعمال ولتاژ به سمت لایه‌ی اسپایرو امتداد می‌روند و جای خالی یون‌های ید در محل اتصال پروسکایت با لایه‌ی دی‌اکسیدتیتانیوم بار مثبتی بر جای می‌گذارد. با تزریق و تجمع الکترون‌ها در لایه‌ی دی‌اکسیدتیتانیوم بار کل صفر را بدست می‌دهد که این منشاء جریان خازنی است [۱۴]. اینجا لایه‌ی دی‌اکسیدتیتانیوم وجود ندارد و به جای آن لایه‌ی PEDOT داریم. در محل اتصال لایه‌ی آلی با پروسکایت تهی‌جای کم‌تری نسبت به اتصال دی‌اکسیدتیتانیوم و پروسکایت وجود دارد (پیوند Ti-I سست تر است). اما نمی‌توان وجود آن را غیر ممکن دانست و پدیده‌ی مشابهی در محل این اتصال همانند اتصال پروسکایت و دی‌اکسیدتیتانیوم روی داده است.

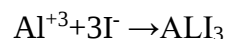
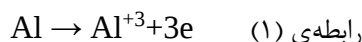
باید در نظر داشت چون در نمونه‌های ساخته شده در این آزمایش از روش لایه نشانی چرخشی استفاده شده است لایه ضخامت متغیر دارد و همچنین حفره‌های بسیاری دارد که ید در آن‌ها نفوذ می‌کند و به اتصال فلزی می‌رسد. همچنین یون‌های ید در اثر اعمال ولتاژ به سمت لایه‌ی اسپایرو امتداد رفته و با آن نیز واکنش می‌دهند [۱۵ و ۲۷].

در این آزمایش ولتامتری چرخه‌ای در سرعت‌های پیمایش بالا مقدار پسماند کم است و با کاهش آهنگ پیمایش شاهد ظهور بهتر قله‌ی واکنش اکسایش-کاهش^{۱۰} و افزایش

آزمایش‌های کرونو آمپرمتری^۹ و ولتامتری چرخه‌ای^۸ برای هر کدام از ۵ پیکسل هر قطعه‌ی ساخته شده با دستگاه پتانسیومتر مدل پالم سنس^{۹۴} انجام شد.

در ادامه نتایج مشخصه‌یابی ولتامتری چرخه‌ای این قطعات تحت تاریکی (بدون تابش) می‌آید (شکل ۳). در حالتی که ولتاژ را افزایش می‌دهیم یون‌های ید به سمت اتصال فلزی حرکت می‌کنند و با آلومینیوم واکنش می‌دهند. این فرایند بازگشت پذیر نیست و حامل‌های یونی بی تحرک می‌شوند و رفتار قطعه عوض می‌شود [۲۶]. در شکل ۳ که آزمایش ولتامتری چرخه‌ای از نمونه‌ی با ساختار مذکور می‌باشد ملاحظه می‌گردد در حدود ۰/۸ ولت یک قله وجود دارد که بیان‌گر واکنش بین اتصال فلزی آلومینیوم و یون‌های ید از پروسکایت و تشکیل آلومینیوم یدید می‌باشد.

آلومینیوم با از دست دادن سه الکترون اکسید شده است و سپس در واکنش با سه یون ید از سمت ساختار پروسکایت احیا شده است، فرآیند مذکور در رابطه‌ی ۱ آمده است.



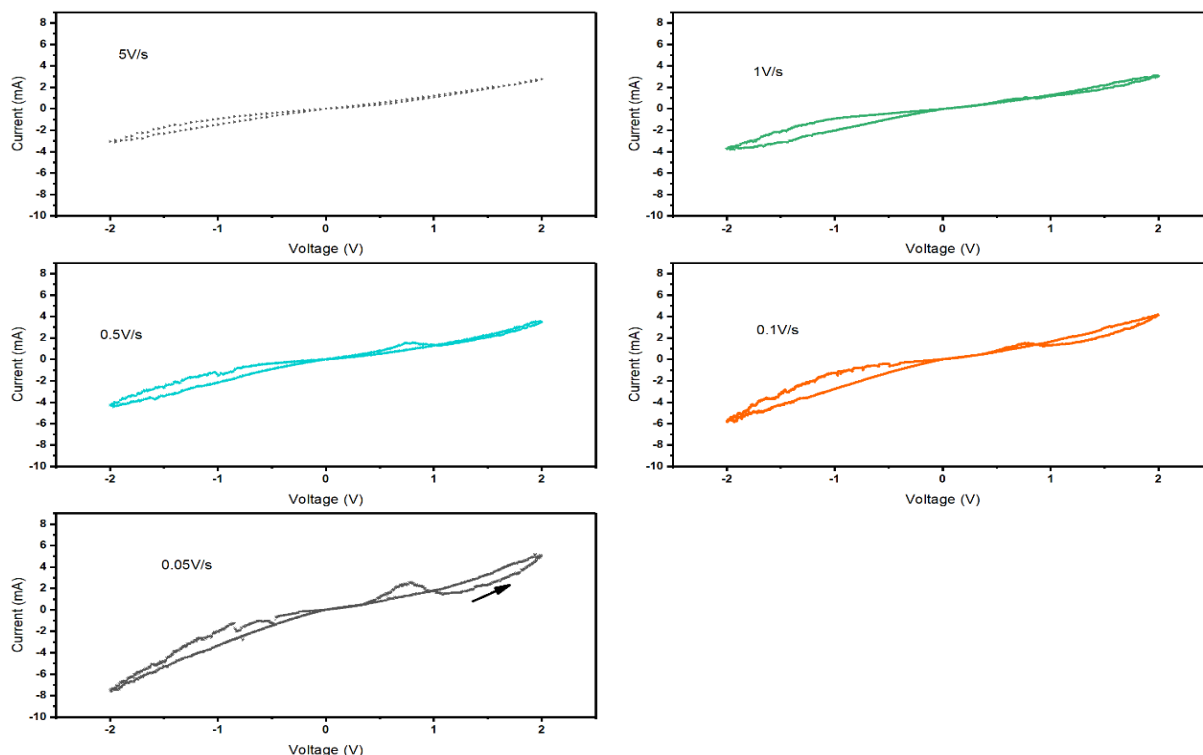
دلیل افت ولتاژ بعد از نوک قله هم مربوط به کاهش حامل‌های یونی داخل ساختار در اثر واکنش با آلومینیوم است. پیکان روی شکل جهت پیمودن ولتاژ را نشان می‌دهد.

پسماندی که در منحنی مشاهده می‌شود ناشی از دلایل مختلفی است، از جمله تجمع بار در سطح اتصال دو لایه که منجر به ایجاد جریان خازنی می‌گردد و این حقیقت که

^۹ PalmSens4^{۱۰} Redox Peak^۹ Chronoamperometry^۸ Cyclic Voltammetry

است. به طور کلی رفتار خازنی که در این نمودارها مشاهده شد، برای ساخت ممریستور مطلوب نیست و رفتار القایی برای ممریستور مطلوب می باشد که در این نمودارها ملاحظه نمی شود. در رفتار القایی جهت پیمودن منحنی پسماند در جهت عکس رفتار خازنی است.

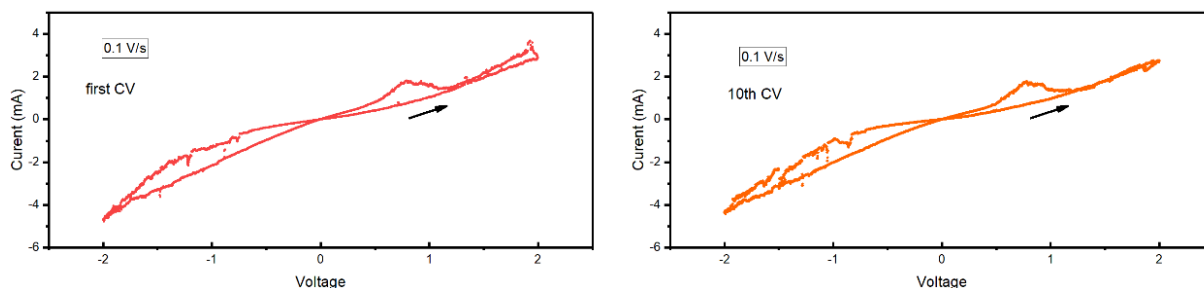
پسماند در نمودار ولتامتری چرخه ای هستیم (شکل ۳) که این در توافق با نتیجه ای است که پاسپسیل و همکاران [۲۳] بدست آوردند. این موضوع نشان می دهد ظهور پسماند ناشی از جریان یونی نیاز به آهنگ پیمایش کم دارد چون سینتیک واکنش اتصال فلزی با یون ید کند



شکل ۳ مشخصه یابی ولتامتری چرخه ای پیکسل ۱ نمونه با آهنگ پیمایش های مختلف

دهم تغییر چندانی نکرده و عکس العمل خازنی قوی قابل ملاحظه است.

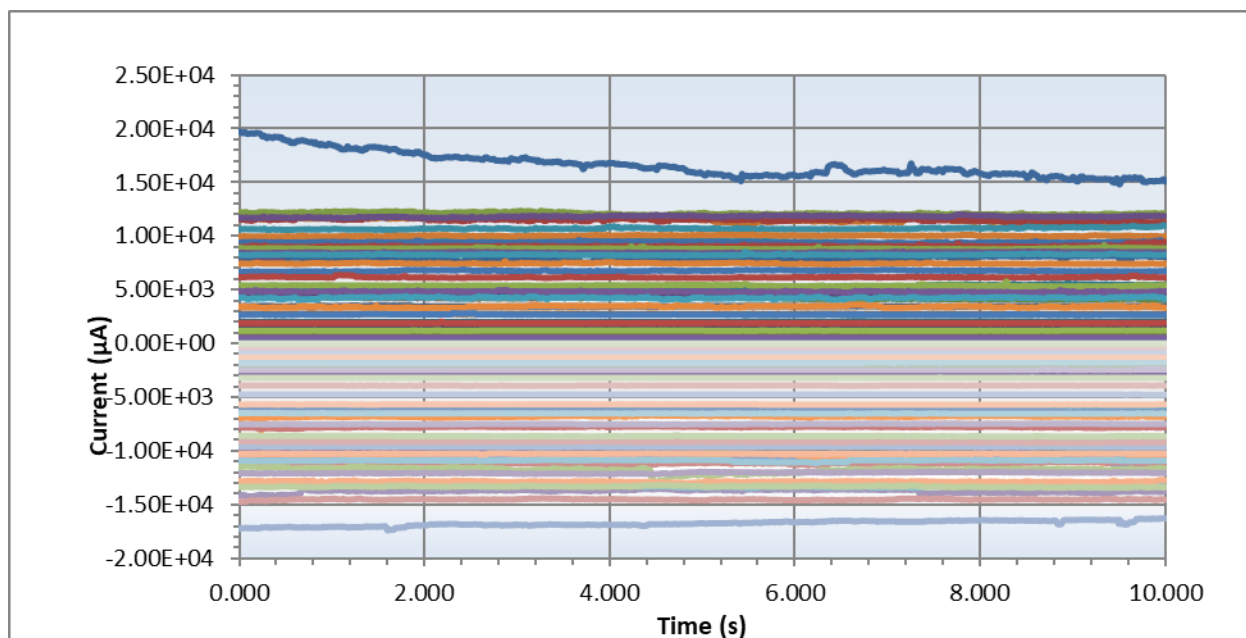
در مورد بعدی (شکل ۴) آزمایش ولتامتری چرخه ای از ولتاژهای منفی شروع شد و به مثبت برگشت که بر عکس مورد قبلی است. آزمایش ده بار تکرار شد و در هر ده مرتبه شاهد قله ای اکسایش-کاهش در نمودار بودیم. قله ی مذکور در حدود ۰/۸ ولت قابل مشاهده است. پسماند در منحنی



شکل ۴ مشخصه یابی ولتامتری چرخه ای پیکسل ۲ نمونه با آهنگ پیمایش ۰/۱ V/s، اندازه گیری اول و دهم

در مدت ۱۰ ثانیه و با ولتاژ ۰/۱ ولت انجام می‌شود. اگر مدت زمان آزمایش زیاد باشد می‌تواند منجر به حرکت یون‌های ید و در نتیجه اکسایش اتصال فلزی گردد. در شکل ۵ نتیجه‌ی آزمایش کروئوآمپرمتری نمونه آمده است.

قبل از انجام هر آزمایش ولتامتری چرخه‌ای آزمایش کروئوآمپرمتری انجام دادیم. با انجام این آزمایش و بررسی عدم وجود اغتشاش^{۱۱} در خطوط از ثبات جریان مطمئن می‌شویم. وجود اغتشاش در خطوط جریان می‌تواند نمایش‌گر عدم ثبات جریان در درون ساختار باشد که این می‌تواند به دلیل حرکت حامل‌های یونی باشد که در اثر حرکت آن‌ها جریان دچار اغتشاش می‌گردد. آزمایش مذکور



شکل ۵ آزمایش کروئوآمپرمتری پیکسل ۵ نمونه

همچنین باعث ایجاد پسماند در نمودار ولتامتری چرخه‌ای می‌گردد. این واکنش اکسایش-کاهش منجر به ایجاد رفتار خازنی در دستگاه می‌گردد که برای ممپرستور مطلوب نمی‌باشد. برای یک ممپرستور رفتار القایی مطلوب است.

۳- نتیجه‌گیری و بحث

قطعاتی با لایه‌ی فعال پروسکایت و اتصال فلزی آلومینیوم ساخته شد و با آزمایش ولتامتری چرخه‌ای مشخص شد قطعات رفتار ممپرستوری ندارند. حرکت یون‌های ید از پروسکایت و واکنش با سایر یون‌ها از جمله یون‌های اتصال فلزی آلومینیوم واکنشی است که بازگشت پذیر نیست و

^{۱۱} noise

- Advanced Materials, 31 (21), 1804841, 2019.
- [9] John R. A., Shah N., Vishwanath S. K., Ng S. E., Febriansyah B., Jagadeeswararao M., *et al.*, "Halide perovskite memristors as flexible and reconfigurable physical unclonable functions", Nature Communications, 12 (1), 3681, 2021.
- [10] Ma Z., Ge J., Chen W., Cao X., Diao S., Liu Z., *et al.*, "Reliable Memristor Based on Ultrathin Native Silicon Oxide", ACS Applied Materials & Interfaces, 14 (18), 21207-21216, 2022.
- [11] Zhao X., Wang Z., Li W., Sun S., Xu H., Zhou P., *et al.*, "Organic-Inorganic Perovskite Memristors: Photoassisted Electroforming Method for Reliable Low-Power Organic-Inorganic Perovskite Memristors", Advanced Functional Materials, 30 (17), 2070111, 2020.
- [12] Liu Q., Gao S., Xu L., Yue W., Zhang C., Kan H., *et al.*, "Nanostructured perovskites for nonvolatile memory devices", Chemical Society Reviews, 51 (9), 3341-3379, 2022.
- [13] Chen B., Yang M., Priya S. and Zhu K., "Origin of J-V Hysteresis in Perovskite Solar Cells", The Journal of Physical Chemistry Letters, 7 (5), 905-917, 2016.
- [14] Carrillo J., Guerrero A., Rahimnejad S., Almora O., Zarazua I., Mas-Marza E., *et al.*, "Ionic Reactivity at Contacts and Aging of Methylammonium Lead Triiodide Perovskite Solar Cells", Advanced Energy Materials, 6 (9), 1502246, 2016.
- [15] Garcia-Belmonte G. and Bisquert J., "Distinction between capacitive and noncapacitive hysteretic currents in operation and degradation of perovskite solar cells", ACS Energy Letters, 1 (4), 683-688, 2016.
- [16] Fang Y., Zhai S., Chu L. and Zhong J., "Advances in halide perovskite memristor from lead-based to lead-free materials", ACS Applied Materials & Interfaces, 13 (15), 17141-17157, 2021.
- [17] Wang Y., Cao M., Bian J., Li Q. and Su J., "Flexible ZnO Nanosheet-Based Artificial Synapses Prepared by Low-Temperature Process for High Recognition Accuracy Neuromorphic
- [1] Tress W., Marinova N., Moehl T., Zakeeruddin S. M., Nazeeruddin M. K. and Grätzel M., "Understanding the rate-dependent J-V hysteresis, slow time component, and aging in CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cells: the role of a compensated electric field", Energy & Environmental Science, 8 (3), 995-1004, 2015.
- [2] Cheng C., Wang Y., Xu L., Liu K., Dang B., Lu Y., *et al.*, "Artificial Astrocyte Memristor with Recoverable Linearity for Neuromorphic Computing", Advanced Electronic Materials, 8 (8), 2100669, 2022.
- [3] Kuzum D., Jeyasingh R. G. D., Lee B. and Wong H. S. P., "Nanoelectronic Programmable Synapses Based on Phase Change Materials for Brain-Inspired Computing", Nano Letters, 12 (5), 2179-2186, 2012.
- [4] Shao Y., Xiao Z., Bi C., Yuan Y. and Huang J., "Origin and elimination of photocurrent hysteresis by fullerene passivation in CH₃NH₃PbI₃ planar heterojunction solar cells", Nature Communications, 5 (1), 5784, 2014.
- [5] Wang T. Y., Meng J. L., Chen L., Zhu H., Sun Q. Q., Ding S. J., *et al.*, "Flexible 3D memristor array for binary storage and multi-states neuromorphic computing applications", InfoMat, 3 (2), 212-221, 2021.
- [6] Xiao X., Hu J., Tang S., Yan K., Gao B., Chen H., *et al.*, "Recent Advances in Halide Perovskite Memristors: Materials, Structures, Mechanisms, and Applications", Advanced Materials Technologies, 5 (6), 1900914, 2020.
- [7] Park Y., Kim S. H., Lee D. and Lee J.-S., "Designing zero-dimensional dimer-type all-inorganic perovskites for ultra-fast switching memory", Nature Communications, 12 (1), 3527, 2021.
- [8] Kang K., Ahn H., Song Y., Lee W., Kim J., Kim Y., *et al.*, "High-Performance Solution-Processed Organo-Metal Halide Perovskite Unipolar Resistive Memory Devices in a Cross-Bar Array Structure",

- Halides in Single-Crystal Hybrid-Perovskite/Au Interface upon Biasing and Effect on Electronic Carrier Injection", *Advanced Functional Materials*, 29 (32), 1900881, 2019.
- [24] Green M. A., Ho-Baillie A. and Snaith H. J., "The emergence of perovskite solar cells", *Nature Photonics*, 8 (7), 506-514, 2014.
- [25] Wehrenfennig C., Eperon G. E., Johnston M. B., Snaith H. J. and Herz L. M., "High charge carrier mobilities and lifetimes in organolead trihalide perovskites", *Advanced Materials (Deerfield Beach, Fla.)*, 26 (10), 1584, 2014.
- [26] Sakhatskyi K., John R. A., Guerrero A., Tsarev S., Sabisch S., Das T., *et al.*, "Assessing the Drawbacks and Benefits of Ion Migration in Lead Halide Perovskites", *ACS Energy Letters*, 7 (10), 3401-3414, 2022.
- [27] Wang H., Guerrero A., Bou A., Al-Mayouf A. M. and Bisquert J., "Kinetic and material properties of interfaces governing slow response and long timescale phenomena in perovskite solar cells", *Energy & Environmental Science*, 12 (7), 2054-2079, 2019.
- [28] Eames C., Frost J. M., Barnes P. R., O'Regan B. C., Walsh A. and Islam M. S., "Ionic transport in hybrid lead iodide perovskite solar cells", *Nat Commun*, 6, 7497-7505, 2015.
- Computing", *Advanced Functional Materials*, 32 (52), 2209907, 2022.
- [18] Xiao Z., Yuan Y., Shao Y., Wang Q., Dong Q., Bi C., *et al.*, "Giant switchable photovoltaic effect in organometal trihalide perovskite devices", *Nature materials*, 14 (2), 193-198, 2015.
- [19] Kim H., Choi M.-J., Suh J. M., Han J. S., Kim S. G., Le Q. V., *et al.*, "Quasi-2D halide perovskites for resistive switching devices with ON/OFF ratios above 10⁹", *NPG Asia Materials*, 12 (1), 21, 2020.
- [20] Sokolov A., Ali M., Li H., Jeon Y.-R., Ko M. J. and Choi C., "Partially Oxidized MXene Ti₃C₂T Sheets for Memristor having Synapse and Threshold Resistive Switching Characteristics", *Advanced Electronic Materials*, 7 (2), 2000866, 2021.
- [21] Yoo E. J., Lyu M., Yun J.-H., Kang C. J., Choi Y. J. and Wang L., "Resistive Switching Behavior in Organic-Inorganic Hybrid CH₃ NH₃ PbI_{3-x} Cl_x Perovskite for Resistive Random Access Memory Devices", *Advanced Materials (Deerfield Beach, Fla.)*, 27 (40), 6170-6175, 2015.
- [22] Teymourinia H., Gonzales C., Gallardo J. J., Salavati-Niasari M., Bisquert J., Navas J., *et al.*, "Interfacial Passivation of Perovskite Solar Cells by Reactive Ion Scavengers", *ACS Applied Energy Materials*, 4 (2), 1078-1084, 2021.
- [23] Pospisil J., Guerrero A., Zmeskal O., Weiter M., Gallardo J. J., Navas J., *et al.*, "Reversible Formation of Gold

Investigating the application of a structure with perovskite active layer and aluminum metal contact as a memristor

Saeed Salehpour*

Physics Department, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Mazandaran, Iran

Article details

Received: 15/02/2024

Accepted: 02/12/2024

Published: 09/12/2024

ISSN: 2588-493x

eISSN: 2588-4821

Correspondence email:

sd.salehpour@gmail.com



Abstract

In the present research, we addressed the movement of ionic carriers inside perovskite, which was used as an active layer in the structure. These carriers can lead to the creation of hysteresis in the cyclic voltammetry diagram of the device. Other layers of the device, including the metal contacts, can also play a role in the currents. To investigate this issue, we investigated the role of aluminum metal contact. In addition, we placed a Spiro-OMeTAD layer between the metal contact and the perovskite and investigated its role in the device's behavior. According to the results of the cyclic voltammetry analysis, a peak was observed in the absence of radiation in the diagrams, which can be attributed to the occurrence of a Redox reaction in the structure. Because the ions are mobile in the structure, as a result of this movement, the iodine ions move towards the metal contact of aluminum and react with aluminum to form aluminum iodide. This type of behavior (related to the peak of Redox reaction) in this device is called capacitive behavior, which is not desirable for memristor devices. There is a type of behavior called inductive behavior, which is desirable for memristors and was not observed in the fabricated devices.

Keywords: Perovskite Memristor, Ionic Current, Hysteresis, Metal Contact, Aluminum