مطالعه ممریستور ساخته شده بر پایه ترکیب مواد آلی و اکسید گرافن

طاهرخانی ، بابک[1] ؛ عباس زاده، داود[2]

[1]دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان، گاوازنگ، زنجان

چکیده

دستگاه های حافظه غیرفرار، بر اساس مکانیزم های متفاوتی ساخته می شوند. یکی از این مکانیسم ها بر اساس تغییرات رسانندگی با توجه به جهت اعمال میدان الکتریکی بر قطعه ممریستور است. با توجه به این مکانیسم لایه های نازک کامپوزیت های پلی-وینیل کاربازول (PVK) و گرافن، ساخته شدند. ویژگی های جریان ولتاژ دستگاه ساخته شده، رفتارهای رسانایی الکتریکی متفاوتی را نشان می دهد، مانند رفتار عایق، اثر حافظه یک بار خواندن چند بار (WORM)، اثر حافظه قابل بازنویسی و رفتار رسانا، که به میزان آلایش ترکیب با اکسید گرافن بستگی دارد. حالت های OFF و ON دستگاه های حافظه WORM و حافظه های قابل بازنویسی تحت یک ولتاژ ثابت یا یک پالس پیوسته پایدار هستند. مکانیسم حافظه از مدل سازی ماهیت جریان ها در هر دو حالت در دستگاه ها استنتاج می شود.

***واژگان کلیدی** : حافظه غیر فرار، حافظه قابل بازنویسی، مکانیسم حافظه الکتریکی، کامپوزیت های پلیمری-آلی*

Memristors Based on Organic Materials and Graphene Oxide Composites

Taherkhani, Babak[1]; Abbaszadeh, Davood[1]

[1] Department of Physics, Institude for Advanced Studies in Basic Sciences, Zanjan

Abstract

Nonvolatile memory devices, based on electrical conductance tuning in thin film composites made of poly (N-vinyl carbazole)–graphene, are fabricated. The current-voltage characteristics of the fabricated sample show different electrical conductance behaviors, such as insulator behavior, write-once read-many-times (WORM) memory effect, rewritable memory effect and conductor behavior, which depend on the doping of graphene oxide in the PVK–graphene composites. The OFF and ON states of the WORM and rewritable memory devices are stable under a constant voltage or a continuous pulse. The memory mechanism is deduced from the modelling of the nature of currents in both states in the devices.

***Key words:** Nonvolatile memory, Rewritable memory, memory mechanism, Polymer-organic composites*

مقدمه

یک دستگاه حافظه الکترونیکی نوعی فضای ذخیره از جنس نیمه‌رسانا است که پاسخ سریعی و اندازه فشرده‌ای داشته و در صورت اتصال با واحد پردازش مرکزی (CPU) قابل خواندن و نوشتن است. در حافظه الکترونیکی بر پایه سیلیکون، اطلاعات براساس میزان شارژ ذخیره شده در سلول‌های حافظه ذخیره می‌شوند. حافظه‌های الکترونیکی آلی/پلیمری داده‌ها را به روشی کاملاً متفاوت ذخیره می‌کنند، به عنوان مثال، بر اساس حالت‌های مختلف رسانش الکتریکی حالت (ON) و (Off) در پاسخ به یک میدان الکتریکی اعمال شده اطلاعات ذخیره می‌شوند.

با توجه به ظهور فناوری‌های جدید ذخیره سازی، حافظه دسترسی تصادفی فروالکتریک (FeRAM)، حافظه دسترسی تصادفی مقاومتی مغناطیسی (MRAM)، حافظه تغییر فاز (PCM) و حافظه آلی/ پلیمری در صنعت فناوری اطلاعات ظاهر شده‌اند. به جای ذخیره و بازیابی اطلاعات با رمزگذاری 0 و 1 به عنوان مقدار بار ذخیره شده در دستگاه‌های حافظه سیلیکونی، فناوری‌های جدید مبتنی بر دوپایداری الکتریکی ناشی از تغییرات در ویژگی‌های ذاتی

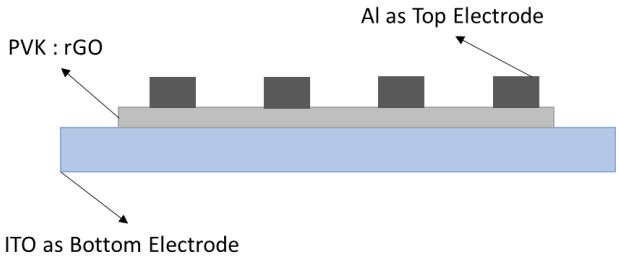
مواد مانند خاصیت مغناطیسی، قطبیت، فاز و رسانش در پاسخ به میدان الکتریکی اعمال شده، هستند.

مزایای حافظه الکترونیکی آلی و پلیمری شامل پردازش پذیری خوب، طراحی مولکولی از طریق سنتز شیمیایی، سادگی ساختار دستگاه، ابعاد کوچک، مقیاس پذیری خوب، کم هزینه بودن، کم مصرف، ویژگی های حالت چندگانه، قابلیت انباشته شدن سه بعدی و ظرفیت زیاد ذخیره سازی داده‌ها می‌باشد.

از انواع مواد استفاده شده در ساخت حافظه های الکتریکی بر پایه مواد آلی می توان به حافظه های ساخته شده با مولکول های آلی، مواد پلیمری (پلی ایمیدها، پلیمر های مزدوج و غیر مزدوج، پلیمر های آلایش شده با فولرن و گرافن و پلیمر های حاوی ذرات فلزی) و مواد هیبریدی آلی–معدنی اشاره کرد.(1)

دستگاه هایی که دارای مواد مقاومتی با قابلیت سوئیچینگ الکتریکی هستند به عنوان حافظه از نوع مقاومتی شناخته می شوند. ویژگی دوپایداری الکتریکی در این دستگاه ها در اثر تغییر خصوصیات ذاتی مواد مانند انتقال بار، تغییر فاز، تغییر ساختار و واکنش اکسایش کاهش، در پاسخ به میدان خارجی اعمال شده، ایجاد می شود.(2)

در این مطالعه ما دستگاه حافظه برپایه ترکیب پلیمر پلی–وینیل کاربازول (PVK) و اکسید گرافن (GO) با الکترود پایین ITO و الکترود بالایی از جنس فلز Al ، با درصد های وزنی 1،3 و 5 از گرافن را طراحی کرده و ساختیم، شکل 1.



شکل 1 : طرح دستگاه حافظه با ساختار ITO/PVK:rGO/Al.

بخش تجربی

آماده سازی ترکیب لایه PVK:rGO

با استفاده از گرافیت و با روش هامر اکسید گرافیت سنتز شد.(3,4) سپس به مدت 24 ساعت در کوره با دمای 60 درجه سلسیوس خشک شده و اکسید گرافیت خشک شده (60mg) در (6ml) حلال DMF حل کردیم و به این محلول ماده فنیل ایزوسیانات (260µl) را افزودیم، بعد از 48 ساعت اکسید گرافن را با استفاده از دستگاه اولتراسونیک لایه برداری نمودیم، در ادامه پلیمر PVK تهیه شده از سیگما آلدریچ را با استفاده از همزن مغناطیسی در حلال کلروبنزن حل کرده و به نسبت های مختلف با محلول اکسید گرافن آلایش نمودیم، جهت احیای اکسید گرافن به ترکیب ساخته شده از PVK:GO هیدرازین هیدرات اضافه شد و به مدت 24 ساعت روی همزن در دمای 80 درجه سلسیوس این عمل انجام شد تا محلول همگن و سیاه رنگی حاصل شود.

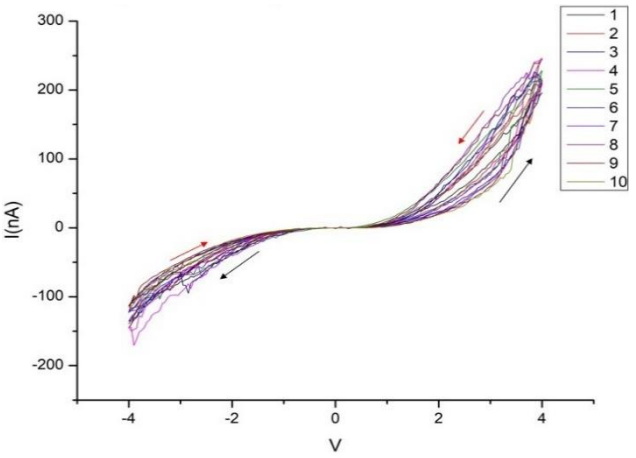
لایه نشانی و ساخت دستگاه

زیر لایه های شیشه ای با پوشش اکسید ایندیوم–قلع (ITO) در ابعاد 2×2 سانتی متر به ترتیب با آب دیونیزه،اتانول و ایزوپروپیل الکل در اولتراسونیک شسته و آماده شد، برای ایجاد بستر بهتر جهت لایه نشانی محلول زیرلایه ها را به مدت 30 دقیقه در دستگاه UV-O_3 قرار دادیم، سپس با استفاده از دستگاه Spin coat محلول PVK:rGO را روی زیر لایه ITO لایه نشانی کرده و به منظور حذف کردن حلال از لایه، نمونه را در کوره با دمای 80 درجه سلسیوس به مدت 24 ساعت قرار دادیم، آلومینیوم با ضخامت 200 نانومتر با استفاده از دستگاه لایه نشانی تبخیر فیزیکی (PVD) روی نمونه آماده شده به عنوان الکترود بالایی از طریق ماسک با روزنه هایی به ابعاد

$0.3\times0.3mm^2$, $0.5\times0.5mm^2$, $0.7\times0.7mm^2$ و $0.9\times0.9mm^2$ لایه نشانی شد.

نتایج و بحث

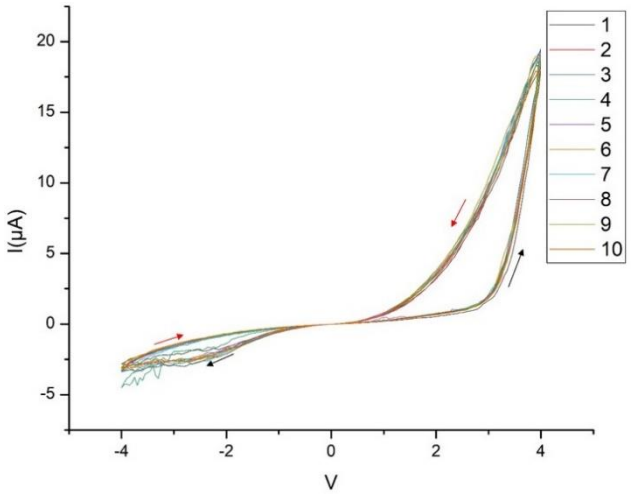
سوئیچینگ مقاومتی و اثرات حافظه ترکیب PVK-rGO در نمودار جریان–ولتاژ دستگاه ITO/PVK-rGO/Al در شکل 2 برای نمونه با یک درصد وزنی گرافن اکسید نشان داده شده است.



شکل2 : نمودار جریان–ولتاژ دستگاه با 1 درصد وزنی اکسید گرافن و با ساختار ITO/PVK:rGO/Al.

منحنی جریان–ولتاژ نمونه ساخته شده با یک درصد وزنی اکسید گرافن حالت دوپایدار با رسانش پایین از مرتبه نانو آمپر را نشان می دهد و عمل سوئیچینگ رخ نمی دهد، افزودن اکسید گرافن به PVK به عنوان لایه فعال باعث افزایش رسانش و ایجاد پسماند شده است و به عنوان دستگاه حافظه ای پایدار عمل نمی کند.

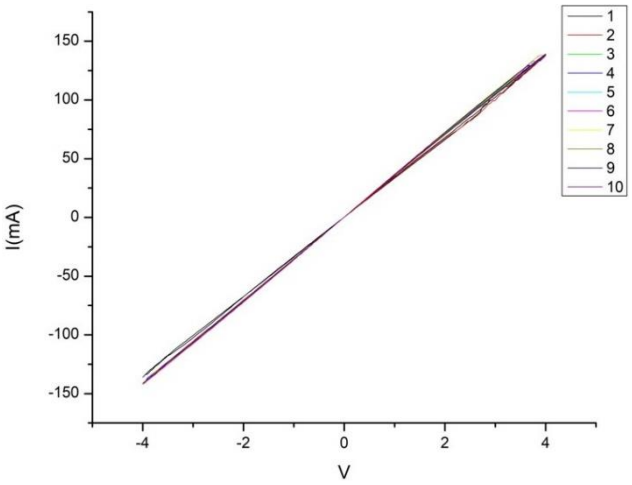
در مقایسه نمونه ساخته شده با آلایش 3 درصد وزنی اکسید گرافن که رسانش از مرتبه میکرو آمپر بوده، سوئیچینگ مقاومتی، حالت دوپایداری الکتریکی، افزایش هیسترزیس و تعداد چرخه های تکرار پذیر بیشتری از خود نشان می دهد که به عنوان حافظه الکتریکی بهتر از نمونه با درصد وزنی اکسید گرافن کمتر عمل می کند، در شکل3 نمودار جریان–ولتاژ این نمونه را مشاهده می کنیم.



شکل3 : نمودار جریان–ولتاژ دستگاه حافظه با آلایش 3 درصد وزنی اکسید گرافن و با ساختار ITO/PVK:rGO/Al.

نمونه ساخته شده با آلایش 3 درصد وزنی اکسید گرافن از حالت با رسانش پایین(حالت خاموش) به حالت با رسانش بالا(حالت روشن) در ولتاژ 3v سوئیچ می کند و عمل نوشتن (Write) بر روی حافظه انجام می شود، سپس با کاهش ولتاژ از 4 ولت دستگاه از حالت رسانش بالا به رسانش پایین می رود، عمل خوانش (Read) در حافظه های الکتریکی در این مرحله و در حدود ولتاژ 2v انجام می شود. این فرآیند الکتریکی به عنوان سازوکار نوشتن و خواندن در حافظه عمل می کند. در جاروب معکوس تغییرات چشمگیری در جریان رخ نمی دهد و این نمونه به عنوان حافظه ای با یک بار قابلیت نوشتن و خوانش به دفعات زیاد عمل می کند (WORM).

در نمونه آلایش شده با 5 درصد وزنی اکسید گرافن که در شکل4 مشاهده می شود، با افزایش بیشتر اکسید گرافن، رسانایی لایه فعال دستگاه به طرز چشمگیری بالاتر رفته است و دستگاه های ساخته شده با لایه فعال آلایش شده با بیش از 5 درصد وزنی اکسید گرافن حالت رسانا را دارد.



شکل4 : نمودار جریان–ولتاژ دستگاه با 5 درصد وزنی اکسید گرافن و با ساختار ITO/PVK:rGO/Al.

نتیجه گیری

ساختار ITO/PVK:rGO/Al که قادر به نشان دادن رفتارهای سوئیچینگ دوپایدار است. رفتارهای رسانایی الکتریکی، ولتاژ روشن و نسبت جریان وضعیت روشن/خاموش را می‌توان از طریق کنترل آلایش اکسید گرافن در ترکیب PVK:rGO تنظیم کرد. تحت شرایط محیطی، هر دو حالت OFF و ON دستگاه های حافظه دوپایا تحت یک ولتاژ ثابت پایدار هستند. اثرات سوئیچینگ رسانایی این ترکیب را می توان به عمل به دام انداختن الکترون در نانوصفحات اکسید گرافن در ماتریس (اهداکننده الکترون/انتقال دهنده حفره) PVK نسبت داد. با توجه به قابلیت سادگی ساخت محلول و عملکرد خوب، دستگاه حافظه برپایه PVK–گرافن فعلی به طور بالقوه برای ذخیره سازی داده با ظرفیت بالا و هزینه کم در صنعت قطعات الکترونیکی آینده مفید است.

سپاسگزاری

از پشتیبانی و حمایت های خانواده محترم غضنفریان در ساخت آزمایشگاه امیراعلم غضنفریان و حمایت پروژه حاضر کمال تشکر را داریم.

مرجع‌ها

[1] Zhang, Bin, Chen, Yu, Neoh, Koon-Gee, and Kang, En-Tang. Organic electronic memory devices. 2015.

[2] Ling, Qi-Dan, Liaw, Der-Jang, Zhu, Chunxiang, Chan, Daniel Siu-Hung, Kang, En-Tang, and Neoh, Koon-Gee. Polymer electronic memories: Materials, devices and mechanisms. *Progress in polymer science*, 33(10):917–978, 2008

[3] W.S. Hummers, R.E. Offeman, J. Am. Chem. Soc. 80 (1958) 1339–1340

[4] M. Hirata, T. Gotou, S. Horiuchi, M. Fujiwara, M. Ohba, Carbon 42 (2004) 2929–2937