

УДК 53.097

Создание и исследование пленок металл-органических каркасов для применения в резистивной памяти с произвольным доступом (ReRAM)

Бувев И.Д. (СОШ №511), Мальцев Я.А. (Гимназия №402), Ржевский С.С. (ИТМО)
Научный руководитель – лаборант, Любимова А.В. (ИТМО)

Введение. Одним из ключевых векторов развития современной электроники является разработка энергонезависимой памяти с произвольным доступом. Перспективным направлением в данной области является разработка устройств, основанных на технологии Resistive Random Access Memory (ReRAM) [1]. В отличие от традиционной полупроводниковой памяти, например флэш-памяти, которая хранит информацию в виде заряда, ReRAM реализует хранение информации путем устойчивого изменения электрического сопротивления материала. Свойство таким образом запоминать и хранить информацию называется *мемристивностью* и было предсказано профессором Чуа в 1971 году [2]. Для производства носителей информации по технологии ReRAM активным слоем может выступать диэлектрик, в котором под действием внешнего электронного поля локально образуются проводящие каналы, обеспечивающие резкое изменение проводимости. Состояние низкого сопротивления (LRS) является логической “единицей”, состояние высокого сопротивления (HRS) – логическим “нулем”. Материал, подходящий для данной технологии, должен соответствовать требованиям, предъявляемым энергонезависимой памяти: стабильность переключения проводимости, энергоэффективность, высокая плотность записи и большое количество циклов перезаписи информации.

Металл-органические каркасы (МОК) являются одним из основных кандидатов для создания энергоэффективных устройств памяти по технологии ReRAM [3] благодаря их уникальным структурным и физико-химическим свойствам. В первую очередь, для МОК характерна высокая пористость, вследствие чего требуемая энергия для формирования проводящих каналов значительно ниже, чем у других материалов с мемристивными свойствами, например, оксидов и карбидов металлов. Данный класс материалов отличается структурным разнообразием, поэтому потенциал применения в ReRAM широк [4], а синтез пленок зачастую отличается дешевизной, что упрощает разработку прототипов носителя информации на МОК. Данная работа направлена на исследование мемристивных свойств пленок МОК с различными металлическими центрами. Основное внимание уделено исследованию стабильности, энергоэффективности и плотности записи.

Основная часть. В работе мы демонстрируем изготовление устройств памяти на основе пленок металл-органических каркасов, которые были нанесены поверх оптически прозрачных проводящих подложек ИТО. Структуры МОК были синтезированы при помощи метода центрифугирования.

Далее проводилась характеристика полученных образцов с помощью порошковой рентгеновской дифрактометрии с целью определения фазового и качественного составов, что однозначно идентифицировало образцы МОК. Дополнительно проводились сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионный анализ для определения морфологии и элементного состава различных МОК. Анализ топографии и проводимости образца был проведен при помощи зондовой Кельвин-силовой микроскопии. Завершением подготовки прототипа записи и хранения информации являлось нанесение золотых контактов методом магнетронного напыления.

Электронная характеристика прототипа представляла собой сбор вольтамперных характеристик на мультиметре и осциллографе, данный метод выявил напряжение

переключения проводимости образцов (Vset), количество циклов перезаписи одного бита в одной ячейке и время удержания. На основе этих параметров был создан прототип устройства памяти. В условиях создания ячейки могли быть ошибки при записи, для точного прочтения данных была написана нейросеть, которая помогала исправлять ошибки на дефектных ячейках.

Выводы. В результате работы был создан прототип носителя информации на МОК, а также получены данные об электрических характеристиках МОК на основе различных металлов.

Благодарности. Данный проект был поддержан программой Сириус.Лето и Новым Физтехом Университета ИТМО.

Список использованных источников:

1. Akinaga H., Shima H. Resistive random access memory (ReRAM) based on metal oxides //Proceedings of the IEEE. – 2010. – Т. 98. – №. 12. – С. 2237-2251.
2. Chua L. Memristor-the missing circuit element //IEEE Transactions on circuit theory. – 1971. – Т. 18. – №. 5. – С. 507-519.
3. Bachinin S. V. et al. MOF thin film memristor prototype of 10× 10 memory cells for automated electronic data recording //Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications. – 2024. – Т. 58. – С. 101222.
4. Kulachenkov N. et al. MOF-Based Sustainable Memory Devices //Advanced Functional Materials. – 2022. – Т. 32. – №. 5. – С. 2107949