

Введение. Долгое время связь между фундаментальными электрическими переменными и связывающими их двухполюсниками была неполной. Однако профессор Чуа в 1974 году выпустил работу, в которой допустил существования мемристора – пассивного элемента, который меняет свою проводимость в зависимости от протекшего через него заряда [1]. Однако прототипы мемристивных устройств записи информации, или резистивная память с произвольным доступом (ReRAM), появились относительно недавно (ссылка). Кроме того, во многих работах показано, что массивы ReRAM ячеек могут реализовывать не только запись и хранение информации, но и ее обработку [2]. Главное преимущество таких систем – отсутствие пути передачи информации между логическими элементами и элементами кэша, т.е. вычисление и хранение промежуточных результатов вычисления ведется на одном и том же элементе [3]. В этом смысле, для увеличения производительности вычислительных операций необходимо иметь два и более аргумента функции проводимости, которые мы можем искусственно контролировать – в так называемых мемристорах высших порядков. Основной проблемой изготовления такой системы является выбор подходящего материала. Если для изготовления классического мемристора в первом приближении активным материалом может быть практически любой диэлектрик [4],[5], который служит средой для формирования проводящих каналов дрейфующими ионами, то при рассмотрении мемристивной ячейки второго и более порядков, необходимо введение дополнительных функциональных слоёв.

Основная часть. В нашей работе мы демонстрируем изготовление прототипа записи и хранения информации на основе гибридной структуры металл-органического каркаса НКУСТ-1, с нанесением плёнки перовскита МАРbI3. Выбор металл-органического каркаса был обусловлен хорошо изученным нелинейным электронным откликом на внешнее электромагнитное поле [6]. Выбор перовскита был обусловлен его возможностью проявления фотоэффекта [7].

Обе структуры были синтезированы с помощью технологии центрифугирования при разных внешних условиях на проводящей подложке ITO, предварительно модифицированной дополнительным слоем оксида олова для лучшей адгезии.

Для структурной характеристики полученного образца использовался метод элементного анализа, позволяющий удостовериться в наличии всех элементов, присущих данному соединению. Для качественного изучения степени кристалличности образца и адгезии использовали метод растровой электронной микроскопии поперечного сечения образца и измерение комбинационного рассеяния.

Методом термического осаждения из газовой фазы был нанесен верхний контактный слой серебра, позволяющий провести электронную характеристику. На полученной вольт-амперной характеристике отразилось типичное мемристивное поведение с характерным напряжением переключения 4В. Кроме того, была изучена стабильность переключения (порядка 25 циклов). Для демонстрации электронного отклика структуры на освещенность мы использовали временную развертку напряжения на шунтирующем элементе в цепи, содержащей гибридную структуру. При изучении этой временной зависимости выявлены интервалы, на которых наблюдается увеличение проводимости при включении лампы с постоянной силой светового потока. Таким образом, данный факт позволяет записывать как минимум три состояния на нашей логической системе.

Вывод. В ходе работы был изготовлен и описан мемристор второго порядка на основе

структуры НКУСТ-1/МАРbI3/SnO2/ITO. Полученные результаты показывают возможность применения гибридных структур в системах записи и обработки информации.

Список использованных источников:

1. Chua L. Memristor-the missing circuit element //IEEE Transactions on circuit theory. – 1971. – Т. 18. – №. 5. – С. 507-519.
2. Sah M. P., Kim H., Chua L. O. Brains are made of memristors //IEEE circuits and systems magazine. – 2014. – Т. 14. – №. 1. – С. 12-36.
3. Kim S. et al. Experimental demonstration of a second-order memristor and its ability to biorealistically implement synaptic plasticity //Nano letters. – 2015. – Т. 15. – №. 3. – С. 2203-2211.
4. Sun Y. et al. Design of a controllable redox-diffusive threshold switching memristor //Advanced Electronic Materials. – 2020. – Т. 6. – №. 11. – С. 2000695.
5. Ismail M. et al. Robust Resistive Switching Constancy and Quantum Conductance in High-k Dielectric-Based Memristor for Neuromorphic Engineering //Nanoscale Research Letters. – 2022. – Т. 17. – №. 1. – С. 61.
6. 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
7. Wang S. et al. Accelerated degradation of methylammonium lead iodide perovskites induced by exposure to iodine vapour //Nature Energy. – 2016. – Т. 2. – №. 1. – С. 1-8.