

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Петренёв И.А.¹, Вохминцев А.С.¹, Камалов Р.В.¹, Вайнштейн И.А.^{1,2}

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: i.a.petrenev@urfu.ru

THE RELIABILITY ESTIMATION FOR MEMRISTOR STRUCTURES BASED ON NANOTUBULAR ZIRCONIA

Petrenyov I.A.¹, Vokhmintsev A.S.¹, Kamalov R.V.¹, Weinstein I.A.^{1,2}

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Reliability of memristors based on nanotubular zirconia was studied. The endurance is estimated to be > 113 thousand cycles as well as the resistance ratio is > 3000. The devices are able to remain stable for > 9 days in high and low resistance states at room temperature.

К мемристорам предъявляется множество требований, касающихся их эффективности (напряжения переключения, сопротивления в различных резистивных состояниях), возможности использования для различных применений (время переключения между состояниями, количество резистивных состояний, линейность) и надёжности (количество циклов работы, время удержания одного состояния). Ранее для структур на основе нанотубулярного диоксида циркония (ZrO_2 -nt) нами были исследованы параметры эффективности [1, 2] и применимость в областях резистивной памяти [2] и нейроморфных систем [3]. Однако именно характеристики надёжности мемристорных структур имеют решающее значение для оценки их потенциала по интеграции в коммерческие разработки. В связи с чем цель данной работы заключалась в исследовании и количественной оценке максимального количества циклов работы и времён удержания состояний с высоким и низким сопротивлением для устройств со структурой Zr/ZrO_2 -nt/Au.

Слой ZrO_2 -nt был получен методом анодирования металлического циркония в двухэлектродной ячейке при постоянном напряжении 20 В в течение 5 мин [4]. Синтезированный слой оксида толщиной 1.7 мкм состоял из самоупорядоченных нанотрубок с внутренним диаметром 30 нм и толщиной стенок 10 нм. Золотые контакты толщиной 50 нм и диаметром 140 мкм на слое ZrO_2 -nt наносились методом магнетронного напыления.

Вольт-амперные характеристики полученных мемристоров Zr/ZrO_2 -nt/Au изучались с помощью микрозондовой станции Cascade Microtech MPS 150 [2]. Zr-подложка заземлялась, а управляющий сигнал подавался на Au-контакты.

Переключение мемристоров осуществлялось в биполярном режиме. Импульсы записи информации имели амплитуду 4 В, а импульсы чтения – амплитуду 0.1. Характеристика удержания того или иного состояния измерялась с интервалом 24 ч.

В импульсном режиме было достигнуто количество циклов работы более 113 тысяч. При этом отношение сопротивлений R_{HRS} / R_{LRS} на всём протяжении работы мемристоров было равно не менее $3 \cdot 10^3$. Значение R_{HRS} варьировалось от 900 кОм до 50 ГОм, а R_{LRS} – от 25 до 315 Ом. Также было показано, что мемристоры способны удерживать оба состояния сопротивления более 9 суток для значений $R_{LRS} < 40$ Ом и $R_{HRS} > 600$ кОм. Сравнение полученных данных о надёжности структуры Zr/ZrO_2 -nt/Au с литературными [5] свидетельствует о стабильности работы исследуемых мемристорных структур и возможности их использования в качестве элементов резистивной памяти.

Исследование выполнено в рамках инициативного научного проекта FEUZ-2020-0059 Минобрнауки РФ

1. I.A. Petrenyov, A.S. Vokhmintsev, R.V. Kamalov, I.A. Weinstein, AIP Conf. Proc. 2174, 020242 (2019).
2. A.S. Vokhmintsev, I.A. Petrenyov, R.V. Kamalov, I.A. Weinstein, Nanotechol. 33, 075208 (2022).
3. A.S. Vokhmintsev, R.V. Kamalov, A.V. Kozhevina, I.A. Petrenyov, N.A. Martemyanov, I.A. Weinstein, Proc. 2018 USBEREIT, pp. 348-351 (2018).
4. I.A. Petrenyov, R.V. Kamalov, A.S. Vokhmintsev, N.A. Martemyanov, I.A. Weinstein, J. Phys. Conf. Ser. 1124, 022004 (2018).
5. K.-H. Choi, N. Duraisamy, M.N. Awais, N.M. Muhammad, H.-C. Kim, J. Jo, Mater. Sci. Semicond. Process. 16, pp. 1285-1291 (2013).