

УДК 621.389

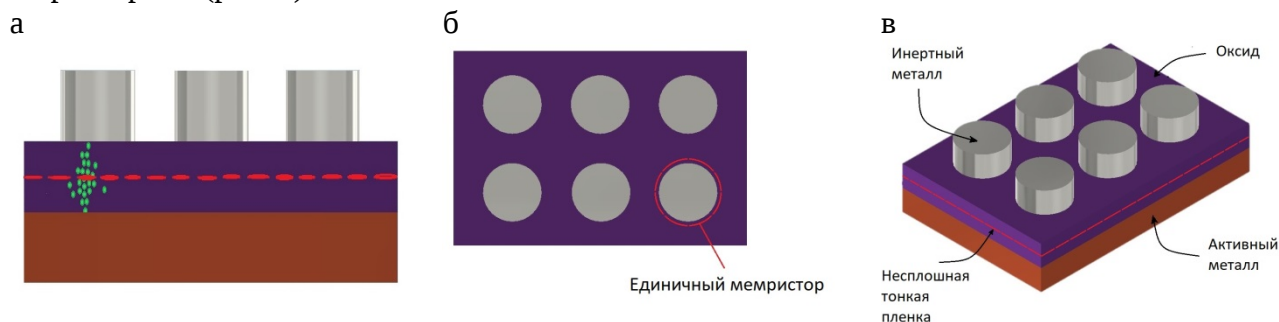
ТОКОПЕРЕНОС В НЕСПЛОШНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТОНКИХ ПЛЕНКАХ

Юркин Никита Олегович ⁽¹⁾, Кирьянов Сергей Владимирович ⁽¹⁾, Гуляева Полина Сергеевна ⁽²⁾*Студент 3 курса ⁽¹⁾, магистр 1 года ⁽²⁾**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет**Научный руководитель: С.В. Сидорова,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Явление токопереноса в несплошных металлических тонких пленках является актуальным для создания приборов и устройств современной микро- и нанoeлектроники. В настоящее время приоритетной областью исследований является создание искусственного интеллекта на уровне архитектуры аппаратного обеспечения. Мемристор претендует стать основным элементом нейроморфных сетей [1]. Мемристор представляет из себя оксидную пленку, расположенную между 2-мя слоями металла. При подаче напряжения, между металлами сквозь оксид образуется филамент, представляющий собой дрейф ионов металла и ионов кислорода [2,3]. Значение проводимости такой нити может использоваться как вес синапса [4].

Значащим параметром мемристора выделяют энергию потребления при программировании, т.е. энергия необходимая для определения веса синапса. Возможностью для снижения затрачиваемой энергии может стать применение несплошной пленки в слое оксида. Исследования показывают, что применение наноостровков титана способствовали снижению переключающего напряжения [5]. Однако представленный способ формирования наноостровков является крайне трудоемким. Предложено формировать несплошную пленку путем термического испарения в вакууме, для упрощения технологии формирования мемристора. Понятие несплошной тонкой пленки подразумевает под собой все стадии формирования тонких пленок, где выделяют две основные: островковые и лабиринтные. Несплошная пленка позволит снизить напряжение записи и стирания.

Рассмотрим интегрирование несплошной металлической пленки в модуль с мемристорами (рис. 1).



а – процесс формирования филамента и локализация ионов на несплошной пленке; б – область единичного мемристора; в – структура мемристора.

Рис.1 – Модуль с мемристорами

Для упрощения модуль состоит из 6 мемристоров, имеющих общие слои активного металла, несплошной пленки и оксида. На слое оксида формируют цилиндры из инертного металла, которые выделяют каждый мемристор в отдельную единицу. Возникает проблема – несплошная пленка при подаче напряжения на отдельный мемристор может влиять на состояния остальных, в случае низкоомного состояния. Появляется необходимость ограничить влияние пленки на область превышающей отдельную единицу.

Для ограничения распространения заряда по всей несплошной пленке было предложено подобрать необходимый режим нанесения, при котором пленка будет находиться в высокоомном состоянии. Это позволит ограничить возможность протекания заряда в перпендикулярной филаменту плоскости. Были проведены исследования нанесению серебра методом термического испарения в вакууме при разных режимах на ситаловую подложку, с заранее сформированными контактами. Нанесение происходило при напряжении в 1В, при этом изменяли ток от 10 А до 11,5А. В это время к контактам был подключён пикоамперметр, считывающий значения тока в реальном времени эксперимента. На основании полученных данных были получены зависимости тока, протекающего между контактами, от времени (рис. 2).

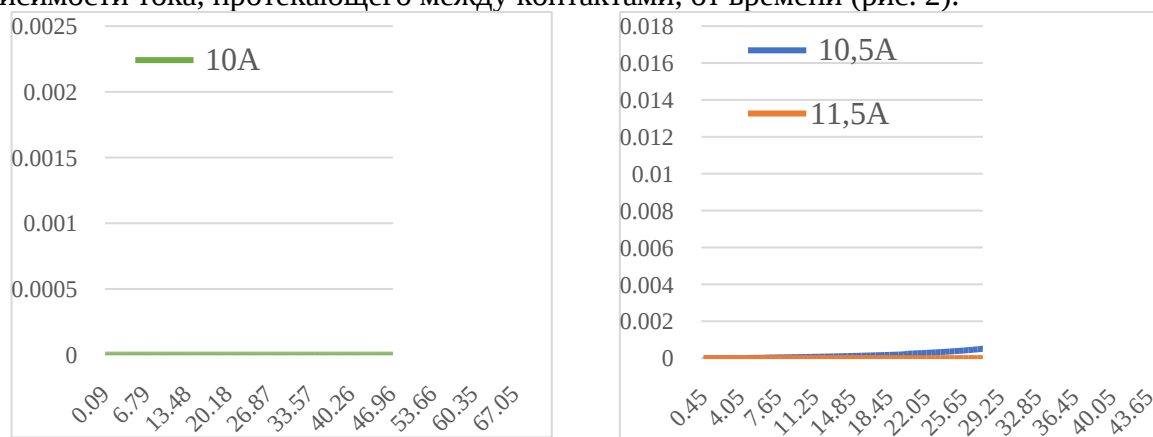


Рис. 2 – Зависимость тока в несплошной пленке от времени ее формирования

Полученные результаты показывают, что процесс перехода к формированию несплошной пленки при токе в 10 А на испарителе проходит после 60 с формирования. Для токов на испарителе 10,5 и 11,5 А переход к формированию несплошной пленки начинается существенно раньше – от 30 с. Таким образом, рекомендованным режимом для формирования несплошной пленки следует рассматривать вариант с током 10 А. Это позволит проводить более контролируемый процесс формирования пленки, при этом ограничить возможность протекания тока в соседние ячейки.

Литература

1. Юсупов А., Сапаров Х. Ш., Атамуратов А. Э. Мемристор–основной элемент будущего искусственного интеллекта. Типы и основные характеристики (Обзор) //Успехи прикладной физики. – 2020. – Т. 8. – №. 4. – С. 292.
2. Ielmini D. Modeling the universal set/reset characteristics of bipolar RRAM by field-and temperature-driven filament growth //IEEE Transactions on Electron Devices. – 2011. – Т. 58. – №. 12. – С. 4309-4317.
3. Pershin Y. V., Di Ventra M. Memory effects in complex materials and nanoscale systems //Advances in Physics. – 2011. – Т. 60. – №. 2. – С. 145-227.
4. Qu Z. et al. A novel WOx-based memristor with a Ti nano-island array //Electrochimica Acta. – 2021. – Т. 377. – С. 138123.
5. Zhu X. et al. Emulation of synaptic metaplasticity in memristors //Nanoscale. – 2017. – Т. 9. – №. 1. – С. 45-51.