УДК 621.793.182+539.23+004.076.4

ФОРМИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЗИСТИВНОЙ ПАМЯТИ

Горячкин Игорь Николаевич [(1)], Щербак Екатерина Сергеевна [(2)]

Студент бакалавриата 3 курса [(1)], студент магистратуры 1 курса [(2)]
кафедры «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: С.В. Сидорова,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Резистивная память с произвольным доступом (ReRAM – Resistive Random Access Memory) – перспективное устройство для замены классических видов памяти, представляющее собой массив мемристоров со структурой «металл-диэлектрик-металл». Работа ReRAM основана на резистивном переключении [1]. При подаче тока и перехода от низкоомного состояния к высокоомному происходит рост филаментов (тонкий канал нанометрового масштаба). Преимуществами такого вида памяти являются энергонезависимость, малое время переключения режимов, а также возможность уменьшения мемристоров до размера менее 10 нм. Однако для практического внедрения требуется повышение контроля и регулярности роста филаментов.

Одним из подходов решения этой проблемы является замена сплошной среды активного слоя мемристора на островковую тонкую плёнку (ОТП) [2], в качестве которой может выступать оксидная матрица с металлическими периодическими наноразмерными включениями. В такой структуре островки выступают в роли локальных центров роста филамента, что позволит повысить контроль над филаментацией, стабилизировать и направить её. В качестве материалов матрицы могут выступать: оксид гафния (HfO_2), оксид тантала (Ta_2O_5), оксид циркония (ZrO_2), оксид никеля (NiO), оксид кремния (SiO2), оксид титана (TiO2) и др [3]. А вставками-островками могут служить: медь (Cu), алюминий (Al), галий (Ga), титан (Ti) сложные оксиды металлов (такие как Hf_4O_7, Zr_4O_7), и др [4].

Такая структура активного слоя может быть получена методом магнетронного распыления с использованием комбинированной мишени. Варьируя соотношение веществ в мишени, можно контролировать их соотношение в получающейся тонкой плёнке. При этом мишень состоит из одного материала (например, оксид), а на поверхности зоны эрозии размещаются вставки (металл). Таким образом, в зоне эрозии будет распыляться как сам материал мишени, так и материал вставки, что позволяет получить требуемую композиционную структуру с ОТП для активного слоя мемристора.

Целью данной работы является выбор и расчет геометрии комбинированной мишени для формирования композиционного покрытия с ОТП в качестве активного слоя в мемристорах ReRAM.

На вакуумной установке МВТУ11-1МС, расположенной в лаборатории «Нано- и микротехнологии» кафедры МТ-11 «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ имени Н.Э. Баумана, происходит формирование покрытия необходимой структуры, с использованием комбинированной мишени. В качестве материала мишени выбран оксид гафния (HfO_2), а в качестве материала поверхностных вставок – медь (Cu). Использование медного листа или проволоки позволят с высокой точностью изготовить вставки нужной конфигурации. Таким образом, вставки меди могут быть изготовлены в

виде концентричных колец, лепестков различной формы или цилиндров, частично занимающих площадь зоны распыления мишени.

Для определения геометрии комбинированной мишени, необходимо учитывать, что соотношение металла и оксида в получаемом покрытии равно отношению потоков распыляемых материалов. Из данного условия, зная объемное соотношение и скорости осаждения материалов, становится возможным определить соотношение площадей меди и оксида гафния в зоне эрозии.

Для получения покрытий с качественной структурой в процессе магнетронного распыления необходимо подобрать мощность ВЧ-источника, при котором и металл, и оксид будут распыляться с высокой интенсивностью. Проведенные расчеты для определения компоновки комбинированной мишени выполнены, исходя из технологических возможностей лабораторной установки.

В дальнейшем планируется проведение экспериментов для получения композиционных структур и исследование влияния наличия ОТП в матрице оксида на точность филаментации и другие параметры резистивной памяти.

Литература

1. *Исаев А.Г., Пермякова О.О., Рогожин А.Е.* Оксидные мемристоры для ReRAM: подходы, характеристики, структуры // Микроэлектроника. – 2023. – Т. 52. – № 2. – С. 128–152. – DOI: 10.31857/S0544126923700242.
2. *Сидорова С.В., Юркин Н.О.* Островковые тонкие пленки для модификации активного слоя мемристора // Вакуумная техника, материалы и технология: Тезисы XVII международной научно-технической конференции, Москва, 11–13 апреля 2023 года. – Москва: ООО "Электровакуумные технологии", 2023. – С. 53-54.
3. *Patil A.R.* Binary metal oxide-based resistive switching memory devices: A status review / A. R. Patil, T. D. Dongale, R. K. Kamat, K. Y. Rajpure. – DOI 10.1016/j.mtcomm.2023.105356 // Materials Today Communications. – 2023. – Vol. 34. – P. 105356. – DOI: 10.1016/j.mtcomm.2023.105356.
4. *Cho, D.Y.* Interfacial Metal-Oxide Interactions in Resistive Switching Memories / D.-Y. Cho, M. Luebben, S. Wiefels, K.-S. Lee, I. Valov. – DOI 10.1021/acsami.7b02921 // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2017. – Vol. 9, no. 22. – P. 19287–19295. – DOI: 10.1021/acsami.7b02921.