

УДК 621.389

ОСТРОВКОВЫЕ ТОНКИЕ ПЛЕНКИ В МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУРАХ

Никита Олегович Юркин⁽¹⁾

Студент 4 курса⁽¹⁾

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет

Научный руководитель: С.В. Сидорова,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Увеличение количества обрабатываемой информации в современном мире привело к необходимости уменьшения размера транзистора для снижения энергопотребления и выделения тепла. Однако такой подход подошел к физическому пределу, не позволяющему уменьшать технологические нормы электронной компонентной базы (ЭКБ). Перспективным является разработка нетрадиционной ЭКБ, позволяющей улучшить такие параметры как: плотность записи, площадь ячейки, энергопотребление, количество циклов записи, аспектное соотношение R_{on}/R_{off} , токи утечки и т.д. Наиболее привлекательной является технология RRAM – мемристор, выделяющийся хорошей совместимостью с КМОП, так как технологические процессы для транзисторов и мемристоров похожи.

Мемристор представляет собой MIM-структуру (Metal-Insulator-Metal), способную менять свою проводимость (низкоомное состояние или высокоомное) в зависимости от полярности приложенного напряжения [1,2]. Мемристор состоит из 2 электродов и диэлектрика между ними. Мемристоры объединяют в cross-bar структуры, представляющие собой 3-хмерную матрицу. Такое расположение предполагает возможность обращения к каждой ячейке с помощью подачи напряжения на определенные электроды и проводить матричное умножение на аппаратном уровне. Такая конструкция мемристора и cross-bar структур позволяет интегрировать их в КМОП во время заключительной части формирования (Back End Of Line, BEOL) и использовать в модулях памяти, нейронных и нейроморфных вычислений [3–5].

Переключение в мемристоре происходит благодаря 2 механизмам: механизм электрохимической металлизации (ElectroChemical Metallization, ECM) и механизм измененной валентности (Valence Change Mechanism, VCM). ECM механизм предполагает наличие электрохимически активного электрода и электрода из инертного металла, который мог бы диссоциировать на границу с диэлектриком под действием электрического поля. Образующиеся катионы металла начинают диффундировать в диэлектрик и образовывать филамент – проводящую нить. VCM механизм представляет собой изменение проводимости за счёт образующихся вакансий кислорода в диэлектрике и эмиссионных процессов на границе металл-диэлектрик и внутри диэлектрика.

Одним из критериев при разработке мемристивных cross-bar структур является линейность для всех мемристоров, участвующих в матрице. Такой результат может быть достигнут 2 методами: подбор необходимой комбинации диэлектриков или же внедрение дополнительных структур. Так в работе [6] достигается улучшение

воспроизводимости работы мемристора на основе островков титана. Благодаря локализации электрического поля и образования дополнительных вакансий кислорода.

Целью данной работы является создание макета мемристора с островковым слоем, обеспечивающим воспроизводимость переключения.

Был создан макет мемристора на основе W/Cu-island/Al₂O₃/Cu, объединяющий в себе механизмы VCM и ECM. Предполагается, что островковая пленка меди будет локализовывать электрическое поле. Данный макет был создан послойным формированием в вакууме слоев вольфрама и оксида алюминия методом магнетронного распыления и островкового и сплошного слоев меди методом термического испарения на установке МВТУ-11-1МС на кафедре «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им.Н.Э. Баумана. Геометрические характеристики были изучены с помощью сканирующего электронного микроскопа. Островковый слой был сформирован высотой не более 50 нм с латеральным размером структур до 100 нм.

Макет мемристора был изучен на возможность переключения с помощью измерительного стенда (рис.1) на базе LCR станции, пикоамперметра и источника напряжения.

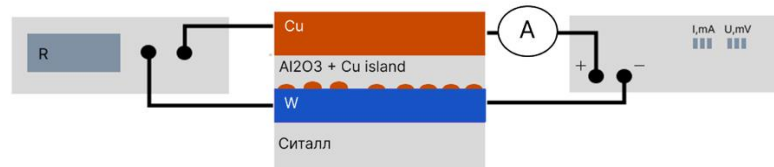


Рис. 1. Схема измерительного стенда

Получена ВАХ мемристора (рис. 2), показывающая, что созданный макет мемристора может находиться в разных состояниях.

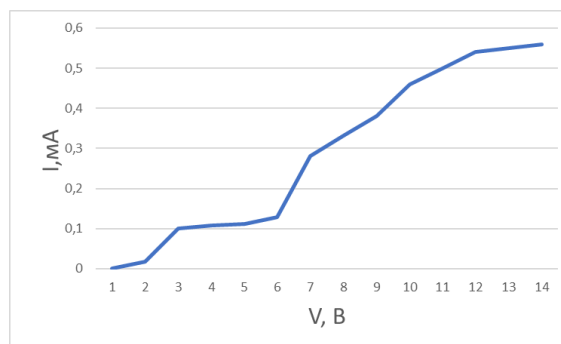


Рис.2. ВАХ мемристора

В результате работы создан макет мемристора на основе W/Cu-island/Al₂O₃/Cu, который показал возможность переключения с помощью измерительного стенда. В дальнейшем планируется создание массива мемристивных структур и оценка воспроизводимости технологии формирования элементов, а также возможности переключения мемристора.

Литература

1. Mohammad B. et al. State of the art of metal oxide memristor devices //Nanotechnology Reviews. – 2016. – Т. 5. – №. 3. – С. 311-329.
2. Wang R. et al. Recent advances of volatile memristors: Devices, mechanisms, and applications //Advanced Intelligent Systems. – 2020. – Т. 2. – №. 9. – С. 2000055.
3. Yao P. et al. Fully hardware-implemented memristor convolutional neural network //Nature. – 2020. – Т. 577. – №. 7792. – С. 641-646.

4. Shi L. et al. Research progress on solutions to the sneak path issue in memristor crossbar arrays //Nanoscale Advances. – 2020. – Т. 2. – №. 5. – С. 1811-1827.
5. Amirsoleimani A. et al. In-Memory Vector-Matrix Multiplication in Monolithic Complementary Metal–Oxide–Semiconductor-Memristor Integrated Circuits: Design Choices, Challenges, and Perspectives //Advanced Intelligent Systems. – 2020. – Т. 2. – №. 11. – С. 2000115.
6. Qu Z. et al. A novel WO_x-based memristor with a Ti nano-island array //Electrochimica Acta. – 2021. – Т. 377. – С. 138123.