

УДК 621.793.182+004.076.4

## ЕМКОСТНАЯ ПАМЯТЬ НА СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОСТРОВКОВЫХ ТОНКИХ ПЛЕНКАХ

Чебыкин Михаил Сергеевич<sup>(1)</sup>, Наумова Анастасия Михайловна<sup>(2)</sup>

*Студент бакалавриата 3 курса<sup>(1)</sup>, студент магистратуры 1 курса<sup>(2)</sup>  
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»*

Сегнетоэлектрическая энергонезависимая память – это перспективное устройство, представляющее собой структуру, способную изменять свою поляризацию, кодируя информацию, в зависимости от поверхностного сопротивления или электропроводности. Такие устройства легко объединяются в двумерные структуры, которые могут работать локально, а не всем массивом одновременно, могут быть совместимы с КМОП-структурами [1]. Перспективы разработки памяти на сегнетоэлектрических структурах определяются уменьшением габаритов и, благодаря своим свойствам сохранения поляризации долгое время, энергонезависимости [2].

В качестве функционального слоя в сегнетоэлектрической памяти может применяться титанат бария ( $\text{BaTiO}_3$ ). Этот сегнетоэлектрик имеет свойство приобретать полярность под действием напряжения и таким образом создавать диполь.

Работа сегнетоэлектрической оперативной памяти основана на принципе спонтанной поляризации  $\text{BaTiO}_3$ , т. е. его способности выстраивать электрические диполи даже в отсутствие внешнего электрического поля. При воздействии внешнего электрического поля происходит ориентация доменов  $\text{BaTiO}_3$  – областей с однородной поляризацией, которая сохраняется и после снятия поля. В каждой ячейке такой памяти, роль которой играют кристаллы  $\text{BaTiO}_3$ , можно записывать информацию, контролируя знак ее поляризации.

После нанесения методом магнетронного распыления пленки  $\text{BaTiO}_3$  на подложку из кремния в ней могут возникать внутренние напряжения ввиду несоответствия размеров их решеток, что приводит к появлению дефектов. В качестве таких дефектов выделяют следующие: растрескивание и сегментация (напряжение растяжения), отслоение и коробление (напряжение растяжения и сжатия), гофрирование (напряжение сжатия), а также деформационный рельеф (напряжение растяжения и сжатия) [3, 4].

В данной работе предлагается заменить сплошные тонкие пленки  $\text{BaTiO}_3$  на островковые тонкие пленки (ОТП)  $\text{BaTiO}_3$ . Авторами предполагается, что такая структура строения материала позволит снизить возникающие внутренние напряжения в покрытии ВТО, нанесенных на кремниевую подложку.

Целью данной работы является моделирование и исследование процессов функционирования ОТП  $\text{BaTiO}_3$  для обеспечения стабильных функциональных характеристик ячеек энергонезависимой емкостной памяти.

Разработана модель туннельной проводимости в программе мультифизического моделирования [5] для определения морфологии ОТП. Расстояния между островками из титана в матрицах воздуха и  $\text{BaTiO}_3$  были смоделированы и проведено сравнение их значений. Моделирование показало, что увеличение расстояния между островками в матрице воздуха приводит к уменьшению плотности тока. Это говорит, о том, что структура из титана должна быть более плотной и близко расположенной

(рекомендуемые расстояния 2–3 нм). Однако, если сравнивать использование воздуха и BaTiO<sub>3</sub>, то плотность тока больше при использовании BaTiO<sub>3</sub>, что говорит об увеличении допуска на расстояние при его использовании (возможны расстояния до 8 нм). Стоит заметить, что при расстоянии 10 нм значение у BaTiO<sub>3</sub> значительно ниже, чем у воздуха, что соответствует физике процесса, ведь при таких расстояниях возникает полевая эмиссия.

В дальнейшем планируется проведение экспериментов с полученными размерами ОТП структуры и обработка результатов.

## Литература

1. Гафнер С.Л., Череповская А.А., Редель Л.В. и др. Технологии и перспективы развития ферроэлектрических запоминающих устройств // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2025. – Вып. 17. – С. 606. – DOI: 10.26456/pcascnn/2025.17.606.
2. Юркин, Н. О. Островковые тонкие пленки для модификации активного слоя мемристора / Н. О. Юркин, С. В. Сидорова // 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. – EDN OIHRFI.
3. Модификация поверхностей изделий наноинженерии для уменьшения остаточных напряжений / А. Д. Купцов, С. И. Егорова, А. А. Фельде [и др.] // Вакуумная наука и техника : Материалы XXIX научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов, Крым, Судак, 16–21 сентября 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Электровакуумные технологии", 2022. – С. 253-262. – EDN MWLOHJ.
4. Jiang Y., Parsonnet E., Qualls A. et al. Enabling ultra-low-voltage switching in BaTiO<sub>3</sub> // Nature Materials. – 2022. – Vol. 21. – P. 779–785. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41563-022-01266-6> (дата обращения: 12.03.2026).
5. «Comsol Multyphysics. User's guide» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://blogs.ethz.ch/ps\\_comsol/files/2020/05/COMSOLMultyphysicsUsersGuide.pdf](https://blogs.ethz.ch/ps_comsol/files/2020/05/COMSOLMultyphysicsUsersGuide.pdf) (дата обращения: 21.01.2025).