

УДК 538.9

## ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МДП-СТРУКТУР НА ОСНОВЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОНКИХ ПЛЕНОК РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ

К. т. н. М. С. Афанасьев, А. М. Киселев, к. ф.-м. н. Д. А. Киселев, С. А. Левашов,  
к. ф.-м. н. А. Э. Набиев<sup>1</sup>, д. ф.-м. н. Г. В. Чучева

Фрязинский филиал ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, Россия;  
<sup>1</sup>Азербайджанский государственный педагогический университет, г. Баку  
gvc@ms.ire.mssi.ru

*Представлены результаты исследования МДП-структур на основе пленок  $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$  на  $p$ -Si-подложках полученных методом высокочастотного распыления поликристаллической мишени в атмосфере кислорода с разной длительностью напыления. Из измерений вольт-фарадных характеристик и их анализа установлено, что наиболее подходящие по требуемым свойствам являются структуры с толщиной пленок 250—350 нм.*

*Ключевые слова: структуры «металл — диэлектрик — полупроводник», сегнетоэлектрические пленки, вольт-фарадные характеристики.*

Исследовались структуры «металл — диэлектрик — полупроводник» на основе сегнетоэлектрических тонких пленок  $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$  (BST 80/20). Такие гетероструктуры представляют особый интерес для создания на их основе нового поколения элементной базы современной электроники, в частности, энергонезависимых перепрограммируемых запоминающих устройств.

Сегнетоэлектрические пленки состава  $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$  формировались методом высокочастотного реактивного распыления керамической мишени в атмосфере кислорода на установке ПЛАЗМА-50 СЭ (Россия). Ранее [1, 2] были получены оптимальные технологические режимы выращивания пленок BST 80/20, а именно: давление кислорода во время процесса напыления  $60 \pm 5$  Па; расстояние между мишенью и подложкой  $10 \pm 0,5$  мм; мощность ВЧ-разряда  $230 \pm 5$  Вт; температура подложки  $605 \pm 5^\circ\text{C}$ . Отработав и получив оптимальные условия выращивания таких пленок, мы стали изменять длительность их напыления от 5 до 30 мин, т. е. толщина пленки варьировалась от 100 до 450 нм соответственно. При таких условиях скорость роста пленки составляла 15,0 нм/мин. В качестве подложек использован кремний  $p$ -типа марки КДБ-20 с кристаллографической ориентацией [100]. Толщина подложек  $200 \pm 2$  мкм. Омические контакты формировались электронно-лучевым методом через теневую маску. В качестве материала омического контакта использовалось золото, обладающее наилучшей адгезией к пленке. Площадь контактов составляла  $2,7 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup>.

Исследования электрофизических свойств структур проводились на экспериментальном стенде, состоящем из LCR-метра Agilent E4980A, персонального компьютера и камеры для крепления образца, предназначенной для измерения емкости, полной проводимости и тангенса угла диэлектрических потерь. Стенд позволяет проводить измерения при изменяющемся напряжении смещения от  $-40$  до  $+40$  В в диапазонах частоты 10 кГц — 2 МГц и температуры 0—300°C. Для автоматизации стенда разработано программное обеспечение (ПО) в среде разработчика LabView 2011 с использованием стандартных библиотек NiVisa и драйверов для Agilent E4980A под операционную систему Windows. ПО позволяет не только записывать измеряемые величины, но и в режиме реального времени выводить на экран экспериментальные данные, и они одновременно визуализируются в виде графиков, т. е. в виде зависимости напряжения смещения от одного из трех измеряемых параметров.

Высокочастотные вольт-фарадные характеристики (ВФХ) гетероструктур BST с разной толщиной пленок  $h$ , измеренные при комнатной температуре на частотах 100 кГц и 1 МГц, представлены на рис 1.

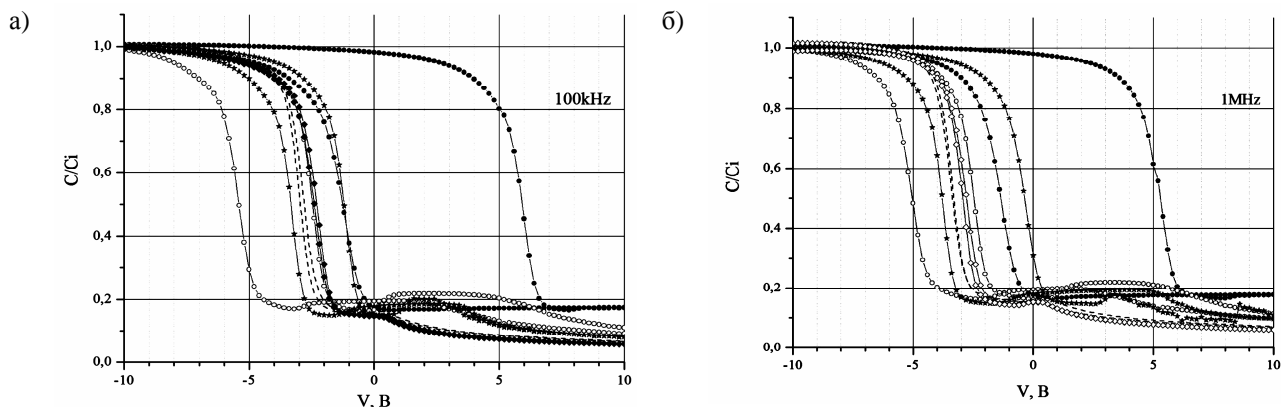


Рис. 1. ВФХ гетероструктур BST на частоте 100 кГц (а) и 1 МГц (б) при разной толщине пленок:

● — 450 нм, ○ — 350 нм, \* — 250 нм, -- — 150 нм, ◆ — 100 нм

Из рисунка видно, что при толщине 100—150 нм петля гистерезиса практически отсутствует, а при толщине 450 нм она максимальна и превышает требуемые значения, крутизна петли примерно одинакова во всем диапазоне толщин пленок. Из данных графиков (рис.1) получены также зависимости эффективной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  от толщины пленки. На рис. 2 видно, что зависимость от толщины пленки нелинейная во всем диапазоне частот. То же самое наблюдается и для низкочастотных измерений ВФХ.

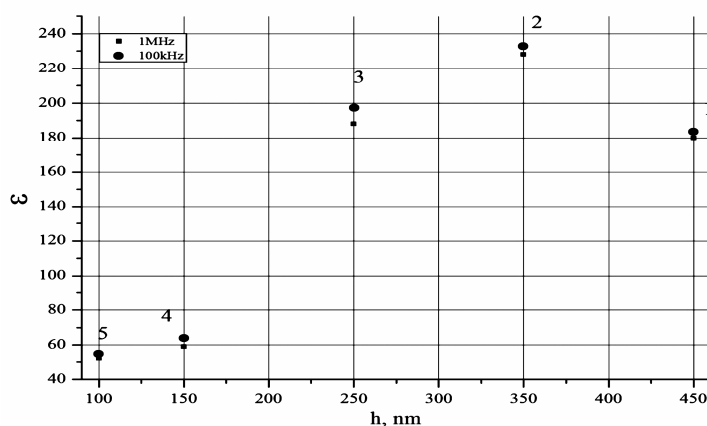


Рис. 2. Зависимости эффективной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  от толщины пленки:

1 — 450 нм, 2 — 350 нм, 3 — 250 нм, 4 — 150 нм, 5 — 100 нм

Полученные результаты указывают на то, что наиболее подходящие по требуемым свойствам структуры удалось получить при толщине пленки 250—350 нм.

*Работа выполнена при частичной поддержке проектов РФФИ № 13-07-00782 и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов».*

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Афанасьев М. С., Левашова А. И., Левашов С. А., Нарышкина В. Г., Чучева Г. В., Набиев А. Э. Выбор оптимального технологического режима формирования сегнетоэлектрических пленок на кремниевых подложках // Труды XV МНПК «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, г. Одесса. — 2014. — Т. 2. — С. 128—129.

2. Афанасьев М. С., Набиев А. Х., Чучева Г. В. Оптический мониторинг процесса осаждения сегнетоэлектрических пленок // ФТТ. — 2015. — Т. 57. — Вып. 7.

M. S. Afanasiev, A. M. Kiselev, D. A. Kiselev, A. Nabiev, S. A. Levashov, G. V. Chucheva  
**Electrophysical properties of metal-insulator-semiconductor-based ferroelectric thin films of various thickness.**

The paper presents the results of the production and study of MIS structures based on  $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$  films on *p*-Si-substrates by rf sputtering of a polycrystalline target in an oxygen atmosphere with different duration of spraying. It was found from C-V-characteristics measurement and analysis that the most suitable for the required properties are the structures with film thicknesses of 250—350 nm.

Keywords: *metal-dielectric-semiconductor structure, ferroelectric film, C-V-characteristics.*