

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН

Саратовский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Института радиотехники и электроники
им. В. А. Котельникова РАН

Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского

«НАНОЭЛЕКТРОНИКА, НАНОФОТОНИКА И НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЗИКА»

Сборник трудов XIV Всероссийской конференции молодых ученых

(Саратов, 17 – 19 сентября 2019 г.)

Саратов
Издательство “Техно-Декор”
2019

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА ПЛЕНОК BST 80/20 НА ИХ МИКРОСТРУКТУРУ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**М. С. Афанасьев¹, Е. И. Гольдман¹, Д. А. Киселев^{1,2},
С. А. Левашов¹, А. А. Сивов¹, Г. В. Чучева¹**

¹Фрязинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, пл. Введенского 1, 141190 Фрязино, Россия

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр. 4, 119049 Москва, Россия
E-mail: gvc@ms.ire.rssi.ru

Настоящая работа посвящена экспериментальным исследованиям влияния температуры синтеза на микроструктуру и электрофизические свойства сегнетоэлектрических пленок состава $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ (BST). Изучение электрофизических свойств структур металл-диэлектрик-металл (МДМ) проводилось на измерительном автоматизированном стенде [1] с использованием прецизионного измерителя LCR Agilent E4980A, портативного компьютера с доработанным программным обеспечением и специальной камеры, снабженной нагревательным столиком с термостабилизацией. Эффективная диэлектрическая проницаемость структуры вычислялась по формулам для плоского конденсатора на основе измерений, выполненных по методике, изложенной в работе [2]. Топография пленок BST получена в контактном режиме на сканирующем зондовом микроскопе MFP-3D SA (Asylum Research, США) с использованием кантилевера марки Asytec-02 (Asylum Research, США).

Для исследований были приготовлены МДМ-структуры, представляющие собой кремниевую подложку с подслоем платины, сегнетоэлектрическую пленку BST и верхний электрод из никеля. Пленки BST 80/20 толщиной 450 ± 25 nm синтезировались методом высокочастотного реактивного распыления керамической мишени в атмосфере кислорода на установке Плазма-50СЭ (Россия) [3]. Температура подложки в процессе синтеза составляла 560 °C и 620 °C. Электрод из никеля наносился на сегнетоэлектрическую пленку электронно-лучевым методом через теньевую маску на установке A700QE/D112000 (Германия). Площадь электродов составляла 2.7×10^{-4} см², толщина 100 nm.

На рис. 1 приведены вольтфарадные характеристики (ВФХ) МДМ-структур на основе пленок BST, измеренные при комнатной температуре на частоте 100 kHz. На образец подавалось напряжение смещения V_g от -16 до $+16$ V (кривые 1, 3) и обратно (кривая 2,4), с шагом 0.25 V и амплитудой измерительного сигнала 25 mV. Максимальные значения емкости наблюдались при $V_g \approx -1.1$ V для пленок BST, синтезированных при 560 °C, и $V_g \approx -0.4$ V для пленок, полученных при 620 °C. МДМ-структуры на основе пленок BST, синтезированных при 620 °C, характеризуются более высокими значениями емкости по сравнению с аналогичными МДМ-структурами, полученными при 560 °C. Коэффициент управляемости МДМ-структуры, рассчитанный как отношение емкостей при минимальном и максимальном приложенном поле, достигает значения 1.8 для конденсатора на основе пленки BST, синтезированной при 560 °C и 1.87 для образца

на основе пленки BST, полученной при 620 °С, что говорит о более высокой управляемости конденсатора на основе пленки, полученной при 620 °С.

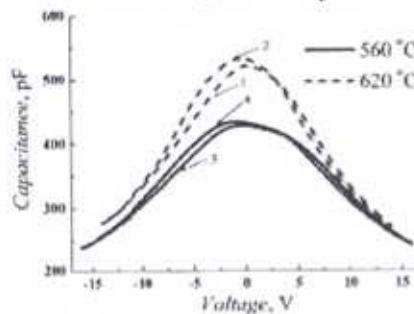


Рис. 1. ВФХ МДМ-структур на основе пленок BST 80/20.

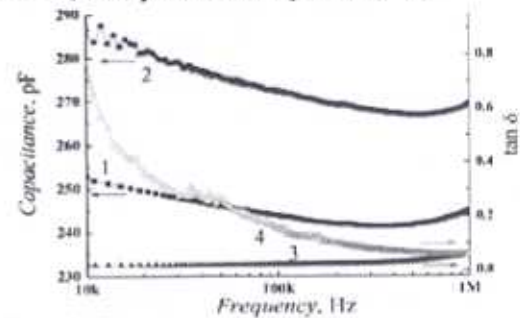


Рис. 2. Частотные зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь образцов.

На рис. 2 представлены измеренные при комнатной температуре и постоянном смещении $V_g = 15.0$ V частотные зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь МДМ-структур на основе пленок BST, синтезированных при 560 °С (кривая 1 для емкостной зависимости, кривая 3 для частотной зависимости тангенса угла диэлектрических потерь) и 620 °С (кривая 2 для емкостной зависимости, кривая 4 для частотной зависимости тангенса угла диэлектрических потерь). МДМ-структуры на основе пленок BST, синтезированных при 620 °С, демонстрируют более высокие значения емкости, чем образцы на основе пленок BST, полученных при 560 °С.

Анализ данных, полученных на сканирующем зондовом микроскопе, показал, что среднеквадратичная шероховатость поверхности (R_{ms}) пленки BST, синтезированной при 560 °С, составила 4.8 nm, а при 620 °С $R_{ms}=4.7$ nm. Пленки сформированы из кристаллитов (зерен). Расчеты показали, что для BST пленки, синтезированной при 560 °С, средний размер зерен (ζ) составил 78 nm, а при 620 °С $\zeta=87$ nm.

Проведенные исследования показали влияние температуры синтеза тонких пленок BST на диэлектрические характеристики МДМ-структур. Установлено, что синтезированные при температуре 620 °С образцы обладают более высокими значениями емкости (и, соответственно, диэлектрической проницаемостью) и управляемостью по сравнению со структурами, полученными при 560 °С. Увеличение температуры синтеза также приводит к повышению среднего размера зерна в сегнетоэлектрической пленке.

Работа выполнена в рамках государственного задания и при частичной поддержке РФФИ (проекты №18-29-11029 и №19-29-03042).

Библиографический список

1. Гольдман Е. И., Ждан А. Г., Чучева Г. В. // ПТЭ 6, 110 (1997).
2. T. Hatanoto, D.J.Towner, B.W. Wessels. // Appl.Phys. Lett. 83, 5274 (2003).
3. Афанасьев М. С., Иванов М. С. // ФТТ 51, 1259 (2009).