

Зубко С.П., Медведева Н.Ю.
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

Влияние размерного эффекта на диэлектрические свойства сегнетоэлектрических структур

Представлены результаты исследований размерного эффекта в композитных сегнетоэлектрических структурах и тонких пленках сегнетоэлектрика (Ba,Sr)TiO₃ в составе плоскопараллельных и планарных конденсаторов.

Ключевые слова: Сегнетоэлектрики, размерный эффект, пленочные структуры, композитные структуры.

Сегнетоэлектрические материалы находят широкое применение в СВЧ-устройствах с электронным управлением. Как правило, тонкие сегнетоэлектрические пленки включают в состав многослойных конденсаторных структур - как планарных, так и плоскопараллельных – МДМ-конденсаторов. Если толщина пленки соизмерима с некоторым критическим размером, то говорят о размерном эффекте в пленке [1-4]. Проявляется размерный эффект как в изменении значения диэлектрической проницаемости, так и в смещении точки фазового перехода по сравнению с объемным материалом. Основными факторами, приводящими к появлению размерного эффекта в тонкой пленке сегнетоэлектрика типа смещения, являются: дисперсия мягкой сегнетоэлектрической моды; механические напряжения (несобственный размерный эффект); различие коэффициентов линейного расширения пленки и подложки. Все три фактора могут присутствовать одновременно, но вносить различный вклад в размерный эффект. В данной работе приведены результаты исследований размерного эффекта, базирующихся на корреляционной модели мягкой моды. Рассмотрены и оценены значения параметров размерного эффекта и критические размеры сегнетоэлектрика.

Установлено, что конструкция конденсатора существенно влияет на диэлектрические характеристики сегнетоэлектрической пленки. В данной работе приведены результаты исследования диэлектрических свойств тонких сегнетоэлектрических пленок Ba_xSr_{1-x}TiO₃ (BSTO) в составе планарного конденсатора (рис. 1, а) и в составе плоскопараллельного (МДМ) конденсатора (рис. 1, б) [5]. Анализ экспериментальных и теоретических результатов показал, что критическая толщина пленки BSTO в МДМ-конденсаторе в 4-5 раз превышает аналогичный параметр пленки в составе планарного конденсатора. Такое различие в свойствах может быть объяснено различной ориентацией вектора поляризации относительно плоскости пленки и, следовательно, различными величинами корреляционного радиуса.

Учет размерного эффекта является важной задачей и при моделировании свойств композитных материалов на основе сегнетоэлектриков, представляющих собой матрицу с включениями различной формы или многослойную структуру.

Когда размеры включений или толщины слоёв становятся меньше некоторой критической величины, свойства материала существенно изменяются. В связи с этим

большой интерес представляет определение зависимости диэлектрических свойств композитной структуры от размеров и геометрии её составных частей.

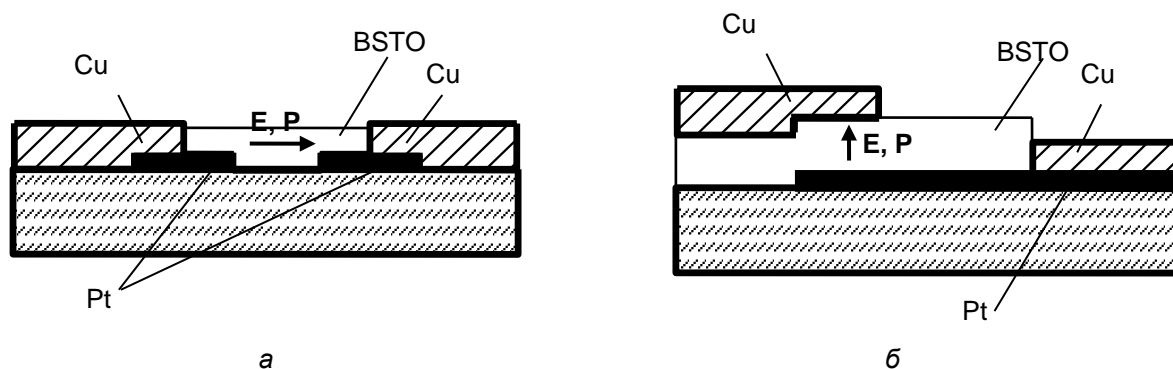


Рис. 1. Структура исследованных тонкопленочных сегнетоэлектрических конденсаторов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках проектов №16-29-05147 офи_м, 16-07-00617 А, 16-08-00808 А.

Библиографический список

1. О.Г. Вендик, И.Г. Мироненко. Континуальная модель сегнетоэлектрической моды. ФТТ, 1974. - Т. 16, № 11, С. 3445-3451.
2. С.Т. Давидадзе, Б.А. Струков, Д.В. Высоцкий, В.В. Леманов, С.Г. Шульман, Y. Uesu, S. Asanuma. Фазовый переход в сегнетоэлектрических эпитаксиальных тонких пленках по данным тепловых измерений. ФТТ. 2008 – Вып. 12, С. 2206-2209.
3. В.М. Фридкин, Критический размер в сегнетоэлектрических наноструктурах. Успехи физических наук. 2006 - Т. 176, № 2, С. 203-212.
4. Vendik O.G., Zubko S.P. Ferroelectrics as constituents of tunable metamaterials, in “Theory and Phenomena of Metamaterials (Handbook of Artificial Materials)”, Vol. I., edited by F. Capolino, Oxford, UK: Taylor and Francis Group, LLC. CRC Press, 2009. ISBN-10: 1-4200-5425-2.
5. T. Samoiloa, M. Gaidukov, A. Tumarkin, A. Gagarin, A. Altynnikov, A. Kozyrev. Injected charge as a cause of the slow dielectric relaxation in thin film Pt/(Ba, Sr) TiO₃/Cu structures. Journal of Applied Physics 2014.-V.115.-P. 204103.