

Влияние технологических параметров на структурные свойства тонких пленок ниобата бария-стронция на диэлектрической подложке для СВЧ применений

А. Богдан, А.В. Тумаркин, Е.Н. Сапего, А.В. Полидаускайте

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: Представлены результаты исследования тонких сегнетоэлектрических пленок $\text{Ba}_{0.25}\text{Sr}_{0.75}\text{Nb}_2\text{O}_6$ на подложках поликора, полученных при различном составе рабочего газа и его давления в процессе осаждения. Проведен анализ структурных и электрических характеристик тонких пленок во взаимосвязи с технологическими условиями роста пленок и их постростовой высокотемпературной обработки.

Ключевые слова: ниобат-бария стронция, сегнетоэлектрические пленки, высокотемпературный отжиг.

Ниобат бария-стронция (SBN) является перспективным функциональным материалом с широко используемыми электрооптическими свойствами и перспективными пьезоэлектрическими и сегнетоэлектрическими характеристиками, зависящими от концентрации бария и стронция в составе твердого раствора. Особый интерес для СВЧ применений представляет химический состав $\text{Sr}_{0.75}\text{Ba}_{0.25}\text{Nb}_2\text{O}_6$ (SBN-75), ввиду относительно низких диэлектрических потерь и приемлемой управляемости, которыми характеризуется кристаллическая фаза SBN (001) [1]. Кристаллизация фазы (001) пленок SBN-75 на подложках, перспективных для СВЧ применений, требует отдельного внимания к технологии синтеза [2]. Целью настоящей работы является анализ влияния технологических параметров синтеза и постростового отжига на структурное качество и на морфологию тонких пленок SBN на активно используемых на СВЧ диэлектрических подложках.

Синтез тонких пленок SBN производился методом ВЧ магнетронного распыления стехиометрической мишени $\text{Sr}_{0.75}\text{Ba}_{0.25}\text{Nb}_2\text{O}_6$ на подложках поликора (поликристаллический Al_2O_3). Изменяемыми технологическими параметрами являлись давление и состав рабочего газа. Осаждение производилось в смеси кислорода и аргона с изменяемым соотношением концентраций газов при давлении рабочей смеси от 3 до 10 Па. Температура подложки во время синтеза оставалась неизменной и составляла 900°C. После осаждения пленки охлаждались со скоростью 2-3°C/мин в атмосфере рабочего газа. Также для улучшения кристаллической структуры и морфологии пленок применялся высокотемпературный отжиг на воздухе в температурном диапазоне 1150-1200°C.

Структурный анализ образцов методом рентгеновской дифракции (дифрактометр ДРОН-6, излучение $\text{CuK}\alpha_1$) показал, что осажденные тонкие пленки SBN-75 в рабочем газе $\text{Ar}/\text{O}_2 = 3/7$ и $7/3$ демонстрируют рефлексы вторичных фаз полиниобата бария-стронция. При соотношении $\text{Ar}/\text{O}_2 = 5/5$ в составе рабочего газа происходит образование поликристаллического SBN-75, прослеживается кристаллизация фазы (001). Рабочий газ с составом $\text{Ar}/\text{O}_2 = 4/6$ способствует росту пленок с преобладающей ориентацией (001) с включением фаз иных ориентаций твердого раствора меньшей интенсивности. Дальнейший синтез пленок проводился в смеси рабочего газа $\text{Ar}/\text{O}_2 = 4/6$ при разных давлениях. Пленки, осажденные при давлении 6 Па, обладают преимущественной

ориентаций (00 l) и минимальным содержанием зерен вторичных фаз.

Анализ поверхности тонких пленок SBN-75 после постростового отжига методом атомно-силовой микроскопии в полуконтактном режиме свидетельствует об уменьшении размера зерна и шероховатости на 40% с увеличением температуры отжига. Зафиксированы перепады высот (координата z) на поверхности пленки, соотносящиеся с размерами зерна. Образцы после высокотемпературной обработки показывают амплитудное расхождение координаты z по поверхности до 45 нм.

Результат исследования структурных и морфологических характеристик тонких сегнетоэлектрических пленок SBN позволяет сделать вывод о преимущественном росте кристаллической фазы ориентации (00 l) при давлении рабочего газа 6 Па, составе $\text{Ar/O}_2 = 4/6$, а также о возможности управления структурным качеством, фазовым составом и морфологией поверхности пленок путем корректировки технологических параметров при нанесении функциональных слоев SBN-75 для СВЧ применений.

Исследование выполнено за счет **Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках гранта (проект № FSEE-2025-0010).**

Список литературы

1. Moon S. E. et al. Measurement of microwave dielectric properties of (Sr, Ba) Nb₂O₆ thin films // *Integrated Ferroelectrics*. – 2004. – Т. 66. – №. 1. – С. 275-281.
2. Boulay N. et al. Dielectric and ferroelectric properties of Sr_xBa_{1-x}Nb₂O₆ (SBN: x) thin films // *Ferroelectrics*. – 2007. – Т. 353. – №. 1. – С. 10-20.