

Влияние высокотемпературного отжига на структурные свойства тонких пленок титаната стронция для СВЧ применений

А. Богдан, А.В. Тумаркин, А. Р. Карамов, О.Е. Зайцев, Е.Н. Сапего

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: Представлены результаты исследования высокотемпературного отжига сегнетоэлектрических тонких пленок SrTiO_3 , полученных методом магнетронного ВЧ осаждения на подложках поликора. Демонстрируется возможность улучшения структурных свойств пленок титаната стронция с целью дальнейшего применения в устройствах СВЧ диапазона.

Ключевые слова: сегнетоэлектрические пленки, высокотемпературный отжиг, магнетронное распыление, титанат стронция.

Сегнетоэлектрические (СЭ) тонкие плёнки, наряду с полупроводниками и ферритами, активно рассматриваются в качестве перспективных компонентов для сверхвысокочастотных (СВЧ) устройств благодаря ряду преимуществ: высокой диэлектрической нелинейностью, низким потерям и высокому быстродействию [1]. Среди СЭ материалов особый интерес представляет титанат стронция (SrTiO_3), характеризующийся хорошей температурной стабильностью и отличными характеристиками релаксации емкости [2].

Исследования синтеза пленок титаната стронция на структурно не совершенных подложках зачастую демонстрируют формирование поликристаллической структуры с плоскостными и объемными дефектами, что напрямую влияет на диэлектрические характеристики СЭ слоя в СВЧ диапазоне. Целью данной работы является исследование влияния высокотемпературной обработки на структурное качество тонких пленок титаната стронция, осажденных на подложки поликристаллического оксида алюминия.

В работе исследуются тонкие пленки титаната стронция, полученные методом ВЧ-магнетронного распыления керамической мишени SrTiO_3 . Процесс осаждения проводился в атмосфере рабочего газа с составом $\text{Ar}/\text{O}_2 - 8/2$, при давлении 3-10 Па и температуре подложки 900°C , поддерживаемой на постоянном уровне резистивным нагревателем. В качестве диэлектрической подложки использовался оксид алюминия марки КВ-1 (поликор). После осаждения пленки охлаждались в атмосфере рабочего газа со скоростью $2-3^\circ\text{C}/\text{мин}$. Постростовой отжиг проводился в резистивной печи при температурах $1000-1200^\circ\text{C}$ в атмосфере кислорода и на воздухе на протяжении 30-90 минут.

Кристаллическая структура и фазовый состав полученных пленок исследовались методом рентгеновской дифракции с помощью дифрактометра ДРОН-6 (излучение $\text{CuK}\alpha 1$).

Рентгеноструктурный анализ показывает формирование ориентированных в направлении $(h00)$ тонких пленок титаната стронция. После высокотемпературной обработки наблюдается смещение рентгеновских рефлексов в сторону больших углов, что свидетельствует об изменении размера элементарной ячейки. Улучшение структуры характеризуется приближением размера элементарной ячейки к значению для монокристалла, снижением относительного содержания вторичных фаз STO и увеличением размера кристаллитов. Незначительный отличия дифрактограмм после

отжига в различных газовых средах свидетельствует о низком количестве кислородных вакансий в получаемых структурах. Увеличение температуры отжига свыше 1100°C сопровождается высокой интенсивностью процессов перекристаллизации, что приводит к образованию сжимающих напряжений в плоскости подложки. Количественные изменения интенсивности дифракционных максимумов определяется температурой и продолжительностью высокотемпературной обработки.

Таким образом, в результате высокотемпературной обработки возможно улучшение структурного качества ориентированных тонких пленок STO на поликоре, что перспективно для различных СВЧ применений.

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

Список литературы

1. Вендик О. Г., Козырев А. Б. Применение сегнетоэлектриков в антеннах с электронным сканированием // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2005. – №. 1. – С. 20-23.
2. Tagantsev A. K. et al. Ferroelectric materials for microwave tunable applications // Journal of electroceramics. – 2003. – Т. 11. – С. 5-66.