Влияние магнитного поля в магнетронной распылительной системе на структурные свойства многокомпонентных оксидных пленок

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

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: проведено исследование влияния магнитного поля в магнетронной распылительной системе на кристаллическую структуру многокомпонентных сегнетоэлектрических оксидных пленок, полученных методом магнетронного распыления. Определены значения индукции магнитного поля в магнетронной распылительной системе, позволяющие получить пленки высокого структурного качества. Впервые было исследовано влияние параметров магнитного поля на структурные свойства пленок ниобата бария стронция.

Ключевые слова: ионно-плазменное распыление, моделирование, магниты, многокомпонентные пленки, сегнетоэлектрики

1. Введение

Ионно-плазменное осаждение является одним из наиболее востребованных методов получения тонких пленок в современной электронике. Популярность данного метода обусловлена совокупностью конкурентных преимуществ, а именно: обширным выбором осаждаемых материалов, высокой скоростью осаждения, а также большим количеством варьируемых технологических параметров [1].

Одним из ключевых параметров процесса распыления является магнитное поле, варьируя его индукцию и геометрическое распределение возможно повысить эффективность ионизации атомов рабочего газа, изменить геометрию зоны эрозии, а также добиться высокой равномерности пленки по толщине и высокого структурного качества получаемых покрытий [2, 3].

Целью данной работы являлась исследование влияния индукции и геометрического распределения магнитного поля в магнетронной распылительной системе на кристаллическую структуру многокомпонентных диэлектрических покрытий.

2. Описание модели и эксперимента

Для выбора параметров магнитов в магнетронной распылительной системе проводилось моделирование магнитных полей в программной среде COMSOL MULTIPHYSICS (The Magnetic Fields Interface), посредством численного решения уравнения Максвелла с шагом равным 0,66 мм. Для проверки адекватности разработанной модели проводились эксперименты по измерению магнитного поля одиночного магнита с помощью магнитометра Ш1-8, работающего на основе эффекта Холла.

Также для исследования влияния индукции и геометрического распределения магнитного поля на структурные свойства полученных пленок были осаждены пленки ниобата бария-стронция. Давление в камере составляло 3 Па, ток разряда был равен 0,2 А, температура подложки составляла 900 °С, состав рабочего газа был 40/60 (O₂/Ar). Структурные свойства полученных пленок исследовались с помощью метода рентгеновской дифракции на дифрактометре ДРОН-6 на эмиссионной спектральной

линии и $\text{CuK}\alpha_1$ ($\lambda = 1.54 \text{ \AA}$). Измерения проводились в угловом дифракционном диапазоне от 20° до 60° со скоростью сканирования $2^\circ/\text{min}$ в непрерывном режиме.

В результате исследования была подобрана оптимальная конфигурация магнитного поля, позволяющая получить преимущественно ориентированные пленки ниобата бария стронция. Наиболее оптимальной геометрией является сочетание кольцевого и центрального магнита, расположенных на магнитопроводе из нержавеющей стали. Также было выявлено, что для получения преимущественно ориентированных пленок остаточная магнитная индукция должна лежать в диапазоне от 0,77 Тл до 1,5 Тл, диаметр внешнего магнита должен быть в диапазоне от 60 до 70 мм, диаметр внутреннего магнита от 12 мм до 20 мм.

Работа выполнена при поддержке Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), в рамках молодежного проекта НР/ФЭТ-140.

Список литературы

1. Gudmundsson J. T. Physics and technology of magnetron sputtering discharges // *Plasma Sources Science and Technology*. – 2020. – Т. 29. – №. 11. – С. 113001.
2. Yang P. et al. Influence of additional magnetic field on plasma parameters in magnetron sputtering // *Vacuum*. – 2009. – Т. 83. – №. 11. – С. 1376-1381.
3. Hong S. et al. A simulation model for thickness profile of the film deposited using planar circular type magnetron sputtering sources // *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*. – 1996. – Т. 14. – №. 5. – С. 2721-2727.