

УДК 621.315.592

ОПТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК Ga₂O₃

Иванов А. Ю. (Университет ИТМО), к.т.н., Дмитриев А. А. (Университет ИТМО), к.т.н.,
Шарофидинов Ш.Ш. (Физико-Технический Институт им. А. Ф. Иоффе)
Научный руководитель – к.ф.-м.н., Кремлева А. В. (Университет ИТМО),
Научный консультант – к.ф.-м.н., Смирнов А. М. (Университет ИТМО)

Введение. В настоящее время одним из активно развивающихся направлений оптоэлектроники и силовой электроники являются исследования в области широкозонных полупроводниковых материалов, таких как карбид кремния (SiC), нитрид галлия (GaN), оксид галлия (Ga₂O₃). Оксид галлия менее изучен, чем SiC и GaN, и отличается от них большей шириной запрещенной зоны и высоким значением критического поля пробоя, что делает его наиболее интересным для исследований и перспективным для создания оптоэлектронных полупроводниковых приборов [1]. Сообщается о существовании пяти типов полиморфов Ga₂O₃, которые обозначаются как α , β , γ , δ и $\kappa(\epsilon)$ в соответствии с полиморфами Ga₂O₃. Моноклинная β -фаза является наиболее термодинамически стабильной, следующими по стабильности являются орторомбическая $\kappa(\epsilon)$ -Ga₂O₃ и ромбоэдрическая α -Ga₂O₃ фазы [2]. Данные полиморфы отличаются друг от друга пространственными группами симметрии, параметрами кристаллической решетки и, соответственно, обладают различными физическими свойствами. Так, например, ширина запрещенной зоны для β -Ga₂O₃ составляет 4,8 эВ, для α -Ga₂O₃ – 5,61–6,44 эВ [3]. Поскольку для создания фотодиодов с высокой спектральной чувствительностью в диапазоне длин волн 200–280 нм (УФ-С) критически важным является использование материалов с $E_g \geq 4,45$ эВ, то оксид галлия является наиболее подходящим.

Основная часть. В работе проведено исследование оптических и структурных характеристик эпитаксиальных пленок оксида галлия, полученных методом хлорид-гидридной газофазной эпитаксии на подложках сапфира. Исследование спектров поглощения проводилось при комнатной температуре с помощью спектрометра AvaSpec-2048 и лампы AvaLight-D(H)-S-BAL, излучающей в спектральном диапазоне 215–1000 нм. Спектры фотолюминесценции исследовались при комнатной температуре с помощью эксимерного лазера Coherent KrF (248 нм) и спектрометра Ocean Optics USB4000. Структурные свойства образцов исследовались методом рентгеновской дифрактометрии.

Выводы. Исследования методом рентгеновской дифрактометрии позволили определить фазу и оценить кристаллическое качество полученных эпитаксиальных пленок оксида галлия. По спектрам поглощения при помощи линейной аппроксимации определен край зоны поглощения, который определяет ширину запрещенной зоны в первом приближении. Общий вид спектра поглощения оксида галлия представляет собой экспоненциально возрастающую зависимость поглощения от энергии в глубокой ультрафиолетовой области. Спектры фотолюминесценции разных фаз позволили определить положение примесных уровней и сопоставить их со спектрами поглощения. В работе было произведено сравнение значения края поглощения и сделаны выводы о энергетической структуре разных фаз оксида галлия.

Благодарность. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21–79–00211).

Список использованных источников:

1. Higashiwaki M. β -Ga₂O₃ material properties, growth technologies, and devices: a review // AAPS Bulletin. – 2022. – № 32(1). – С. 3.
2. Spencer, J. A., Mock, A. L., Jacobs, A. G., Schubert, M., Zhang, Y., Tadjer, M. J. A review of band structure and material properties of transparent conducting and semiconducting oxides:

Ga₂O₃, Al₂O₃, In₂O₃, ZnO, SnO₂, CdO, NiO, CuO, and Sc₂O₃ // Applied Physics Reviews. – 2022. – № 9(1). – C. 011315.

3. Segura, A., Artús, L., Cuscó, R., Goldhahn, R., & Feneberg, M. Band gap of corundumlike α -Ga₂O₃ determined by absorption and ellipsometry // Physical Review Materials. – 2017. – № 1(2). – C. 024604.