

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК HfO₂, ПОЛУЧЕННЫХ РЕАКТИВНЫМ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

Зырянова А. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Телеш Е. В. – ст. преподаватель

Проведено исследование влияния парциального давления кислорода при нанесении пленок HfO₂ реактивным ионно-лучевым распылением металлической мишени на скорость нанесения и оптические характеристики. Установлено, что скорость нанесения пленок снижается с ростом содержания кислорода в рабочем газе. Пропускание и поглощение пленок незначительно зависели от состава рабочего газа. Ширина запрещенной зоны составила 5,63 эВ.

В настоящее время вопросы получения и последующего исследования наноразмерных пленок оксида гафния становятся всё более актуальными, что связано с рядом отличительных свойств данного материала, а именно – высокой температурой плавления ($T=3050$ К), прочностью, хорошими оптическими и диэлектрическими характеристиками, сохраняющимися в широком интервале температур [1]. Наибольший интерес представляют структуры на основе HfO₂, который, по сравнению с традиционно используемым диоксидом кремния, обладает высокими значениями диэлектрической постоянной ($\epsilon_{\text{HfO}_2}=16-25$), ширины запрещенной зоны (8,0–5,7 эВ), коэффициента преломления (1,8–2,2). Также HfO₂ является прозрачным в спектральном диапазоне от ультрафиолетового до инфракрасного излучения, что делает его перспективным оптическим материалом [2].

Нанесение пленок HfO₂ осуществляли реактивным ионно-лучевым распылением металлической мишени. Расстояние мишень–подложка составляло ~ 80 мм. Пленки формировались на подложках из кремния, кварца и стекла К8. Остаточный вакуум составлял $2,8 \cdot 10^{-3}$ Па, рабочее давление смеси аргона и кислорода – $5 \cdot 10^{-2}$ Па, ускоряющее напряжение – 3,0 кВ, ток мишени – 65–105 мА, температура подложек – 313 К. Толщина покрытий измерялась с применением микроскопа МИИ-4.

Варьировалось парциальное давление кислорода с $1,6 \cdot 10^{-2}$ Па до $4,4 \cdot 10^{-2}$ Па. Скорость нанесения составила 0,29–0,57 нм/с и уменьшалась с ростом давления кислорода в рабочем газе, что можно объяснить меньшим коэффициентом распыления кислорода по сравнению с аргоном.

Спектры оптического пропускания и поглощения пленок HfO₂ определялись при помощи спектрофотометра MC-121 PROSCAN в диапазоне 300...1000 нм. На рисунке 1 представлены спектральные зависимости пропускания и поглощения пленок, полученных при парциальном давлении кислорода $1,9 \cdot 10^{-2}$ Па.

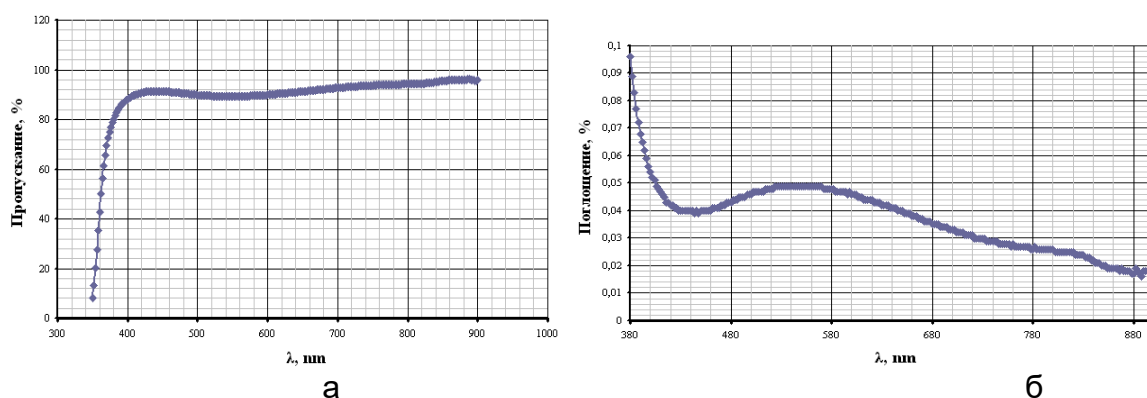


Рисунок 1– Спектры оптического пропускания (а) и поглощения (б) пленок HfO₂

Пленки, полученные при других давлениях кислорода, обладали пропусканием 88–94 % и поглощением – 0,03–0,06 на длине волны 555 нм.

Использование спектральной зависимости пропускания пленок диоксида гафния, нанесенных на подложку из кварца при парциальном давлении кислорода $4,4 \cdot 10^{-2}$ Па, позволило определить ширину запрещенной зоны. Она составила 5,63 эВ.

Список использованных источников:

1. Jena, S. Effect of O₂/Ar gas flow ratio on the optical properties and mechanical stress of sputtered HfO₂ thin films/ S. Jena, R.B. Tokas, J.S. Misal, K.D. Rao et al./ Thin Solid Films.–2015.–V. 592, Part A, 1.– P. 135–142.
2. Zhan, M.Q. Optical, structural and laser induced damage threshold properties of HfO₂ thin films prepared by electron beam evaporation/ M. Q. Zhan., D. P. Zhang, T. Y. Tian et al. //Chin. Phys. Lett. –2005. –V. 22.– № 5. P.1246–1248.