

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК SiOF, ПОЛУЧЕННЫХ ПРЯМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ИОННЫХ ПУЧКОВ

Данилевич Д.С.

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

Телеш Е.В. – ст. преподаватель

Исследовано влияние парциального давления хладона и температуры подложки на оптические характеристики пленок SiOF, синтезированных прямым осаждением из ионных пучков. Установлено, что повышение давления хладона способствует небольшому снижению пропускания и увеличению поглощения покрытий. Нагрев подложки приводил к улучшению оптических характеристик пленок SiOF. Нагрев подложки приводил к росту ИК поглощения на связях С–О и О=C=O.

Для увеличения быстродействия и уменьшения энергопотребления СБИС актуальной проблемой является поиск новых материалов с низкой диэлектрической проницаемостью (low-k-диэлектрики) и разработка современных технологий формирования тонкопленочных слоев из этих материалов. Существенно понизить значение ϵ удаётся с помощью легирования оксида кремния (SiO_2) фтором. При легировании оксида кремния фтором получается материал SiOF с $\epsilon = 3,5$ (по сравнению с $\epsilon_{\text{SiO}_2} = 3,9$). Стабильность пленок обеспечивается конфигурацией Si–F связей. Пленки обладают высокими защитными свойствами, устойчивы к воздействию влаги и могут использоваться в качестве изолирующих защитных слоев и для изоляции межсоединений ИС.

Экспериментальные исследования проводили на модернизированной установке ВУ-1А, оснащенной ионным источником на основе торцевого холловского ускорителя. В качестве рабочих газов использовались смесь моносилана с аргоном (5 % SiH_4 + 95 % Ar), хладон-14 CF_4 и кислород. Ток солениода составлял 3 А, ток эмиттера электронов – 12–14 А, напряжение на аноде – 75–80 В, ток разряда – 3,0 А. Температура подложек составляла ~333–603 К. Парциальное давление кислорода было постоянным и составляло $4,0 \cdot 10^{-2}$ Па. Давление фреона варьировалось от нуля до $1,2 \cdot 10^{-1}$ Па. Общее рабочее давление составляло $2,66 \cdot 10^{-1}$ Па. При таких режимах скорость нанесения составляла 0,40–0,53 нм/с, а толщина покрытий – 100–160 нм.

Спектры оптического пропускания и поглощения в диапазоне $\lambda = 350 \dots 900$ нм определялись при помощи спектрофотометра МС-121. Установлено, что повышение давления хладона способствует небольшому снижению пропускания и увеличению поглощения покрытий. На рисунке 1 приведены спектры оптического пропускания покрытий SiOF, нанесенных при различных температурах подложки.

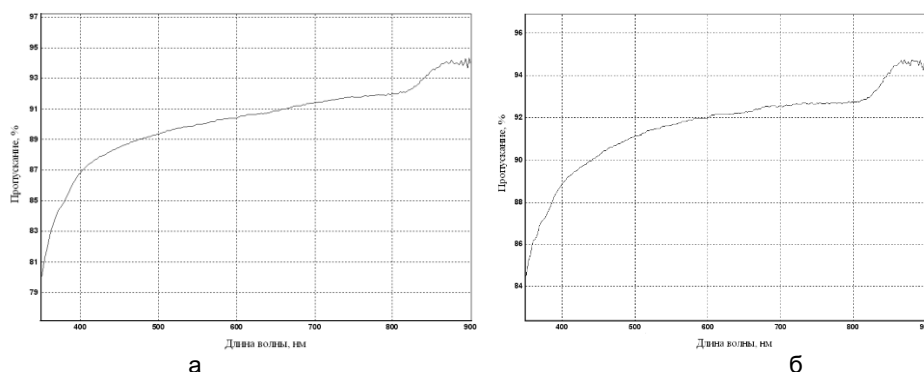


Рисунок 1– Спектры оптического пропускания покрытий SiOF, нанесенных при температуре подложки 393 К (а) и 603 К (б)

Нагрев подложки приводил к улучшению оптических характеристик пленок SiOF. Максимальное пропускание 94,5 % было получено при 543 К и парциальном давлении хладона-14 – $8,0 \cdot 10^{-2}$ Па. Нагрев подложки до 603 К привел к росту поглощения и снижению прозрачности до 91,8 %.

Проведены измерения ИК спектров пропускания в диапазоне 400–4000 cm^{-1} с использованием инфракрасного спектрометра FTIR Vertex 70. Установлено наличие полосы поглощения фторида кремния Si–F на частоте ~935 cm^{-1} . Наблюдались также полосы поглощения на связях С–Н и С–О. Полоса поглощения на $\nu = 2300\text{--}2400$ cm^{-1} соответствует связи О=C=O. В спектре также были замечены полосы поглощения связи О–Н (3800 cm^{-1}). Увеличение парциального давления хладона способствовало уменьшению поглощения на связях О–Н и О=C=O. Нагрев подложки приводил к росту поглощения на связях С–О и О=C=O.