

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЕНОК SiOC ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ СОСТАВНОЙ МИШЕНИ SiO₂/25 %C

Дуксин М. В.

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

Телеш Е. В. – ст. преподаватель

Проведено исследование влияния состава рабочего газа и температуры подложки при нанесении пленок SiOC реактивным ионно-лучевым распылением составной мишени SiO₂/25 %C на электрофизические и спектральные характеристики. Добавка кислорода к аргону позволила увеличить пропускание и снизить поглощение в видимом и ближнем ИК диапазоне. Нагрев подложки также способствовал росту пропускания.

Диоксид кремния (SiO₂), широко применяющийся в кремниевой технологии, является одним из перспективных материалов для получения диэлектрических low-k пленок, т.к. изменяя его структуру и состав, можно значительно понизить диэлектрическую проницаемость SiO₂ [1]. Ранее были проведены исследования характеристик пленок SiOC, полученных распылением составной мишени SiO₂/12,5 %C [2].

В данной работе плёнки SiOC формировались ионно-лучевым распылением составной мишени SiO₂/25 %C. Распыляемая мишень представляла собой диск из кварца высокой чистоты (ТУ0284409–108–85) диаметром 60 мм и толщиной 4 мм. В кварце был вырезан сегмент, вместо которого был помещен одинаковый по площади фрагмент из плотного графита высокой чистоты марки МПГ-7 ТУ 1915-051-00200851-2005 (рисунок 1).



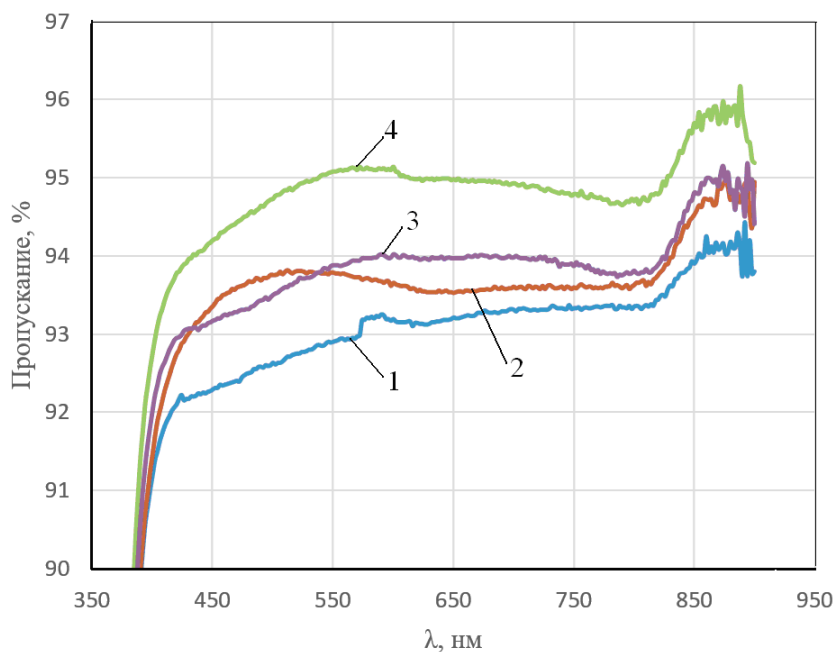
Рисунок 1– Внешний вид составной мишени SiO₂/25 %C

Нанесение пленок осуществлялось в модернизированной установке вакуумного напыления УРМ 3.279.017, оснащённой ионно-лучевым источником на основе ускорителя с анодным слоем. Остаточный вакуум не превышал $4,2 \cdot 10^{-3}$ Па. Рабочими газами служили аргон и кислород. Плёнки формировались на подложках из стекла К8, кремния и кремния, покрытого пленкой никеля. Толщина покрытий определялась с помощью микроскопа-интерферометра МИИ-4. Компенсация положительного заряда на мишени осуществлялась термоэлектронами. Электрофизические характеристики покрытий исследовались с применением МДМ структур. Емкость, сопротивление и тангенс угла диэлектрических потерь измерялись на частоте 1 МГц с помощью прибора Е7-20. Толщина пленок составляла 230–370 нм, скорость нанесения – 0,62–0,92 нм/с, ускоряющее напряжение – 3, 0 кВ, ток термокомпенсатора –17 А.

Установлено, что добавка кислорода к аргону способствует некоторому снижению величины диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$, увеличению удельного объемного сопротивления. Повышение температуры подложки до 483 К привело к увеличению ϵ и к снижению удельного объемного сопротивления.

На рисунке 2 приведены спектральные зависимости пропускания пленок SiOC, полученных при разных режимах. Добавка кислорода к аргону позволила увеличить пропускание и снизить поглощение в видимом и ближнем ИК диапазоне. Нагрев подложки также способствовал росту пропускания.

На рисунке 3 представлены ИК спектры пропускания пленок SiOC, полученных при разных режимах.



1– $P_{O_2}=6,6 \cdot 10^{-3}$ Па, $T_n=333$ К; 2– $P_{O_2}=1,06 \cdot 10^{-2}$ Па, $T_n=333$ К;
3– $P_{O_2}=1,06 \cdot 10^{-2}$ Па, $T_n=483$ К; 4– $P_{O_2}=1,6 \cdot 10^{-2}$ Па, $T_n=333$ К;

Рисунок 2– Спектральные зависимости пропускания пленок SiOC, полученных при разных давлениях кислорода и температурах подложки

На спектре имелись следующие три характерные полосы поглощения SiO_2 : $\nu_{as} = 1085 \text{ см}^{-1}$, соответствующую валентным антисимметричным колебаниям $Si \leftarrow O \leftarrow Si$, $\nu_s = 820 \text{ см}^{-1}$, соответствующую валентным симметричным колебаниям $Si \rightarrow O \leftarrow Si$, $\delta_{as} = 450 \text{ см}^{-1}$, соответствующую деформационным дважды вырожденным колебаниям $Si-O-Si$. Также на спектре имеется четко выраженная полоса поглощения кремниевой подложки с частотой $\sim 607 \text{ см}^{-1}$.

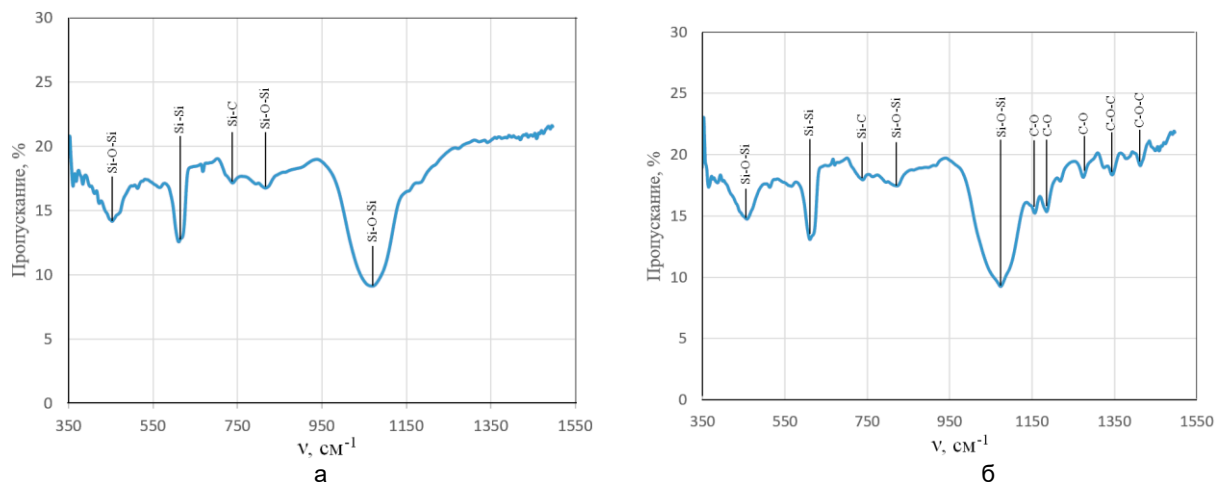


Рисунок 3 – ИК спектры пропускания пленок SiOC, полученных при $T_n=333$ К (а) и при $T_n=573$ К (б)

Установлено наличие полосы поглощения карбида кремния $Si-C$ на частоте $\sim 740 \text{ см}^{-1}$. Поглощения на $\nu=1020-1090 \text{ см}^{-1}$ связи $Si-O-C$ (оксикарид кремния) обнаружено не было.

Повышение температуры подложки до 573 К привело к смещению ν_{as} валентной связи $Si-O-Si$ в высокочастотную область, а также появлению пиков поглощения связей $C-O$ и $C-O-C$.

Список использованных источников:

1. Kim, H.J. Characterization of low-dielectric-constant SiOC thin films deposited by PECVD for interlayer dielectrics of multilevel interconnections / H.J. Kim, Q. Shao, Y.-H. Kim//Surface and Coatings Technology. – 2003. – V. 171. – P.39–45.
2. Телеш, Е.В. Формирование пленок SiOC ионно-лучевым распылением составной мишени SiO_2/C / Е.В. Телеш, М.В. Дуксин // Приборостроение – 2018: материалы 11-й Международной научно-технической конференции, г. Минск, 14–16 ноября 2018 г. БНТУ; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2018. – С. 229–230.