

Ван Синьсинь, У Шаша (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Божко Ирина Александровна, к. ф.-м. н., доцент

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ZrYO / AISiN

Одной из наиболее актуальных задач в настоящее время является создание защитных покрытий, обладающих высокой прочностью и необходимой оптической прозрачностью в видимом диапазоне длин волн. Это связано с возможностью широкого их применения в качестве защиты оптических элементов различных конструкций от механических повреждений. Особенно в такой защите нуждаются ракетная и космическая техника, совершающая длительные полеты в условиях открытого космического пространства [1].

В данной работе рассмотрены оптические и механические свойства защитных покрытий ZrYO и SiAlN толщиной 3 мкм и 6 мкм, полученных методом импульсного магнетронного напыления на поверхности монокристалла кремния.

Результаты и обсуждение

Были рассмотрены спектры светопропускания в области длин волн от 200 до 800 нм для образцов стекла К8 без покрытия и стекла К8 с защитными покрытиями на основе ZrYO/SiAlN толщиной 3 мкм и 6 мкм.

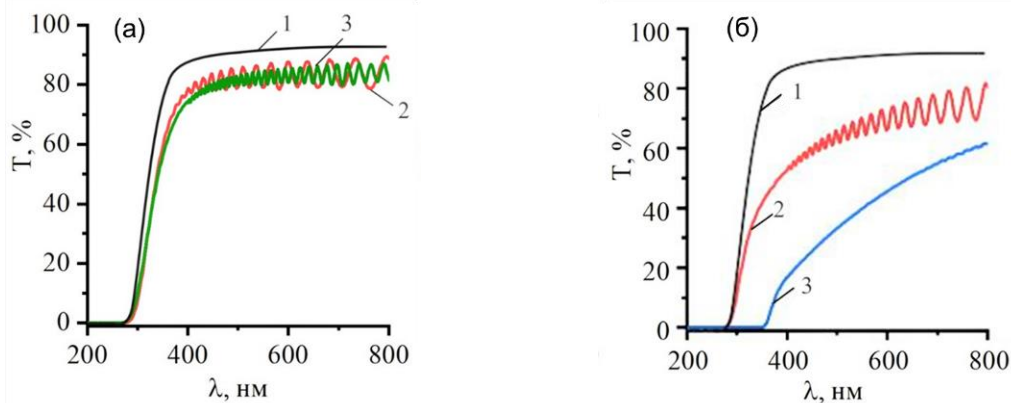


Рисунок 1. Спектры пропускания образцов стекла К8 с защитными покрытиями, 1 – Стекло К8; 2 – Стекло К8 с покрытием 3 мкм; 3 – Стекло К8 с покрытием 6 мкм: (а) покрытие на основе SiAlN, (б) покрытие на основе ZrYO

Из рис. 1 видно, что для исходного стекла марки К8 без покрытия в видимой области спектра коэффициент светопропускания составляет около 90 %, а после осаждения на поверхность стекол покрытий наблюдается снижение, особенно осаждение покрытия ZrYO. Максимальная

величина коэффициента светопропускания в области длин волн от 400 нм до 800 нм для образца с покрытием SiAlN составляет около 80 %, а для образца с покрытием ZrYO толщиной 3 мкм составляет около 75 % [2, 3].

На рис. 2 показаны результаты определения микротвердости исследуемых образцов монокристаллического кремния до и после нанесения покрытия толщиной 3 мкм и 6 мкм при разных нагрузках. Из рисунков видно, что после нанесения защитных покрытий микротвердость повышается, увеличение нагрузки от 1 до 5 Н приводит к закономерному уменьшению микротвердости исследуемых образцов, как в случае нанесения покрытий SiAlN, так и для ZrYO. Максимальная микротвердость образца с защитных покрытий SiAlN толщиной 3 мкм и 6 мкм наблюдается при нагрузке 1 Н составляет $18,6 \pm 1,15$ ГПа и $24,8 \pm 2,50$ ГПа. Для образца с покрытия ZrYO толщиной 3 мкм и 6 мкм – $13,84 \pm 0,71$ ГПа и $11,15 \pm 0,69$ ГПа. По-видимому, такое повышение микротвердости, характерное для образца ZrYO толщиной 3 мкм, обусловлено наличием в нем более высокого уровня внутренних остаточных напряжений по сравнению с образцом ZrYO толщиной 6 мкм.

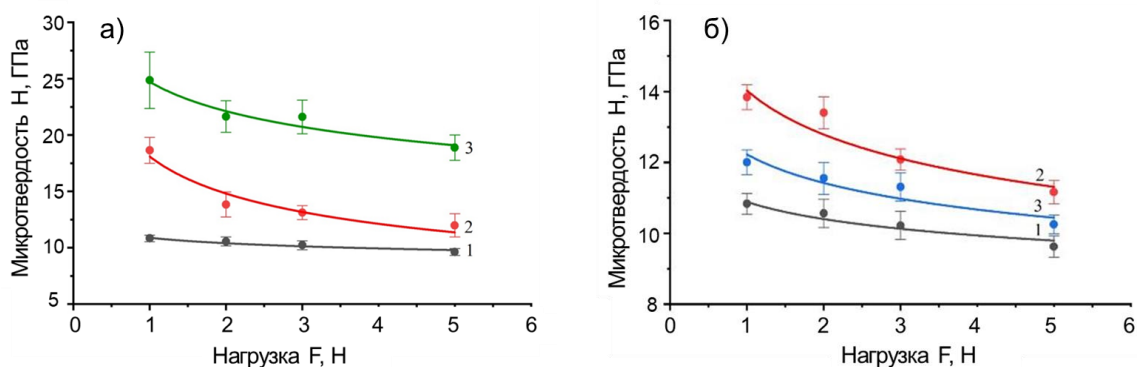


Рисунок 2. Зависимость микротвердости от величины приложенной нагрузки F , 1 – m -Si; 2 – m -Si с покрытием 3 мкм; 3 – m -Si с покрытием 6 мкм: (а) покрытие на основе SiAlN, (б) покрытие на основе ZrYO

Одним из важных факторов, позволяющих судить о способности материалов сопротивляться разрушению при воздействии ударных нагрузок, является их трещиностойкость. Для оценки трещиностойкости исследуемых материалов использовали величину критического коэффициента интенсивности напряжений (КИС) при разных нагрузках.

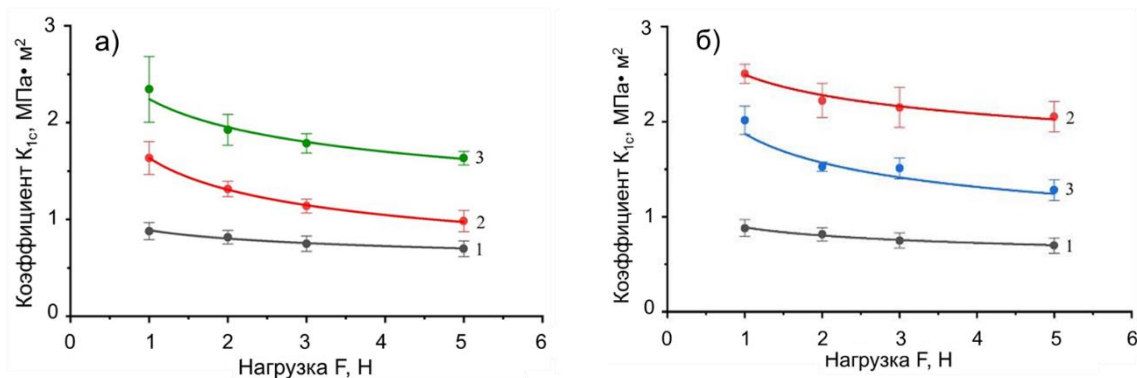


Рисунок 3. Зависимость коэффициента K_{IC} от величины приложенной нагрузки F , 1 – $m\text{-Si}$; 2 – $m\text{-Si}$ с покрытием 3 мкм; 3 – $m\text{-Si}$ с покрытием 6 мкм: (а) покрытие на основе SiAlN , (б) покрытие на основе ZrYO

Из полученных данных следует, что во всем интервале приложенных нагрузок образцы Si с защитными покрытиями характеризуются более высокими значениями коэффициента K_{IC} по сравнению с исходными образцами кремния. По мере увеличения нагрузки от 1 до 5 Н для всех исследуемых образцов величина коэффициента K_{IC} также как и величина микротвердости, демонстрирует плавное снижение. Величина коэффициента интенсивности напряжения для образца $m\text{-Si}$ без покрытия в интервале нагрузок от 1 до 5 Н не превышает $0,9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Для образцов Si с покрытием системы SiAlN толщиной 3 мкм коэффициент интенсивности напряжений при нагрузке 1 Н увеличивается по сравнению с исходным образцом в 2 раза, а для образца с покрытием толщиной 6 мкм – в 2,7 раза. На основании этого можно предположить, что образец кремния с покрытием SiAlN толщиной 6 мкм будет проявлять более высокое сопротивление распространению трещин. В случае образцов Si с покрытием системы ZrYO толщиной 6 мкм коэффициент интенсивности напряжений при нагрузке 1 Н увеличивается в 2,2 раза, а для образца Si с покрытием ZrYO толщиной 3 мкм – в 3 раза, таким образом, образец кремния с защитным покрытием ZrYO толщиной 3 мкм должен демонстрировать более высокое сопротивление распространению трещин по сравнению с образцом ZrYO 6 мкм.

Таким образом, светопропускание этих двух покрытий достаточно высокое: коэффициент пропускания образцов с покрытием SiAlN составляет около 80%, и образцов с покрытием ZrYO составляет около 75%, и в то время нанесение покрытия эффективно повышает микротвердость и трещиностойкость, поэтому можно сделать вывод, что данные защитные покрытия заслуживают дальнейшего изучения и развитие данного направления имеет перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синьсинь В., Шаша У. Закономерности формирования, особенности структуры и свойств ударопрочных защитных покрытий // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов: сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22-24 апреля 2020 г. – Томский политехнический университет, 2020. – С. 74-78.
2. Ван С. Исследование структурно-фазового состояния и физико-механических свойств защитных нанокompозитных покрытий системы Zr-Y-O на поверхности кремния. – 2020. – С. 43– 45.
3. Шаша У. Закономерности формирования, особенности структуры и свойства ударопрочных защитных покрытий системы Si-Al-N. – 2020. – С. 43– 45.

Ван Цайлунь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Мышкин Вячеслав Федорович,
д.ф.-м.н., профессор

МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЛЛИТА, СОДЕРЖАЩЕЙ РАЗНОЕ КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ

Введение

В связи с использованием ядерной энергии и радиоактивных материалов, а также сжиганием угля значительное внимание уделяется противодействию радиоактивному загрязнению окружающей среды. Широко распространено геологическое захоронение радиоактивных веществ в глинистые слои. Ошибки в технологии могут привести к выносу радионуклидов из области захоронения, что может нанести значительный ущерб среде обитания человека [1]. Поэтому актуальны исследования по улучшению геологического хранения радионуклидов.

Свойства глинистых минералов формировать барьер для радионуклидов во многом зависят от количества поглощенной воды. Величина и распределение абсорбированной воды между слоями глинистых минералов, толщина которой может изменяться от 8 до 28 Å, определяется расположением атомов кислорода на поверхности. Устойчивость слоя молекулярной воды обуславливается геометрическим соотношением