

кристаллы пластинчатой и чешуйчатой формы с размером от 5,0 до 16,0 мкм. Их количества составляет 10 – 30 % площади огневого зеркала.

Преимущество синтезированных покрытий состоит в обеспечении бактерицидных свойств по всему слою глазури, а не только на поверхности покрытия, что происходило при применяемой ныне для импортируемых добавок технологии нанесения в виде суспензии на сырой слой покрытия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по договору №Х22УЗБ–023.

Список использованных источников

1. A novel antibacterial coating: Metal ion toxicity and in vitro surface colonization / F. Heidenau [et al.] // Journal of Material Science: Materials in Medicine. – 2005. – Vol. 16. – P. 883 – 888.
2. Термический анализ минералов и горных пород / В.П. Иванова [и др.]: – Л.: Недра, 1974. – 399 с.

УДК 666.223.9:666.189.21

М.В. Дяденко, И.А. Левицкий

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ДИФФУЗИЯ ИОНОВ НА ГРАНИЦЕ СПАЕВ СТЕКОЛ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Аннотация. Приведены результаты исследования миграции ионов-стеклообразователей, ионов-модификаторов, а также красящих ионов в паре стекол системы «световедущая жила – светоотражающая оболочка» и «светоотражающая оболочка – защитная оболочка». Установлена зависимость миграции ионов от с величины ионных радиусов.

M.V. Dyadenko, I.A. Levitskii

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

ION DIFFUSION AT THE BOUNDARY OF GLASS LAYERS IN THE PRODUCTION OF OPTICAL FIBER

***Abstract.** The results of the study of the migration of glass-forming ions, modifier ions, as well as coloring ions in a pair of glasses of the system «light-guiding core – reflective coat» and «reflective coat – protective coat» are presented. The dependence of ion migration on the magnitude of ion radii is established.*

Жесткое оптическое волокно состоит из световедущей жилы, светоотражающей и защитной (окрашенной) оболочек.

Световая жила предназначена для передачи световой энергии, которая сконцентрирована на входном торце волокна, на его выходной торец путем полного внутреннего отражения проходящего светового луча. Светоотражающая оболочка предупреждает потери световой энергии, распространяющейся вдоль волокон, при отражении от поверхности раздела «жила – оболочка», а также служит оптической изоляцией единичного волокна в пучке оптических волокон. Защитная оболочка изготавливается из цветного стекла и служит для предупреждения попадания светового луча из светоотражающей оболочки в соседний световод или окружающую среду.

На границе раздела этих трех стекол не должно наблюдаться фазового разделения и пузыреобразования.

При разработке составов стекол для оптического волокна стремятся, по возможности, обеспечить близость высокотемпературной вязкости и температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) стекол при наибольшей разнице в их показателях преломления [1].

Технология изготовления деталей волоконно-оптических приборов (вытяжка, спекание, отжиг) предусматривает пребывание их довольно длительное время при повышенных температурах. Контакт в паре стекол, значительно отличающихся по составу, при повышенной температуре неизбежно должен приводить к интенсивной взаимной диффузии ионов из одного стекла в соседнее. Особенно отрицательно на качество световодов и деталей волоконно-оптических приборов сказывается диффузия высокопреломляющих ионов из световедущей жилы в оболочку, что приводит к размыванию границ полного внутреннего отражения, понижению апертурного числа и снижению коэффициента пропускания волокна [2].

Наличие интенсивной диффузии высокопреломляющих ионов в процессе спекания и отжига волоконно-оптических заготовок, ведущей к значительному ухудшению светопропускания системы, требует устранения влияния диффузии как при разработке составов стекол, так и при выборе температурно-временных режимов спекания и отжига деталей волоконно-оптических систем.

Целью работы явилось исследование миграции ионов стеклообразователей, модификаторов и красителей, с целью стабилизации свойств стекол и повышения качества оптических волоконных изделий.

Для исследований использованы стекла для жесткого оптического волокна, разработанные с целью оптимизации технологии их получения.

Исследовались стекла для световедущей жилы, полученные в системе $\text{BaO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{La}_2\text{O}_3 - \text{Y}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{ZrO}_2 - \text{TiO}_2 - \text{Nb}_2\text{O}_5$ марки WY-7 [3 – 4], модифицированные WO_3 . Стекло характеризовалось отсутствием признаков кристаллизации при длительных изотермических выдержках в интервале температур $650 - 1000$ °С в течение 24 ч. Значения показателя преломления его составляли $1,8050 \pm 0,010$; а ТКЛР – $77,8 \pm 0,5 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Температурный интервал изменения вязкости в диапазоне $10^{10} - 10^{4,5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ равен 145 ± 2 °С. Величина светопреломления при длине волны 450 нм составила 84 ± 2 , показатель ослабления – $0,0027 \pm 2 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^{-1}$.

Стекла для световедущей оболочки, синтезированные в системе $\text{K}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ [3] также обладали устойчивостью к длительным температурным воздействием в течение 6 ч в интервале температур $600 - 1000$ °С без признаков фазового разделения. Значения показателя преломления данных стекол составляли $1,4785 \pm 0,0010$, температурный коэффициент линейного расширения находился в пределах $55,5 \pm 0,3 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ [3 – 4]. Температурный интервал изменения вязкости в диапазоне $10^{10} - 10^5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ составлял $340 \pm 2,5$ °С.

Стекло защитной окрашенной оболочки получено в системе $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ с небольшими добавками оксидов-модификаторов CaO , ZnO и BaO . В качестве красителей использовались оксиды CoO , Mn_2O_3 , Cr_2O_3 и Fe_2O_3 , вводимые в количестве $0,2 - 0,5$ мас. % сверх 100% составляющих стекла, в различных сочетаниях. Оптимальный состав стекла характеризовался совместным содержанием красящих оксидов: $0,1\%$ Cr_2O_3 и $0,2\%$ Fe_2O_3 , вводимых сверх 100% составляющих. Показатель преломления стекла равен $1,4785 \pm 0,0012$. Температурный интервал изменения вязкости в диапазоне $10^{10} - 10^5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ составлял $305 \pm 2,5$ °С. В стекле также отсутствовали признаки фазового разделения при термообработке по указанному для светоотражающей оболочки режиму. ТКЛР данного стекла характеризовался значением $75,8 \pm 0,5 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

Исследования миграции ионов производилось на специально изготовленных образцах спаев пары стекол «световедущая жила –

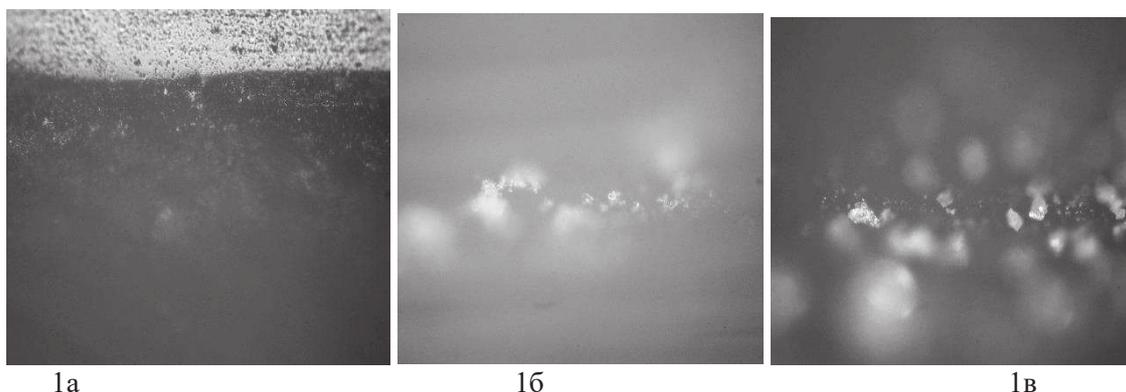
светоотражающая оболочка», а также «светоотражающая оболочка – защитная оболочка». Вырезанные пластинки стекол толщиной 8–10 мм подвергались шлифованию для плотного прилегания. Спаивание образцов производилось путем совмещения пластин с последующей термообработкой при 780 – 850 °С в зависимости от температуры их размягчения, при изотермической выдержке в области максимальных температур 15 ± 1 мин. Далее стекла подвергались отжигу при температуре 650 ± 5 °С.

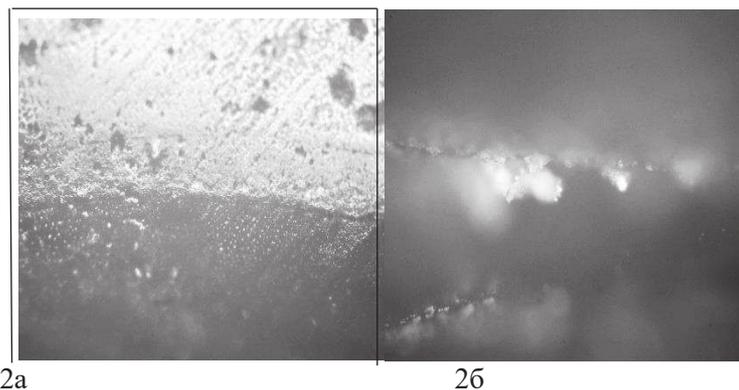
Граница спая, характер спаиваемых стекол и их химический состав исследовались на сканирующем электронном микроскопе типа JEOL SSM-5160LV с системой химического анализа EDX JED-2001 JEOL (Япония). Изображения получены с реальной поверхности сколов образцов при увеличении в 100 – 1000 раз. Химический состав исследовался на границе спая и на расстоянии $3 \pm 0,5$ мкм от него для обоих стекол.

Проведенные исследования позволили установить различный характер формирующихся спаев в зависимости от их химического состава, что иллюстрирует рисунок. Большинство образцов на границе спая пары стекол «световедущая жила – светоотражающая оболочка» не имела на границе спая каких-либо изменений структуры (рис. 1а).

Ряд стекол характеризуются наличием новообразований ликвационного типа (рис. 1б, 2б) или формированием кристаллов (рис. 1в).

Аналогичный характер имели спаи стекол светоотражающей и защитной оболочек. Разница заключалась в наличии цветных окрасок для стекол защитной оболочки (рис. 2а). В некоторых спаях также наблюдалось фазовое разделение (рис. 2б).





а – спай стекла без признаков фазового разделения; б – фазовое разделение ликвационного типа; в – формирование кристаллов

Рис.1 – Характер спаев исследованных стекол на границе спаев: 1 – «световедущая жила – светоотражающая оболочка»; 2 – «светоотражающая оболочка – защитная оболочка» (×500)

Установлено, что в процессе спаивания наблюдалась взаимная миграция ионов бора из стекла световедущей жилы в стекло светоотражающей оболочки, составляющая от 0,78 до 4,72 мас. %. Менее заметна миграция ионов бора из светоотражающей оболочки в световедущую жилу, которая составляла 0,2 – 0,8 мас. %.

Наблюдается также миграция иона Al^{3+} из светоотражающей оболочки в световедущую жилу в количестве 0,3 – 0,62 мас. %, а ионов Ti^{2+} – в количестве 0,1 – 0,42 мас. %. Ион кремния также мигрировал из светоотражающей оболочки в световедущую жилу в количестве 3,1 – 7,3 мас. %.

Изучением процессов взаимодействия стекол светоотражающей и защитной оболочек на границе их спаивания в процессе термообработки также установлена диффузия красящих ионов, а также SiO_2 . Так, миграция красящих ионов Fe^{3+} и Cr^{3+} , составляла не более 0,01 мас. %. Наблюдается также незначительная миграция иона Si^{4+} , составляющая 1,1 – 2,3 мас. %.

Установлено, что взаимная миграция ионов в стеклах световедущей жилы и светозащитной оболочки, а также светоотражающей и защитной оболочек определялась величиной ионного радиуса ионов-стеклообразователей и ионов-модификаторов. Наиболее существенно происходила миграция ионов бора, имеющих минимальный размер ионного радиуса. Причем наиболее активно она происходила из стекол световедущей жилы, где это количество максимально и составляет 24 мол. %, в светоотражающую оболочку.

Менее существенно ион бора мигрировал из светозащитной оболочки в световедущую жилу.

Ионы переменной валентности, входящие в состав защитной оболочки, несмотря на их малое содержание, также склонны к миграции. Это наблюдается для иона Fe^{3+} и Cr^{3+} . Взаимная миграция SiO_2 наблюдается в обоих парах спаиваемых стекол.

Полученные сведения позволяют обеспечить корректировку составов стекол по содержанию ионов-стеклообразователей, ионов-модификаторов и красящих ионов переменной валентности с целью стабилизации свойств стекол при изготовлении жесткого оптического волокна.

Список использованных источников

1. Евстропьев, К.К. Диффузионные процессы в стекле / К.К. Евстропьев. – Л.: Из-во литерат. по строительству. – 1970. – 168 с.
2. Татаринцева, Б.В. Диффузия на границе между сердцевиной и оболочкой при вытягивании стекловолокна / Б.В. Татаринцев. // Физика и химия стекла. – 1984. – Т. 10, № 4. – С. 461 – 467.
3. Дяденко, М.В. Стекла для получения волоконно-оптических элементов: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.17.11 / М.В. Дяденко; Бел. гос. техн. ун-т. – Минск, 2012. – 24 с.
4. Дяденко, М.В. Влияние структуры стекол системы $\text{BaO} - \text{La}_2\text{O}_3 - \text{V}_2\text{O}_5 - \text{ZrO}_2 - \text{TiO}_2 - \text{SiO}_2 - \text{Nb}_2\text{O}_5$ на термическое расширение и технологические характеристики / М.В. Дяденко, И.А. Левицкий, А.Г. Сидоревич // Физика и химия стекла. – 2022. – Т. 48, № 5. – С. 495 – 508.

УДК 541.1+669.21/.23+669.849

К.О. Лясников, О.В. Чернышева, К.О. Логинов
МИРЭА – Российский технологический университет
Москва, Россия

СИНТЕЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОКСОМЕТИЛАТА НИКЕЛЯ-ТАНТАЛА

Аннотация. Алкоголяты биметаллических систем – предшественники получения легирующих сплавов на основе никеля. Оксометилат тантала получен путем электрохимического синтеза. Оксометилат никеля-тантала синтезировали путем взаимодействия оксометилата тантала с ацетилацетонатом никеля. Полученные образцы были охарактеризованы совокупностью физико-химическим методов анализа: РФА, ДТА, ИК-спектроскопия.