

М. В. Дяденко, доц., канд. техн. наук;
И. А. Левицкий, проф., д-р техн. наук;
Н. М. Петух, студ. (БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СТЕКОЛ ДЛЯ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕСТКОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

В Республике Беларусь производство изделий волоконной оптики осуществляется на ОАО «Завод «Оптик» (г. Лида).

Актуальной проблемой предприятия является повышение контраста и чистоты поля зрения изготавливаемых волоконно-оптических элементов. Диффузия d-элементов на границах раздела «световедущая жила–светоотражающая оболочка–защитная оболочка» снижает чистоту поля зрения волоконно-оптических изделий, поэтому выявление факторов, влияющих на скорость диффузии в процессе формирования жесткого оптического волокна и волоконно-оптических элементов является важной задачей.

Поскольку пропускная способность жесткого оптического волокна определяется соотношением показателей преломления стекол световедущей жилы и светоотражающей оболочки, то составы таких стекол достаточно стабильны и, как правило, не подвергаются корректировке при изготовлении различных партий волоконно-оптических изделий. Стекло для защитной оболочки выполняет в определенной мере вспомогательную функцию, его оптические постоянные не нормируются, поэтому в процессе изготовления волоконно-оптических элементов различного назначения состав данного стекла подвергается корректировке с целью регулирования их поглощающей способности и реологических характеристик.

В связи с этим в настоящей работе проводились исследования, направленные на оптимизацию составов стекол для защитной оболочки.

Стекло для защитной оболочки должно отвечать следующим требованиям:

- обладать устойчивостью к кристаллизации при длительных изотермических выдержках;
- иметь температурный коэффициент линейного расширения $(73-78) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ для обеспечения термомеханической прочности оптического волокна;
- характеризоваться высокой поглощающей способностью в видимом диапазоне спектра;
- быть согласованным по реологическим свойствам со стеклами световедущей жилы и светоотражающей оболочки, определяющим

геометрические размеры оптического волокна и качество получаемых волоконно-оптических изделий.

В связи с этим для согласования стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек при изготовлении волоконно-оптических изделий различного назначения требуется оптимизация соотношения модификаторов и стеклообразователей, а также количества красителей в составе опытных стекол защитной оболочки.

Для исследования выбрана система $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ с постоянными добавками K_2O , CaO , MgO и BaO . Совместное введение оксидов натрия и калия позволяет подавить фазовое разделение и обеспечить получение некристаллизующихся в процессе длительной термообработки стекол. Введение в состав стекол BaO , CaO и Al_2O_3 позволяет регулировать реологические и термические свойства стекол. Кроме того, в составе опытных стекол сверх 100 % присутствуют красящие оксиды Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , CoO в суммарном количестве 1,25 мол. %.

По результатам исследований установлено, что максимальные показатели плотности достигается при содержании Na_2O , составляющем 13,0 мол. %, что обусловлено повышением плотности упаковки структурных элементов при введении оксидов типа R_2O . Использование стекол с более высокими показателями плотности позволяет снизить степень диффузии красящих ионов из стекла защитной оболочки в светоотражающую оболочку и световедущую жилу в процессе получения одножильных и многожильных световодов. В связи с этим оптимальной является область составов стекол с постоянным содержанием Al_2O_3 , составляющим 1,0 мол. %, и 10,5–13 мол. % Na_2O .

Одной из основных характеристик получения жесткого оптического волокна является его термомеханическая прочность, которая определяется соотношением значений температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек.

По результатам определения ТКЛР дилатометрическим методом выявлено, что оптимальной с точки зрения получения стекол для защитной оболочки оптического волокна является область составов стекол с постоянным содержанием Na_2O , составляющим 8,0 мол. %. Теплоемкость отражает способность материалов поглощать тепло с ростом температуры и определяет их тепловую инерцию. Для стекол волоконной оптики величина теплоемкости характеризует скорость выравнивания температуры по сечению оптического волокна и, как следствие, определяет его термомеханическую прочность.

Установлено, что требуемые показатели теплоемкости, достигаются при содержании в составе опытных стекол 3,5 мол. % Al_2O_3 и суммарном количестве ($\text{SiO}_2+\text{B}_2\text{O}_3$), составляющем 78–83 %.

Проведено изучение влияния количества и соотношения красителей (CoO , Mn_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3) в составе стекла защитной оболочки на его светопропускание и цветовые характеристики.

Определено, что использование комбинации красителей $\text{Mn}_2\text{O}_3:\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{Fe}_2\text{O}_3$ в соотношении 2:2:2 позволяет получить стекло для защитной оболочки с длиной доминирующей волны и чистотой тона, близкими к стеклу промышленного состава.

Для обеспечения стабильности процесса вытягивания одножильных и многожильных оптических волокон, а также качества получаемых на их основе волоконно-оптических изделий необходимо, чтобы стекла световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек были согласованы по вязкостным характеристикам между собой в интервале значений 10^9 – 10^4 Па·с.

По результатам исследований установлено, что значениям вязкости 10^9 – 10^6 Па·с для стекла защитной оболочки разработанного состава (в отличие от стекла промышленного состава марки ВТО-73) характерны более низкие температуры, а для значений 10^6 – 10^4 Па·с – более высокие.

Использование стекла защитной оболочки разработанного состава в сравнении с промышленным стеклом защитной оболочки при получении волоконно-оптических изделий более предпочтительно в силу следующих причин:

- получение многожильных световодов (МЖС) и прессование пакета МЖС будет осуществляться при температурах на 10–15 °С ниже промышленных, что позволит снизить степень диффузии красящих оксидов из стекла защитной оболочки в светоотражающую и световедущую жилу;

- вытягивание одножильных световодов не потребует корректирования технологических параметров, так как в области высоких температур стекла промышленного и разработанного составов характеризуются практически одинаковыми показателями вязкости.

Таким образом, на основании проведенных исследований теплофизических, оптических и реологических характеристик разработан состав стекла для защитной оболочки, которое может быть рекомендовано для использования в производстве жесткого оптического волокна на ОАО «Завод «Оптик» (г. Лида).