

излучения до линзы, b - расстояние от линзы до плоскости изображения линзы, для $a= 1600$ см и $f= 65,6$ см, $b= 66,7$ см.



Рисунок 2 – Экспериментальная установка для исследований параметров рентгеновского пучка

На рисунке 3 показано изображение рентгеновского пучка сформированного линзой на различных расстояниях b от линзы. Энергия фотонов - 18 кэВ. Изображение получено с использованием рентгеновской камеры Photonic Science, модель X-ray Fast Digital Imager. Число пикселей камеры составляет 1380×1030 , размер одного пикселя равен 6,45 мкм. Выходное окно камеры располагалась в плоскости перпендикулярной рентгеновскому пучку. Экспозиция – 0,01с.

Проведенный анализ картины рентгеновского пучка, которая показана на рисунке 3 (а-д) показал, что пятно имеет минимальный размер при $b= 67$ см, что достаточно точно соответствует рассчитанному положению плоскости изображения линзы.

Поскольку экспозиция при записи изображения пучка составляла 0.01 с, то разработанная рентгеновская линза может быть использована в качестве оптического элемента при проведении исследований по малоугловому рассеянию и рентгеноструктурному анализу на синхротронах третьего поколения.

УДК 666.223.9

СТЕКЛА ДЛЯ ЖЕСТКОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Дяденко М.В., Левицкий И.А., Папко Л.Ф.

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь

Волоконная оптика относится к наукоемким высокотехнологичным и перспективным материалам современности. Темпы роста волоконной оптики и оптоэлектроники на мировом рынке опережают все другие отрасли техники и составляют около 40 % в год. Несмотря на имеющиеся к настоящему времени результаты, исследова-

ния в данном направлении в мировом научном сообществе интенсивно продолжаются.

Различают волоконно-оптические изделия, изготовленные на основе гибкого и жесткого оптического волокна. Данная разработка посвящена волоконной оптике на основе жесткого волокна и решает важную задачу обеспечения надежности и мобильности приборов и состав-

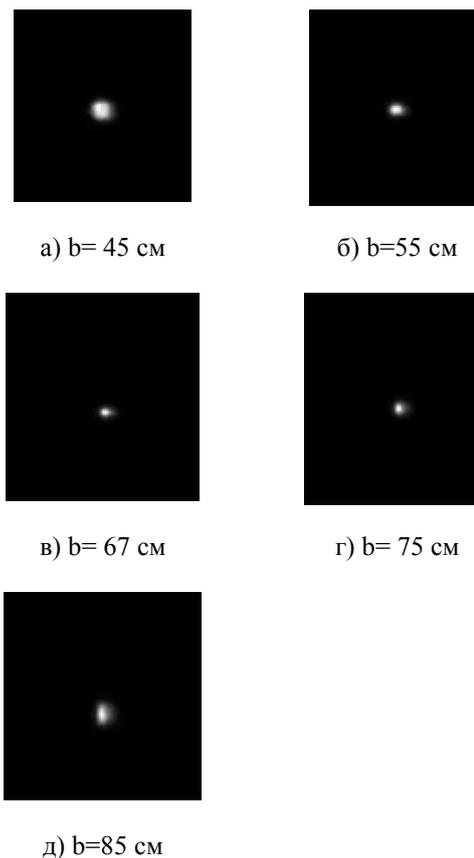


Рисунок 3 – Изображение рентгеновского пучка сформированного линзой на различных расстояниях b от линзы

1. Yury Dudchik. Design and Application of X-Ray Lens in the Form of Glass Capillary Filled by a Set of Concave Epoxy Microlenses // Optical Fiber Communications and Devices. Edited by: Moh. Yasin, Sulaiman W. Harun and Hamzah Arof (Ed.), ISBN: 978-953-307-954-7, Publisher: InTech, February 2012.- P.77-94.
2. Дудчик Ю.И. Рентгеновский микроскоп на основе короткофокусной многоэлементной преломляющей линзы // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. - 2009.- №2– С. 38 - 43.

ляющих их компонентов – волоконно-оптических элементов (ВОЭ). К ним относятся волоконно-оптические жгуты, волоконно-оптические пластины, фоконны и твистеры, которые находят широкое применение в медицине, электронике, автомобилестроении, приборостроении, и оборонной промышленности – как основа всех приборов ночного видения.

Жесткое многомодовое оптическое волокно является основой ВОЭ и представляет собой систему, состоящую из световедущей жилы и двух (светоотражающей и защитной) оболочек.

Одной из наиболее важных проблем науки и практики современного стеклоделия, определяющих эффективное развитие электроники, медицины и приборостроения, является создание высококачественных волоконно-оптических элементов. Это определяет актуальность данной работы, посвященной синтезу стекол для световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек жесткого оптического волокна.

В последние годы широкое развитие в мировой практике получило использование в приборах ночного видения электронно-оптических преобразователей II+ и III поколения, которые характеризуются высоким качеством изображения по всему полю экрана, что достигается при высокой чистоте поля зрения. Существенной проблемой производства волоконно-оптических изделий является низкий выход годной продукции, что связано главным образом с кристаллизацией стекла для световедущей жилы в процессе вытягивания волокна. Рост спроса на изделия волоконной оптики требует увеличения объема производства, поэтому актуальным является повышение качества продукции и снижение ее себестоимости за счет совершенствования составов стекол и снижения технологических потерь на стадии вытягивания волокна.

Кроме того, технологические особенности процессов изготовления ВОЭ различного назначения требуют установления условий согласования стекол для оптического волокна по температурной зависимости вязкости, кристаллизационной способности и температурному коэффициенту линейного расширения.

Целью проводимых исследований является повышение качества волоконно-оптических изделий путем разработки составов стекол для световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек с высокой устойчивостью к кристаллизации, согласованных по реологическим, оптическим и термическим свойствам.

Стекла для световедущей жилы жесткого оптического волокна, разработанные нами на основе системы $\text{BaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{La}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$ [1, 2], характеризуются устойчивостью к фазовому

разделению, показателем преломления $1,8050 \pm \pm 0,0005$ и величиной температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), равной $(77,7 \pm 0,2) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

При разработке составов стекол для оболочек первостепенной и наиболее сложной задачей являлось их согласование со стеклом для световедущей жилы по реологическим характеристикам, от которых зависит стабильность геометрических параметров оптического волокна и чистота поля зрения волоконно-оптических изделий. Поэтому в настоящей работе большое внимание уделено исследованию вязкостных характеристик стекол в температурном интервале вытягивания одно- и многожильного волокон, составляющем 600–1100 °С.

Основой для разработки стекол для светоотражающей и защитной оболочек оптического волокна являлась система $\text{R}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, где $\text{R}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ при содержании компонентов, %¹: 65–80 SiO_2 , 10–25 B_2O_3 , 10–25 R_2O .

Температурная зависимость вязкости опытных стекол в интервале $10^{10}-10^4$ Па·с определялась методом сжатия образца с применением вискозиметра PPV-1000 фирмы Orton (США).

При постоянном содержании оксида бора в составе опытных стекол показатели вязкости закономерно снижаются с ростом содержания R_2O от 10 до 25 % на 2 порядка, при этом вязкость калийсодержащих стекол на 1–2 порядка выше, чем натрийсодержащих.

Температурные зависимости вязкости стекол с постоянным содержанием SiO_2 характеризуются существенным ростом градиента вязкости по мере снижения содержания оксида щелочного металла.

При температурах ниже точки Литтлтона влияние концентрационного фактора является закономерным; при более высоких температурах показатели вязкости стекол с различным содержанием R_2O сближаются и выраженной зависимости их характера от концентрации компонентов не наблюдается. Особенностью калийсодержащих стекол является рост градиента вязкости при замене B_2O_3 на K_2O в количестве от 10 до 20 %.

Установлено, что максимальные показатели вязкости достигаются при соотношении $\text{R}_2\text{O}/\text{B}_2\text{O}_3$ в составе стекол, близком к единице, что связано с изменением координационного состояния бора и, как следствие, степени связности структурных группировок.

Последовательная эквимольная замена K_2O на Na_2O в составе опытных стекол обуславливает снижение показателей вязкости в измеряемом диапазоне на 1–1,5 порядка, при

¹ – Здесь и далее по тексту, если не оговорено особо, приведено молярное содержание

этом градиент вязкости несколько уменьшается. Совместное введение Na_2O и K_2O в состав опытных стекол для оболочек оптического волокна является предпочтительным с точки зрения влияния на вязкостные характеристики.

Стекла для оптического волокна должны обеспечивать высокую устойчивость стеклообразного состояния в интервале температур 600–1100 °С. В этом отношении калийсодержащие стекла характеризуются более высокой устойчивостью к кристаллизации: стекла с соотношением модификаторов и стеклообразователей, равным 0,11–0,17, не проявляют признаков кристаллизации при их термообработке в течение 24 ч.

Термомеханическая прочность оптического волокна определяется ТКЛР стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек оптического волокна. В настоящее время в производстве используются стекла с соотношением ТКЛР световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек, равном 1:0,6:1. Установлено, что повышение термомеханической прочности оптического волокна достигнуто при данном соотношении ТКЛР, равном 1:(0,8–0,85):1. Оно обеспечивается при ТКЛР стекла для светоотражающей оболочки, составляющем $(60–65) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, а для стекла защитной оболочки – $(76–77) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

При показателе преломления разработанного стекла для световедущей жилы, составляющего $1,8050 \pm 0,0005$, числовая апертура $A > 1$ достигается при показателе преломления стекла для светоотражающей оболочки не более 1,4900. Поскольку показатель преломления определяется содержанием оксидов-модификаторов, данное требование обеспечивается при количестве R_2O (K_2O и Na_2O) не более 15 %.

Защитная оболочка должна исключать проникновение световой энергии из одного волокна в соседнее при передаче ее по оптическому волокну, поэтому для обеспечения высокой оптической плотности в состав стекла вводятся красители CoO , Cr_2O_3 и Mn_2O_3 в количестве 0,4–0,45 мас. %.

С другой стороны, наличие красителей в составе стекла защитной оболочки приводит к

УДК 666.321:666.635

КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КАОЛИНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Дятлова Е.М., Попов Р.Ю., Климош Ю.А., Сергиевич О.А.

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Республика Беларусь

Известно, что современное производство (авиа-, авто- и станкостроение) неразрывно связано с применением высоких температур. Такими технологическими операциями являются литье металла, получение проката, закалка и др. Применение термической обработки в приборо-

возникновению диффузии красящих ионов в светоотражающую оболочку, что снижает контрастность рабочей поверхности волоконно-оптического элемента. Снижение степени диффузии красящих ионов достигается за счет повышения плотности упаковки структурных элементов стекла при совместном введении оксидов калия и натрия, а также добавок Al_2O_3 , BaO , MgO , CaO в количестве 1–3 %. Модифицированные составы стекол имеют температурный интервал изменения вязкости от 10^9 до 10^4 Па·с для стекла светоотражающей оболочки не менее 360 °С, при этом вязкость стекол для оболочек выше вязкости стекла для световедущей жилы при температурах свыше 780 ± 10 °С. Это обеспечивает стабильность процесса вытягивания одно- и многожильного оптических волокон.

Разработаны составы стекол для жесткого оптического волокна, устойчивые к фазовому разделению при их 24-часовой термообработке в интервале температур 600–1100 °С и характеризуются требуемым комплексом показателей. При этом вязкостные характеристики стекла для защитной оболочки согласованы с характеристиками стекол для световедущей жилы и светоотражающей оболочки.

На основе разработанных составов стекол для световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек оптического волокна в промышленных условиях осуществлен выпуск опытной партии волоконно-оптических пластин.

1. Левицкий, И.А. Получение оптических стекол на основе системы $\text{BaO-La}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ / И.А. Левицкий, М.В. Дяденко, Л.Ф. Папко // Стекло и керамика. – 2011. – № 10. – С 3–6.
2. Дяденко, М.В. Стекло для световедущей жилы многожильных световодов / М.В. Дяденко, И.А. Левицкий, Л.Ф. Папко // Оптика – 2011: сб. тез. докл. VII Междунар. конф. молодых ученых и специалистов, Санкт-Петербург, 17–21 октября 2011 г. – СПб.: НИУИТМО, 2011. – С. 42–44.

строении подразумевает использование высокотемпературных тепловых агрегатов (печей, индукторов и подобных им установкам). Следует отметить, что высокотемпературные агрегаты, существующие в промышленности и быту, скон-