

И.А. Левицкий, проф., д-р техн. наук;
М.В. Дяденко, вед. науч. сотр., канд. техн. наук, доц.;
А.А. Козловская, магистр
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Основными волоконно-оптическими элементами являются волоконно-оптические пластины, волоконно-оптические жгуты, фоконы, твистеры («поворотники»).

Волоконно-оптические пластины применяются в качестве входных и выходных окон электронно-оптических преобразователей, в качестве экранов электронно-лучевых трубок и в других системах.

Волоконно-оптические жгуты предназначены для передачи света в видимой области спектра, а также в осветительных устройствах холодного света.

Конические волоконные световоды (фоконы) служат для увеличения или уменьшения оптического изображения при его передаче.

Твистер представляет собой волоконно-оптический элемент, применяемый для поворота изображения на 180° .

Волоконно-оптические элементы и изделия изготавливаются на основе одножильных волокон, включающих световедущую жилу из стекла, характеризующегося высоким показателем преломления, а также светоотражающую оболочку из оптического стекла с меньшим показателем преломления и защитную оболочку, получаемую из окрашенного стекла.

Разница квадратов показателей преломления световедущей жилы и светоотражающей оболочки для исследованных стекол составляет 1,020–1,034. Показатель преломления стекла защитной оболочки не регламентируется.

Кроме значений показателей преломления стекол световедущей жилы и светоотражающей оболочки, светопропускания и спектральных характеристик, стекла должны соответствовать ряду требований, включающих также геометрию жилы и оболочек. К основным требованиям относятся химическая совместимость стекол, соотношение температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР), а также температурной вязкости в области формирования одножильного волокна.

Стабильность процесса вытягивания одножильного волокна должна обеспечиваться согласованностью вязкости стекол светове-

дущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек в интервале температур 600–1100 °С.

Выполненными методом электронной и оптической микроскопии при исследованиях одножильных волокон установлено наличие шероховатостей поверхности световедущей жилы, размеры которых сопоставимы с длиной световой волны.

Кроме того, поверхность волокна, вследствие электростатичности, способна притягивать микрочастицы из окружающей среды при недостаточной чистоте производственных помещений. Эта дефектность приводит к рассеянию энергии световой волны, проникающей за поверхность волокна.

Наличие молекул воды, а также примесных ионов, которые могут попадать в состав стекла с сырьевыми компонентами, также являются причиной, приводящей к потере пропускания света в оптических волоконных элементах.

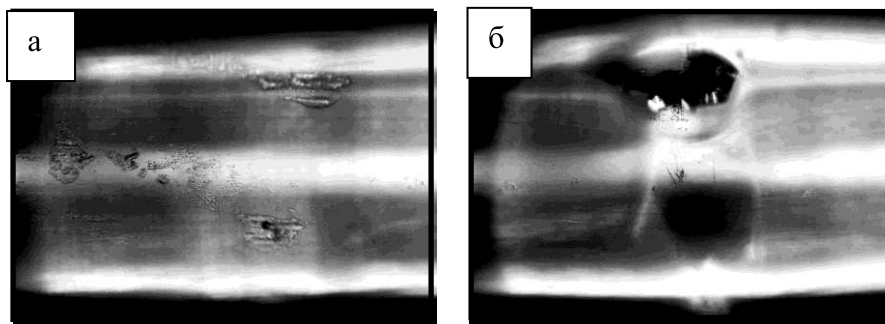
Кроме того, при этом не должно возникать неоднородностей, вызванных процессами фазового разделения на границе стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек, исключая потери энергии световой волны.

Важным фактором является также устранение обрывов волокон на стадии их формования, которые могут происходить в следствие несогласования вязкости стекол, а также термической и химической неоднородности стекломассы. Сквозняки, промышленная вентиляция и конвекция также могут стать причинами этого.

В производстве ОАО «Завод «Оптик» толщина световедущей жилы составляет 60 ± 1 мкм, светоотражающей оболочки – 32 ± 1 мкм и защитной оболочки – 28 ± 1 мкм.

При изготовлении одножильного волокна в условиях ОАО «Завод «Оптик» наблюдаются указанные выше дефекты, общее количество которых составляло до 7–16 %, устанавливаемого сплошным контролем с помощью оптического микроскопа. Наиболее распространенным дефектом является несоответствие геометрии оболочек волокна и их толщин, составляющее 6–8 %. Наличие неоднородностей в виде воздушных включений, ликвационной и кристаллизационных образований составляет менее 1 до 4 %. Обрыв волокон находится в интервале 1–3 %. В числе прочих видов дефектов наблюдается поперечная невыравненность световедущей жилы и светоотражающей оболочки, несовпадение осей волокон. Они присутствуют в небольшом количестве, составляющем не более 1 %.

Оптический снимок одножильного волокна в продольном направлении, имеющего дефекты, представлен на рис.1.



а – наличие кристаллизации;
 б – несоответствие размеров и наличие воздушных включений
Рисунок 1 – Продольное изображение единичного световода с дефектами (×50)

Анализ качества многожильных световодов, полученных перетяжкой пакета одножильных, которая производилась при температуре пластической деформации стекла, составляющей от 600 ± 5 до 700 ± 5 °С, также показывает возможность их дефектности. Чаще всего встречаются неоднородности, вызванные наличием воздушных включений (2–4 %) и дефектных волокон (2–4 %), а также не обеспечивающие требуемую геометрию (5–7 %).

Наиболее часто наблюдается также деформация волокон в многожильном волокне вследствие деформации одножильных световодов, которая происходит на границе пакетов в 1–5 рядах единичных волокон после их термического формирования.

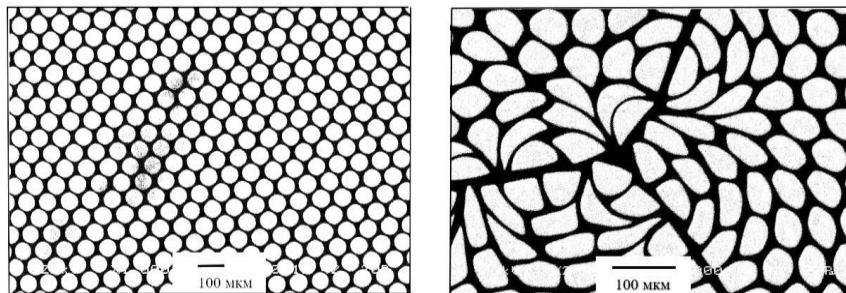
Как известно [1–3], даже небольшие отклонения от идеально правильной геометрической формы волокна приводят к резкому снижению количества лучей, способных проходить вдоль волокна на его выходной конец.

Электронно-микроскопические снимки пакетов многожильных волокон представлены на рис. 2.

Причинами данного дефекта является повышенная вязкость стекла защитной оболочки, вызывающая дефектность единичных волокон в пакете.

Установлено, что значения температурной вязкости стекол защитной оболочки при значениях $\lg \eta = 8–9$ должны быть ниже светотражающей оболочки и эта разница должна находиться в интервале 15–25 °С.

Недостаточная вакуумная плотность пакетов многожильных волокон и наличие посторонних включений, а также другие дефекты является причиной снижения светопропускания волоконно-оптических элементов (рис. 3). Выход годной продукции на действующем производстве ОАО «Завод «Оптик» составляет 58–63 %.



1 – качественная укладка пакета;

2 – нарушение геометрии волокон на границе укладки

**Рисунок 2 – Электронно-микроскопический снимок пакетов из
многожильных волокон**

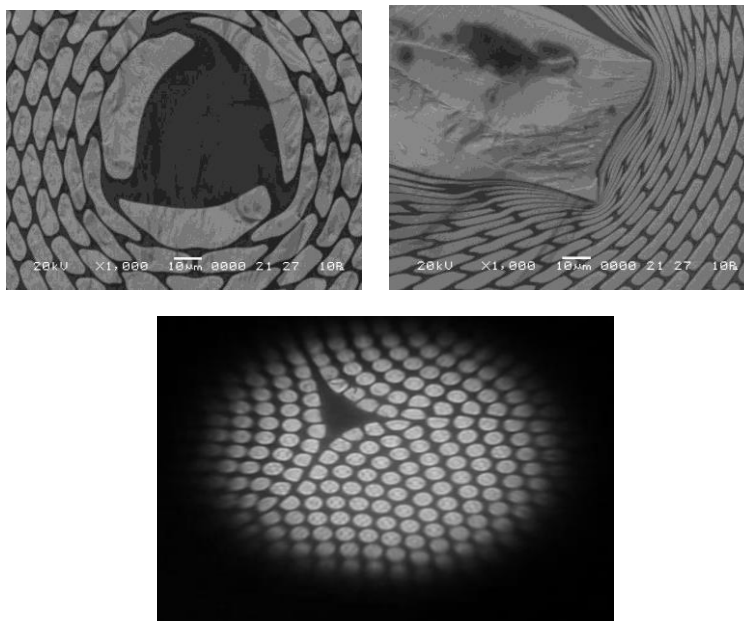


Рисунок 3 – Дефекты волоконно-оптических изделий

Одним из методов контроля качества волоконно-оптических элементов является определение их светопропускания. Светопропускание в видимой части спектра качественных образцов элементов и изделий лежит в интервале 61–80 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейли, Д. Волоконная оптика. Теория и практика / Д. Бейли, Э. Райт. – М.: КУДИЦ – ОБРАЗ. – 2006. – 320 с.
2. Стерлинг, Д. Дж., младший. Техническое руководство по волоконной оптике / Д. Дж. Стерлинг, младший. – М.: ЛОРИ, 1988. – 288 с.
3. Оптические волокна и волоконные элементы: Сб. статей и переводов под ред. Блоха К.И., Соскиной Г.А. – М.: Химия. – 1972. – 264 с.