

К. А. Бендюков¹, Д. М. Никулин¹*

Возникновение торцевых дефектов оптоволокна при его обработке

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: bkirja@mail.ru

Аннотация. Развитие волоконно-оптических линий связи и систем оптической обработки информации в последние десятилетия приобретает всё большие темпы, что обусловлено рядом преимуществ технологии оптической передачи данных: высокая пропускная способность, небольшая деградация сигнала, долгий срок службы. Технология обработки оптоволокна представляет собой достаточно сложный технологический процесс, ввиду чего возможны появления дефектов на торцевых поверхностях оптоволокна, что делает актуальной задачу контроля качества оптоволокна на всех стадиях его производства. Целью данной статьи является раскрытие вопросов, связанных с дефектами, возникающими в процессе обработки торцов оптоволокна, и анализ влияния их на работу оптоволоконных сетей. Для этого решаются следующие задачи: рассматриваются возможные причины возникновения дефектов на торцевых поверхностях оптоволокна, их влияние на механические и оптические характеристики оптоволокна, приводятся способы устранения данных дефектов. В результате данного исследования планируется изучить влияния торцевых дефектов оптоволокна при его использовании в волоконно-оптических линиях связи.

Ключевые слова: оптоволокно, дефекты торцевых поверхностей оптоволокна

К. А. Bendyukov¹, D. M. Nikulin¹*

The occurrence of end defects in optical fiber during its processing

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: bkirja@mail.ru

Abstract. The development of fiber-optic communication lines and optical information processing systems has been gaining momentum in recent decades, due to a number of advantages of optical data transmission technology: high bandwidth, low signal degradation, long service life. Fiber optic processing technology is a rather complex technological process, which is why defects may appear on the end surfaces of the fiber, which makes it urgent to control the quality of fiber at all stages of its production. The purpose of this article is to disclose issues related to defects that occur during the processing of fiber ends and analyze their impact on the operation of fiber optic networks. To do this, the following tasks are solved: possible causes of defects on the end surfaces of the fiber are considered, their effect on the mechanical and optical characteristics of the fiber, and ways to eliminate these defects are given. As a result of this study, it is planned to study the effects of end defects of optical fiber when it is used in fiber-optic communication lines.

Keywords: optical fiber, defects in the end surfaces of the optical fiber

Введение

Оптоволокно находит активное применение в различных областях, таких как телекоммуникация и связь [1], медицинская лазерная техника [2, 3], осветительные приборы [4], микроскопия [5] и т.д. Оптоволокно различают по назначению, конструкции и используемым материалам [6]. Одной из важнейших задач при использовании оптоволокна является эффективная передача оптического излучения. На качество передачи оптического излучения между волноводами влияют не только оптические согласующие элементы, но и качество торцевых поверхностей волновода [7].

Торцевые дефекты в оптоволокне

Рассмотрим дефекты, возникающие на торцах оптоволокна в процессе их обработки [8] (рис. 1).



Рис. 1. Торцевые дефекты оптоволокна

Приведенные виды дефектов торцов наблюдаются с помощью микроскопов, при этом торец наконечника оптоволокна устанавливается перпендикулярно оптической оси прибора. Если торец наклонен к оси прибора, то сердцевина и оболочка не различаются. При идеальной полировке виден равномерно серый торец оптоволокна, и малейшая неоднородность стеклянной поверхности проявляется как неоднородность этого серого поля [9]. Далее, в соответствии с рис. 1, более подробно представлено описание дефектов и причины их появления.

Дефект 1 – облом оптоволокна, он может произойти в результате обработки и эксплуатации оптоволокна, если было нарушено условие его хранения и транспортировки или нарушена технологии упаковки оптоволокна [10]. Например, в процессе упаковки бобины диаметр скручивания оптоволокна был меньше допустимого. В результате этого произошли внутренние повреждения, которые приведут к дальнейшему облому оптоволокна (рис. 2).

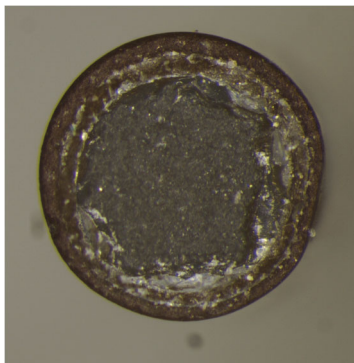


Рис. 2. Трещины и сколы сердцевины обломанного оптоволокна

Дефекты 2, 3 – трещина через все волокно и трещина в сердцевине, которые представляют собой механическое повреждение, проходящие через всю поверхность торца оптоволокна (дефект 2) или затрагивает лишь его сердцевину (дефект 3). Трещины, как правило, уходит глубоко во внутрь. Причины возникновения схожи с дефектом 1.

Дефект 4 – сколы поверхности сердцевины. Представляет собой ямки разного размера и количества. Сколы могут возникать в процессе обработки при нарушении технологии обработки оптоволокна.

В результате анализа было выявлено, что оптоволокно с видами дефектов 1 – 4 не является пригодным для дальнейшего использования, поскольку дефекты вида 2, 3 и 4 рано или поздно приведут к облому оптоволокна. Это может произойти в любой момент, например, при работе в локальной вычислительной сети.

Дефект 5 – механическое повреждение, локализованное в пределах оболочки, которое может возникнуть в процессе обработки на этапах блокировки и разблокировки оптоволокна, например, при использовании блокировочного приспособления для обработки торцов оптоволокна (рис. 3) [10].

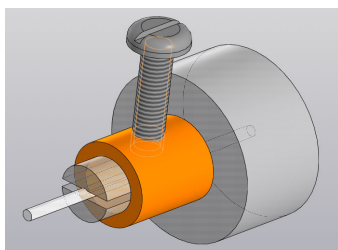


Рис. 3. Блокировка оптоволокна в приспособлении

В данном приспособлении при неправильном закреплении оптоволокна происходит пережим оболочки, из-за чего в нем возникают трещины. Данный дефект почти не оказывает влияние на работу оптоволокна, но в процессе эксплуатации растрескивание оболочки может увеличиться и дойти до сердцевины оптоволокна, что ухудшит его работу.

Дефекты 6 – 8 являются исправляемыми и требуют повторной полировки торцов оптоволокна. Эксплуатировать оптоволокно с дефектом 6 не представляется возможным, а с дефектами 7 и 8 возможно, но качество передачи оптического излучения между волноводами ухудшится.

Дефект 9 является следствием некачественной промывки торцов после обработки, что не позволяет использовать оптоволокно для дальнейшей работы, так как передача оптического излучения между волноводами сведется к нулю из-за его непрозрачности.

Практика показывает, что при некачественной обработке торца оптоволокна может возникать волнистость (рис. 4).



Рис. 4. Волнистость торца

Торец оптоволокна будет представлять собой периодическую структуру в виде цилиндрических микролинз с различными фокусными расстояниями. Данная оптическая структура внесет изменение в выходящее оптическое излучение из оптоволокна, что приведет к ухудшению качества передачи оптического излучения между волноводами.

Результаты и обсуждения

Анализ дефектов торцов оптоволокна показывает, что для повышения выхода годной продукции и улучшения качества передачи оптического излучения в ходе эксплуатации оптоволоконных систем необходимо производить контроль дефектов, возникающих в процессе шлифования и полирования.

Заключение

В данной статье приведены результаты изучения дефектов торцевых поверхностей оптоволокна и описаны основные причины их возникновения. В следующей статье планируется представить результаты исследования влияния дефектов торцевой поверхности оптоволокна на уровень потерь выходного оптического сигнала с использованием компьютерной модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Гришачёв В. Фотоника в системах безопасности и защиты информации / В. Гришачёв. // Фотоника : научн. техн. журнал. – 2011. – №6. – С. 58-63.
- 2 Контролируемая фрагментация камней мочевыделительной системы как метод профилактики инфекционно-воспалительных заболеваний при лечении мочекаменной болезни (опыт успешного клинического применения) / О. С. Стрельцова, В. В. Власов, Е. В. Гребенкин [и др.] // Современные технологии в медицине. — 2021. — № 3. — С. 55-63.
- 3 Богданов А. В. Волоконные технологические лазеры и их применение / А. В. Богданов, Ю. В. Голубенко. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 236 с.
- 4 Самохвалов С. Применение оптоволоконных технологий для осветительных устройств / С. Самохвалов, О. Горбачев, А. Клименко // Фотоника : научн. техн. журнал. – 2015. – №6. – С. 62-69.
- 5 Галочкин В. А. Нанoeлектроника и наносхемотехника телекоммуникационных устройств: монография / В. А. Галочкин. — Самара: ПГУТИ, 2019. — 346 с.
- 6 Идрисов Р. Ф. Повышение эффективности ввода лазерного излучения в волоконно-оптический световод с помощью согласующих микролинз / Р. Ф. Идрисов. // Приоритетные научные направления: от теории к практике: научн. журнал. – 2016. – №22. – С. 148-152.
- 7 Кизеветтер Д.В. Влияние дефектов торцевой поверхности световода на эффективность ввода излучения / Д. В. Кизеветтер, В. И. Малюгин; – // Журнал технической физики. – 2002 – № 9. – С. 80-84
- 8 F. A. Fons, How to properly polish fiber-optic connectors, “Light Wave”, – 1997, – Vol. 14, No 2, P. 66-70. Retrieved from: <https://www.lightwaveonline.com/network-design/article/16652851/how-to-properly-polish-fiber-optic-connectors>.
- 9 Самарский П. А. Основы структурированных кабельных систем / П. А. Самарский. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 216 с. — ISBN 5-98453-014-7.
- 10 Бендюков К. А., Митюшенко Н. А., Кутенкова Е. Ю. Особенности обработки торцевых поверхностей световодов из полимеров и кварца // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Международ. науч. конгр., 18 июня – 8 июля 2020 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 7 : Международная научно-технологическая конференция студентов и молодых учёных «Молодежь. Инновации. Технологии». – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. № 1. – С. 3–8.

© К. А. Бендюков, Д. М. Никулин, 2024