

К. А. Бендюков^{1}, Н. А. Митюшенко¹, Е. Ю. Кутенкова¹*

Особенности обработки торцевых поверхностей световодов из полимеров и кварца

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

Аннотация. Физика элементарных частиц представляет собой стремительно развивающийся класс фундаментальных исследований. Открытие ещё не изученных ранее элементарных частиц и наблюдение редких распадов обязывают постоянно улучшать методы регистрации. Ощутимый прогресс в данной области обусловлен созданием универсальных детекторов высокой сложности, позволяющих проводить опыты на базе ускорителей элементарных частиц. Для исследования используют различные детекторы элементарных частиц. Для направления фотонов на детектор применяются различные световоды. В данной работе рассматриваются особенности шлифовки и полировки торцов полимерных и кварцевых световодов. Цель статьи – представить результаты обработки рабочих поверхностей световодов. Сформулированы требования к чистоте полированной поверхности и к перпендикулярности торца. Приведены результаты сравнения особенностей взаимодействия материала с различными обрабатываемыми порошками и пастами. На основании проведенного анализа делается вывод о возможности использования результатов данной работы для практических целей.

Ключевые слова: световод, детектирование, обработка

К. А. Bendyukov^{1}, N. A. Mityushenko¹, E. Y. Kutenkova¹*

Features of processing the end surfaces of light guides made of polymers and quartz

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

Abstract. Elementary particle physics is a rapidly developing class of fundamental research. The discovery of previously unexplored elementary particles and the observation of rare decays oblige us to constantly improve the methods of registration. Tangible progress in this area is due to the creation of universal detectors of high complexity, allowing experiments to be carried out on the basis of elementary particle accelerators. Various elementary particle detectors are used to study particles. Various light guides are used to direct photons to the detector. This paper discusses the features of grinding and polishing the ends of polymer and quartz light guides. The purpose of the article: to present the results of processing the working surfaces of optical fibers. The requirements for the purity of the polished surface and the perpendicularity of the end face are formulated. The results of comparing the features of the interaction of the material with various processing powders and pastes are presented. Based on the analysis, it is concluded that the results of this work can be used for practical applications.

Keywords: light guide, detection, processing

Введение

Физика элементарных частиц представляет собой стремительно развивающийся класс фундаментальных исследований. Ощутимый прогресс в поиске новых частиц обусловлен созданием универсальных детекторов высокой сложности и точности, позволяющих проводить опыты на базе ускорителей элементарных частиц. Для исследования частиц используют различные детекторы элементарных частиц. Для направления фотонов на детектор применяются различные световоды [1–6]. Качественная обработка торцевых поверхностей световода необходима для того чтобы добиться максимальной пропускной способности световода. Этому вопросу посвящена данная работа.

Методы и материалы

В данной работе рассматривается применение световодов из различных материалов и используется системный подход, сравнение и анализ результатов для определения области применения и особенностей обработки.

Результаты и обсуждения

Световод направляет световую энергию из сцинтиллятора на детектор (рис. 1).

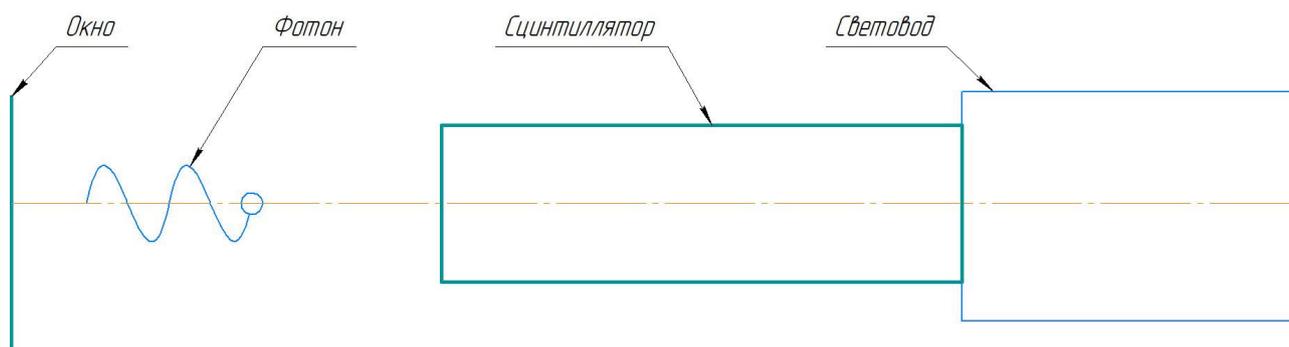


Рис. 1. Схема работы сцинтиллятора в приборе

Основным материалом для световодов являются полимеры и кварц. Особенности шлифовки и полировки торцов полимерных и кварцевых световодов будут рассмотрены далее.

Требования, предъявляемые к полимерным световодам, заключаются в соблюдении перпендикулярности торца (0,05 мм), а также высоки требования к чистоте полированной поверхности – требуется 1 класс чистоты, т.е. суммарная площадь царапин и точек должна составлять на более 0,004 мм² на диаметре в 1 мм. Наличие царапин приводит к потере света, что недопустимо при исследованиях.

Шлифовка и полировка торцевой поверхности представляет собой сложную задачу ввиду малого размера световода (диаметр 2 мм и длина 47 мм). Также затруднение вызвал выбор способа обработки – классический подход, принятый при обработке стекла, не подходит для полимера. Дополнительным требованием

стало сохранение защитной оболочки. При высокой скорости обработки оболочка теряет свои защитные функции, при недостаточных оборотах невозможно добиться требуемой чистоты. Данными факторами была обусловлена необходимость поиска оптимальных средств технологического оснащения. Для операций обработки была спроектирована специальная оснастка, выполненная с высокой точностью (рис. 2).

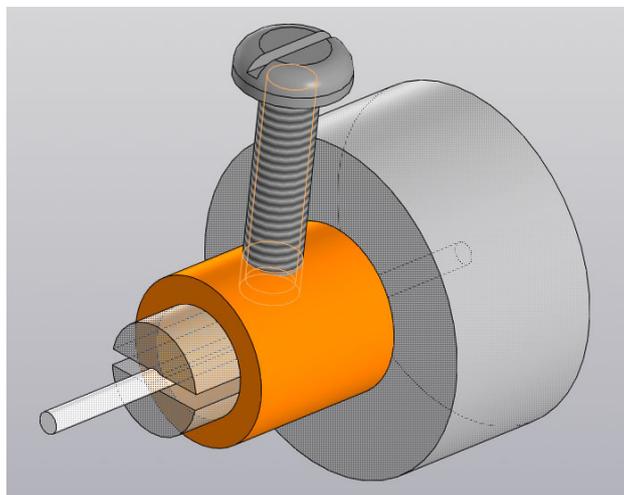


Рис. 2. Смоделированная оснастка

Оснастка представляет собой каркас из материала, близкого по составу с полистиролом. Внутри данного каркаса помещается световод. Для закрепления его в каркасе был использован металлический зажим. Точность обработки торца обеспечивается точностью изготовления оснастки.

Обработка проводилась на станке СД-120. Суть обработки заключается в классической шлифовке попеременно с применением порошков М40-М28-М14 и полировке с помощью специальной пасты. Стандартные пасты и порошки, такие как фторопол, оптипол, АСМ1/0 (порошок из синтетического алмаза), паста ГОИ, применяемые при обработке стекла, не дали нужного эффекта, а также в процессе были выявлены проблемы при их применении. В связи с этим было принято решение провести анализ паст, используемых в технической отрасли в целом для обработки полимерных материалов. В результате был подобран наиболее подходящий материал для данного вида работ – паста Machine Polish.

Кварц является более радиационно стойким, но он имеет более высокую стоимость. Полимер – более дешевый, но менее долговечный материал. Следовательно, для различных задач требуется различные материалы сердцевины световода.

Одним из основных требований к обработке кварцевого световода было сохранение его внешней полимерной оболочки. Поэтому перед началом обработки было спроектировано специальное приспособление (рис. 3).

Приспособление состоит из двух полублоков с отверстием под световод. В качестве материала полублоков использовался кварц, фиксация проводилась с

помощью пленочной ленты с клеевым покрытием. Точность обработки торца обеспечивается точностью изготовления оснастки.

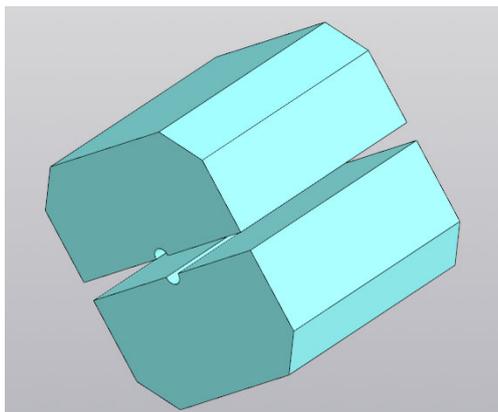
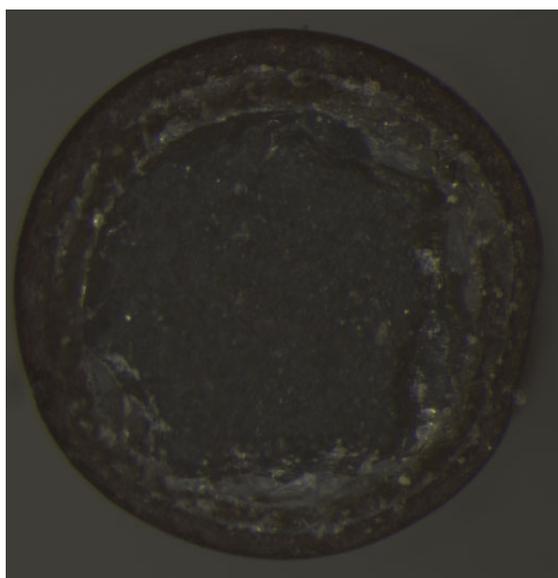


Рис. 3. Специальное приспособление

Требования, предъявляемые к кварцевым световодам, заключаются в соблюдении перпендикулярности торца ($0,05$ мм), а также высоки требования к чистоте полированной поверхности 1 класс чистоты, т.е. суммарная площадь царапин и точек должна составлять на более $0,004$ мм² на диаметре в 1 мм.

Обработка велась на станке СД-120. Суть обработки заключается в классической шлифовке попеременно с применением порошков М40 – М14 и полировке с помощью полирующей суспензии полирит. В процессе шлифовки были выявлены проблемы раскалывания материала, в частности дефект исходной заготовки, проявляющейся в многократных засечках и трещинах на поверхности кварца (рис. 4).



а)



б)

Рис. 4. Внешний вид световода: а – торцевая поверхность; б – схематическое представление брака на цилиндрической поверхности

Возможными причинами появления данного дефекта являются: нарушение технологии изготовления световода; нарушение условий хранения и транспортировки; нарушение технологии упаковки световода.

Для обработки кварцевых и полимерных световодов применяются различные полирующие суспензии или пасты. В обработке кварца имеются свои тонкости, т.к. у световодов имеются специальные отражающие покрытия, отличные по составу от сердцевины, требуется подбирать специфические методы обработки и абразивные материалы.

Для обработки полимера лучшей оказалась полирующая паста из серии 3М. При обработке кварцевого световода наиболее качественной оказалась поверхность, обработанная полирующей суспензией полирит.

Большое значение уделяется оснастке, именно качество ее изготовления обеспечивает точность обработки торца.

Использование различных материалов обосновано их ценой, долговечностью и пропускной способностью, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение материалов световодов

| Материал | Страна производства | Пропускная способность | Цена, руб\м | Долговечность |
|----------|---------------------|------------------------|-------------|---------------|
| Полимер | Япония | 70% | 50 | Одноразовый |
| Кварц | Россия | 99% | 4350 | Многоразовый |

Заключение

Авторы выражают надежду, что представленные результаты анализа обработки световодов из различных материалов представляют интерес для производителей.

Описанные в статье методы обработки торцевых поверхностей позволяют осуществлять шлифование и полирование в короткие сроки под конкретные технические требования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Клаус Группен. Детекторы элементарных частиц [Текст] : Справочник / Клаус Группен ; под ред. Л.М. Курдадзе, С.И. Эйдельмана . – Новосибирск, 1999. – 386 с.

2 А. С. Фомичёв. Сцинтилляционный детектор: статья – Текст: электронный // Большая российская энциклопедия. – URL: <https://bigenc.ru/physics/text/4176362> (дата обращения: 11.02.2022) – Режим доступа: свободный

3 ГОСТ 3.1001-2011. Единая система технологической документации: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 августа 2011 г. N 212-ст: введен впервые: дата введения 2012-01-01. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативных документов «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200086244> (дата обращения: 13.04.2023). – Режим доступа: свободный

4 ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N 1628-ст: вве-

ден впервые: дата введения 2014-06-01. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативных документов «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200106859> (дата обращения: 13.04.2023). – Режим доступа: свободный

5 С. В. Свечникова, Л. М. Андрушко Волоконные оптические линии связи [Текст] / Справочник С. В. Свечникова, Л. М. Андрушко – 1. – Киев: Тэхника, 1988 – 234 с.

6 М. Адамс Введение в теорию оптических волноводов [Текст] / М. Адамс – 1. – Москва: Мир, 1984 — 508 с.

© К. А. Бендюков, Н. А. Митюшенко, Е. Ю. Кутенкова, 2023