

4. Колориметры. Служат для измерения цвета и цветовых различий при оценке яркости в контексте цветового восприятия (рисунок 4) [5, 6].



Рисунок 4—Колориметр 3NH NR-20XE

Эти инструменты позволяют с высокой точностью оценить и проконтролировать уровень яркости в различных условиях, что важно для обеспечения комфортной и безопасной среды в различных сферах деятельности человека.

Измерение яркости применяется в различных областях, таких как:

- Охрана труда и техника безопасности. Для контроля уровня освещения, предотвращения утомляемости и эффективной производительности.
- Общественные здания (кинотеатры, научные центры, образовательные и медицинские учреждения). Для условий освещения, которые обеспечивают комфортное восприятие информации.
- Проектирование наружного и внутреннего освещения. Для выбора источников света, соответствующих требованиям необходимой яркости в помещениях.

Заключение

Измерение яркости — это важная задача, которая требует использования подходящих приборов и методов. Яркость оказывает влияние на здоровье, комфорт и производительность людей в разных помещениях. В современном мире используются определенные стандарты, которые устанавливают требования к яркости и методам её измерения.

Для измерения яркости используются яркометры, люксметры, спектрорадиометры, колориметры. Каждый из перечисленных приборов имеет свои особенности и методы измерения, которые необходимо учитывать для получения достоверного и корректного результата. С помощью современных приборов есть возможность получать точные и надежные данные об уровне и качестве освещения, а также с помощью специального программного обеспечения анализировать и визуализировать. Различают несколько типов яркометров, в зависимости от цели и точности измерений [2].

Для достоверности результатов и корректного измерения яркости необходимо соблюдать определенные правила. Измерение яркости помогает контролировать и улучшать производительность труда в разных помещениях и условия зрительного комфорта для человека.

Литература

1. Научно-техническое предприятие «ТКА» [сайт]. - / Измерение яркости. – URL: <https://www.tkaspb.ru/измерение-яркости> (дата обращения: 02.03.2025).
2. Школа электрика [сайт]. - / Освещение и его измерение: основные понятия и методы. – URL: <https://electricalschool.info/main/lighting/2981-osveschenie-i-ego-izmerenie-ponyatiya-i-metody.html> (дата обращения: 02.03.2025).
3. Спектрофотометры: измерение цвета и света [сайт]. - / Колориметр 3NH NR-20XE – URL: <http://www.spectrophotometry.ru/kolorimetry/nr-20xe.html> (дата обращения: 12.03.2025).
4. ООО НПО «Компас» [сайт]. - / Спекторадиометр. – URL: <https://compasltd.com/products/spektoradiometr> - (дата обращения: 12.03.2025)
5. Эко-Интех [сайт]. - / ТКА-ПКМ 02 Люксметр-яркомер. – URL: <https://eco-intech.com/product/tka-pkm-02-luksmetr-yarkomer> (дата обращения: 12.03.2025).
6. Актуальные проблемы энергетики [сайт]. - / Светодиоды: преимущества, недостатки и перспективы их развития – URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/152966> (дата обращения: 12.03.2025).

УДК 621.39

СВЕТОВОДЫ. ЧТО СОБОЙ ПРЕДСТАВЛЯЮТ И ГДЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ
LIGHT GUIDES. WHAT ARE THEY AND WHERE ARE THEY USED

А.А. Мартинчик, Д.И. Рышкель

Научный руководитель – В.Б. Козловская, к.т.н., доцент,
Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

A. Martinchik, D. Ryshkel

Supervisor – V. Kozlovskaya, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus***Аннотация:** в данной статье описываются световоды, их виды, принцип работы и области применения.****Abstract:** this article describes the light guides, their types, principle of operation and applications.****Ключевые слова:** световоды, освещение, оптическое волокно.****Keywords:** light guides, lighting, optical fiber.***Введение**

Современный информационный век немыслим без технологий волоконной оптики. Тонкие световоды, более известные как оптические волокна, составляют основу глобальных коммуникационных сетей – от магистрального интернета между континентами до локальных сетей в наших домах. Благодаря им мы имеем высокоскоростной интернет, цифровое телевидение и надежную связь по всему миру. Кроме телекоммуникаций, световоды все шире применяются в медицине (например, для малоинвазивной эндоскопии), в системах освещения и в различных датчиках. Актуальность темы обусловлена тем, что световоды нашли применение во многих сферах науки и техники, значительно улучшая качество передачи информации и энергии света там, где обычные электрические или оптические средства малоэффективны. Рассмотрим подробнее, что собой представляют световоды, каковы их виды и принцип работы, а также основные области применения этих устройств.

Основная часть

Световод (оптический волновод) – это устройство или среда, предназначенная для направленной передачи светового излучения (рисунок 1). В открытом пространстве свет может распространяться только в пределах прямой видимости и неизбежно рассеивается и поглощается атмосферой, тогда как световод позволяет удерживать свет внутри себя и доставлять его точно к месту назначения. Чаще всего под световодом подразумевается оптическое волокно – тонкая гибкая нить из прозрачного материала (стекла или пластика), служащая каналом для распространения электромагнитных волн оптического диапазона (видимого и инфракрасного света) на большие расстояния посредством явления полного внутреннего отражения. Проще говоря, оптическое волокно состоит из центральной сердцевины и окружено оболочкой с чуть меньшим показателем преломления; такая структура «запирает» лучи света внутри сердцевины, отражая их от

границы с оболочкой, благодаря чему свет распространяется вдоль волокна с минимальными потерями. Световоды изготавливаются многослойными (обычно коаксиальными) – сердцевина и оболочка, часто дополняемые защитными покрытиями для прочности. Диаметр сердцевины стеклянного волокна, как правило, составляет от нескольких микрометров до десятков микрометров, а с учетом защитных оболочек толщина нити около 0,1–0,2 мм. Несмотря на свои микроскопические размеры, один такой волоконный световод способен передавать огромный поток информации или света без существенного затухания.

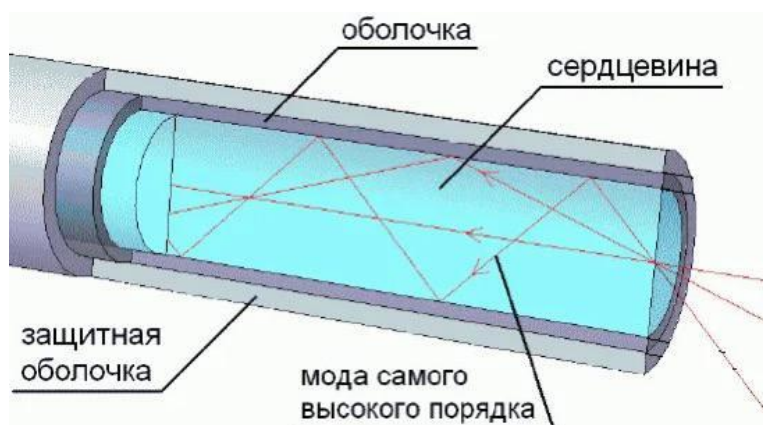


Рисунок 1-Конструкция оптического волокна

Принцип работы световодов.

Основой работы оптического световода является явление полного внутреннего отражения. Когда луч света пытается выйти из оптически более плотной среды (сердцевины) в менее плотную (оболочку) под достаточным углом, он полностью отражается обратно во внутреннюю среду, не проходя наружу. В световоде сердцевина обладает более высоким показателем преломления, чем оболочка, поэтому лучи света, входящие в сердцевину под углами меньше некоторого критического, многократно отражаются от границы сердцевина/оболочка и продолжают распространяться вдоль волокна. Таким образом, свет «заперт» внутри нити и может передаваться на большое расстояние, поворачивая вместе с изгибами волокна. Это позволяет световоду направлять световой сигнал по сложному маршруту – в отличие от свободного луча света, который рассеивался бы в пространстве. Полное внутреннее отражение обеспечивает очень малые потери: в современных оптических волокнах затухание может составлять доли децибела на километр, что в сотни раз меньше, чем потери в медных проводниках при передаче электрических сигналов на ту же дистанцию. Для эффективной работы световода важно также качество материала (чистота стекла) и ровность границы между сердцевиной и оболочкой – чтобы не было лишнего рассеяния и поглощения света. В результате правильно изготовленный световод позволяет передавать значительное количество световой энергии или данных с минимальными искажениями и потерями (рисунок 2).

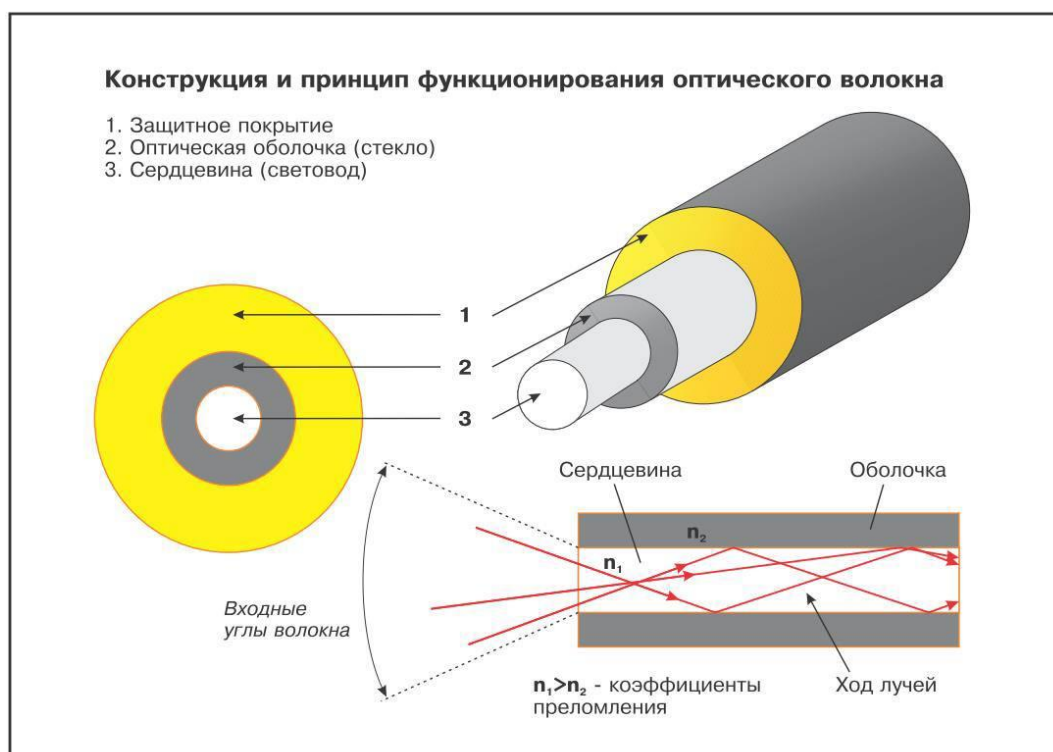


Рисунок 2- Конструкция и принцип функционирования оптического волокна

Виды световодов.

Существует несколько классификаций оптических световодов по конструкции и характеристикам:

- По числу распространяемых мод (типов лучей): различают одномодовые и многомодовые оптические волокна. Одномодовые волокна имеют очень тонкую сердцевину (около 8–10 мкм для стеклянных волокон), благодаря чему в них распространяется лишь одна мода света – это позволяет передавать сигнал на максимально большие расстояния с минимальной дисперсией (искажением импульса). Мномодовые волокна обладают более толстой сердцевиной (50 или 62,5 мкм – стандартные значения для стеклянных волокон) и могут нести множество мод (лучей под разными углами) одновременно.

- По профилю показателя преломления: у многомодовых волокон сердцевина может иметь либо резкий перепад показателя преломления, либо плавный градиент. Ступенчатые (с резким переходом) волокна имеют одинаковый показатель преломления по всей сердцевине, который скачкообразно снижается в оболочке. Градиентные волокна, напротив, обладают плавным изменением показателя преломления от центра сердцевины к краю. Градиентные многомодовые волокна обеспечивают более высокую пропускную способность на умеренных дистанциях по сравнению со ступенчатыми.

- По материалу: стеклянные волокна из кварцевого стекла наиболее распространены в телекоммуникациях из-за низких оптических потерь. Пластиковые оптические волокна (POF) из полимеров имеют большие диаметры (сердцевина 0,5–1 мм) и более высокие потери, поэтому применяются на коротких расстояниях – например, в автомобильной технике, в электронных устройствах,

датчиках. Их плюс – гибкость и дешевизна, возможность простой инсталляции без сложного оборудования

Области применения световодов

Оптоволоконные коммуникации

Оптические волокна произвели революцию в сфере связи. Волоконно-оптические коммуникации – это основное применение световодов, где они используются в качестве физической среды для передачи данных на больших расстояниях. Волоконные линии связи проложены повсеместно: от межконтинентальных подводных кабелей, соединяющих страны, до локальных сетей в городах и даже домашних Интернет-подключений. Преимущество оптоволоконных кабелей перед медными проводниками огромно: они обладают колоссальной пропускной способностью (на порядки больше, чем у электрических кабелей), устойчивостью к электромагнитным помехам и малым затуханием сигнала. Это позволяет передавать информацию на десятки и сотни километров без повторителей и с очень высокими скоростями. Для примера, еще в 2006 году в лабораториях достигнута скорость модуляции оптического сигнала 111 ГГц, а стандартные скорости передачи по одному волокну давно составляют 10 и 40 Гбит/с. С использованием спектрального уплотнения (WDM) в одном волокне одновременно передаются сотни независимых каналов, суммарная пропускная способность достигает терабит в секунду. В силу отсутствия электропроводности оптические линии также лучше защищены от несанкционированного доступа (перехват сигнала затруднен) и не представляют опасности возгорания. Сегодня оптоволоконные кабели являются основой интернет-инфраструктуры и глобальной телефонной сети. Благодаря им данные из одной точки мира в другую передаются практически мгновенно по световому лучу, проходящему по тонкому стеклянному волокну.

Медицина.

В медицине световоды открыли новые возможности диагностики и лечения. Одно из ключевых применений – эндоскопия. Гибкие эндоскопы представляют собой пучки оптических волокон, которые вводятся в тело пациента через небольшие отверстия или естественные пути. По одним волокнам свет от внешнего источника передается внутрь организма, освещая исследуемую область, а по другим – изображение передается обратно к окуляру или камере. Таким образом врач может осмотреть внутренние органы без полноценной операции. Волоконная оптика применяется в колоноскопах, бронхоскопах, лапароскопическом оборудовании и многих других эндоскопических приборах. Кроме передачи изображений, оптические волокна в медицине используются для доставки лазерного излучения к труднодоступным участкам. Например, в лазерной хирургии специальными волокнами подводят излучение лазера непосредственно к опухоли или другому объекту, обеспечивая точечное воздействие. Еще одно направление – фототерапия: по световодам можно вводить излучение определенной длины волны в организм для активации лекарственных веществ (фотодинамическая терапия рака кожи и др.). Оптические технологии безопасны для пациента, так как сами волокна электрически инертны (нет риска удара током) и имеют небольшой диаметр, что минимизирует травмы [1].

Освещение и декоративные применения

Световоды нашли широкое применение в системах освещения, где требуется передать свет в труднодоступное место или создать особые световые эффекты. Например, в некоторых случаях солнечный свет направляют с крыши здания вглубь помещений по оптическим волокнам, обеспечивая естественное освещение без электричества. Гибкие световодные световые трубки применяются для подсветки витрин, музеев – источник света (лампа или светодиод) может быть спрятан в удобном месте, а свет подается по волокну к точке экспозиции. В медицине схожим образом используют волоконные осветители для хирургических инструментов: яркая лампа остается вне тела, а через тонкий световод свет поступает в операционное поле. В автомобиле короткие пластиковые световоды служат для подсветки приборной панели, индикаторов – это надежно (нет нагрева лампы возле пластика) и гибко в дизайне.

Отдельно стоит отметить декоративные и художественные применения. Оптоволоконное освещение часто используется для создания декоративных светильников, светящихся занавесей, инсталляций. Волоконная подсветка применяется в рекламных вывесках, аттракционах, на сцене. Даже искусственные ёлки со световодами вместо иголок стали распространенным новогодним украшением – внутрь ёлки устанавливается одна лампа, а разноцветные огоньки на концах «иголок»-волокон создаются за счет преломления и фильтрации света. Такие технологии позволяют получать яркое, но холодное (не нагревающееся) освещение в самых разных формах. Преимущество световодов в осветительных задачах – их гибкость и безопасность: можно подсветить объект в воде, в вакууме, в среде с горючими газами, отнеся сам источник света подальше. Все это делает волоконные световоды универсальным инструментом для инженеров по свету и дизайнеров.

Сенсоры и измерительные системы

Еще одна важная область – волоконно-оптические датчики (сенсоры). Световод может выступать не только как линия связи, но и как чувствительный элемент, реагирующий на изменения окружающей среды. Простейший пример – термометр на основе оптического волокна: при нагреве меняются оптические свойства волокна (например, длина волны пропускания или интенсивность света на выходе), что фиксируется приборами. Волоконно-оптические датчики разработаны для измерения множества величин: температуры, давления, механических напряжений, акустических волн, положения и др.. Благодаря малому размеру и гибкости такой датчик можно разместить там, где обычный электронный не подойдет – например, внутри толстостенной конструкции, в зоне сильных электромагнитных полей, под водой и т.д. Ключевое преимущество: отсутствие электрического тока на самом сенсоре. Это означает полную взрывопожаробезопасность (актуально при измерениях в газовых средах, на нефтеперерабатывающих заводах), а также иммунитет к электромагнитным помехам. Волоконные сенсоры могут работать при экстремальных температурах, при которых электроника выходит из строя. Так, созданы датчики температуры и давления для использования непосредственно в нефтяных скважинах – там, где слишком жарко для полупроводниковых приборов. Также оптические сенсоры применяются в