

История оптического волокна

<https://704ka.ru/blog/istoriya-opticheskogo-volokna>

В начале было ...

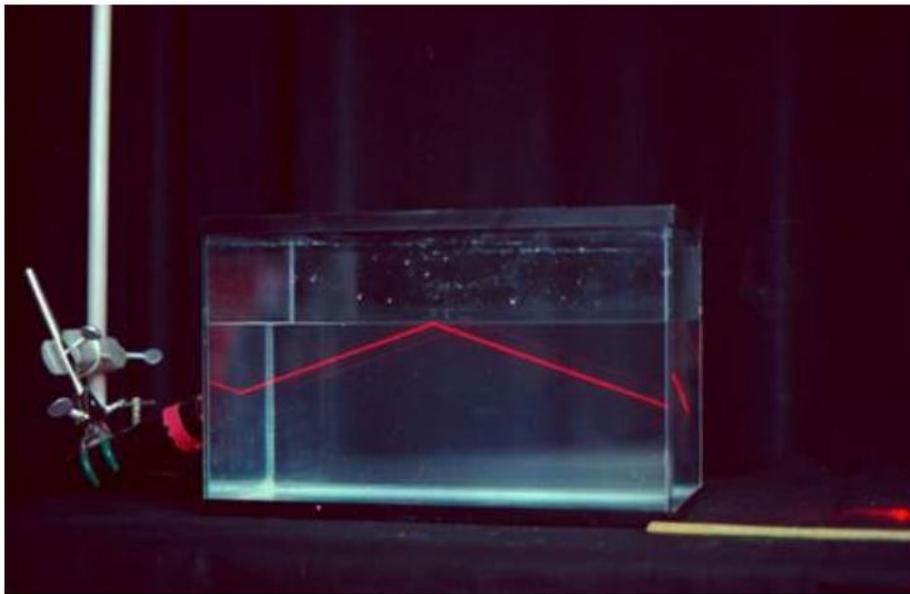


Первые упоминания о вытягивании стекла в волокна восходят **ко временам Римской империи**, но никто в ту эпоху не пытался применить стекловолокно для передачи данных.

В 1790 году двое французов, братья Шапп, изобрели первый "оптический телеграф". Эта примитивная система состояла из вот таких башен. Операторы в них с помощью вспышек света (в ночное время) передавали сообщения туда и обратно. Но никто не делал попыток передавать информацию с использованием уже давно существующих стеклянных волокон.

К концу XVIII века уже довольно остро ощущалась потребность в быстрой передаче информации, и имелась технология производства стекловолокна. Но пока никому в голову не пришла идея увязать первое со вторым для решения проблемы обмена данными. И только в следующем столетии в области оптической науки произойдут серьезные открытия, а пока... Пока люди пользовались семафорами.

Прогулки по воде



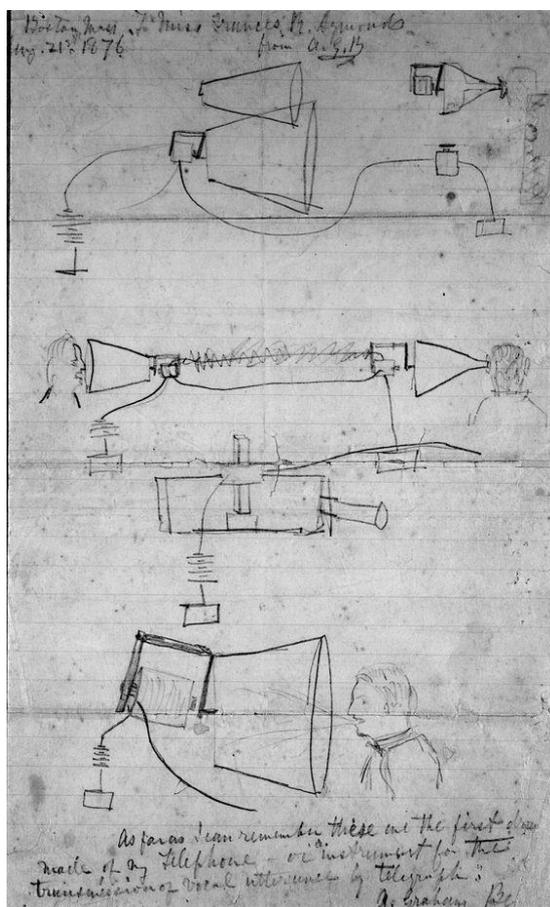
Любой из нас не раз наблюдал, что свет распространяется по прямой: лучи солнца, свет фонаря - можно привести немало примеров, с которыми мы сталкиваемся ежедневно. Но если обратить внимание на луч света, проходящий сквозь воду, можно увидеть, что он отклоняется от первоначального направления, пройдя через границу двух сред. А если поместить источник света в воду, то будет видно, как на границе воды и воздуха луч света разделится. Некая часть пойдет дальше по прямой, но большая часть отразится от поверхности воды и уйдет обратно в воду. **Это явление называется полным внутренним отражением**. Оно показывает, что практически весь пучок света ограничивается средой с более высоким коэффициентом преломления (водой), заключенной в оболочку из материала с меньшей оптической плотностью (воздух).

Используя этот эффект, в 1840 г. физики Даниэль Коллодон (Daniel Collodon) и Жак Бабинэ (Jacques Babinet) показали однажды ночью интересный опыт с фонтаном. Луч света, направленный на его струи, изгибался точно в соответствии с их движением. Таким образом, **струи фонтана выступили в роли световодов.**

В 1854 г. британский физик Джон Тиндаль (John Tyndall) доказал, что свет проходит **по искривленной струе воды**, повторяя ее направление.

Позднее Бабинэ провел следующий опыт: наполнив водой резервуар с трубкой, через которую вода стекала в бак, он посветил в резервуар фонарем и увидел свет в потоке воды, выливающейся в бак - свет следовал по траектории вытекающей из резервуара воды.

Телефон? Фотофон!



Оптическая телефонная система была запатентована в 1880 году непревзойденным американским гением **Александром Беллом.**

Фотофон Белла, к сожалению, в широкие массы не пошел, а вот его младший брат - обычный телефон - оказался гораздо успешнее.

Немного позже, но в этом же году, **Уильям Уолтер** (привет сериалу «За гранью») экспериментировал с трубами, имеющими покрытие с высоким показателем отражения, освещая свой дом электрическими лампами, расположенными в подвале, напрямую передавая потоки света по трубкам.

В 1888 г. **изогнутые стеклянные стержни** применялись **доктором Ротом (Roth)** и **профессором Ройссом (Reuss)** в Вене **для освещения внутренних органов** пациента. За ними последовал французский инженер **Анри Сен-Рене** (Henri Saint-Rene), который использовал стеклянные изогнутые стержни **для передачи цветных изображений** - это был **один из первых опытов в области телевидения**. В 1889 г. американец **Дэвид Смит** (David Smith) запатентовал стоматологический зонд, имевший в своей основе изогнутый стеклянный стержень.

Прорывы XX века

В 1920 году **Джон Логи Бэрд** получил патент на использование матрицы из прозрачных стержней для передачи телевизионного сигнала, и в тоже время **Кларенс Ханселл** использовал ту же технологию в факсимильных аппаратах.

В 1930 **Генрих Ламм** успешно передал уже целое изображение через пучок волокон, и это было изображение лампочки накаливания. Он хотел модернизировать систему для использования ее в медицинских целях, чтобы в буквальном смысле **заглянуть внутрь человеческого тела**. Но вмешалась вторая мировая война и нарушила его планы. Он был вынужден отказаться от своей работы и искать убежище в Америке. Он также пытался запатентовать эту технологию, но его патент отклонили из-за более раннего британского патента Кларенса Ханселла.

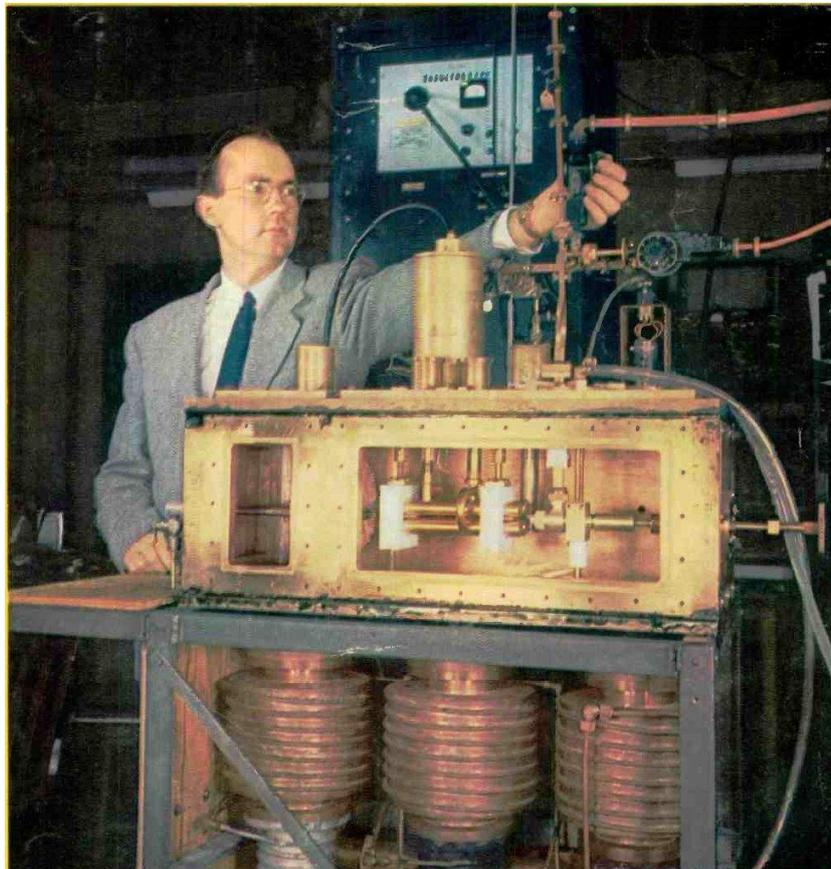
Датский физик **Хольгер Меллер** (Holger Moeller) в 1951 г. тоже подал заявку на **патент на тему волоконно-оптической визуализации**. Он предлагал покрывать стеклянное или пластиковое волокно материалом с низким показателем преломления. Его заявка была отклонена, потому что Бэрд (Baird) и Хансель (Hansel) уже запатентовали идею использования матрицы из полых труб или из прозрачных стержней для передачи изображений в телевидении и факсимильных аппаратах.

Тремя годами позднее **Абрахам Ван Хеель** (Abraham Van Heel) из Технического университета (г. Дельфт) и **Гарольд Хопкинс** (Harold H. Hopkins) с **Нариндером Капани** (Narinder Kapany) из Лондонского Королевского колледжа в разное время опубликовали статьи о передаче изображения с помощью оптических волокон в английском журнале "Nature". Кстати, **именно Капани предложил термин «волоконная оптика» в 1956 г. Чуть позже Ван Хеел покрыл волокна прозрачной оболочкой из материала с более низким коэффициентом преломления**. Это сделало **почти невозможным рассеивание света за пределами световода**. Наличие этого покрытия также снизило перекрестные помехи между волокнами, но создаваемое таким образом оптическое волокно все равно **имело очень высокий коэффициент затухания**.

Мазер или лазер?

В 1954 г. в Колумбийском университете **Чарльз Таунс** (Charles Townes) с группой коллег разработал «мазер».

Небольшое лирическое отступление. **Лазер** (англ. laser) - акроним от **"light amplification by stimulated emission of radiation"** - **усиление света посредством вынужденного излучения**. А **ма́зер** (англ. maser) - квантовый генератор, излучающий когерентные электромагнитные волны сантиметрового диапазона (микроволны). Его название - аббревиатура фразы **«Усиление микроволн с помощью вынужденного излучения» (microwave amplification by stimulated emission of radiation)**.



В 1958 году лазеры еще не появились, а Чарльз Таунс и **Артур Шавлов** экспериментировали с мазером в оптическом и инфракрасном диапазонах. Свет отражался от передней и задней поверхности (это называется оптический резонатор). Для усиления электромагнитного излучения оптического диапазона необходимо было создать объемный резонатор, размеры которого были бы порядка микрона. Из-за связанных с этим технологических трудностей многие учёные в то время считали, **что создать генератор видимого излучения невозможно**. Но тем не менее первый действующий (**постоянно!!!**) гелий-неоновый газовый лазер был изобретен и опробован в 1960 году.

Слово о структуре

В 1961 г. **Элиас Шнитцер** опубликовал в «American Optical» теоретическое описание одномодовых волокон с сердцевиной очень малого диаметра, которая позволяла бы передавать сигнал в режиме одного световода.

Он имел возможность продемонстрировать прохождение направленного лазерного луча сквозь очень тонкое стекловолокно, которое в то время **применялось в медицине**. Но на тот момент **потери сигнала были слишком велики** для использования такого волокна в коммуникационных приложениях.

В 1964 году **Чарльз Као** (Нобелевский лауреат за «новаторские достижения в области передачи света по волокнам для оптической связи») и **Джордж Хокхем** из Standard Communications Laboratory опубликовали теоретическую работу о том, что высокие потери в передаче данных по волокну вызваны не самой технологией, а **примесями в стекле**. Результаты своих исследований они представили в 1966 году. В июне того же года вышел отчёт с изложением ключевых особенностей волоконно-оптических телекоммуникационных технологий. Изложенные в этом документе идеи по использованию волокна для потребностей связи **являются основой телекоммуникаций сегодняшнего дня**.

Только в 1970 г. ученым из Corning Glass Works удалось создать одномодовое волокно с затуханием **20 дБ/км**. Этот результат был достигнут за счет **легирования кварцевого стекла титаном**. **Bell Laboratories** совместно с **Мортоном Панишем**, **Изуо Хаяши** и параллельно с группой ученых из Физико-технического института имени А. Ф. Иоффе в Ленинграде в 1973 г. продемонстрировали полупроводниковый диодный лазер, который мог излучать непрерывные волны при комнатной температуре.

Отныне и навсегда

В конце 70-х - начале 80-х годов телефонные компании стали очень интенсивно использовать оптический кабель для построения опорных сетей. В середине 80-х телекоммуникационная **компания Sprint** ввела в эксплуатацию 100% оптическую опорную телефонную сеть, протянувшуюся через всю Америку.

В 1986 году Дэвид Нил Пейн и Эммануэль Десурвир разработали **принцип волоконно-оптического усилителя EDFA**. Благодаря этой технологии **в 1988 году** был проложен первый транс-атлантический телефонный кабель.

А уже **в 1991 году Десурвир и Пейн** представили оптический усилитель, встроенный непосредственно в кабель. Это позволило **увеличить скорость передачи более чем в 100 раз по сравнению с предыдущим электронным усилителем**. И в этом же году было разработано **фотонно-кристаллическое оптическое волокно (ФКВ)**. По сути - это дырчатый волновод, который имеет огромное количество преимуществ по сравнению с «обычным» волокном.

TPC-5 - самый настоящий оптический кабель с оптическими усилителями - был проложен по дну Тихого океана **в 1996 г.** В следующем году **FLAG** стала сетью с рекордной протяженностью **(28 000 км)** и основой для следующего поколения интернет-приложений.



Fiber Optic Link Around the Globe (FLAG) – волоконно-оптическая линия связи вокруг Земного шара из одиночного кабеля, по большей части подводного.

В наши дни волоконная оптика применяется во многих областях. Оборонный комплекс и медицинское обслуживание, телекоммуникации и хранение данных, сетевая инфраструктура, телерадиовещание и промышленный сектор – везде нашлось место для этого универсального волокна.