

Historia światłowodów



Włókno szklane znane było już w czasach starożytnych, jednak jego zastosowanie jako medium do transmisji informacji, datuje się na początek XIX wieku. W 1790 roku, we Francji, bracia Chappe skonstruowali pierwszy telegraf optyczny. Był to system składający się z szeregu świateł zamontowanych na wieżach, między którymi przekazywane były wiadomości. W ciągu następnego stulecia w optyce dokonał się ogromny postęp. W 1854 roku brytyjski fizyk John Tyndall pokazał, że światło może rozchodzić się w łuku strumienia wody, a tym samym udowodnił, że może się ono rozchodzić po liniach krzywych. W 1880 roku, Alexander Graham Bell opatentował swój telefon optyczny. W tym samym roku William Wheeler skonstruował system wyłożonych od wewnątrz powłoką refleksyjną rur, które oświetlały domy światłem z elektrycznej lampy łukowej umieszczonej w piwnicy budynku. W latach dwudziestych zeszłego wieku, John Logie Baird opatentował pomysł wykorzystania zestawu przezroczystych prętów do przekazywania obrazów na odległość. Pierwszą osobą, której udało się przesać obraz za pomocą wiązki włókien optycznych był Heinrich Lamm. Dokonał tego w roku 1930. Na początku lat pięćdziesiątych, zaproponowane zostały pierwsze światłowody z płaszczem o niższym w stosunku do rdzenia współczynniku załamania światła. W roku 1961, Amerykanin Elias Snitzer opublikował teorię włókien jednomodowych, umożliwiających transmisję w bardzo cienkim rdzeniu włókna światłowodowego jednej długości fali - jednego modu. Zadeemonstrował również propagację wiązki laserowej w światłowodzie. Bardzo duża tłumienność użytego światłowodu, pozwalała na jego wykorzystanie jedynie w medycynie. Liczne niedoskonałości w tym bardzo duża tłumienność, wykluczały jego zastosowanie w telekomunikacji.

W 1964 roku, Charles Kao i George Hockham ze Standard Communications Laboratories w Wielkiej Brytanii, wykazali teoretycznie, że straty światła w istniejących włóknach szklanych można znacznie zmniejszyć poprzez usunięcie zanieczyszczeń.

Kao przeprowadził szczegółowe badania tłumienności włókien światłowodowych. Zebrał próbki od różnych wytwórców i dokładnie zbadał ich właściwości. Badania te utwierdziły go w przekonaniu, że duża stratność wczesnych włókien światłowodowych, wynikała z występujących w nich zanieczyszczeń, a nie z właściwości samego szkła kwarcowego. Silna wiara Kao w rozwój telekomunikacji światłowodowej i zainteresowanie operatorów telekomunikacyjnych ich praktycznym wykorzystaniem, były zachętą dla laboratoriów na całym świecie do eksperymentów, mających na celu zmniejszenie stratności włókien optycznych. Po czterech latach intensywnych badań, osiągnięto wyznaczony przez Kao cel, zmniejszenia tłumienności włókna światłowodowego do poziomu 20 dB/km. Większość grup badawczych próbowała oczyścić szkło wykorzystywane w optyce, które można było łatwo doprowadzić do stanu plastycznego i wyciągnąć z niego włókno. Robert Maurer, Donald Keck i Peter Schultz z Corning Glass Works, rozpoczęli badania nad krzemionką topioną, materiałem, który można uzyskać w bardzo wysokiej klasie czystości, lecz charakteryzującym się wysoką temperaturą topnienia i małym współczynnikiem załamania światła. Wytwarzali oni cylindryczne preformy przez osadzanie z fazy gazowej oczyszczonej krzemionki, dodając precyzyjnie kontrolowaną ilość domieszek, w celu nieznacznego zwiększenia współczynnika załamania światła rdzenia w stosunku do płaszcza, bez znacznego zwiększenia jego tłumienności. We wrześniu 1970 roku, ogłosili wytworzenie jednomodowego włókna światłowodowego o tłumienności poniżej 20 dB/km dla długości fali 633 nm. Przełom spowodowany odkryciem badaczy z firmy Corning, otworzył drogę do rozwoju telekomunikacji światłowodowej. W tym samym roku naukowcy Bell Labs równolegle z uczonymi z Instytutu Fizycznego w Leningradzie (obecnie Petersburg), skonstruowali pierwsze półprzewodnikowe diody laserowe, zdolne do emisji fali ciągłej w temperaturze pokojowej. Przez następnych kilka lat, uzyskano znaczące obniżenie tłumienności wytwarzanych włókien optycznych, dzięki udoskonalaniu metod produkcji, jak również wykorzystywaniu do transmisji fal o większych długościach, dla których szkło kwarcowe ma z natury mniejszą tłumienność. Na początku

lat siedemdziesiątych wątpiono czy uda się skonstruować układy sprzężenia źródeł światła z rdzeniami mającymi średnicę zaledwie kilku mikrometrów.

Problemem było także opracowanie elementów do łączenia włókien oraz urządzeń do ich spawania. Równoległe z pracami nad systemami jednodomowymi trwał proces udoskonalania systemów wielomodowych. Zbyt wąskie pasmo transmisyjne światłowodów wielomodowych ze skokową zmianą współczynnika załamania światła między rdzeniem a płaszczem, skłoniło naukowców i inżynierów do stworzenia światłowodów wielomodowych, w których współczynnik ten zmienia się między rdzeniem a płaszczem gradientowo. Przyjęto również dwie standardowe średnice rdzenia włókna wielomodowego: 50 mikrometrów i 62,5 mikrometra. W roku 1977, zbudowano na takich światłowodach pierwsze łącza telefoniczne pracujące na fali o długości 850 nm, wytwarzanej przez diody laserowe GaAlAs, wykonane ze związków arsenu galu i glinu. Systemy pierwszej generacji, mogły transmitować sygnał optyczny bez regeneracji na odległość kilku kilometrów. Zasięg transmisji ograniczała wynosząca 2 dB/km tłumienność światłowodu oraz dyspersja międzymodowa. Wkrótce pojawił się system drugiej generacji, wykorzystujący diody laserowe InGaAsP, emitujące falę o długości 1300 nm, dla której tłumienność światłowodu wynosiła 0,5 dB/km, a dyspersja, czyli efekt rozmycia transmitowanego impulsu był nieco niższy, niż dla fali o długości 850 nm. Ze względu na efekt dyspersji międzymodowej, wywołującej rozmycie transmitowanych impulsów w światłowodach wielomodowych, nie nadają się one do transmisji dalekosiężnych. W roku 1986, David Payne z Uniwersytetu w Southampton i Emmanuel Desurvire z Bell Laboratories, skonstruowali domieszkowany erbem wzmacniacz światłowodowy, który obniżył koszt światłowodowych transmisji dalekosiężnych, przez eliminację elektronicznych regeneratorów, zamieniających sygnał optyczny na elektryczny, w celu jego wzmocnienia i ponownie na sygnał optyczny, do dalszej transmisji w światłowodzie.

W oparciu o tę technologię w 1988 roku, rozpoczął pracę pierwszy transatlantycki światłowodowy kabel telefoniczny. Jego działanie wykazało, że systemy oparte o transmisję jednodomową, są efektywne i wykonalne na skalę przemysłową. Fakt ten był, w latach osiemdziesiątych, impulsem do rozwoju światłowodowych sieci dalekosiężnych i budowy przez operatorów narodowych sieci szkieletowych ze światłowodami jednodomowymi. W 1991 roku, Desurvire i Payne zademonstrowali wzmacniacze optyczne, wbudowane bezpośrednio w kabel światłowodowy. W pełni optyczne łącza telekomunikacyjne, umożliwiło stukrotne zwiększenie przepustowości kanału transmisyjnego w stosunku do łącza ze wzmacniaczami elektronicznymi. Obecnie systemy dalekosiężne pracują na fali o długości 1550 nm, dla której tłumienność światłowodu jest rzędu 0,2 dB/km. Niższa tłumienność włókna dla tej długości fali, pozwala na dalsze zwiększenie odległości między regeneratorami sygnału. Bardzo istotny jest fakt, że włókna światłowodowe domieszkowane erbem, pracują jako wzmacniacze optyczne właśnie na długości fali 1550 nm, eliminując konieczność stosowania regeneratorów elektrooptycznych.

W 1996 roku, ułożono przez Ocean Spokojny, pierwszy światłowodowy kabel ze wzmacniaczami optycznymi. W następnym roku zakończono układanie kabla światłowodowego tworzącego łącze optyczne dookoła globu. To najdłuższe na świecie połączenie światłowodowe, zapewniło infrastrukturę dla rozwoju aplikacji Internetowych nowej generacji.

Współcześnie, światłowody są szeroko wykorzystywane w telekomunikacji, medycynie, przemysłach militarnym, motoryzacyjnym, lotniczym, okrętowym i wielu innych zastosowaniach. Szerokie pola zastosowań światłowodów w różnorodnych aplikacjach, to magazynowanie danych, sieci teleinformatyczne i nadawcze. Nowoczesne światłowody jednodomowe, dzięki obniżonej zawartości jonów OH, które powodowały podwyższone tłumienie dla fal o długości około 1400 nm (pik wodny), pozwalają na transmisję szerokiego spektrum długości fal w zakresie od 1260 nm do 1650 nm. Umożliwiają dzięki temu ich wykorzystanie w systemach CWDM, DWDM, UDWDM. Systemy te oparte na

technologii zwielokrotnienia w dziedzinie długości fali, pozwalają na transmisję w jednym włóknie równocześnie 16 długości fal CWDM, 40 fal DWDM lub nawet 80 fal UDWDM.

Światłowod jest obecnie najlepszym medium transmisyjnym, pozwalającym na przekaz pasma przekraczającego 1 THz, przy bardzo niskiej tłumienności na poziomie 0,2 dB/km. Obecnie największym wyzwaniem dla światłowodów jest ich doprowadzenie do abonenta końcowego. Jesteśmy świadkami stopniowego procesu, wypierania okablowania miedzianego z warstwy dostępowej sieci teleinformatycznych i telewizji kablowej. Decydują o tym jedynie względy ekonomiczne. Nie ma żadnych przeszkód technicznych aby budować całkowicie światłowodowe sieci dostępowe, w których abonent końcowy zaopatrzony jest w terminal optyczny. Do okablowania mieszkań używane są światłowody o zmniejszonej wrażliwości na zginanie, z promieniem gięcia obniżonym nawet do 5 mm, w porównaniu z promieniem 30 mm dla włókien standardowych. Niewątpliwie jesteśmy świadkami dokonujących się zmian technologicznych, wnoszących nową jakość w dziedzinie przesyłu informacji. W dziedzinie światłowodów istnieje jeszcze wiele rozwiązań, które nie są jeszcze powszechnie stosowane. Jednym z przykładów, mogą być wynalezione na początku lat dziewięćdziesiątych, światłowody fotoniczne, w których mechanizm prowadzenia światła oparty jest na jego uginaniu w strukturze światłowodu, a nie na zasadzie całkowitego odbicia wewnętrznego. Dzięki temu uzyskuje się efektywniejszą transmisję mocy optycznej, niż ma to miejsce w światłowodach konwencjonalnych. Co przyniesie przyszłość, pokaże czas.

W Polsce pionierem w produkcji włókien światłowodowych był Ośrodek Techniki Optotelekomunikacyjnej w Lublinie. Akt erekcyjny budowy, podpisany został w 1981 roku i został wybudowany w ciągu 4 lat. Zakład wyposażono w linie technologiczne do wytwarzania preform, wyciągania i zabezpieczania włókien światłowodowych oraz wytwarzania kabli światłowodowych. Po modernizacji w 1990 roku, w OTO Lublin, powstał bardzo nowoczesny zakład produkcji kabli światłowodowych, o rocznej zdolności produkcyjnej na poziomie 5 tysięcy km. Prężne działanie lubelskiego zakładu, zmobilizowało do działania inne polskie fabryki kabli. Trzy spośród nich, Fabryka Kabli Ożarów od 1990 roku, Zakłady Kablowe TELE-FONIKA w Myślenicach i Bydgoska Fabryka Kabli od 1997 roku, uruchomiły własne linie produkcji kabli światłowodowych, osiągając łączną zdolność produkcyjną 30 000 km kabla rocznie. OTO Lublin jako zakład w strukturach TP S.A., funkcjonował do 2003 roku. W 2004 roku został zakupiony przez amerykańską firmę CORNING, największego na świecie producenta włókien światłowodowych.