

Daniel Hyjek, Dawid Marek

Zespół Szkół im. ks. S. Staszica w Tarnobrzegu

TECHNOLOGIA ŚWIATŁOWODOWA

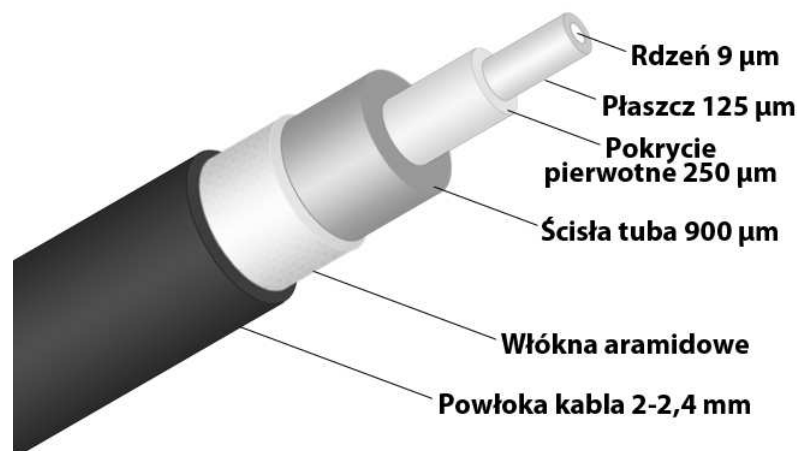
Streszczenie

Światłowód, jak sama nazwa wskazuje, służy do przesyłania promieniowania świetlnego. Stanowi on obecnie najlepsze medium transportowe stosowane w telekomunikacji. Taki stan rzeczy spowodowany jest znikomym zjawiskiem tłumienia (około 0,20dB/km), odpornością na zewnętrzne pola elektromagnetyczne, a także stopie błędów mniejszej niż 10-10 przy najwyższych przepływnościach binarnych oraz faktem że światłowody nie wytwarzają własnego pola elektromagnetycznego więc podsłuchanie transmisji staje się znacznie utrudnione. Do transmisji danych, zamiast prądu elektrycznego, wykorzystywana jest odpowiednio modulowana wiązka światła, dzięki czemu możliwa jest transmisja danych osiągająca nawet 6,875 Tb/s (osiągnięta w 2000 r.). [1]

1. WSTĘP

Światłowody początkowo występowały w postaci metalowych rurek o wypolerowanych ściankach i służyły do przesyłania promieniowania podczerwonego. Obecnie światłowód ma postać włókien dielektrycznych, najczęściej do tego celu wykorzystywane są szklane włókna kwarcowe wykonane z dwutlenku krzemu, z osłoną z tworzywa sztucznego, charakteryzującego się mniejszym współczynnikiem załamania światła niż wartość tego współczynnika dla szkła dzięki czemu następuje całkowite odbicie promienia i poprowadzenie go wzdłuż osi włókna. Zamknięcie włókien szklanych w osłonach umożliwia ponadto ich zginanie nie powodując przy tym łamania. Jak było powiedziane wcześniej aktualnie światłowody wytwarza się z bardzo czystego szkła kwarcowego. Płaszcz wykonuje się z czystego szkła, nie dodając żadnych domieszek. Natomiast szkło przeznaczone na rdzeń wzbogaca się odpowiednią ilością domieszek, które mają za zadanie zwiększyć współczynnik załamania w rdzeniu stosunku do współczynnika załamania w płaszczu. Najczęściej dodaje się german lub ołów. [1]

2. ŚWIATŁOWÓD BUDOWA



Rys. 1 Budowa światłowodu [3]

2.1. Wytwarzanie światłowodów

Wyciąganie nici szklanych z wieloskładnikowej masy szklanej za pomocą ciepłej plastycznej obróbki mas lub kształtek szklanych. Do najbardziej rozpowszechnionych metod należy:

Metoda dwutygłowa (podwójnej dyszy) polegająca na jednoczesnym wyciąganiu niskotopliwej masy szklanej rdzenia i płaszczu z dwóch współosiowo umieszczonych tygli. Wymagane jest wcześniejsze oczyszczenie składników z jonów OH, homogenizacji masy szklanej i uformowania prętów szklanych (średnica 3 – 10 mm, długość 1 – 2 m) zasilających tygiel rdzeniowy i płaszczowy;

Metoda pręt-rura polegająca na przygotowaniu kształtki szklanej w postaci pręta i współosiowo umieszczonej rurki, podgrzaniu kształtki do temperatury mięknięcia szkła i wyciąganiu cienkich nici.

Wyciąganie nici z kształtek kwarcowych mających na powierzchni inne rodzaje szkła naniesione metodą reakcji chemicznych. Najbardziej znane są metody CVD (Chemical Vapour Deposition) i MCVD (Modified CVD), polegające na osadzeniu z fazy gazowej na wewnętrznej powierzchni kwarcowej związków dwutlenku krzemu domieszkowanego innymi tlenkami bez udziału wodoru (możliwość osadzenia wielu warstw – nawet kilkuset, o różnych współczynnikach załamania).

Przeciąganie pręta kwarcowego do średnicy rdzenia z jednoczesnym powlekaniami jego powierzchni organicznymi związkami polimeryzującymi. [1]

2.2. Klasyfikacja włókien światłowodowych

Włókna światłowodowe mogą być klasyfikowane ze względu na strukturę modową, rozkład współczynnika załamania, geometrię, wykonanie powłoki ochronnej i rodzaj stosowanego materiału

2.2.1 Struktura modowa

W światłowodach jednomodowych SMF prowadzona jest tylko jedna monochromatyczna wiązka świetlna o stałej szybkości propagacji impulsu, dzięki czemu sygnał wytworzony przez laser prawie praktycznie nie ulega rozproszeniu (brak dyspersji międzomodowej). Strumień danych przesyłany jest równoległe do osi, tak że nie występują odbicia i dociera do końca włókna w tzw. modzie podstawowym. Dzięki temu rdzeń włókna światłowodu jednomodowego ma średnicę zaledwie 5-10 mikronów (Płaszcz w światłowodach tego typu ma zawsze średnicę 125 mikronów). Zastosowanie takiej techniki owocuje tym że sygnał może być transmitowany na znacznie dalsze odległości bez potrzeby wzmacniania sygnału (może osiągnąć do 100 km). Jednakże ze względu na znaczne koszty nie są one zbyt popularne.

Światłowód wielodomowy MMF przenosi wiele modów (promieni) światła, każdy o innej długości fali świetlnej i szybkości propagacji, padających pod różnymi kątami do płaszczu światłowodu. Średnica rdzenia wynosi 62,5 mikrona lub 50 mikronów. W odróżnieniu od światłowodu jednomodowego umożliwia transmisję na mniejszą odległość bez wzmacniacza sygnału. Ponadto światłowody wielodomowe dzielą się ze względu na rozkład współczynnika załamania, tak jak pokazuje kolejny podpunkt:

2.2.2 Rozkład współczynnika załamania

Charakterystyczną cechą światłowodu gradientowego jest jego budowa warstwowa. Każda warstwa jest zbudowana trochę inaczej z powodu wykorzystania innych domieszek. Liczba warstw wynosi kilka tysięcy, powoduje to że współczynnik załamania światła zmienia się w sposób płynny. Wartość maksymalną przyjmuje na osi rdzenia zaś minimalną na granicy z płaszczem. Światłowody gradientowe zapewniają – dla różnych modów (poruszających się po łukach) – tę samą prędkość rozchodzenia wzdłuż kabla. Dzieje się tak, gdyż fale rozchodzące się w większej odległości od środka poruszają się w warstwach o mniejszym współczynniku załamania, dzięki czemu zmniejsza się rozmycie sygnału, a co za tym idzie możliwe jest zwiększenie szerokości pasma o rząd wielkości w porównaniu ze światłowodem skokowym.

Światłowód skokowy powstaje poprzez wtłoczenie do jego wnętrza wielu szklanych wiązek (modów), ułożonych pod różnymi kątami. Mody odbijają się skokowo na styku zetknięcia płaszczu z rdzeniem. Transmisja w tym światłowodzie odbywa się w ten sposób, że wiązka światła pada pod różnymi niewielkimi kątami w stosunku do jego osi. Prędkość rozchodzenia się światła w szkło jest stała więc im większy jest kąt padania wiązki w stosunku do osi, tym tłumienie jej jest też większe, inaczej mówiąc im większe jest odchylenie tym dłużej promień będzie przechodził przez światłowód. Powstaje wówczas zjawisko rozmycia fali świetlnej (poszerzenia impulsu który dociera do końca światłowodu) nazywane dyspersją modalną, która jest źródłem strat w transmisji.

2.2.3 Geometria

Światłowód warstwowy składa się z trzech materiałów o różnych współczynnikach załamania. Światło jest uwięzione w środkowej warstwie na skutek całkowitego wewnętrznego odbicia fali świetlnej od

powierzchni granicznych. Światłowod planarny ogranicza światło tylko w jednym kierunku, w płaszczyźnie warstwy fala może rozchodzić się bez ograniczeń.

Światłowod paskowy powstaje, kiedy propagacja wiązki w warstwie zostaje ograniczona w dwóch kierunkach. Światłowod paskowe są wykorzystywane w układach fotoniki zintegrowanej i w laserach półprzewodnikowych. W układach fotoniki zintegrowanej służą do prowadzenia światła, tworząc bardziej rozbudowane struktury jak np. interferometr Macha-Zehndera lub złożone przyrządy jak multipleksery długości fali dla systemów WDM.

Światłowod włóknisty jest najczęściej spotykanym rodzajem światłowodów. Często określane po prostu mianem „światłowodu”. Jako że to głównie ten rodzaj jest wykorzystywany w sieciach komputerowych wszystkie pozostałe części tego artykułu odnoszą się do tego właśnie rodzaju.

2.2.4 Wykonanie powłoki ochronnej

Luźna tuba – jest to luźne, wykonane w postaci elastycznej rurki pokrycie wtórne światłowodu. Rurka wypełniona jest żelem higroskopijnym. Umieszczone w niej włókno ma duży stopień swobody, typowa średnica takiego włókna wynosi 250 mikronów.

Ścisła tuba – pokrycie wtórne światłowodu przylegające ściśle do pokrycia pierwotnego, najczęściej o średnicy 900 mikronów.

2.2.5 Rodzaj stosowanego materiału

Światłowod mogą być wykonywane ze szkła, plastiku oraz półprzewodnika

2.3. Multipleksowanie danych w światłowodzie

Częstą praktyką przy wykorzystywaniu światłowodów jest tzw. multipleksowanie. Umożliwia ono przesyłanie kilku sygnałów za pomocą jednego włókna. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie ma potrzeby stosowania kilku oddzielnych dla każdego sygnału włókien światłowodowych.

Wyróżnia się trzy sposoby multipleksowania sygnału:

Multipleksowanie z podziałem czasu. Polega ono na dzieleniu przesyłanych sygnałów na części, do których później przypisywane są określone czasy transmisji. Przesyłanie przebiega w ten sposób że najpierw przesyłane są pierwsze części wszystkich kolejnych sygnałów (pierwsza część pierwszego sygnału. Pierwsza część drugiego sygnału itd.). Gdy zostaną przesłane, rozpoczyna się przesyłanie drugiej części na analogicznej zasadzie. Tego typu multipleksowanie najlepiej spisuje się w przypadku przesyłania sygnałów cyfrowych. Najczęściej łączą one do 16 linii wejściowych.

Multipleksowanie z podziałem częstotliwości (FDM). Jego zastosowanie zwiększa przepustowość systemu transmisyjnego. W układzie tym kanały są ułożone względem siebie sąsiadująco. Przesyłane sygnały są przetwarzane na zmiany częstotliwości następujące wokół pewnej środkowej częstotliwości nośnej, należy jednak pamiętać, że każdy sygnał różni się częstotliwością środkową. Ten rodzaj multipleksowania wykorzystuje się do przesyłania sygnałów analogowych.

Multipleksowanie z podziałem długości fali (WDM). Przesyłany przy wykorzystaniu tego rodzaju multipleksowania sygnał pochodzi z oddzielnych źródeł. Każdy sygnał posiada określoną unikatową długość fali. Systemy wykorzystujące tę technologię mogą pracować jedynie gdy różnice w długościach fali są mniejsze niż 5 nm. Do rozdzielania sygnałów po stronie odbiorcy wykorzystuje się np. siatkę dyfrakcyjną, pryzmat lub wielowarstwowe filtry interferencyjne. Multipleksowanie z podziałem długości fali może być stosowane wyłącznie w systemach optycznych. [1]

3. WADY I ZALETY ŚWIATŁOWODÓW

3.1 Zalety światłowodów

Światłowod nie powodują interferencji elektrycznej w innych kablach ani też nie są na nią podatne. Impulsy świetlne mogą docierać na znacznie większe odległości niż to jest w przypadku sygnału w kablu miedzianym. Mogą przenosić więcej informacji niż kable miedziane. Mają większą prędkość i niezawodność transmisji. Światłowod charakteryzują się również dużą trwałością, rzędu 25 lat, a także niskim stopniem awaryjności. [1]

3.2 Wady światłowodów

Pierwszą z nich jest tłumienie sygnału. Wywoływane jest ono przez straty falowe wynikające z niedoskonałości światłowodu. Może mieć ono różne źródła:

Straty materiałowe – większość światłowodów wykonana jest ze szkła kwarcowego SiO₂. Światło ulega rozproszeniu z powodu fluktuacji gęstości materiału rdzenia, a ta spowodowana jest niedoskonałością struktury szkła.

Straty falowodowe – wywoływane są faktem że światłowód nie jest jednorodny. Jest to powodowane odchyleniami od średniej wartości średnicy rdzenia, zgięciami włókna, nierównomiernością rozkładu współczynnika załamania w rdzeniu i w płaszczu, oraz wszelkimi innymi odstępstwami od geometrii idealnego światłowodu cylindrycznego. Szczególny wpływ na tłumienie sygnału mają mikrozgięcia i makrozgięcia.

Mikrozgięcia są to różnice kształtu rdzenia i płaszczu rozłożone wzdłuż włókna losowo lub okresowo. Powstają one w czasie wytwarzania włókien. Wywołują w światłowodzie wielomodowym mieszanie się modów i ich konwersję w mody wyciekające do płaszczu. W światłowodzie jednomodowym mikrozgięcia powodują natomiast rozmycie modu.

Makrozgięcia, czyli fizyczne zakrzywienia włókna światłowodowego. Tłumienie przez nie wywołwane jest pomijalnie małe dla promieni zakrzywień większych od kilku centymetrów. Mniejsze powodują zmianę współczynnika załamania w obszarze zgięcia, co także prowadzi do tworzenia się modów wyciekających i uwidacznia się efektem świecenia włókna na powierzchni.

Straty mocy sygnału mogą być także wywoływane przez przesunięcia, rozsunięcia oraz wzajemny obrót światłowodów.

Kolejnym problemem jest **absorpcja**, czyli pochłanianie energii przez cząstki światłowodu. Normalnie absorpcja jest niewielka, jednak wzrasta przy niewielkim nawet zanieczyszczeniu metalami Fe, Cu, Cr, a zwłaszcza jonami OH. Proces ten jest nieodwracalny.

Dyspersja, czyli zjawisko poszerzenia (rozmycia) impulsu jest następnym problemem. Polega na tym że impuls świetlny na wyjściu jest szerszy niż na wejściu. Impuls ten poszerza się wraz ze wzrostem długości światłowodu. Jest to spowodowane tym, że światło danej długości fali ma odpowiednią szerokość widma. Im jest ono szersze tym więcej promieni porusza się w rdzeniu, przebywając przy tym różną drogę, przez co czas przepływu promienia przez włókno nie jest jednakowy. Dyspersja ogranicza długość światłowodu przez który może być transmitowany sygnał. Wyróżnia się dyspersję międzymodową (światłowody wielomodowe) oraz dyspersję chromatyczną (światłowody jednomodowe). Poza tym przy instalowaniu światłowodów konieczny jest specjalny sprzęt do ich łączenia, który wygładza końce włókien w celu umożliwienia przechodzenia przez nie światła. [1]

4. POŁĄCZENIA ŚWIATŁOWODÓW

Łączenie światłowodów ze szkła kwarcowego odbywa się poprzez zastosowanie któregoś z dwóch podstawowych typów połączeń:

- rozłącznego, tworzonego przy pomocy złączek
- trwałego, przy wykorzystaniu spawarki fuzyjnej

Wybór techniki uzależniony jest od tego w jakim celu połączenie takie będzie wykonywane. Połączenia rozłączne są zdecydowanie mniej dokładne, a co za tym idzie powodują większe straty w transmisji. Dlatego też wykorzystuje się je do przedłużania kabli światłowodowych na krótkich odcinkach, najczęściej gdy zamierzamy podłączyć światłowód do urządzenia końcowego, gdyż połączenia takie nie wymagają wysokiej dokładności połączenia. Uzyskanie jak najmniejszych strat wymaga precyzyjnej obróbki mechanicznej elementów złączki, prawidłowego osiowania włókna i czystości łączonych powierzchni. Straty typowych złączek światłowodowych wynoszą od 0,25 do 1,5 dB. Istnieje wiele rodzajów złączek, choć powszechnie stosuje się tylko kilka z nich. Najpopularniejszymi z nich są złączki SC, ST i FC. [2]

4.1. Połączenie rozłączne

Złącze SC umożliwia szybkie i łatwe połączenie jednej pary (w wersji simplex) lub dwóch par (w wersji duplex) włókien światłowodowych.



Rys. 2 Złącze SC [9]

Jeśli chodzi o budowę złącza to są to złącza żywiczne, gdzie włókno umieszcza się w cyrkonowej ferruli. Całość mieści się w plastikowej obudowie. Posiada ono prosty mechanizm zatrząskowy, który zapewnia precyzyjne połączenie światłowodów. Złącza SC mogą być zestawione z dowolnym złączem o tej samej modalności. W praktyce oznacza to możliwość wykonania dowolnej kombinacji patchcordu, jak np. SC/PC-LC/APC lub SC/APC-FC/PC. Główne właściwości tego złącza to: niska tłumienność wtrąceniowa, wysoka tłumienność odbicia, idealna powtarzalność oraz wymiennalność.

Do ich wad należy zaliczyć duże rozmiary złącza. Złącza SC są stosowane głównie w sieciach telekomunikacyjnych, sieciach telewizji kablowej CATV i sieciach systemów monitorujących CCTV.

W złączu ST wykorzystano bagnetowy zamek obrotowy z ferrulą o średnicy 2,5mm.

Złącza dostępne są w wersji single-mode lub multi-mode, simplex oraz duplex, w wersji prostej (PC) lub kątowej (APC). Złącza te posiadają ferrulę wykonaną z ceramiki cyrkonowej, zaczep bagnetowy działający na zasadzie „wsuń i obróć”. Złącza ST mogą być zestawione z dowolnym złączem o tej samej modalności. W praktyce oznacza to możliwość wykonania dowolnej kombinacji patchcordu, jak np. ST/PC-SC/APC lub ST/PC-FC/PC (zestawienie cenowe poniżej). Główne właściwości złącza ST: niska tłumienność wtrąceniowa, wysoka tłumienność odbicia, dopasowywalna powtarzalność, wysokiej jakości ferrulla.

Wadą złącz ST jest mała odporność na wsteczne pociągnięcia. Przy kablach z dużą ilością włókien ich waga może powodować ciągnięcie kabla do tyłu, a przez to doprowadzić do utraty połączenia optycznego.



Rys. 3 Złącze ST [8]

Złącza FC są specjalnie zaprojektowane dla aplikacji telekomunikacyjnych wymagających stałego i pewnego połączenia.



Rys. 4 Złącze FC [2]

Skręcane zakończenie zapewnia niezawodność połączeń pomimo wielokrotnego przełączania. Zastosowana w złączu ferrula typu PC minimalizuje odbicie wsteczne. Wykonywana jest ona z dwutlenku cyrkonu lub stopów nierdzewnej stali.

Złącza FC mogą być zestawiane z dowolnym złączem o tej samej modalności. W praktyce oznacza to możliwość wykonania dowolnej kombinacji patchcordu, jak np. FC/PC-SC/APC lub FC/APC-LC/PC. Jego właściwości: to: niska tłumienność wtrąceniowa i niskie odbicie zwrotne

Poza wyżej wymienionymi istnieją także inne typy złączy. Mogą to być na przykład złącza LC, FDDI, MTP, MTRJ, BICONIC, MU, SMA, czy HOTMELT. [2]

4.2. Połączenie trwałe

Przechodząc teraz do drugiego typu połączenia, czyli do połączenia trwałego, trzeba powiedzieć, że jest ono wykorzystywane w sytuacjach w których istotne są jak najmniejsze straty w połączeniach. Tak więc wykorzystuje się je we wszelkiego rodzaju usługach telekomunikacyjnych, obejmujących większe odległości.

Najskuteczniejsza jest metoda spawania światłowodów, ponieważ zapewnia ona najlepszą jakość połączenia. Uzyskiwane przez nią wyniki tłumienności wynoszą od 0,01 do 0,1 dB.

Metoda ta wymaga dużej dokładności operatora spawarki.

Proces spawania światłowodu składa się z kilku ważnych czynności. Po pierwsze należy pamiętać o zabezpieczeniu spawu, który zostanie wykonany. W tym celu na włókno nakłada się rurkę termokurczliwą, która następnie zostanie zgrzana i zabezpieczy wykonany spaw.

Następną czynnością jest przygotowanie włókna. Jest to jedna z najistotniejszych czynności w procesie spawania gdyż odpowiednio przygotowane włókno pozwoli zminimalizować straty na spawie. Na przygotowanie światłowodu składają się trzy czynności. Są to: stripping, czyli zdjęcie izolacji, cleaning, czyli czyszczenie włókna i cleaving, czyli przycięcie włókna

Następną czynnością jest już spawanie przy pomocy specjalnej spawarki światłowodowej. Po wykonaniu spawu należy pamiętać o zgrzaniu rurki termokurczliwej. Proces ten trwa około 30s. [2]



Rys. 5 Spawarka światłowodów

5. PRZYRZĄDY DO KONTROLI SIECI ŚWIATŁOWODOWYCH

Podstawowym urządzeniem pomiarowym stosowanym przy budowie i eksploatacji sieci światłowodowych jest **reflektometr optyczny OTDR** (ang. Optical Time Domain Reflectometer). Reflektometr stosowany w telekomunikacji pozwala wykryć zwiększanie się tłumienia w miejscach połączeń stałych i rozłącznych, umożliwia lokalizację niejednorodności włókien światłowodowych, takich jak zanieczyszczenia, mikrozgięcia i makrozgięcia. Umożliwia określenie długości i wykrywanie uszkodzeń linii światłowodowych. Odpowiednio wysoka dynamika tłumienności reflektometru (25-30 dB), uzyskiwana przy niskim poziomie szumów własnych, pozwala na testowanie jednorodnych torów światłowodowych o długości powyżej 150 km. Za pomocą reflektometru można zmierzyć:

- Tłumienność włókna (Spadek mocy sygnału wraz z przebytą odległością)
- Tłumienność wtrąconą, która związana jest z takimi nieciągłościami jak:
- Spawy, spoiny, połączenia mechaniczne, odbicie wsteczne, reflektancja
- Makrozgięcia i mikrozgięcia
- Błędy montażowe i niejednorodności włókna (liniowość odbiornika, zakres dynamiczny, długości strefy martwej tłumienia)
- Odległość od miejsca uszkodzenia
- Długość światłowodu (z dokładnością do +/- 2,5% całkowitej długości)



Rys. Reflektometr optyczny OTDR [7]

Pomiar strat w kablu światłowodowym wykonuje się przy użyciu miernika mocy i źródła światła na różnych długościach fali. Mierzone wartości tłumienia wykorzystuje się do określenia zgodności parametrów kabla ze specyfikacją wyposażenia lub z założeniami projektowymi. Testy powinny być wykonywane przy użyciu źródła światła o długości fali na której docelowo będzie pracował mierzony światłowód. Niezbędnym urządzeniem w codziennej eksploatacji sieci światłowodowej jest wizualny (wzrokowy) lokalizator uszkodzeń, nazywany również latarką światłowodową. Działanie tego urządzenia polega na emitowaniu światła widzialnego w celu identyfikacji kabli oraz lokalizacji uszkodzeń.

Równie przydatnym urządzeniem stosowanym w sieciowych instalacjach optoelektronicznych jest mikroskop światłowodowy do inspekcji złączy. Mikroskop pozwala szybko określić, czy złącza światłowodowe badanych urządzeń są czyste i w dobrym stanie bez konieczności rozmontowywania urządzenia.

6. ZAKOŃCZENIE

Kable światłowodowe zamiast wewnętrznych przewodów miedzianych mają włókna szklane. Takimi lekkimi kablami przesyła się dźwięk stereo do foteli pasażerskich w samolotach, redukując o setki kilogramów ciężar instalacji. Kabel światłowodowy wykonany jest z cieńszych od włosa włókien szklanych otoczonych materiałem wzmacniającym, na przykład kevlarem. Przez włókna wysyłane są impulsy świetlne emitowane przez małe lasery lub diody świetlne reprezentujące zera i jedyne, które składają się na transmitowane dane. [5]

BIBLIOGRAFIA

- [1]<http://swiatlan.pl/okablowanie/swiatlowod.html> 2010
- [2]http://www.dipol.com.pl/pigtail_wielomodowy_ultimode_pg-03s_1xfc_62_5-125__L3503.htm 2010
- [3]<http://www.szerokopasmowi.pl/wp-content/uploads/8-swiatlowod.png> 2012
- [4]<http://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Awiat%C5%82ow%C3%B3d> 2012
- [5]<http://projektlan.friko.pl/html/swiatlowod.html> 2011
- [6]<http://kulkonet.eu.interia.pl/grafika/spawarka.jpeg> 2012
- [7]<http://www.elnex.pl/product/image/2700/TB4000-1.jpg> 2011
- [8]http://sklep.delta.poznan.pl/pigtail-pig-st-mm-wielomodowy-wtyk-st-50-125_c415_p2925.html 2012
- [9]http://www.dipol.com.pl/pigtail_jednomodowy_ultimode_pg-52s_1x_sc-apc_9-125__L3552.htm 2012

FIBER TECHNOLOGY

Summary

Fiber, as its name implies, is used to transmit light radiation. It is currently the best transport medium used in telecommunications. This situation is caused by a negligible phenomenon of suppression (about 0.20 dB / km), resistance to external electromagnetic fields, and the error rate less than 10⁻¹⁰ at the highest bit rates and the fact that the fibers do not produce their own electromagnetic field so the transmission interception is unlikely. To transfer data, instead of electric current is used appropriately modulated light beam, so that data can be transmitted up to 6.875 Tb / s (achieved in 2000).