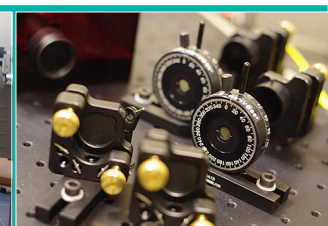


Ćwiczenie 2

Badanie własności fizycznych światłowodów



I. Zagadnienia do opracowania.

1. Model pasmowy półprzewodników.
2. Zasada działania lasera półprzewodnikowego (diodowego).
3. Prawo załamania, prawo odbicia, całkowite wewnętrzne odbicie światła.
4. Propagacja światła w światłowodzie w obrazie geometrycznym.
5. Mody światłowodu; apertura numeryczna.
6. Rodzaje światłowodów:
 - a) skokowy;
 - b) gradientowy;
 - c) jednomodowy;
 - d) wielomodowy.
7. Tłumienie sygnału optycznego w światłowodach i jego przyczyny:
 - a) absorpcja;
 - b) rozpraszanie Rayleigha;
 - c) sprzężenie modów;
 - d) zagięcia światłowodu;
 - e) straty na złączach pomiędzy światłowodami.

II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z układem pomiarowym przedstawionym na *Zdjęciu 1* oraz z procedurami przygotowania układu światłowodowego do pomiarów opisanych w *Dodatkach A i B*.



Zdjęcie 1. Układ pomiarowy do badania własności światłowodów: 1 – zasilacz wraz ze wzmacniaczem; 2 – laser; 3 – wójtka światłowodowa; 4 – ława optyczna; 5 – uchwyt lasera; 6, 7 – nastawne uchwyty wraz z soczewkami; 8, 9 – uchwyty magnetyczne do mocowania światłowodu; 10 – uchwyt z fotodiodą; 11 – ściągacz izolacji z włókien światłowodowych; 12 – narzędzie do nacinania światłowodów.

2. Przygotować światłowod do pomiarów zgodnie z instrukcją w *Dodatku A*.
3. Ustawić właściwą geometrię układu pomiarowego zgodnie z instrukcją w *Dodatku B*.
4. Zbadać własności fizyczne światłowodu korzystając ze wskazówek w *Dodatku C*.
 - a) Wyznaczyć przesunięcie czasowe pomiędzy impulsem wzbudzającym a odpowiedzią układu wraz ze światłowodem.
 - b) Wyznaczyć kąt, przy którym natężenie światła padającego na fotodiodę ma wartość maksymalną oraz kąt, przy którym wartość natężenie światła wynosi 5% wartości maksymalnej.
 - c) Obliczyć aperturę numeryczną oraz przeprowadzić dyskusję błędów.
 - d) Wyznaczyć przesunięcie czasowe pomiędzy impulsem wzbudzającym a odpowiedzią układu bez światłowodu.
5. Opracować wyniki pomiarów z punktów 4 (a) - 4 (c):
 - a) Przedstawić na wykresie przesunięcie czasowe pomiędzy impulsem wzbudzającym a odpowiedzią układu bez światłowodu oraz ze światłowodem;
 - b) Wyznaczyć współczynnik załamania światła we włóknie światłowodowym; przeprowadzić dyskusję błędów;
 - c) Obliczyć prędkość rozchodzenia się światła w światłowodzie.
6. Wyznaczyć profil wiązki laserowej.
7. Przedstawić graficznie profil wiązki laserowej oraz nanieść błędy pomiarowe na wykresie.

III. Zestaw przyrządów.

1. Laser półprzewodnikowy z zasilaczem.
2. Ława optyczna wraz z zestawem soczewek.
3. Światłowod wielomodowy (długość 1000 m).
4. Fotodioda.
5. Oscyloskop.
6. Konwerter podczerwieni.
7. Narzędzia do przygotowywania światłowodów:
 - a) ściągacz izolacji z włókien światłowodowych;
 - b) narzędzie do nacinania światłowodów.

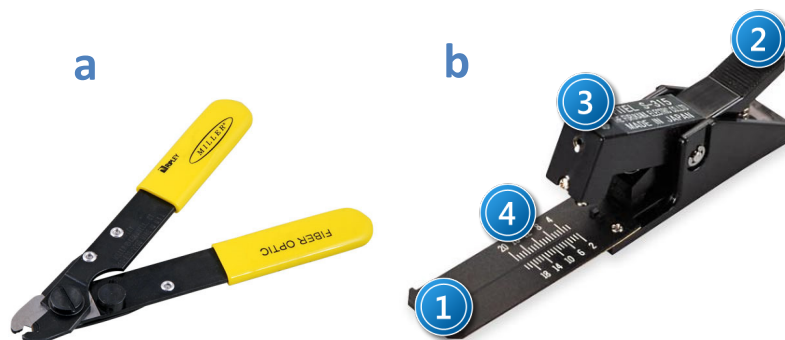
IV. Literatura.

1. Ch. Kittel – „Wstęp do fizyki ciała stałego”, PWN, Warszawa 1999.
2. Sz. Szczęniowski – „Fizyka doświadczalna”, Tom 4. „Optyka”, PWN, Warszawa 1967.
3. K. Booth, M. Kathryn – „Optoelektronika”, Wyd. Komun. i Łączności, Warszawa 2001.
4. B. Ziętek – „Optoelektronika”, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2005.
5. B. Ziętek – „Lasery”, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2008.
6. A. Łoziński – „Światłowody telekomunikacyjne”, Akademia Morska, Gdynia 2009.
7. A. Smoliński – „Światłowody oraz ich zastosowania”, PAN Wrocław 1980.
8. J. A. Buck – “Fundamentals of Optical Fibers”, NJ: Wiley-Interscience, Hoboken 2004.
9. W. S. C. Chang – “Principles of Lasers and Optics”, Cambridge University Press, 2005.
10. P. Halley - “Fiber Optic Systems”, John Wiley & Sons, Chichester 1987.
11. PHYWE – “Laboratory Experiments Physics”, Optics, Fibre Optics 2.6.10–00 , 2010.
12. Ch. Kittel - “Introduction to Solid State Physics”, 8th Edition, John Wiley & Sons, 2004.

Dodatek A

Przygotowanie światłowodu do pomiarów

Przy pomocy ściągacza (Zdjęcie 2(a)) usunąć izolację z końcówki światłowodu. Ściągacz jest ustawiony dokładnie na grubość odpowiadającą rdzeniowi włókna, należy więc zacisnąć szczęki w odległości ok. 30 mm od końca światłowodu, a następnie, przesuwając narzędzie, usunąć izolację.



Zdjęcie 2. Narzędzia do przygotowywania światłowodów : (a) Ściągacz izolacji z włókien światłowodowych, (b) Narzędzie do nacinania światłowodów: 1 – nacięcie do umieszczenia światłowodu; 2 – dźwignia uchwyty przytrzymującego światłowód; 3 – ostrze; 4 – ruchome ramie.

Końcówkę światłowodu z usuniętą izolacją umieścić w narzędziu do cięcia światłowodów (Zdjęcie 2(b)) w specjalnym nacięciu (1). Światłowód przytrzymać przy użyciu dźwigni (2) tak, aby koniec odizolowanej części znajdował się między 5 a 10 mm na skali narzędzia. Ostrze (3) należy lekko docisnąć do odizolowanego włókna światłowodowego zwracając uwagę na to, by światłowód znajdował się przez cały czas w nacięciu (1).



UWAGA!

W przypadku zbyt dużego nacisku nastąpi przecięcie rdzenia światłowodu. W takim przypadku należy powtórzyć procedurę.

Po wykonaniu nacięcia zwolnić ramie ostrza (3) tak, aby powróciło do pozycji początkowej. Zwracając cały czas uwagę na to, aby światłowód znajdował się w nacięciu (1) jedną ręką przytrzymać urządzenie natomiast drugą ręką, dociskając kciukiem światłowód do rowka (1) w ramieniu (4), odchylić ramie (4) w dół aż do momentu, w którym nastąpi pęknięcie naciętego światłowodu.

Dodatek B

Zapewnienie właściwej geometrii układu pomiarowego

Umieścić końce światłowodu, w specjalnych nacięciach w magnetycznych uchwytach - (8) oraz (9) na *Zdjęciu 1*.

Włączyć zasilanie lasera (1). W tym celu należy przekręcić klucz do pozycji „on” następnie zwiększyć natężenie prądu do maksymalnej wartości (227 mA) przy pomocy strzałki na panelu zasilacza ((1) na *Zdjęciu 1*).



UWAGA!

Podczas pracy z laserem należy zachować szczególną ostrożność!

Laser emituje wiązkę o długości fali świetlnej 850 nm (niewidoczna dla oka ludzkiego) i o mocy 50 mW. W celu ochrony oczu należy założyć okulary ochronne.

Na zasilaczu należy ustawić wartość wzmocnienia na 50 oraz modulację sygnałem prostokątnym. Włączyć oscyloskop.

Sygnał z fotodiody poprzez wzmacniacz w zasilaczu (1) powinien być przesyłany na kanał 2 oscyloskopu cyfrowego.

Na kanał 1 oscyloskopu powinien być przesyłany sygnał modulujący ze wzmacniacza (1).

Podstawę czasu na oscyloskopie należy ustawić na 500 μ s.

Na kanale pierwszym oscyloskopu należy ustawić napięcie 200 mV/działkę, na kanale drugim 50 mV/działkę.

Soczewkę (6) należy umieścić w odległości ok. 1 mm od lasera (2) natomiast soczewkę (7) około 5 cm od soczewki (6) oraz około 1 cm od końca światłowodu zamocowanego w uchwycie (8).



Wskazówka

Kształt i moc wiązki można obserwować przy użyciu konwertera podczerwieni - płytka z naniesioną warstwą luminescencyjną wzbudzaną promieniowaniem podczerwonym.

Przy pomocy śrub regulacyjnych w uchwytach soczewek (6) oraz (7) skupić wiązkę światła na końcówce światłowodu umieszczonego w uchwycie (8).

Światło wychodzące ze światłowodu zamocowanego w uchwycie (9) należy zbierać fotodiody (10), maksymalnie dosuniętą do końca obrotowej części ławy optycznej (4) - około 10 cm od końca światłowodu.

Po zarejestrowaniu sygnału z fotodiody na oscyloskopie (2 kanał) należy dostroić układ za pomocą śrub mikrometrycznych w uchwytach (6), (7) oraz (8) tak, aby otrzymać maksymalne natężenie sygnału (na drugim kanale amplituda powinna wynosić około 140 mV).

Dodatek C

Wskazówki dotyczące wykonywanych pomiarów

Ad. Zad. II. 4. (a)

W celu przeprowadzenia pomiaru należy skorzystać z układu przedstawionego na *Zdjęciu 1*. Na zasilaczu lasera (1) należy wybrać sygnał modulujący prostokątny (dioda off wyłączona). Podstawa czasu na oscyloskopie powinna wynosić 5 μ s. Pomiaru należy dokonać korzystając z funkcji szybkiego pomiaru (*Quick Meas.*). Dane z oscyloskopu należy zapisać na przenośnym dysku USB w postaci pliku ASCII za pomocą funkcji *Save*.

Ad. Zad. II. 4. (b)

Przy użyciu obrotowej części ławy optycznej (4) należy wyznaczyć kąt Φ_1 , przy którym natężenie światła (pomiar napięcia średniego z 2 kanału oscyloskopu) padającego na fotodiodę będzie maksymalne. Wyznaczyć kąt Φ_2 , przy którym natężenie światła będzie równe 5 % natężenia maksymalnego (przy kącie Φ_1). Należy sprawdzić wartość napięcia na fotodiodzie, gdy nie pada na nią światło i wartość tą uwzględnić przy wyznaczaniu odpowiednich kątów.

Ad. Zad. II. 4. (c)

W celu przeprowadzenia pomiaru dokonać modyfikacji układu pomiarowego ze *Zdjęcia 1*. Należy usunąć uchwyt wraz ze światłowodem (7) i wstawić w tym miejscu laser. Uchwyt magnetyczny (9) należy podnieść i usunąć z niego światłowód. Skierować wiązkę laserową dokładnie prosto na fotodiodę. Na zasilaczu lasera (1) należy wybrać sygnał modulujący prostokątny (dioda off wyłączona). Podstawa czasu na oscyloskopie powinna wynosić 5 μ s. Pomiaru należy dokonać korzystając z funkcji szybkiego pomiaru (*Quick Meas.*).

Ad. Zad. II. 5

W celu przeprowadzenia pomiaru należy skorzystać ze zmodyfikowanego układu opisanego w części Ad. Zad. II. 4. (c). Na zasilaczu lasera (1) należy wybrać sygnał modulujący prostokątny (dioda „off” włączona). Korzystając ze śrub mikrometrycznych w uchwycie lasera (5) dostroić układ tak, aby otrzymać wartość średnią napięcia na fotodiodzie tj. około 45 mV przy wzmacnieniu 50 na zasilaczu lasera (1). Przesuwając ramieniem ławy (4) w obie strony do wartości kąta równej $\pm 14^\circ$ (z krokiem równym 2°) należy odczytywać wartości napięcia średniego (funkcja *Quick Meas.* na oscyloskopie) na fotodiodzie w celu otrzymania profilu wiązki laserowej.



UWAGA!

Po zakończeniu pomiaru należy zmniejszyć natężenie prądu na zasilaczu (1) do 0 mA, a następnie wyłączyć laser przekręcając kluczyk do pozycji „off”.