

Ćw.8. Pomiar kąta akceptacji

7.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodą pomiaru kąta akceptacji wykorzystując promieniowanie lasera półprzewodnikowego.

zagadnienia do samodzielnego opracowania: budowa światłowodu; transmisja światła w światłowodzie; sprzężenie źródła światła ze światłowodem; apertura numeryczna; klasyfikacja światłowodów; odbicie i załamanie światła; interferencja światła laserowego

7.2. Czujnik światłowodowy

Transmisja fali świetlnej w falowodzie optycznym polega na utrzymaniu strumienia światła w rdzeniu falowodu. Rdzeń falowodu stanowi ośrodek optycznie przezroczysty o większym współczynniku załamania niż otoczenie rdzenia zwane płaszczem. Całkowite odbicie światła padającego pod kątem mniejszym od granicznego na powierzchnię rozdziału rdzenia i płaszcz, stanowi podstawowe prawo fizyczne optycznej transmisji falowej.

W konstrukcji czujników światłowodowych używa się falowodów o przekroju kołowym rdzenia. Podstawowym materiałem światłowodów jest szkło, które mięknie ze wzrostem temperatury, utrzymując własności raczej ciała stałego niż cieczy. Lepkość szkła jest główną własnością umożliwiającą formowanie światłowodów. Czyste szkło kwarcowe otrzymuje się przez utlenienie czterochloru krzemu.

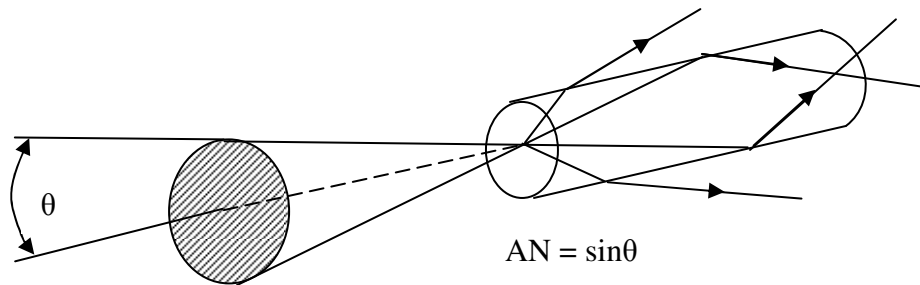
Tor promienia światła w rdzeniu włókna zależy od współczynnika załamania w płaszczyźnie przekroju poprzecznego włókna i kąta padania promienia względem powierzchni styku rdzeń – płaszcz. W światłowodzie mogą biec tylko te promienie, które padają pod określonym kątem do osi światłowodu. Krytycznej wartości kąta θ_{kr} odpowiada kąt akceptacji światłowodu. Wartość funkcji sinus tego kąta określa apertura numeryczna AN światłowodu skokowego.

Wartości apertury numerycznej światłowodu warunkuje efektywność sprzężenia światłowodu ze źródłem światła, a zwłaszcza diodą elektroluminescencyjną (DEL) i laserem półprzewodnikowym. Dioda elektroluminescencyjna promieniuje praktycznie w przedziale kąta półpełnego. Aczkolwiek maksimum promieniowania przypada w sąsiedztwie normalnej do powierzchni, to jednak około połowy mocy zawiera się w stożku $\pm 30^\circ$ (kąt rozwarcia $\sim 60^\circ$). Wynika stąd nieuchronność strat sprzężenia, spowodowana różnicą wartości stożka akceptacji światłowodu i kąta rozwarcia promieniowania diody.

Natomiast kąty rozwarcia promieniowania laserów półprzewodnikowych są znacznie mniejsze i wynoszą od kilku do kilku dziesięciu stopni. Dlatego skuteczność sprzężenia laserów z włóknem optycznym jest znacznie lepsza.

7.3. Przebieg ćwiczenia

Wiązka laserowa z lasera półprzewodnikowego wprowadzona jest do światłowodu poprzez soczewkę i po wyjściu ze światłowodu pada na powierzchnię detektora z pinholem.



Rys.7.1. Akceptacja przez światłowód promieni światła wchodzących w stożek o kącie wierzchołkowym równym połowie kąta θ_{kr}

1. Mierzmy odległość końcówki światłowodu od detektora.
2. Skanujemy rozkład natężenia światła wychodzącego ze światłowodu detektorem z pinholem
3. Rysujemy wykres $I = f(x)$ gdzie x – współrzędna wzdłuż kierunku skanowania.
4. Dopasowujemy odpowiednią krzywą (przeważnie gaussowską).
5. Korzystając z współczynników dopasowania wyznaczamy I_{\max} , na poziomie 10% I_{\max} odczytujemy średnicę podstawy stożka i obliczamy kąt stożka.
6. Obliczamy kąt akceptacji Θ_a mając dane : współczynnik załamania rdzenia 1,458; średnica rdzenia $2w_a=0,85\text{mm}$; współczynnik załamania płaszczu 1,430. Porównujemy wyniki doświadczalne z teoretycznymi.

$$NA = \sin \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$