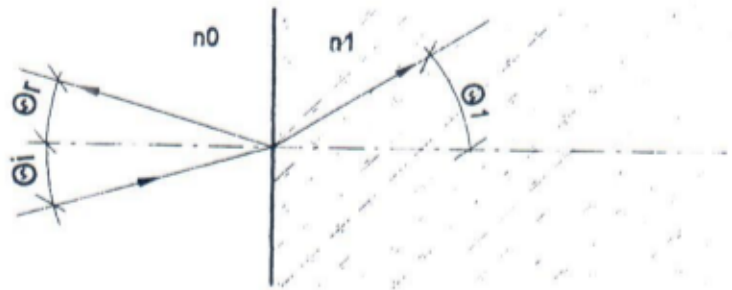


Wstęp

Prawa optyki geometrycznej

W optyce geometrycznej, rozpatrując rozchodzenie się fal świetlnych przyjmuje się pewne założenia upraszczające, dzięki czemu analiza wielu zjawisk jest łatwiejsza i nie wpływa znacząco na uzyskiwane rezultaty.



Rys.1 Załamanie i odbicie promienia świetlnego na granicy dwóch ośrodków o różnych współczynnikach załamania $n_0 < n_1$.

Opis oznaczeń rysunku 1:

- Θ_i kąt padania
- Θ_r kąt odbicia
- Θ_l kąt załamania
- n_0, n_1 współczynniki załamania poszczególnych ośrodków.

Prawa odbicia :

- 1 Promień padający, odbity i normalna do powierzchni granicznej leżą w jednej płaszczyźnie.
- 2 Kąt padania jest równy kątowi odbicia.

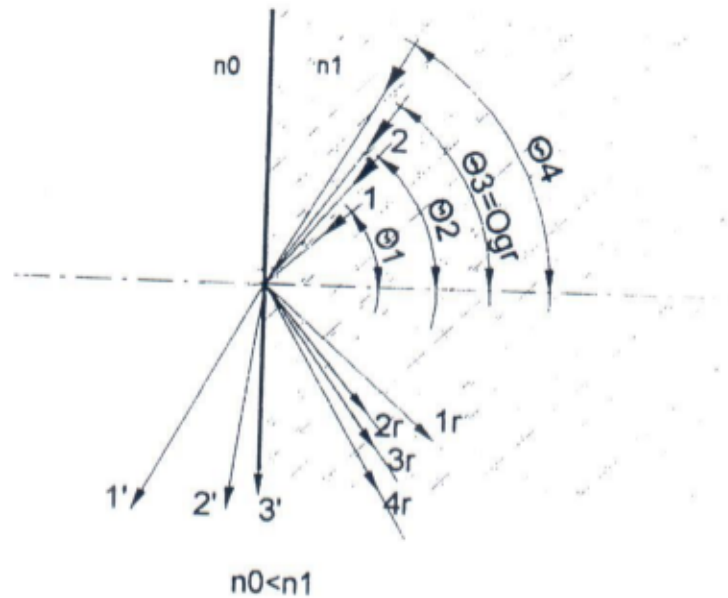
$$\Theta_i = \Theta_r \quad (1.1)$$

Prawa Snella dotyczą załamania promienia świetlnego:

- 1 Promień padający, załamany i normalna do powierzchni granicznej leżą w jednej płaszczyźnie.
- 2 Stosunek sinusa kąta padania do sinusa kąta załamania jest stały i odpowiada stosunkowi współczynników załamania:

$$\frac{\sin \Theta_i}{\sin \Theta_l} = \frac{n_1}{n_0} \quad (1.2)$$

Wiązka światła swobodnie propagująca się w ośrodku dielektrycznym, o określonym współczynniku załamania " n_0 ", przechodząc do drugiego ośrodka o innym współczynniku załamania " n_1 ", zostaje częściowo odbita- przy czym kąt odbicia jest równy kątowi padania, częściowo zaś w nowym ośrodku zostaje załamana, a kąt załamania określa prawo Snella (1.2). Energia jaką niosła ze sobą wiązka zostaje więc rozdzielona pomiędzy wiązkę odbitą i załamaną.



Rys.2 Całkowite wewnętrzne odbicie

Jeśli zaczniemy obserwować wiązkę światła biegnącą w ośrodku o współczynniku załamania n_1 i przechodzącą do ośrodka o mniejszym współczynniku załamania n_0 to zwiększając kąt padania Θ na granicę ośrodków, w pewnym momencie $\Theta_3 = \Theta_{gr}$ zauważymy, że promień załamany ma zgodny kierunek z granicą ośrodków. Wszystkie promienie padające na granicę ośrodków pod kątem większym od kąta granicznego Θ_{gr} (na rysunku 1.2 jest to promień 4) w ogóle nie przejdą do ośrodka n_0 , a cała energia wiązki padającej, bez żadnych strat zostanie w wiązce odbitej.

Zjawisko to nosi nazwę całkowitego wewnętrznego odbicia i jest wykorzystywane w światłowodach umożliwiając prowadzenie światła na bardzo duże odległości.

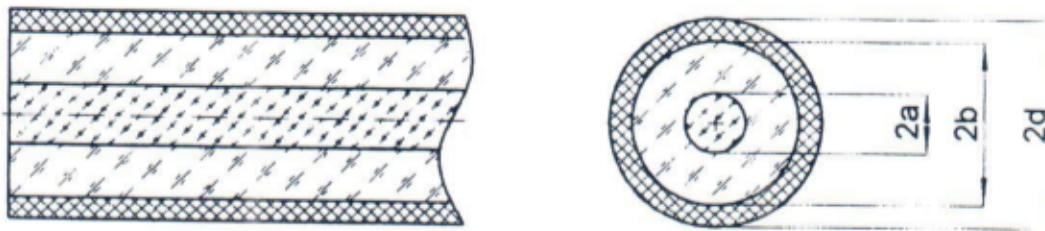
Dla przykładu założmy, że ośrodkiem $n_0 = 1$ jest powietrze, a ośrodkiem $n_1 = 1.48$ szkło kwarcowe. Wówczas dla kąta $(\Theta_3) = 90^\circ$ $\sin(\Theta_3) = 1$ ze wzoru (1.2) otrzymujemy:

$$\frac{\sin \Theta_{gr}}{\sin(90^\circ)} = \frac{1}{1,48}$$

$$\Theta_{gr} = 42,5^\circ$$

Budowa światłowodu

Budowę typowego światłowodu o stałym współczynniku załamania w obrębie rdzenia przedstawia rysunek 3.



Rys. 3 Budowa światłowodu

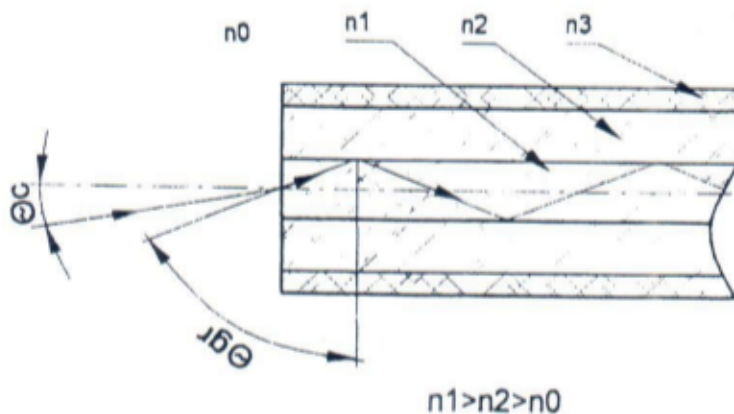
Podstawowe parametry takiego światłowodu to:

- 2a - średnica rdzenia, o współczynniku załamania n_1
- 2b - średnica płaszczka o współczynniku załamania $n_2 < n_1$
- 2d - średnica otuliny

Współczynniki załamania rdzenia i płaszczka różnią się od siebie w nieznacznym stopniu np.: $n_1=1,48$ $n_2=1,46$. Dla takich wartości współczynnika załamania kąt graniczny wyniesie $\Theta_{gr}=80,5^\circ$.

Z powyższego wynika, że aby w światłowodzie mogła propagować się fala wykorzystująca całkowite wewnętrzne odbicie na granicy rdzeń-płaszcz, promienie muszą wpadać pod kątem mniejszym od kąta Θ_c w stosunku do osi światłowodu. W powyższym przykładzie kąt ten wynosi ok. $\Theta_c=(13^\circ)$ i nazywany jest kątem akceptacji światłowodu. Wartość $(2 \Theta_c)$ określa stożek akceptacji światłowodu w obrębie którego znajdują się promienie świetlne przyjmowane przez światłowód.

Należy pamiętać, że podane wartości współczynnika załamania zależne są od długości fali, a więc kąt akceptacji światłowodu zależy również od długości padającej fali. Rysunek 4. przedstawia warunki propagacji światła w światłowodzie.



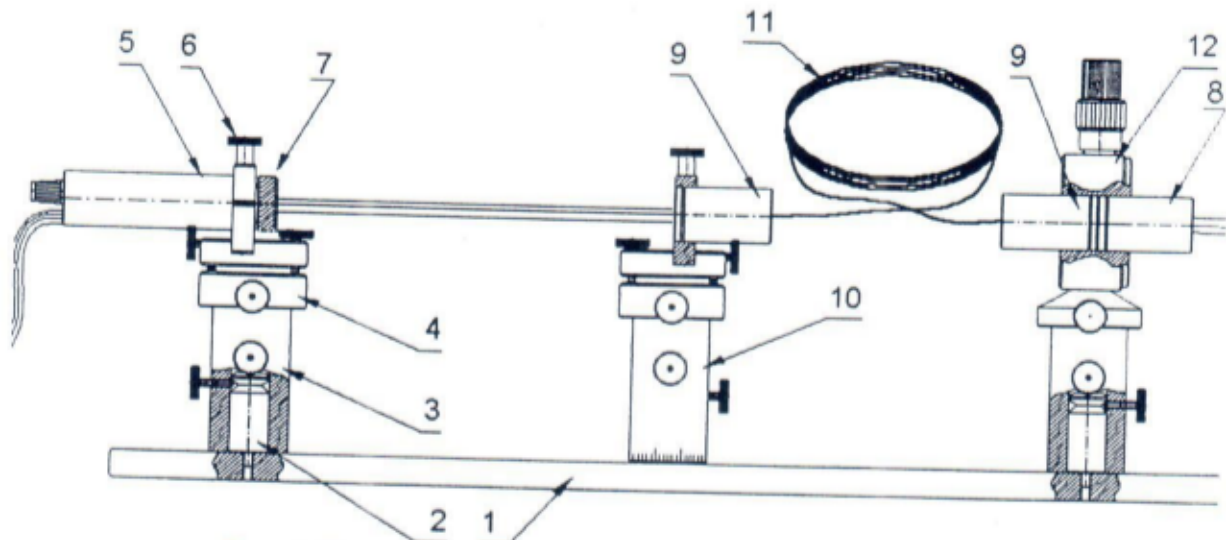
Rys. 4. Kąt akceptacji światłowodu.

W oparciu o kąt akceptacji definiowana jest apertura numeryczna światłowodu:

$$NA = \sin \Theta_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.3)$$

Pomiary

I. Stanowisko do pomiaru apertury numerycznej światłowodu



Rys. 6. Stanowisko do pomiaru kąta akceptacji światłowodu.

L.P.	Typ	il.szt.	Opis
1		1	płyta podstawy
2		3	pręt mocujący
3		2	kolumna zwykła
4		3	pochylony uchwyt elementów płaskich
5		1	moduł lasera
6		3	uchwyt małych elementów okrągłych
7		1	moduł kolimatora
8		1	moduł detektora
9		2	uchwyt światłowodu
10		1	kolumna z podziałką
11		1	światłowód wielodomowy : FT-200-EMT
12		1	pozycjoner XY

II. Przygotowanie stanowiska do pomiarów

UWAGA: Elementy regulacyjne należy zawsze dokręcać delikatnie i z wyczuciem.

- Przygotuj laser: przy pomocy kolimatora (7) wyjustuj go, tak by w odległości kilku metrów, obraz plamki był zbliżony gabarytowo do rozmiarów plamki obserwowanej tuż za laserem.

- Włóż końce światłowodu do uchwytów(9), a te zainstaluj w uchwytach (6)
- Uchwyt światłowodu od strony lasera ustaw tak by jego czoło pokrywało się z płaszczyzną płytki (6)- co zapewni umiejscowienie światłowodu w osi obrotu kolumny
- Przygotuj moduł detektora(8) i połącz go z uchwytem światłowodu za pomocą tulejki pośredniej (12)
- Laser ustaw tak by środek wiązki pokrywał się z czołem światłowodu

III. Przebieg pomiarów

Dokonaj pomiaru sygnału wyjściowego w funkcji kąta padania wiązki laserowej. Zmianę kąta padania uzyskuje się poprzez obrót kolumny z podziałką

- Zmierz sygnał wyjściowy U_0 za pomocą woltomierza dołączonego do modułu detektora dla kąta padania wiązki laserowej na światłowód równego 0 stopni (90° na podziałce)
- Zwiększaj kąt padania wiązki laserowej co 5° , obracając kolumnę ze światłowodem w prawo do momentu zmniejszenia się sygnału wyjściowego do wartości 10% wartości U_0 .
- Wykonaj 10 serii pomiarów obracając kolumnę w prawo i 10 serii pomiarów obracając ją w lewo.

IV. Opracowanie wyników

1. Wykonaj wykres zależności wielkości sygnału wyjściowego w funkcji kąta padania wiązki laserowej na światłowód.
2. Wyznacz kąt akceptacji, przyjmując, iż jest to kąt padania wiązki laserowej, przy którym wielkość sygnału wyjściowego maleje do 20% wielkości początkowej.
3. Na podstawie wartości kąta akceptacji oblicz aperturę światłowodu, korzystając ze wzoru 1.3.