

Lasery i ich zastosowanie

Ćwiczenie nr 10

Komórka akustooptyczna

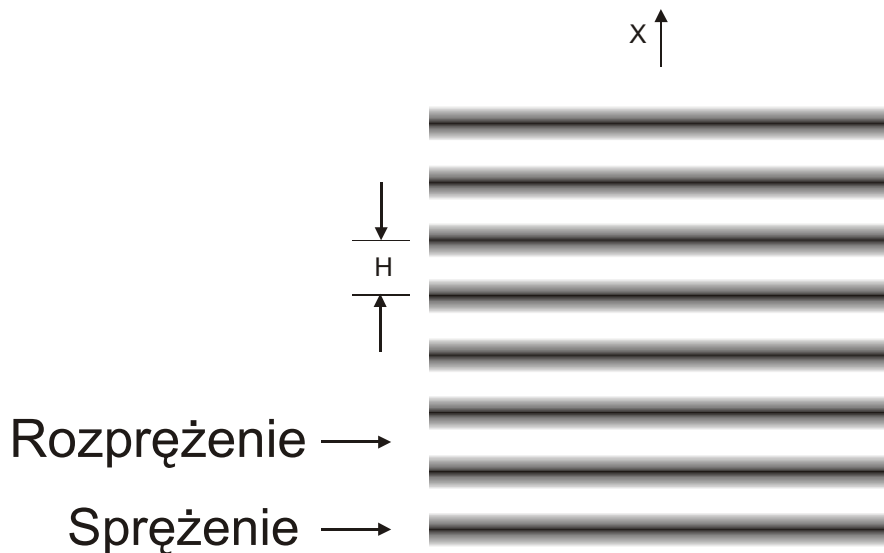
1. Wstęp

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z dyfrakcją światła na fali akustycznej czyli wzajemnym oddziaływaniem na siebie fal akustycznych i świetlnych.

2. Efekt akustooptyczny

Załóżmy, że w pewnym ośrodku optycznym rozchodzi się fala akustyczna. Powoduje ona lokalne i okresowe zmiany gęstości danego ośrodka optycznego. Zjawisko to jest przyczyną lokalnych zmian współczynnika załamania. W rezultacie powstaje przestrzenna siatka dyfrakcyjna, którą można wykorzystać do modulacji światła. Dyfrakcja światła może zachodzić na falach akustycznych objętościowych, poprzecznych i podłużnych zarówno w przypadku fal stojących jak i bieżących, rozchodzących się w materiałach optycznie izotropowych (woda, szkło) bądź anizotropowych (kryształy)

Rozpatrzmy ultradźwiękową falę akustyczną o długości λ i częstotliwości, rozchodząca się w ośrodku optycznym w kierunku x .



Rys.1. Ośrodek z falą akustyczną

Rozkład współczynnika załamania w ośrodku optycznym można przedstawić w następujący sposób:

$$n(x,t) = n_0 + \Delta n \cos \left[2\pi \left(ft - \frac{x}{H} \right) \right]$$

gdzie:

t - czas,

n_0 – współczynnik załamania ośrodka niezaburzonego,

Δn – amplituda zmian współczynnika załamania występujących pod wpływem fal akustycznych.

Powstaje fazowa, sinusoidalna siatka dyfrakcyjna o stałej d równej długości fali ultradźwiękowej H . Siatka ta przesuwa się zgodnie z kierunkiem rozchodzenia się fali akustycznej, z prędkością $V=600000$ cm/s równa prędkości fali w danym ośrodku (tzw. bieżąca siatka dyfrakcyjna) oraz ma skończoną grubość L w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku propagacji fali.

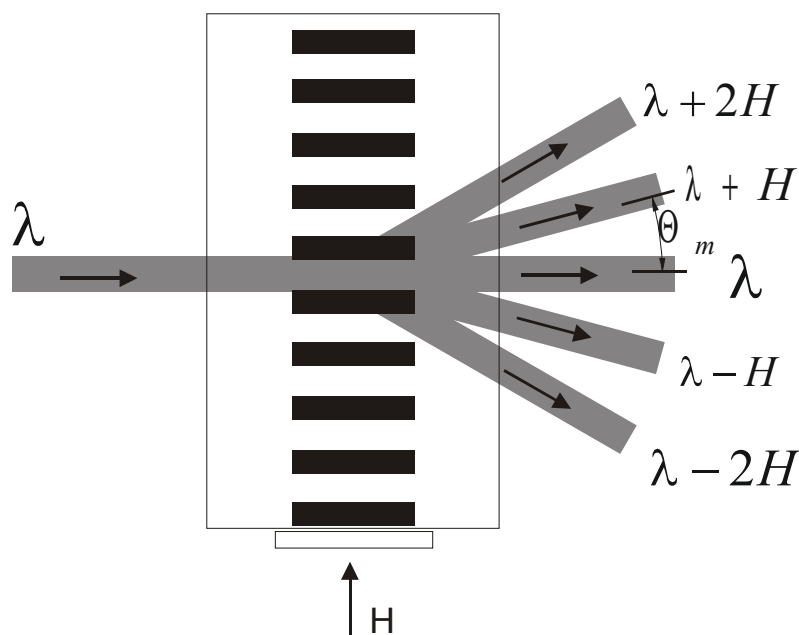
3. Dyfrakcja Ramana-Natha na fali bieżącej

Przyjmując, że na płaską, fazową, akustooptyczną siatkę dyfrakcyjną pada prostopadle fala świetlna o długości λ , wówczas rozkład prążków interferencyjnych można przedstawić zależnością:

$$\sin \theta_m = \frac{m\lambda}{H}, \quad m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

gdzie:

Θ_m – kąt, pod jakim obserwowany jest m -ty prążek dyfrakcyjny.



Rys.2. Dyfrakcja Ramana-Natha na fali akustycznej

W wypadku bieżącej fali akustycznej natężenie światła w m-tym prążku proporcjonalne jest do kwadratu funkcji Bessela m-tego rzędu:

$$I_m = I_0 J_m^2(\Gamma_0), \quad m=0, \pm 1, \pm 2,$$

gdzie:

I_m – natężenie światła w m-tym prążku,

I_0 – natężenie światła w wiązce zerowego rzędu po przejściu przez ośrodek nie zaburzony akustycznie,

J_m – funkcja Bessela pierwszego rodzaju m-tego rzędu argumentu Γ_0 który jest wyrażony wzorem:

$$\Gamma_0 = \frac{2\pi}{\lambda} L \Delta n$$

Δn – amplituda zmian współczynnika załamania światła.

4. Wykonanie ćwiczenia

Pomierzyć odległości pomiędzy prążkami interferencyjnymi rzędu 0 i 1 względem częstotliwości sygnału sterującego (50MHz). Obliczyć prędkość fali akustycznej, rozchodzącej się w modulatorze.