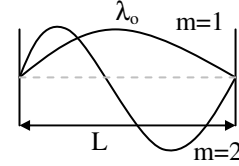


Bölüm 15: Optoelektronik Devre Elemanları-I Alıştırmalar

- 15.1:** Kırılma indisinin dalgaboyuna bağıllığı $\lambda(n)$ gözönüne alındığında, örneğin GaAs'da olduğu gibi, böyle bir malzemeden yapılan lazer ışığının bitişik iki modu arasındaki frekans farkının $dn/d\lambda_0$ değişimine bağıllığının aşağıdaki gibi verilebileceğini gösteriniz. (λ_0 boşluktaki dalgaboyu, L oyuk (cavity) uzunluğu, n kırılma indisi).

$$\Delta\lambda_0 = -\frac{1}{\left(1 - \frac{\lambda_0}{n} \frac{dn}{d\lambda_0}\right)} \left(\frac{\lambda_0^2}{2Ln}\right)$$



Çözüm:

Lazer modu

$$m = \frac{2Ln}{\lambda_0}$$

$$\frac{dm}{d\lambda_0} = -\frac{2Ln}{\lambda_0^2} + \frac{2L}{\lambda_0} \frac{dn}{d\lambda_0}$$

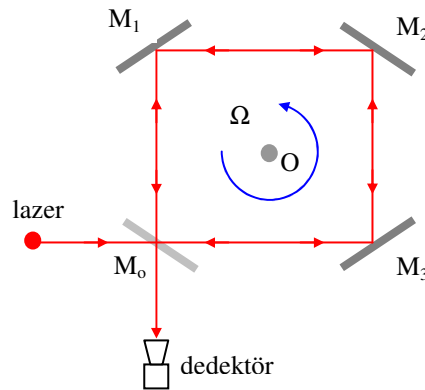
İki mod arasındaki far $dm = -1$

$$\Delta\lambda_0 = -\frac{1}{\left(1 - \frac{\lambda_0}{n} \frac{dn}{d\lambda_0}\right)} \left(\frac{\lambda_0^2}{2Ln}\right)$$

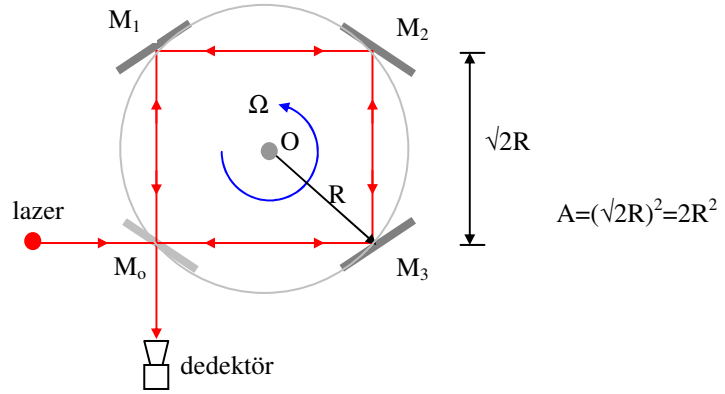
- 15.2:** Aşağıdaki şekilde bir kaynaktan çıkan lazer ışığı, yarı demet bölücü ile ikiye ayrılarak Ω açısal hızı ile saat yönünün tersi yönünde dönen bir platformdaki aynalardan yansıtılarak dedektör üzerine düşürülmektedir. Işığın çevrelediği yüzey alanı A ise saat yönünde ve tersi yönde dönen ışık arasında oluşan yol farkının

$$\Delta l = \frac{4A}{c} \Omega$$

olduğunu gösteriniz.



Çözüm:



Sistem O eksenini etrafında Ω açısal hız ile döndüğünden aynaların açısal hızı $v=R\Omega$ kadar olacaktır. Işığın M_0 aynasından M_1 aynasına (saat yönünde (SY)-açısal hızla ters yönde) gitmesi için geçecek zaman

$$t_{M_0M_1} = \frac{\sqrt{2}R}{c+v/\sqrt{2}} = \frac{2R}{\sqrt{2c+\Omega R}}$$

Benzer şekilde M_0 aynasından M_3 aynasına (saat yönünün tersi yönde (SYT)-açısal hızla aynı yönde) gitmesi için geçecek zaman

$$t_{M_0M_3} = \frac{\sqrt{2}R}{c-v/\sqrt{2}} = \frac{2R}{\sqrt{2c-\Omega R}}$$

M_0 aynasından çıkan, saat yönünde (SY) ve ters yönde (SYT) hareket eden ışığın tekrar M_0 aynasına gelmesi için geçen toplam zamanlar

$$t_{SY} = \frac{8R}{\sqrt{2c+\Omega R}} \quad t_{SYT} = \frac{8R}{\sqrt{2c-\Omega R}}$$

Sistemin açısal hızı ışık hızından çok küçük olduğundan ($c \gg \Omega R$) binom serisine açılabilir

$$t = \frac{8R}{\sqrt{2c \pm \Omega R}} = \frac{8R}{\sqrt{2c} \left(1 \pm \frac{\Omega R}{\sqrt{2c}}\right)} = \frac{8R}{\sqrt{2c}} \left(1 \pm \frac{\Omega R}{\sqrt{2c}}\right)^{-1} = \frac{8R}{\sqrt{2c}} \mp \frac{8R^2}{2c^2}$$

Farklı uzunluklar katetmiş olan ışık demetinin dedektör üzerine geldiğinde aralarındaki geçikme

$$\Delta t = t_{SY} - t_{SYT} = \left(\left(\frac{8R}{\sqrt{2}c} + \frac{8R^2}{2c^2} \right) - \left(\frac{8R}{\sqrt{2}c} - \frac{8R^2}{2c^2} \right) \right) = \frac{8R^2}{c^2} \Omega = \frac{4A}{c^2} \Omega$$

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{c}$$

olduğundan

$$\Delta l = \frac{4A}{c} \Omega$$

elde edilir.

15.3: Oyuk içinde salınımın olması için gerekli koşulun

$$\alpha 2l \geq \delta$$

olduğunu gösteriniz. Burada l oyukun boyu, a soğurma katsayısı, d ise

Çözüm:

Uzunluğu l olan kazançlı bir ortamda ilerleyen ışığı düşünelim

$$I = I_0 e^{\alpha x}$$

Kazanç olabilmesi için bir tur sonunda ışık şiddetinin δ çarpan kadar artmış olması için

$$I - I_0 = I_0 e^{2\alpha l} - I_0 = \delta I_0 \rightarrow I_0 (e^{2\alpha l} - 1) = \delta I_0$$

Buradan $e^{2\alpha l} - 1 \geq \delta$ elde edilir.

15.4: Kalınlığı $d=3 \mu\text{m}$ ve kırılma indisi $n_2=3,4$ olan asimetric bir GaAs dalga kılavuzunda dalgaboyu $\lambda_0=1,15 \mu\text{m}$ olan tek modlu (TE_0) ışığı iletebilmek için GaAs ile dış yüzey arasındaki kırılma indisi farkı $n_2 - n_3$ ne olmalıdır? (10 puan)

Çözüm:

$$\Delta n = n_2 - n_3 \geq \frac{(2m+1)^2 \lambda_0^2}{32n_2 d^2} \quad m=0,1,2,3,$$

$n_2(\text{GaAs})=3,4$ ve TE_0 modu için $m=0$,

$$\Delta n = n_2 - n_3 \geq \frac{\lambda_0^2}{32n_2 d^2} = \frac{(1,15\mu\text{m})^2}{(32).(3,4).(3\mu\text{m})^2} = 1,351 \times 10^{-3}$$

15.5: Dalgaboyu $\lambda=680 \text{ nm}$ olan kırmızı ışık elde edebilmek için aktif bölgesi $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$ bileşik yarıiletkenenden oluşacak bir lazer için Al yüzdesi ne olmalıdır?

Çözüm:

Dalgaboyu $\lambda=680 \text{ nm}$ olan kırmızı ışığın enerjisi

$$E(\text{eV}) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1,2398}{\lambda(\mu\text{m})} = \frac{1,2398}{0,680 \mu\text{m}} = 1,8232\text{eV}$$

Yasak bant enerjisi 1,8232 eV olan AlGaAs bu enerjili fotonları sağlar. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ bileşik yarıiletkenin Al kompozisyonuna göre yasak bant enerjisi

$$E_g(x) = E_g(\text{GaAs}) + (1,429\text{eV})x - (0,14\text{eV})x^2$$

$$1,8232\text{eV} = 1,43\text{eV} + (1,429\text{eV})x - (0,14\text{eV})x^2$$
$$x^2 - (10,2)x + 2,79 = 0$$

Çözümler $\Rightarrow x_1=0,28$, $x_2=9,92$ ($x_2 > 1$ olduğu için çözüm fiziksel değildir!)

$$x_1=0,28 \Rightarrow \text{Al}_{0,28}\text{Ga}_{0,72}\text{As}$$