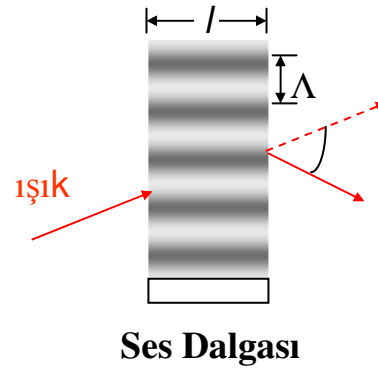


10. Ders

Akusto- ve Magneto-Optik Etkiler



Bu bölümü bitirdiğinizde,

- Akusto-optik etki,
- Akusto-optik modülatörler,
- Magne-optik etki,
- Faraday dönmesi,
- Optik yalıtıcılar

konularında bilgi sahibi olacaksınız.

Onuncu Ders: İçerik

- Akusto-Optik Etki
- Akusto-Optik Modülatörler
 - Raman-Nath Tipi Modülatör
 - Bragg Tipi Modülatör
- Magneto-Optik Etki
- Faraday Dönmesi
- Optik Yalıtıcılar

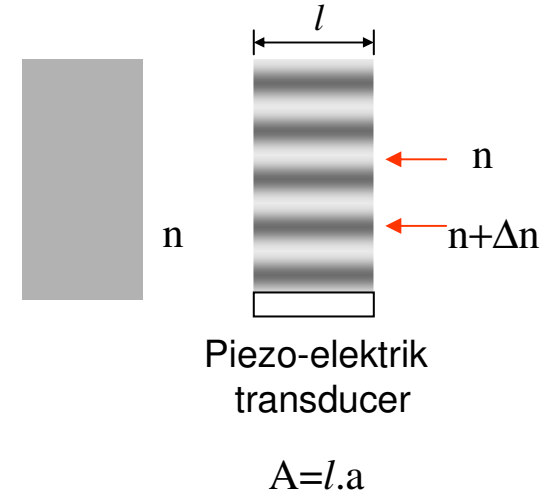
Akusto-Optik Etki

- Bir ortamın kırılma indisinin akustik (ses) dalgası ile değiştirilmesine *Akusto-Optik Etki* denir.
- Kırılma indisi n olan bir ortamdan geçen ses dalgası ortamda mekanik zorlama (gerilme) oluşturur.
- Bu gerilme sonucu ortamın kırılma indisini de Δn kadar değiştirir. Bu değişmeyi ses dalgasının şiddeti ve diğer nicelikler cinsinden veren formül:

$$\Delta n = \sqrt{\frac{n^6 p^2 10^7 P_a}{2\rho v_a^2 A}}$$

Burada

n , gerilmenin olmadığı durumdaki kırılma indisi,
 p maddenin fotoelastik tensör elemanı,
 P_a watt olarak toplam akustik güç,
 ρ kütle yoğunluğu,
 v_a ise ses hızı,
 A dalganın geçtiği bölge için tesir kesit alanı



Ortamın özelliğini karakterize eden parametre: $M_2 \equiv \frac{n_o^6 p^2}{\rho v_a^3}$

$$\Delta n = \sqrt{\frac{M_2 10^7 P_a}{2A}} \quad \Rightarrow \quad \Delta n \propto \sqrt{P_a}$$

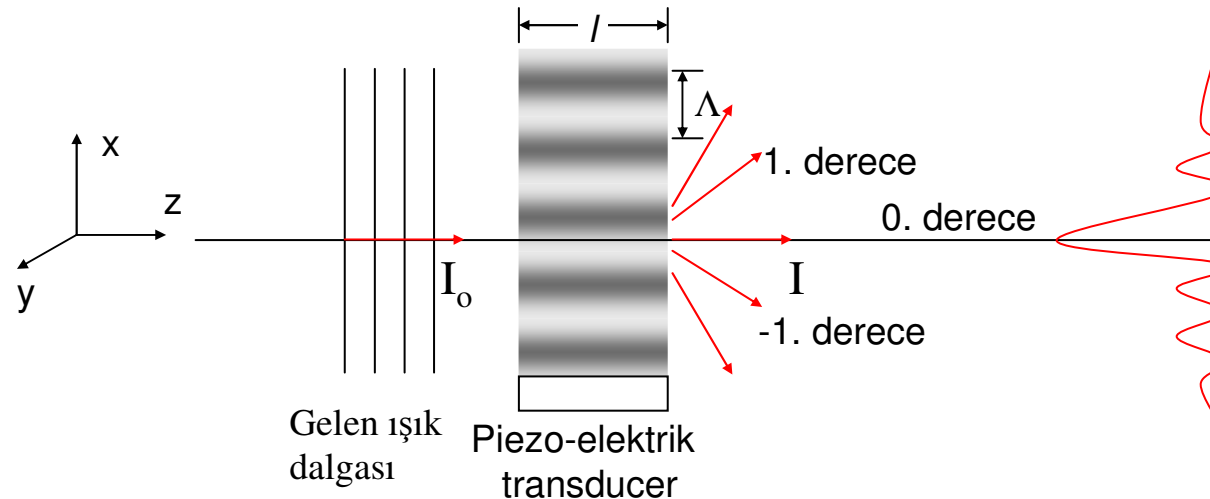
Akusto-Optik Modölatör-1

Ortamın kırılma indisini ses dalgaları ile değiştirerek yapılan iki tür akusto-optik modölatör vardır. Bunlar:

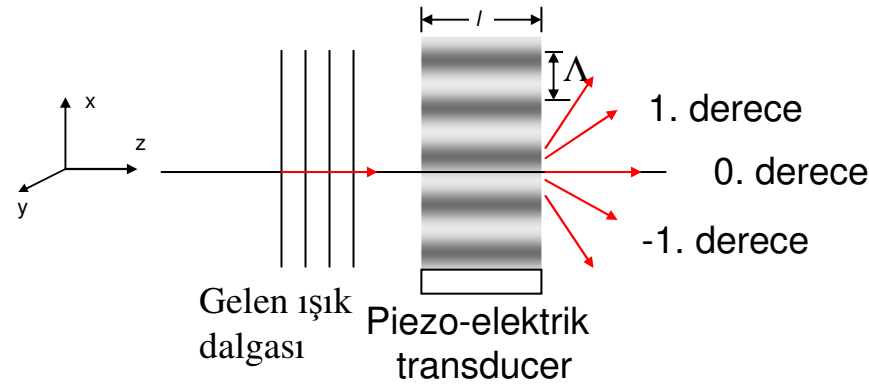
- Raman-Nath tipi modölatör (ışık yüzeye paralel)
- Bragg Tipi akusto-optik modölatör (ışık yüzeye özel açıda geliyorsa)

Raman-Nath Türü Akusto-Optik Modülatörler-1

- Bu tür modülatörlerde ışık, ses dalga vektörüne dik konumda gönderilir.
- Ses dalgasından dolayı kırılma indisi Λ periyodu ile değiştirilmiş olan l uzunluğundaki maddeden geçen ışık, kırınımına uğrayarak değişik açılarda (gelen ışık doğrultusundan) sapar.
- Ortamdan etkilenecek geçen ışığın şiddeti (I), akustik dalganın oluşturduğu indis farkı ile orantılıdır.
- İndis farkı, akustik modüle edici dalganın genliği ile ilişkilidir.
- Akustik dalganın yokluğunda ortamdan geçen ışık şiddeti (I_0), akustik dalganın genlik değişimleri ile orantılı olarak değişir (modüle olur).



Raman-Nath Türü Akusto-Optik Modülatörler-2



$$\Delta\varphi = \frac{\Delta n 2\pi l}{\lambda_o} \sin\left(\frac{2\pi x}{\Lambda}\right) \quad \Delta n = \sqrt{\frac{n^6 p^2 10^7 P_a}{2\rho v_a^2 A}}$$

Burada

Δn , ses dalgalarından dolayı kırılma indisindeki değişim,

l etkileşme uzunluğu,

Λ , ses dalgasının dalgaboyu,

x ise ışığın geliş ekseninden olan uzaklıktır.

Ses dalgaları ile indisi Δn kadar değiştirilmiş bölgeden geçen ışığın geliş ekseninden x kadar uzak noktalarda ışık dalgasının maruz kalacağı faz kayması:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{M_2 10^7 P_a l}{2a}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\Lambda}\right) \quad M_2 \equiv \frac{n^6 p^2}{\rho v_a^3}$$

Raman-Nath Türü Akusto-Optik Modülatörler-3

Birden çok kırınımın olmasını önlemek için etkileşme uzunluğunun (l) küçük olması gerekir.

$$l \ll \frac{\Lambda^2}{\lambda}$$

Burada

Λ , ses dalgasının dalgaboyu,

λ ise ışığın madde içindeki dalgaboyu

Kırınım şartı

$$m\lambda_o = \Lambda \sin(\theta_m)$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{M_2 10^7 P_a l}{2a}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\Lambda}\right)$$

Işık şiddetinin oranı

$$\frac{I}{I_o} = \begin{cases} \frac{[J_m(\Delta\varphi')]^2}{2}, & |m| > 0 \\ [J_o(\Delta\varphi')]^2, & m = 0 \end{cases}$$

Burada

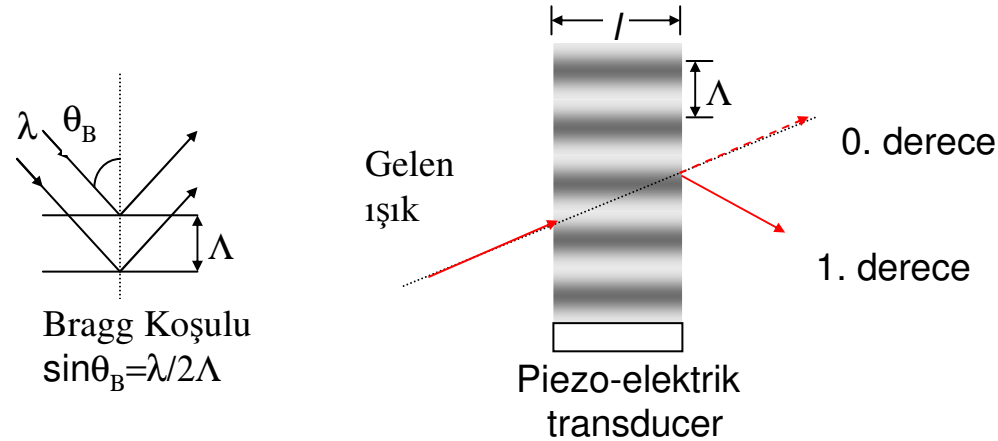
$$\Delta\varphi' = \frac{2\pi / \Delta n}{\lambda_o} \sqrt{\frac{M_2 10^7 P_a l}{2a}}$$

Modülasyon derinliği

$$\eta_{RN} = \frac{[I_o - I(m=0)]}{I_o} = 1 - [J_o(\Delta\varphi')]^2$$

Bragg Türü Akusto-Optik Modülatörler-1

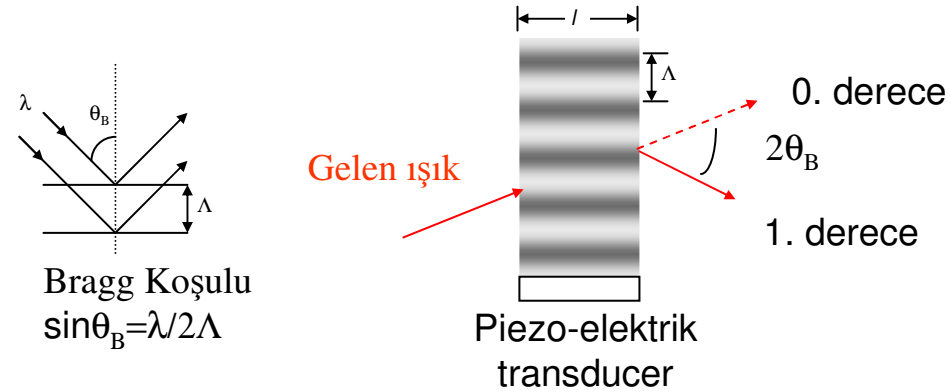
- Bragg türü akusto-optik modülatörlerde ışık modülatöre dik değil de belli bir açı ile gelir.
- Ses dalgaları ile kırılma indisi modüle olmuş olan ortam periyodu ses dalgalarının periyodu λ olan periyodik düzlemler olarak algılanabilir.
- Bu ortama giren ışık aynen kristale giren x-ışınları gibi Bragg koşulunu sağlayan durumda yapıcı girişim ile 1. dereceden yansımayı oluşturur.
- Diğer durumlarda ışık yansımadan geliş doğrultusunda kristalden çıkar.



Bragg Türü modülatörde, ışığın madde ile ses dalgaları ile etkileşip kırınımına uğraması için etkileşme uzunluğunun büyük olması gerekir:

$$l \gg \Lambda^2 / \lambda$$

Bragg Türü Akusto-Optik Modülatörler-2



Geliş açısı Bragg açısına eşit olmalıdır.

$$\lambda = 2\Lambda \sin(\theta_B)$$

Bragg tipi akusto-optik modülatörde kırınıma uğrayan ışığın (I) kırınıma uğramadan geçen ışığın (I_o) şiddetine oranı:

$$\frac{I_o - I}{I_o} = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) \quad \text{şeklindedir}$$

$$\text{Modülasyon derinliği: } \eta_B = \frac{(I_o - I)}{I_o} = \sin^2\left[\left(\frac{\pi}{\lambda_o}\right)\sqrt{\frac{10^7 M_2 P_a}{2a}}\right]$$

Magneto-Optik Etki

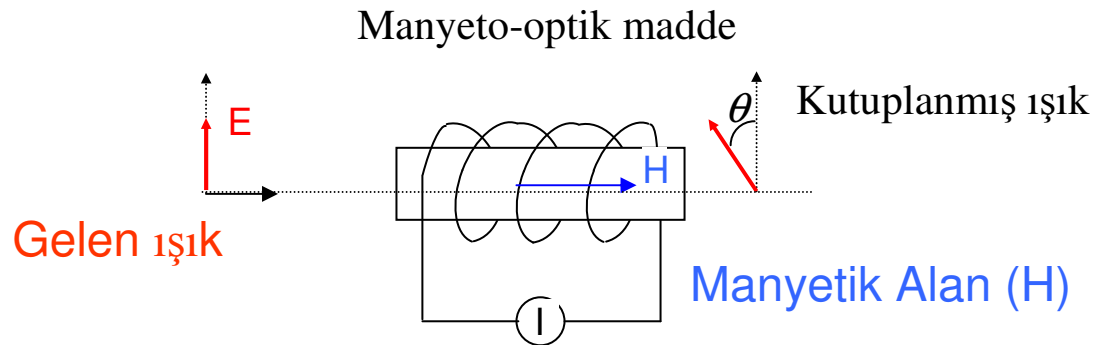
Katılarda Faraday Dönmesi

Bir izotropik dielektrik madde manyetik alana yerleştirildiğinde doğrusal kutuplanmış ışık alan doğrultusunda gönderildiğinde ışığın kutuplanma doğrultusunun değiştiği gözlenir.

Manyetik alan dielektrik malzemeyi optik olarak aktif duruma getirir. Kutuplanma doğrultusunun dönme açısı, manyetik alan (H) ve ışığın malzemede katettiği yol (l) ile doğrusal orantılıdır.

$$\theta = VHl$$

Burada V orantı sabitidir. Bu sabite **Verdet sabiti** denir.



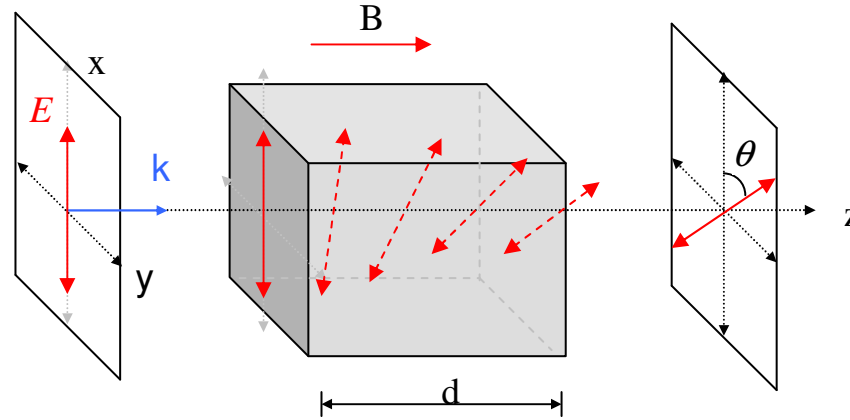
Verdet Sabiti

Bazı maddelerin Verdet sabitleri (Verdet sabiti kullanılan ışığın frekansına ve sıcaklığa bağlıdır)

<i>Madde</i>	<i>$V(\theta(\text{dakika})\text{Oe}^{-1}\text{cm}^{-1})$</i>
Elmas	0.012
NaCl	0.036
Cam	0.015-0.050
Su	0.0131
Hava	6.27×10^{-6}
TGG (terbium gallium garnet)	-134 rad/T-1/m (632.8 nm) -40 rad/T-1/m (1064 nm)

Faraday Dönmesi

- Faraday etkisi, elektro-optik etkiden veya doğal çiftkırıcı malzemelerde oluşan ışığın kutuplanma doğrultusunu değiştiren döndürme olayından oldukça farklıdır.
- Elektro-optik etki ile sadece 90°'lik dönme yapılabilmesine rağmen Faraday etkisi ile uygulanan manyetik alana bağlı olarak kutuplanmanın özelliği değiştirilmeden kutuplanma doğrultusu istenilen açıda döndürülebilir.



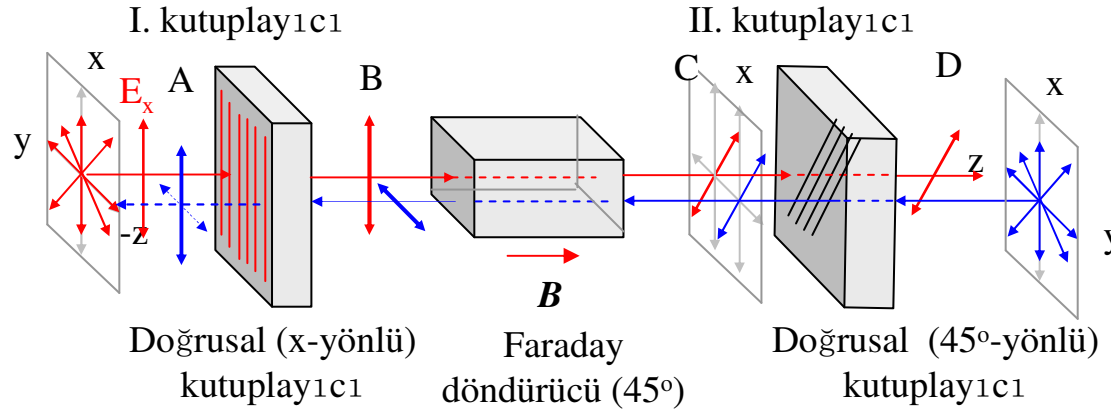
- Verdet sabitinin işareti, eğer Faraday etkisi, ışığın yayılma doğrultusu uygulanan dış manyetik alana paralel ise *L-dönmesi* (saat yönünün tersi yönünde), antiparalel ise *R-dönmesi* (saat yönünde) gösteren malzemeler için pozitif olarak kabul edilir. Buna göre eğer ışık diğer uçtan yansyarak geri dönerse dönme miktarı iki katına çıkar.

Optik Yalıtıcılar-1

Faraday dönmesinin en pratik uygulaması ışığın sadece tek yönlü geçişini olanaklı kılan ışık yalıtıcılarıdır. Işık yalıtıcıları elektronikteki diyot gibi davranarak, ışığı sadece bir doğrultuda geçirip diğer doğrultuda geçirmez.

Bazı optoelektronik uygulamalarda optik yalıtıma ihtiyaç duyulur. Örneğin lazerlerde, çok güçlü geri besleme lazere zarar verebileceği için ışığın lazere geri dönmesini önlemek için optik yalıtıma ihtiyaç duyulur.

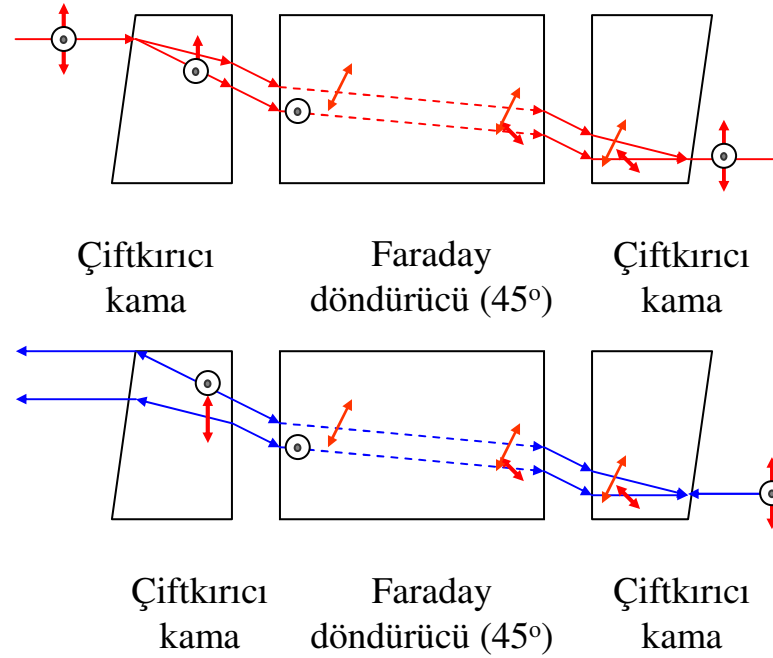
Optik yalıtıcıda birbirine göre 45° 'lik açı ile konumlanmış iki doğrusal kutuplayıcı arasına yerleştirilen ve uygulanan manyetik alanla içinden geçen ışığın kutuplanma doğrultusunu 45° döndürebilen yüksek Verdet sabitine sahip Faraday döndürücüsünden oluşmaktadır.



Bu düzenek, $+z$ yönünde ilerleyen ışığı (kırmızı) geçirmesine rağmen $-z$ yönünde ilerleyen ışığı (mavi) geçirmez. Faraday döndürücüsünün içinden geçen ışığın kutuplanma doğrultusu yayılma doğrultusundan bağımsız olarak hep aynı yönde döndürüldüğü için ışık I. kutuplayıcıya geldiğinde kutuplayıcının geçiş eksenine 90° lik açı yaptığı için A noktasına hiç ışık geçmez.

Optik Yalıtıcılar-2

Optik yalıtım, Faraday döndürücüsünün ön ve arkasındaki kutuplayıcıların yerine çiftkırıcı özellik gösteren malzemeler uygun şekilde kesilerek de yapılabilir.



Bu düzenekte de ışığın kutuplanma doğrultusundan bağımsız olarak da optik yalıtım yapılabilir.

Özet

Ses dalgası ve manyetik alan ile maddelerin kırılma indisleri değiştirilebilir. Bu, ortamdan geçen ışığın özelliklerini dış bir etki ile değiştirmemize, ışığı modüle etmemize ve bazı faydalı optoelektronik devre elemanları yapmamıza olanak sağlar.

Manyetik alan ile dielektrik malzemeler optik olarak aktif hale getirilerek içinden geçen ışığın kutuplanma doğrultusu manyetik alan ile orantılı olarak döndürülebilir. Bu etki sayesinde optik yalıtıcılar yapmak mümkündür.

UADMK - Açık Lisans Bilgisi

Bu ders malzemesi öğrenme ve öğretme yapanlar tarafından açık lisans kapsamında ücretsiz olarak kullanılabilir. Açık lisans bilgisi bölümü yani bu bölümdeki, bilgilerde değiştirme ve silme yapılmadan kullanım ve geliştirme gerçekleştirilmelidir. İçerikte geliştirme değiştirme yapıldığı takdirde katkılar bölümüne sadece ekleme yapılabilir. Açık lisans kapsamındaki malzemeler doğrudan ya da türevleri kullanılarak gelir getirici faaliyetlerde bulunulamaz. Belirtilen kapsam dışındaki kullanım açık lisans tanımına aykırı olduğundan kullanım yasadışı olarak kabul edilir, ilgili açık lisans sahiplerinin ve kamunun tazminat hakkı doğması söz konusudur.