

# Yarıiletken Fizik Uygulamalar - 3 -

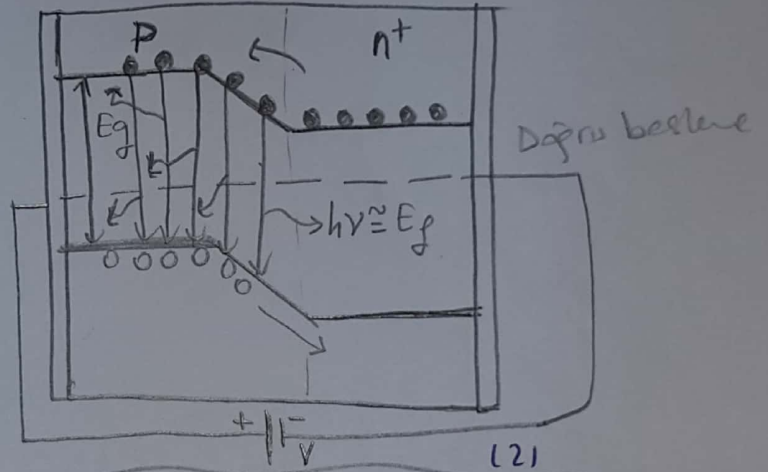
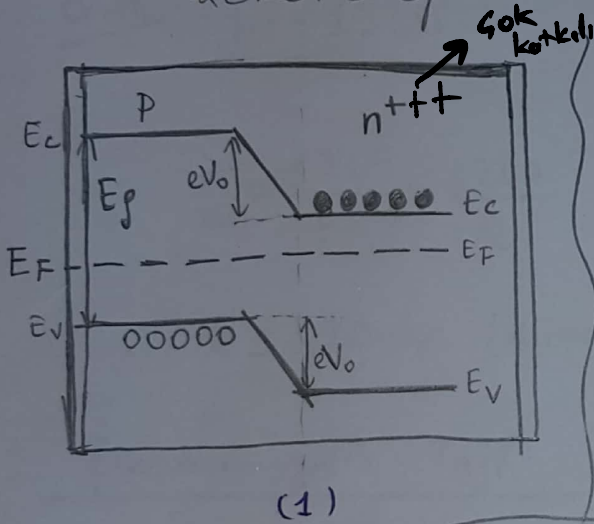
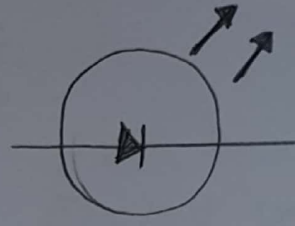
1

## LED ~ OLED

LED  $\Rightarrow$  Light Emitting Diode  $\Rightarrow$  Işık Saaan Diyotlar

- 1907  $\rightarrow$  Elektrolüminesans  $\rightarrow$  Henry J. Round.
- Bilinen ilk LED, 1920'lerde Rus, Oleg Vladimirovich Losev tarafından yapıldı. (SiC).  $\Rightarrow$  metal- $\frac{1}{2}$
- İlk kullanılır LED 1962  $\Rightarrow$  General Elektrik, Nick Holonyak. (Kırmızı).
- LED'in temel yapısı p-n kavşaktır. Ve yüksek n ve p katkılı yarıiletkenler kullanılır.  
(İlk LED metal- $\frac{1}{2}$  idi.)

Sematik Gösterimi  $\Rightarrow$



$p n^+ \Rightarrow$  yüksek n-katkılı kavşak.

• İlk şekilde yüksek katkılı n-tipi yarıiletkenle p-tipi yarıiletken kullanılarak bir  $p n^+$  kavşak oluşturulmuştur. Kavşakta  $e V_0$ 'lık bir bariyer yüksekliği mevcuttur.

• 2. şekilde kavşağa dışarıdan bir  $V$  potansiyeli uygulanmıştır. Bu durumda  $n^+$  kısmından  $\Rightarrow$  p kısmına  $e^-$  geçişleri gerçekleşmiştir. p-tipinden  $\Rightarrow$   $n^+$  kısma da bir hareket vardır ama daha azdır.

• P-kısma geçen  $e^-$  lar boşluklarla birleşerek foton saçarlar.  
Buna elektrolüminesans denir. (Rekombinasyon).

\* Rekombinasyon: { Direk Geçiş  
Indirek geçişle } olabilir.

fosforesans → kademeli geçiş

• Yayımlanan fotonun rengi yarıiletkenin  $E_g$  yasak enerji aralığı ile ilgilidir.  $h\nu \Rightarrow$  fotonun enerjisi.

$$hf = h\nu = E_g, \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$h \frac{c}{\lambda} = E_g \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_g}$$

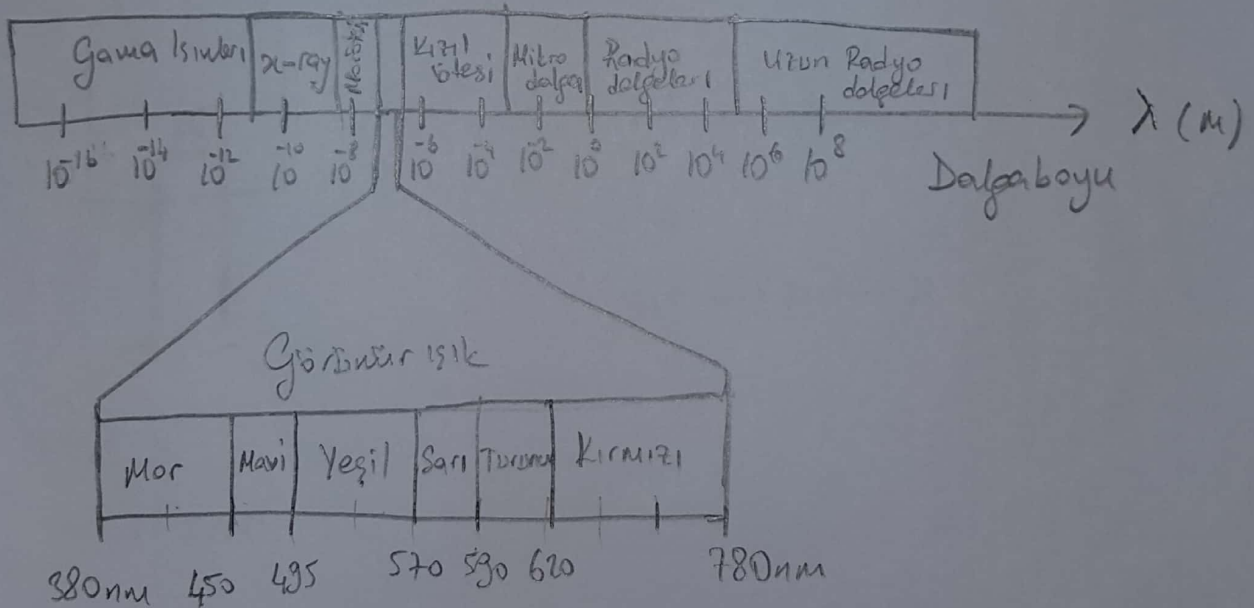
Örneği:  $hc = 1240 \cdot 10^{-9} \text{ eV} \cdot \text{m}$ ,  $E_g = 2 \text{ eV}$  ise  
 $\lambda = ??$

$$\lambda = \frac{1240}{E_g} = \frac{1240}{2}$$

$$E_g = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = 620 \text{ nm (Kırmızı)}$$

Elektromanyetik Tayf:



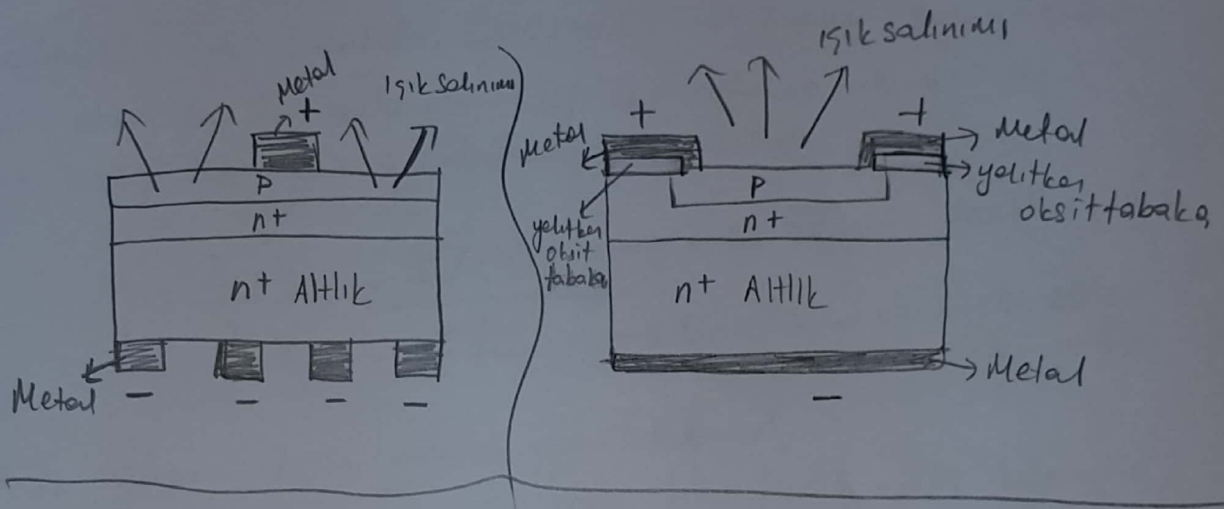
3

- Görünür ışık renk tayfını yakalayabilmek için yasadaki enerji aralıkları farklı yarıiletken malzemeler kullanılır.

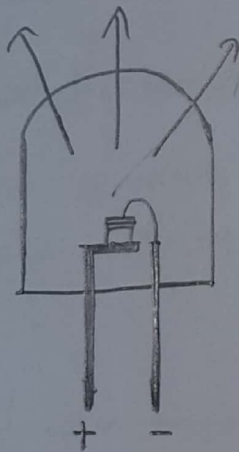
Örneği:  $Ge \Rightarrow E_g = 0,7 \text{ eV}$  ,  $Si \Rightarrow E_g = 1,1 \text{ eV}$

$GaAs \Rightarrow E_g = 1,4 \text{ eV}$  ,  $GaAsP \Rightarrow E_g = 2 \text{ eV}$

$GaInN \Rightarrow E_g = 2,9 \text{ eV}$  ----- gibi



LED üretiminde çeşitli üretim tipleri olabilir.



LED'in

ticari şekli

Şirketler ticari amaçlarına göre farklı tip üretimler gerçekleştirebilir.

$n^+ \rightarrow n^+ \rightarrow p$

$n^+ \rightarrow p \rightarrow p$

\* LED'de iki temel büyüklük önemlidir:

- 1 - Verimlilik
- 2 - Rekombinasyon süresi.

### 1. Verimlilik: (Efficiency):

Elektirik enerjisinin  $\Rightarrow$  optik enerjiye çevrilmesindeki verimlilik çok önemlidir. Günümüzün en önemli sorunlarından biri enerjidir. Bu anlamda LED'ler oldukça verimli ve az enerji harcayan aydınlatma sistemlerinden biridir.

$$\eta = \frac{P_{\text{optik}}}{I \cdot V} = \frac{P / (h\nu)}{I / e} \rightarrow \text{Birim zamanda saçılan foton.}$$

$\rightarrow$  Birim zamanda enjekte edilen  $e^-$  sayısı.

• Bu durum direkt geişli yarıiletkenleri, LED üretiminde ve verimliliğinde daha tercih edilir kılmuştur.

### 2. Rekombinasyon süresi:

$$I = eA \left( \sqrt{\frac{\Delta p}{\tau_p}} p_{n0} + \sqrt{\frac{\Delta n}{\tau_n}} n_{p0} \right) (e^{eV/kT} - 1)$$

Verimlilik hesabi incelemesinde;

Birim zamanda enjekte edilen  $e^-$  sayısı, ve saçılan foton sayısı önemli olupuna göre rekombinasyon süresi oldukça önemlidir.

$$\frac{1}{\tau} = \frac{p_0 + n_0 + \Delta n}{(N_A \tau_p \sigma_p)^{-1} (n_0 + n_1 + \Delta n) + (N_D \tau_n \sigma_n)^{-1} (p_0 + p_1 + \Delta p)}$$

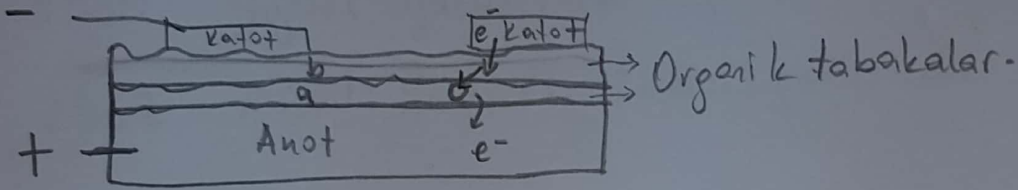


# OLED

5

OLED => Organic Light Emitting Diode

- 400 - 500 nm aralığında üretilebilen OLED'ler, insan sağından daha incedir.
- Özellikle kıvrılabilir karekteri (flexible), OLED'leri gerekli kılan bir unsurdur.



- Dışarıdan bir potansiyel fark uygulandığında;
  - 1 - a katmanından anoda geçen e- lar arkalarında boşluk bırakırlar.
  - 2 - b katmanı dışarıdan e- la besler.
  - 3 - b katmanındaki e- lar => a katmanındaki boşlukla birleşerek (bir tür recombination) ışık saçarlar.

LED	OLED
Nokta kaynaklı	yüzey kaynaklı
—	daha ince, hafif, esnek
Renk ayarı kolay	renk ayarı zor
Süden etkileşimi az	Süden hızlı zarar görür.

\* Aydınlatma, TV ve cep telefonu teknolojilerinin vazgeçilmez teknolojilerindendir.

# LASER

Light Amplification by Stimulated Emission by Radiation

1917 Einstein zorlamalı emisyonu teorik olarak açıkladı.

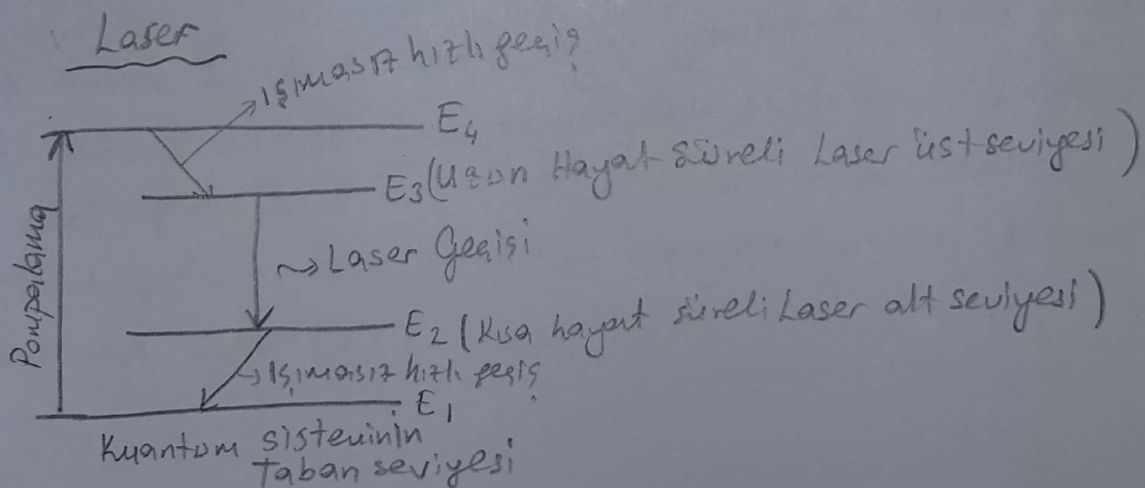
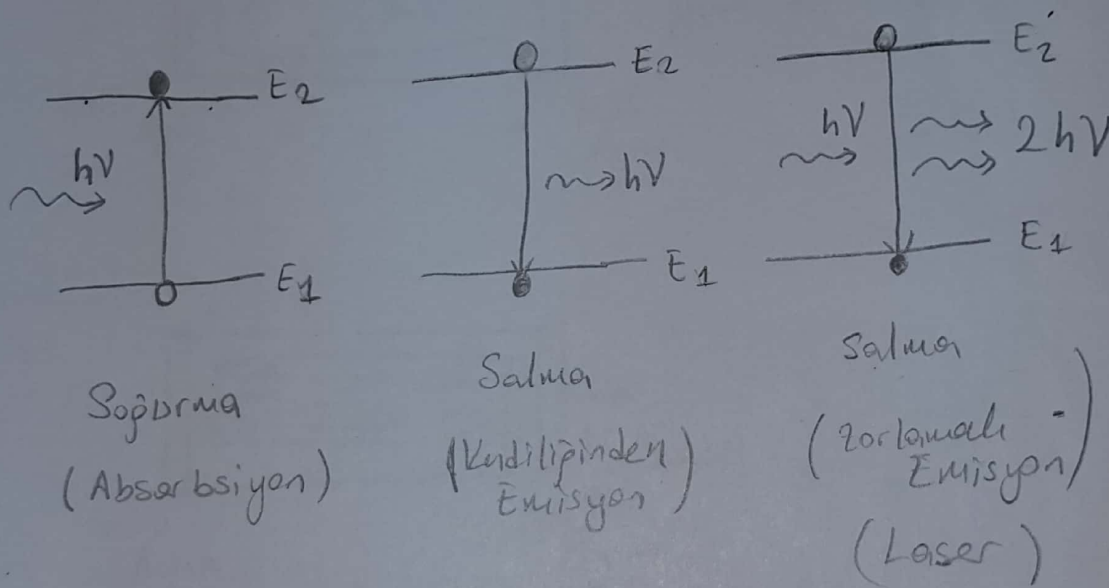
1951 Maser icad edildi. (C.H. Maser).

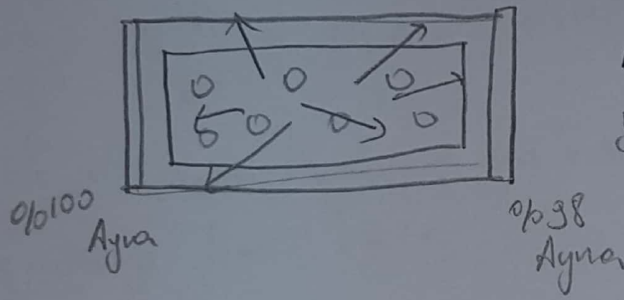
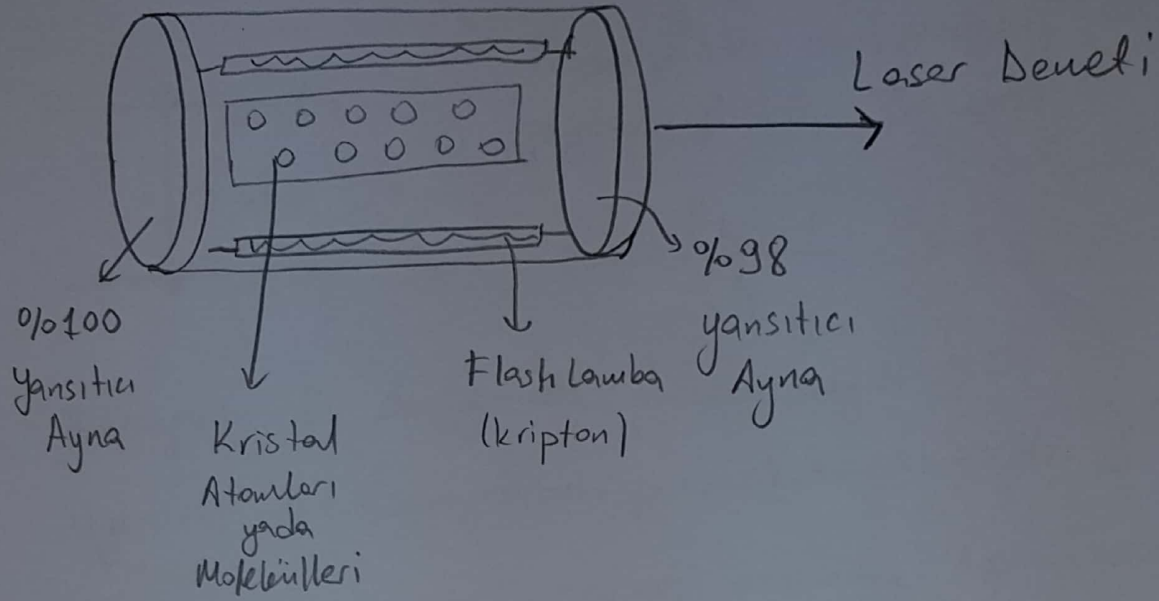
Laser ile aynı prensipte çalışır. Ancak mikrodalga bölgesinde.

1958 Townes ve Schawlow, Maser'in optik frekanslara uygulanabileceğini önerdi.

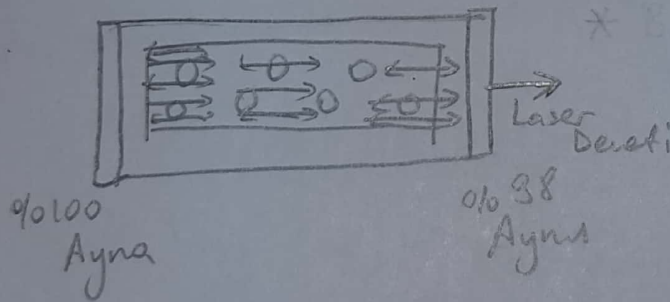
1960 Hughes Yakut Laser'i geliştirdi.

1962 R Hall Yarıiletken Laser'i geliştirdi.



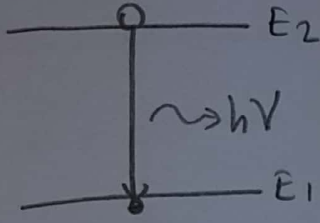


\* Flash Lambalar ısı verdiklerinde başlangıçta, kristal atomları her yöne doğru karışık foton yayınlıyor.



\* Ancak bir süre sonra ayna yönündeki ışınlar yansımalarla birlikte birbirlerini kuvvetlendirirler. Birbirlerine paralel hale gelirler. ve birbirini kuvvetlendiren aynı yönlü ışınlar aynı yansıtıcı olmayan aynanın bir kısmından dışarıya salınırlar.

## Kendiliğinden Emisyon:



Kendiliğinden emisyonundaki,  
yayılan fotonun frekansı:

$$\nu_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h} \text{ 'dır.}$$

Başlangıçta  $E_1$  seviyesindeki parçacık sayısı  $\Rightarrow N_1$   
 Uyarılmış  $E_2$  seviyesindeki parçacık sayısı  $\Rightarrow N_2$  } olsun.

Parçacıkların iki enerji seviyesi arasındaki toplam oranı;

$$\frac{dN_2}{dt} = -N_2 A_{21} \text{ biçiminde verilir.}$$

"-" işareti uyarılmış enerji seviyesinin popülasyonundaki azalmayı temsil eder.

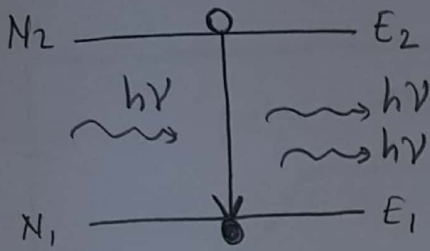
$\Delta t$  küçük zaman aralığında 2. seviyeden  $\rightarrow$  1. seviyeye geçiş olasılığı,

$A_{21} \Rightarrow$  Einstein katsayısı ile ifade edilir.



## Uyarılmış Emisyon:

(9)



Uyarılmış emisyon;

Dış radyasyon alanının yoğunluğuna bağlıdır.

$\rho(\nu) \rightarrow \text{J m}^{-3} \text{ Hz}^{-1}$  ile ifade edilir.

Uyarılmış Emisyon oranı;

$$\frac{dN_2}{dt}(\nu) d\nu = N_2 B_{21}(\nu) \rho(\nu) d\nu \quad \text{s}^{-1} \text{ m}^{-3} \text{ dır.}$$

$B_{21}(\nu) \Rightarrow E_1$  ve  $E_2$  seviyeleri arasındaki geçiş olasılığı, ile orantılı bir katsayıdır.

$N_2 \Rightarrow$  üst seviyedeki hacim başına düşen parçacık sayısıdır.

$B_{21}(\nu) = B_{21} g(\nu_0, \nu)$  gibi bir fonksiyonla ifade edilir.

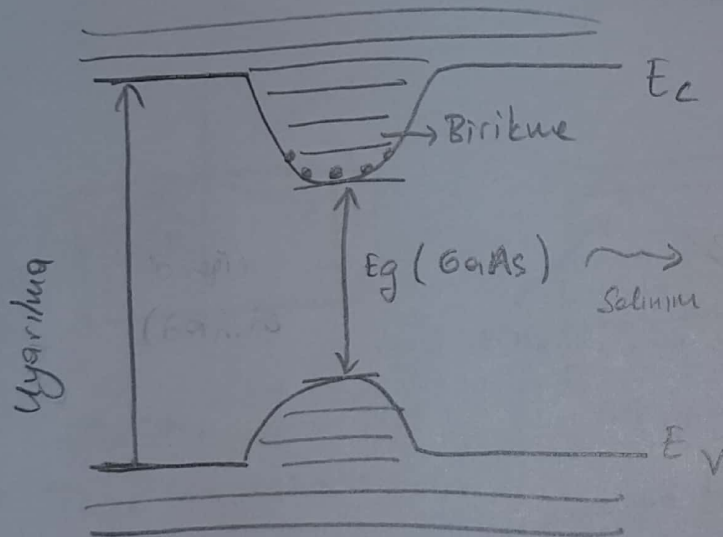
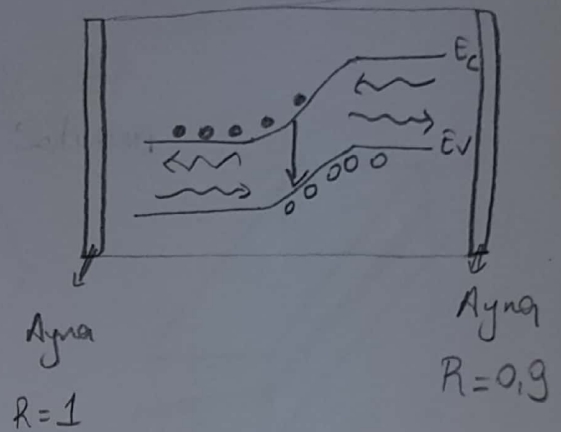
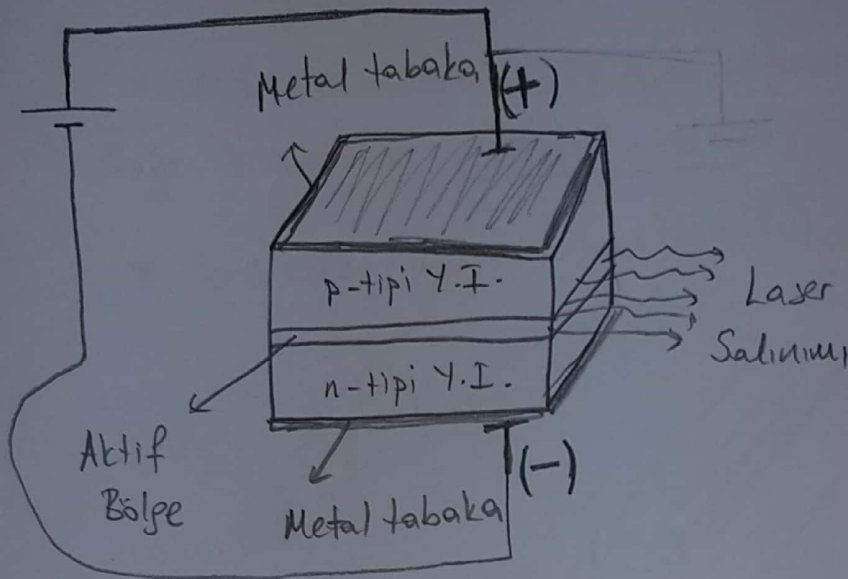
Bu durumda;

$$\frac{dN_2}{dt} = -N_2 \int_{-\infty}^{\infty} B_{21}(\nu) \rho(\nu) d\nu$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -N_2 B_{21} \int_{-\infty}^{\infty} g(\nu_0, \nu) \rho(\nu) d\nu$$

ile ifade edilebilir.

# Yarıiletken Laserler:



\* Küçük boyutludur. (0,1x0,1x0,3mm)

\* Yüksek verimlidir.

\* Uygulanan akımla laser çıkışı kontrol edilebilir.

\* Fiber optik iletişiminde yaygın biçimde kullanılır.

\* GaAlAs/GaAs Tabanlı yarıiletkenler: Direk geçirli kolay üretilebilir.

\* InGaAsP/InP " " : Indiyum içeriği değiştirilerek  $\lambda = 1,3 - 1,55 \mu m$  ayarlanabilir.

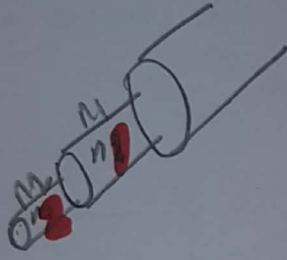
\* GaAs<sub>(1-x)</sub>P yarıiletkenler: Bant aralığı n ile dopajla değişir.

## Optik Dalga Kılavuzu:

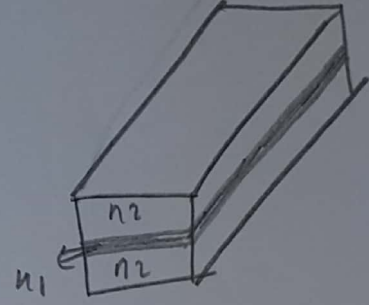
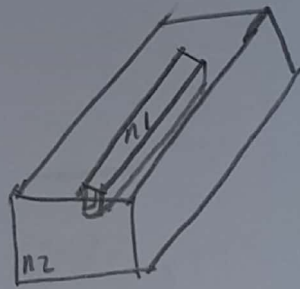
\* Dalga kılavuzlarının fonksiyonu ışığın öteleliğini bozmadan en az kayıpla bir noktadan başka bir noktaya iletmektir.

\* Uzun mesafede (km) ışığı taşımada kullanılan en yaygın dalga kılavuzları optik fiberlerdir.

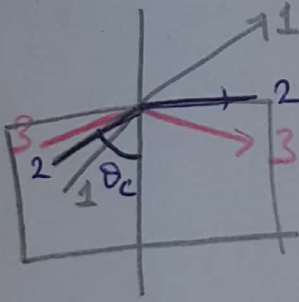
\* Yarıiletken dalga kılavuzları da kullanılır.



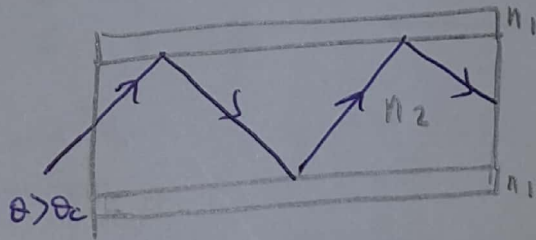
Fiber optik  
Dalga kılavuzları



Yarıiletken Dalga kılavuzları



$n_2 > n_1$   
Tam iç yansımaya  
 $\theta > \theta_c$   
olmalı



\* Kırılma indisi uygun yarıiletkenler seçilerek, yarıiletken dalga kılavuzları üretilir.

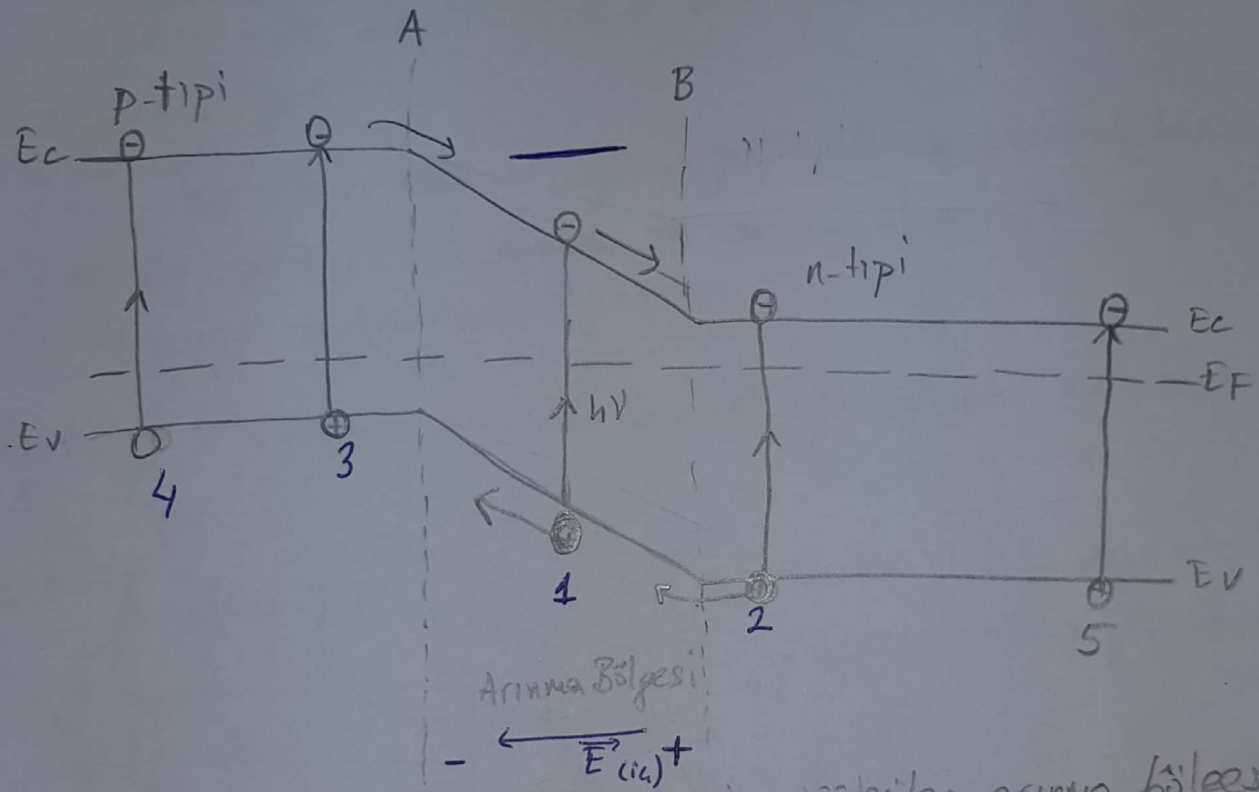
\* Kayıpların en az olması için kılavuz olarak kullanılan katmanın yasak enj. aralığı, taşıyan ışığın enerjisinden büyük olmalıdır.

# Güneş Pilleri:

## Fotovoltaik Olayı:

Yasak enerji aralığından büyük veya eşit enerjiye sahip bir ısıtıcı denetiminin (foton), p-n kavşak üzerine düştüğünde meydana gelen olayları temsil eder. Foton, boşluklarla, serbest e<sup>-</sup> larla veya valans banttaki e<sup>-</sup> larla karşılaşabilir.

\* Bir foton, valans e<sup>-</sup> ile karşılaşarak ona enerjisini verirse;



- (1) Fotondan enerji aktarımı 1 olarak gösterilen arınma bölgesinde meydana gelirse, arınma bölgesi nedeniyle oluşan  $\vec{E}_{alan}$  e<sup>-</sup> ları n-tipi bölgeye, boşlukları ise p-tipi bölgeye sürükler. Bu süreçlerle n-tipi bölge (-), p-tipi bölge ise (+) olarak yüklenir.
- (2) Fotondan enerji aktarımı 2 nolu bölgede gerçekleşirse (n-tipi <sup>kısım</sup>) azınlıkta olan yük taşıyıcısı (boşluk) yine  $\vec{E}_{alan}$  nedeniyle p-tipi bölgeye geçer.



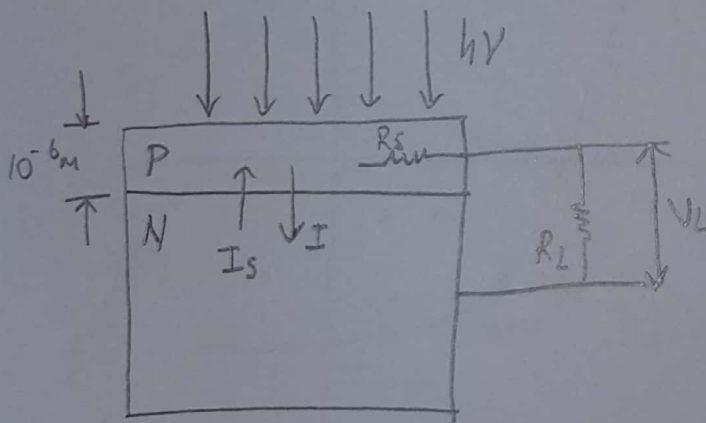
(3) Fotondan enj. aktarımı 3 nolu bölgede (p-tipi kısım) gerçekleşirse; oluşan  $e^-$  yine  $\vec{E}$  nedeniyle kavşaktan doğru hareket eder n-tipi bölgeye geçer.

(4 ve 5) Foton ile,  $e^-$ -boşluk çifti oluşumu kavşaktan çok uzakta (4 ve 5 gibi) meydana gelirse, çift kararlı hale geçmek için kendiliğinden birleşip kaybolurlar. Akıma katkıda bulunmazlar.

Bu bilgiler ışığında güneş pillerinde akımı çoğultuk yük taşıyıcıları değil, ekleme yakın azınlık yük taşıyıcıları meydana getirir.

Bir p-n eklemi, Güneş pili olarak çalışabilmesi için öncelikle sürekli ışıık alması ve oluşan akımın bir dış devre yardımıyla kullanılması gerekir.

p-n eklemi dışarıdan bir R yük direnci ile sonlandırılırsa



Verilen bir V gerilimi için yük direncinden geçen akım;

$$I_L = I_s - I$$

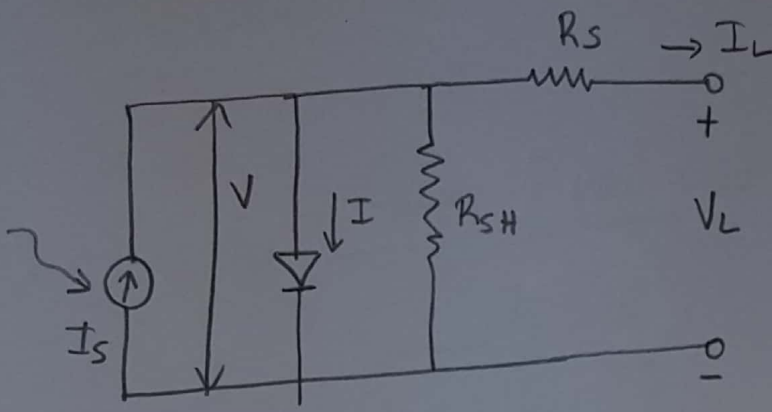
$$I_L = I_s - I_0 \left( e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right)$$

$I_s \Rightarrow$  kavşaktan geçen akım

$I_0 \Rightarrow$  kavşaktan geçen ters akım

Çıkış gücü:

$$P = I_L \cdot V = \left[ I_s - I_0 \left( e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right) \right] V$$



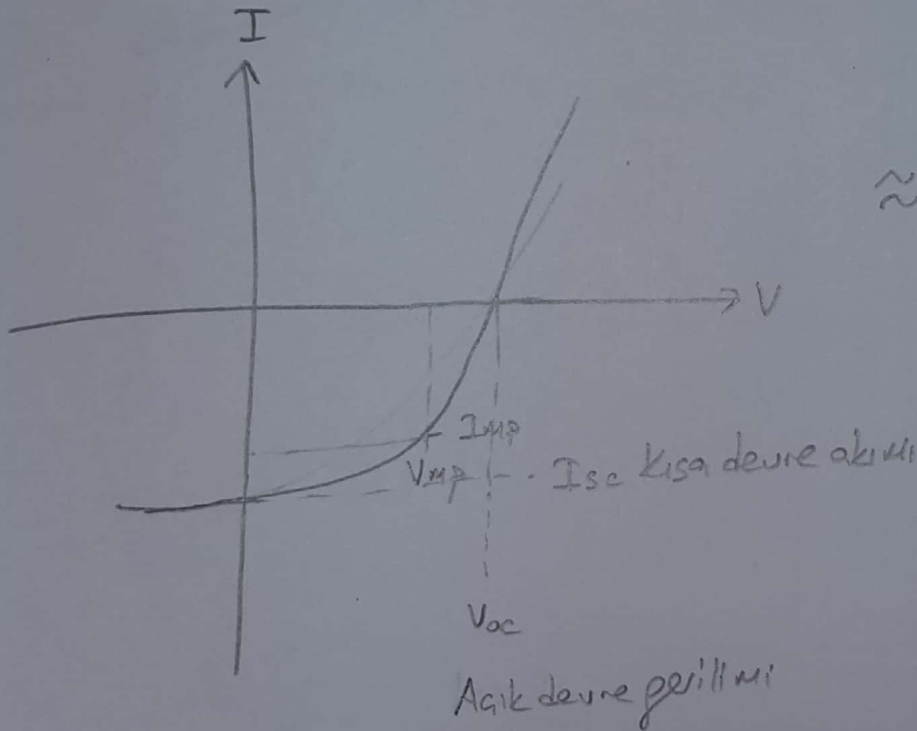
Güneş pili eşdeğer DC modeli

Max Güç  $\Rightarrow P_m = \frac{[(eV/kT)] I_s V_{mp}}{1 + eV_{mp}/kT}$

Max Verim  $\Rightarrow \eta = \frac{[(eV_{mp}/kT)] I_s V_{mp}}{(1 + eV_{mp}/kT) N_{ph} E_{ph}}$

$N_{ph} \Rightarrow$  foton sayısı .

$E_{ph} \Rightarrow$  foton ortalama enerjisi .



$\approx P_{max} = V_{mp} I_{mp}$

## Güneş Pilleri Çeşitleri

