

Yarıiletken Fizik Uygulamalar - 3 -

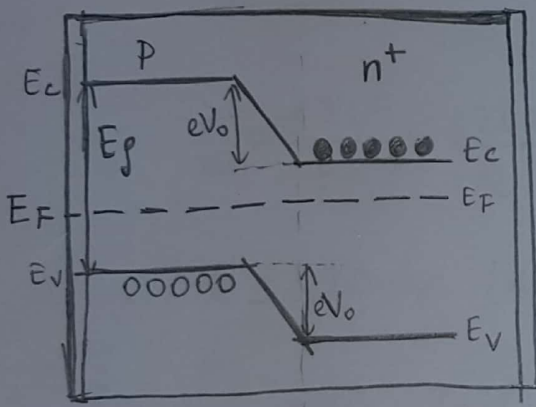
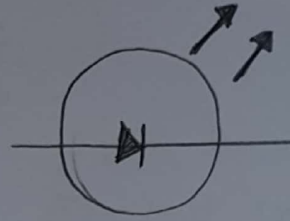
(1)

LED ~ OLED

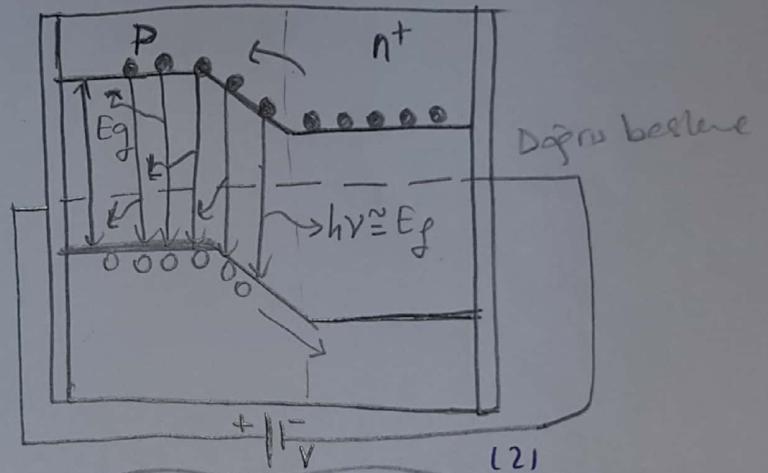
LED \Rightarrow Light Emitting Diode \Rightarrow Işık Saaan Diyotlar

- 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 kullanılan 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



(1)



(2)

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

- İlk şekilde yüksek katkılı n-tipi yarıiletkenle p-tipi yarıiletken kullanılarak bir pn^+ kavşak oluşturulmuştur. Kavşakta eV_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. (Rekombinasyon). Buna elektrolüminesans denir.

* Recombinasyon: { Direk Gelecek }
 { Indirek Gelecek } dabilir.

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

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

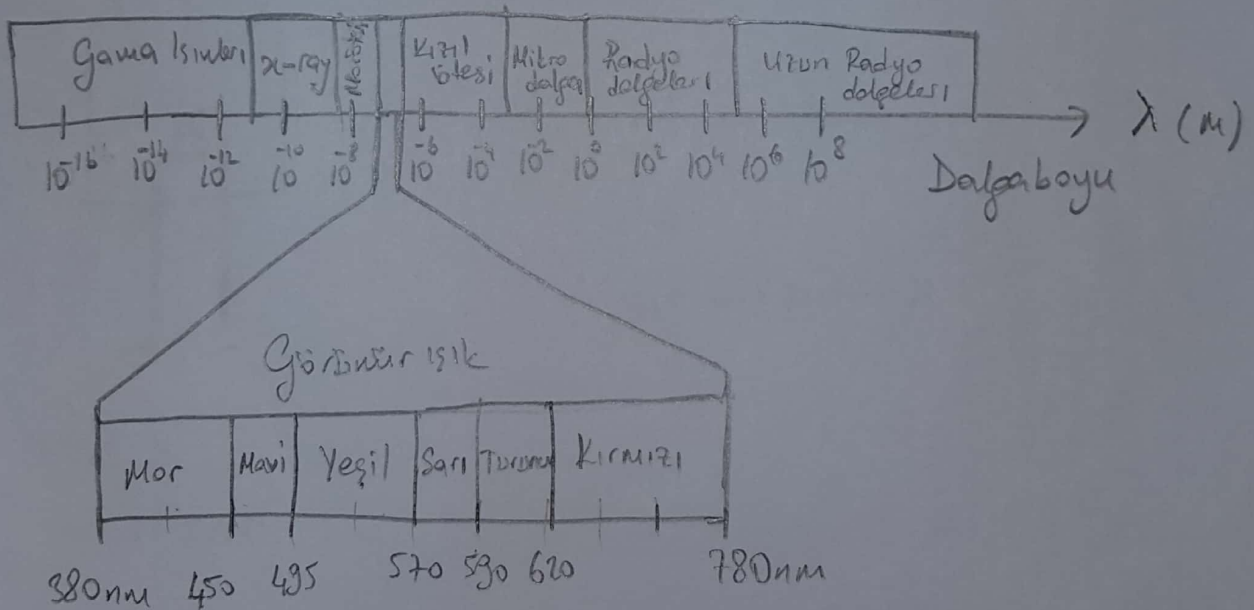
$$h \frac{c}{\lambda} = E_g \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_g}$$

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

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

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

Elektromanyetik Tayf:



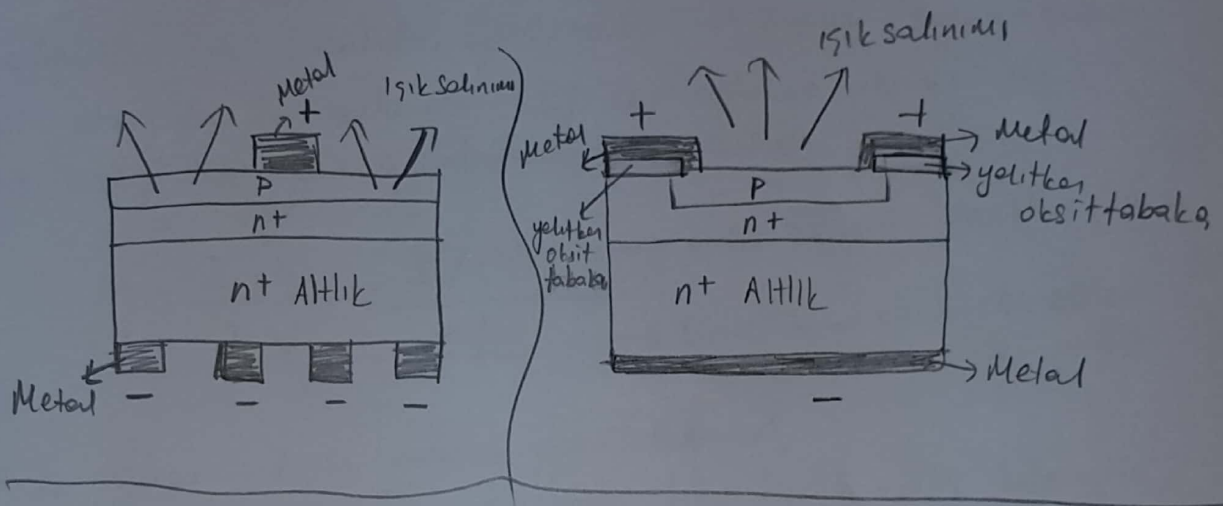
3

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

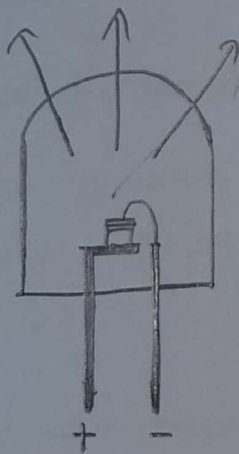
Örneği: $Ge \Rightarrow E_g = 0,7 \text{ eV}$, $Si \Rightarrow E_g = 1,1 \text{ eV}$

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

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

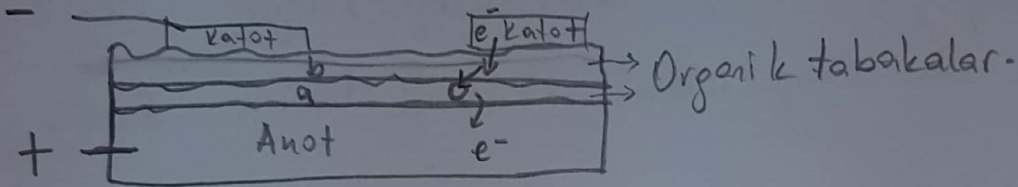
$$\frac{1}{\tau} = \frac{p_0 + n_0 + \Delta n}{(N_A \tau_p \sigma_p)^{-1} (n_0 + n_1 + \Delta n) + (N_D \tau_n \sigma_n)^{-1} (p_0 + p_1 + \Delta p)}$$

OLED

5

OLED => Organic Light Emitting Diode

- 100 - 500 nm aralığında üretilebilen OLED'ler, insan sağından daha incedir.
- Özellikle kıvrılabilir karekteri (flexible), OLED'leri geçici kılan bir unsurdur.



- Dışarıdan bir potansiyel fark uygulandığında;
 - 1 - a katmanından anota geçen e^- lar arkalarında boşluk bırakırlar.
 - 2 - b katmanı dışarıdan e^- la beslenir.
 - 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.

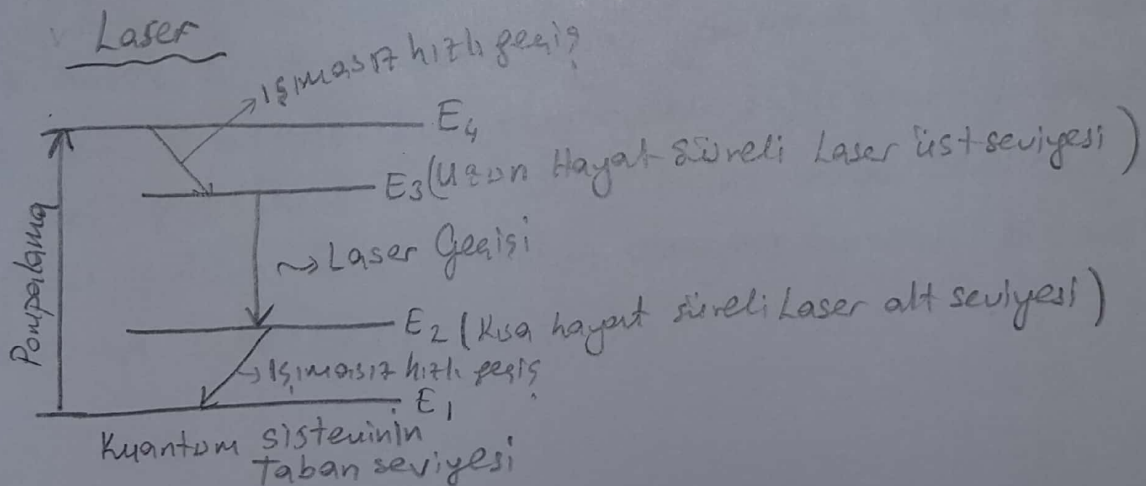
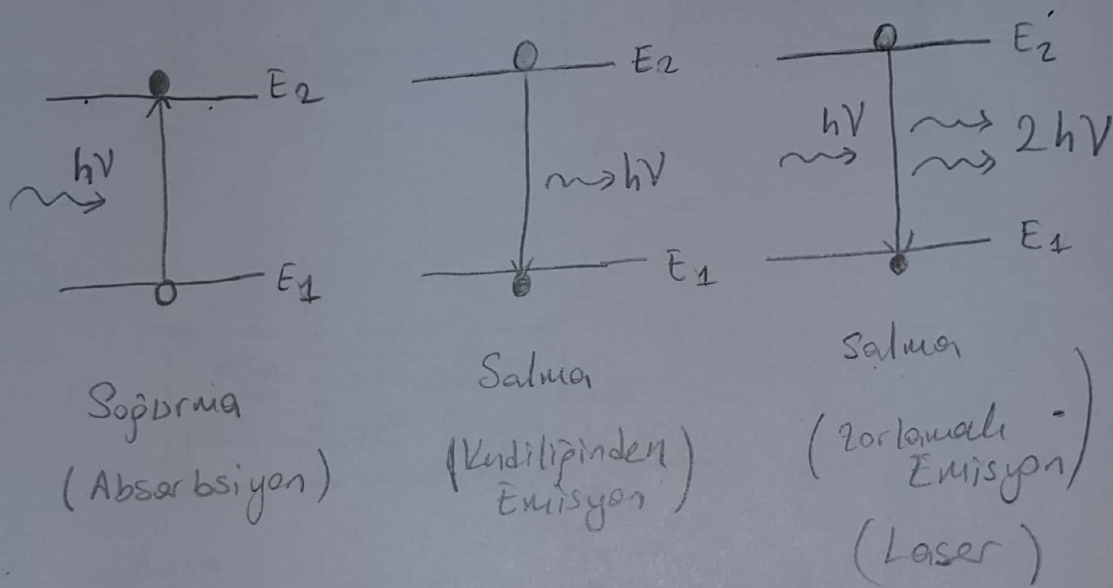
1951 Maser icad edildi. (C.H. Maser).

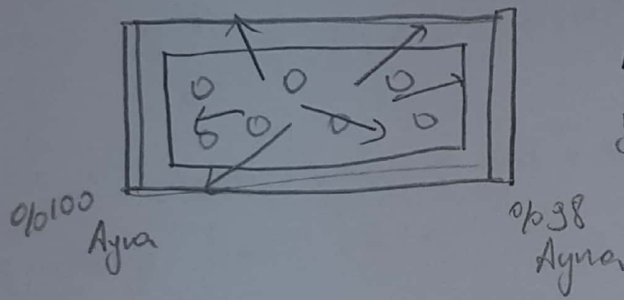
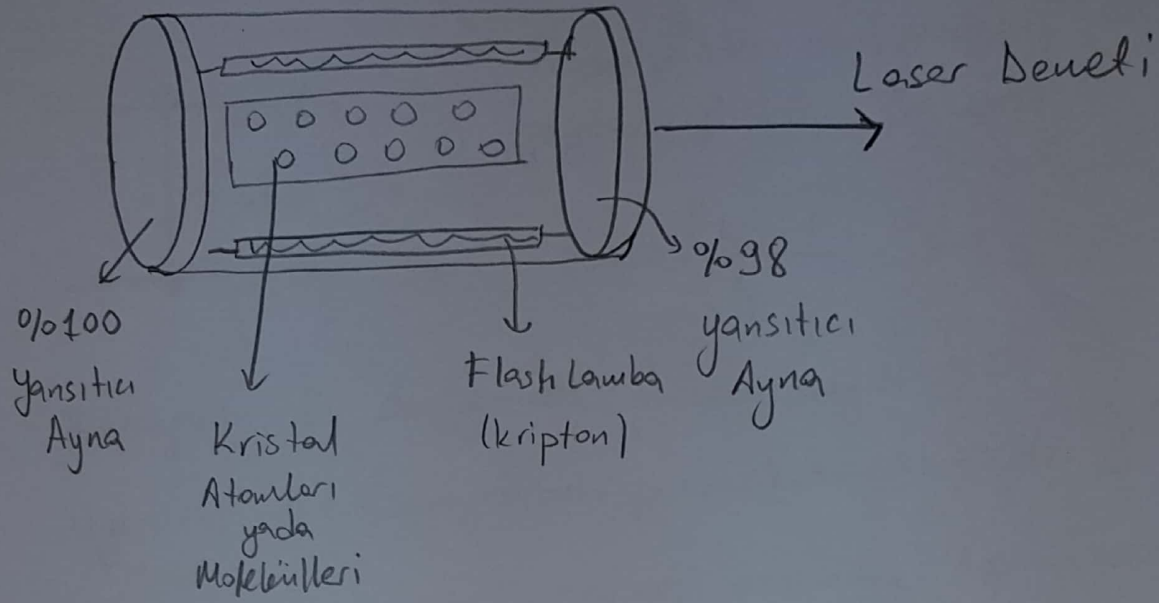
Laser ile aynı prensipte çalışır. Ancak mikrodalga bölgesinde.

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

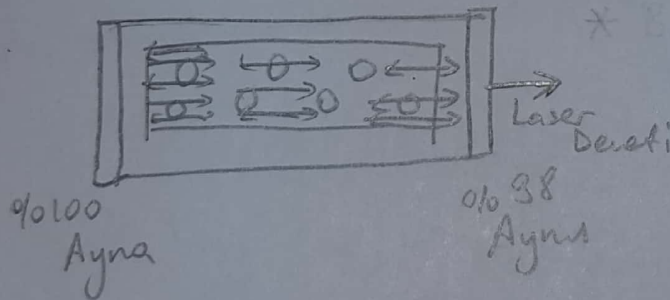
1960 Hughes Yakut Laser'i geliştirdi.

1962 R Hall Yarıiletken Laser'i geliştirdi.





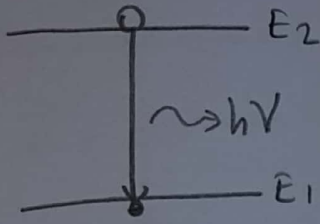
* Flash Lambalar ısıtıldığında başlangıçta, kristal atomları her yöne doğru karışık foton yayınlıyor.



* 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:

(8)



Kendiliğinden emisyonadaki,
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;

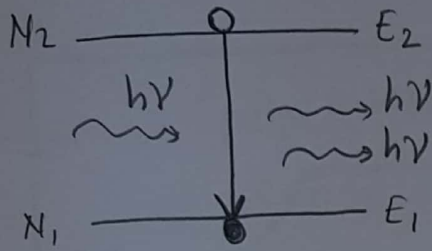
$$\frac{dN_2}{dt} = -N_2 A_{21} \text{ biçiminde verilir.}$$

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

Δt 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.

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

Uyarılmış Emisyon oranı;

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

$B_{21}(\nu) \Rightarrow E_1$ 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.

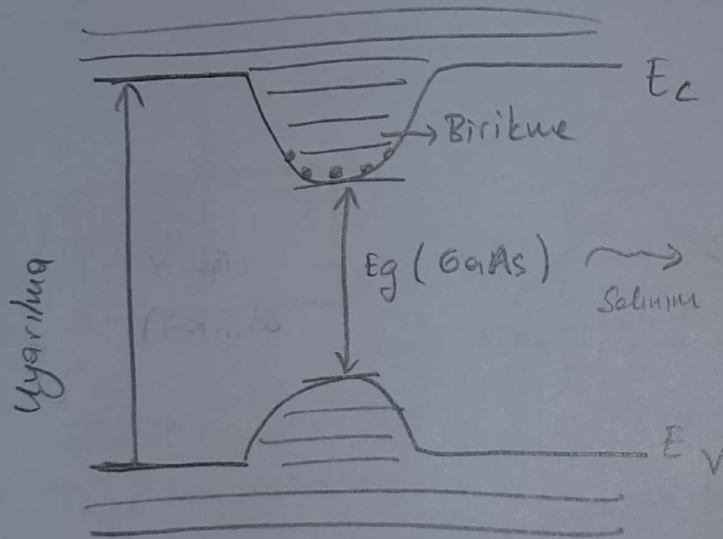
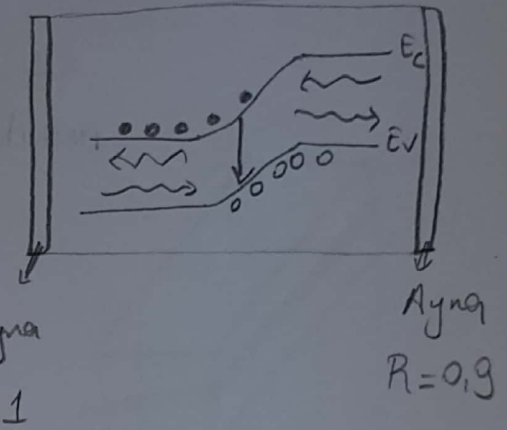
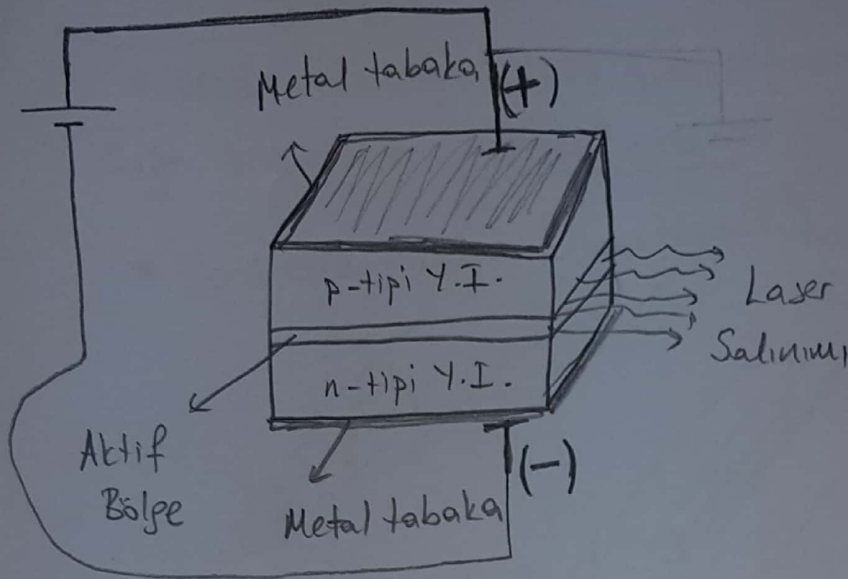
Bu durumda;

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

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

ile ifade edilebilir.

Yarıiletken Laserleri:



- * Küçük boyutludur. (0,1x0,1x0,3mm)
- * Yüksek verimlidir.
- * Uygulanan akımla laser çıkışı kontrol edilebilir.
- * Fiber optik iletişiminde yaygın biçimde kullanılır.

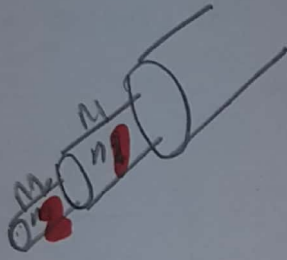
- * GaAlAs/GaAs Tabanlı yarıiletkenler: Direk geçirli kolay üretilebilir.
- * InGaAsP/InP " " : Indiyum içeriği değiştirilerek $\lambda = 1,3 - 1,55 \mu m$ ayarlanabilir.
- * GaAs_(1-x)P yarıiletkenler: Bant aralığı x ile doğrusal değişir.

Optik Dalga Kılavuzu:

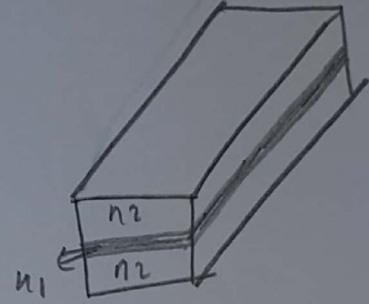
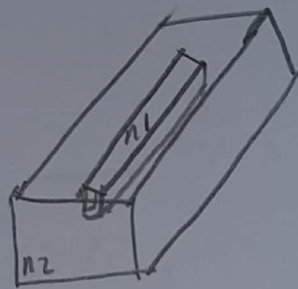
* Dalga kılavuzlarının fonksiyonu ışıının ileteliğini bozmadan en az kayıpla bir noktadan başka bir noktaya iletmektir.

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

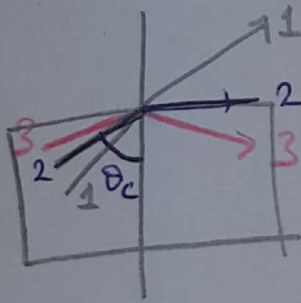
* Yarıiletken dalga kılavuzları da kullanılır.



Fiber optik
Dalga kılavuzları



Yarıiletken Dalga kılavuzları

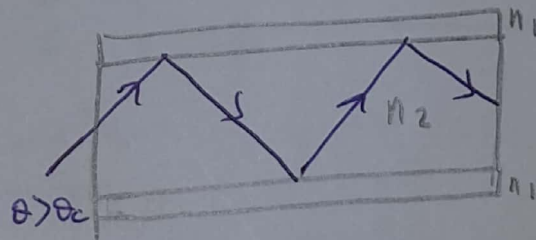


$$n_2 > n_1$$

Tam iç yansıma

$$\theta > \theta_c$$

olmalı



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

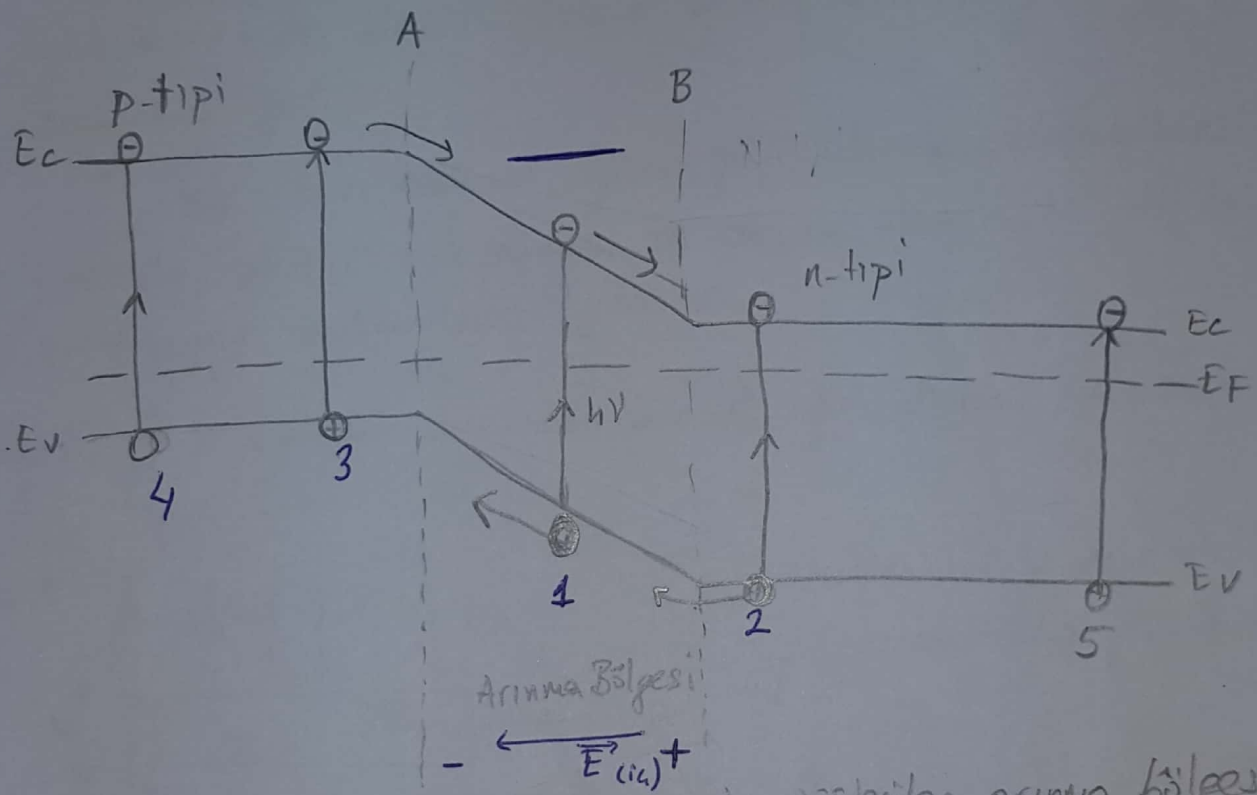
* Kayıpların en az olabilmesi için kılavuz olarak kullanılan katmanın yasak enj. aralığı, taşıyan ışıının enerjisinden büyük olmalıdır.

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⁻larla veya valans banttaki e⁻larla karşılaşabilir.

* Bir foton, valans e⁻ ile karşılaşarak ona enerjisini verirse;



- (1) Fotondan enerji aktarımı 1 olarak gösterilen arınma bölgesinde meydana gelirse, arınma bölgesi nedeniyle oluşan \vec{E}_{alan} , e⁻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 numaralı bölgede gerçekleşirse (n-tipi ^{kısım}) azınlıkta olan yük taşıyıcısı (boşluk) yine \vec{E}_{alan} nedeniyle p-tipi bölgeye geçer.

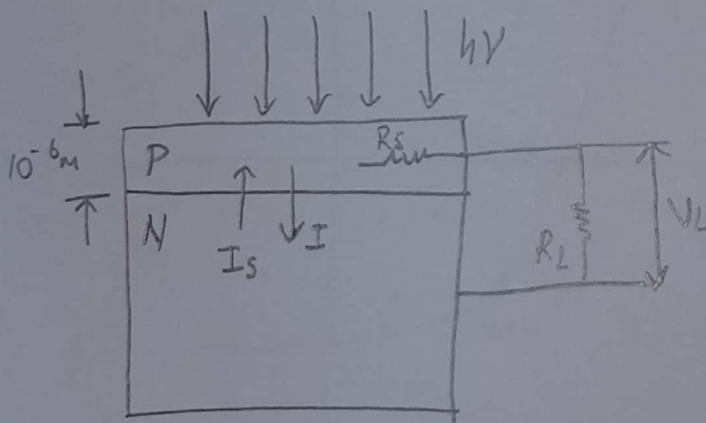
(3) Fotondan enj. aktarımı 3 nolu bölgede (p-tipi kısım) gerçekleşirse; oluşan e^- yine \vec{E} nedeniyle kavşakta doğru hareket eder n-tipi bölgeye geçer.

(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 e^- ve boşluk 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;

$$I_L = I_s - I$$

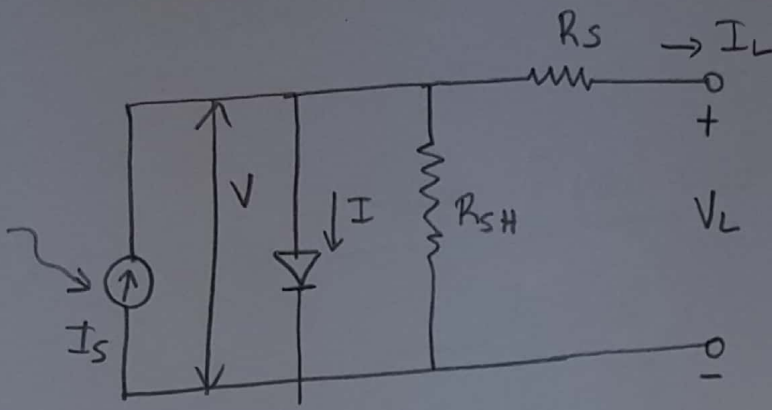
$$I_L = I_s - I_0 \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right)$$

$I_s \Rightarrow$ kavşaktan geçen akım

$I_0 \Rightarrow$ kavşaktan geçen ters akım

Çıkış gücü:

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



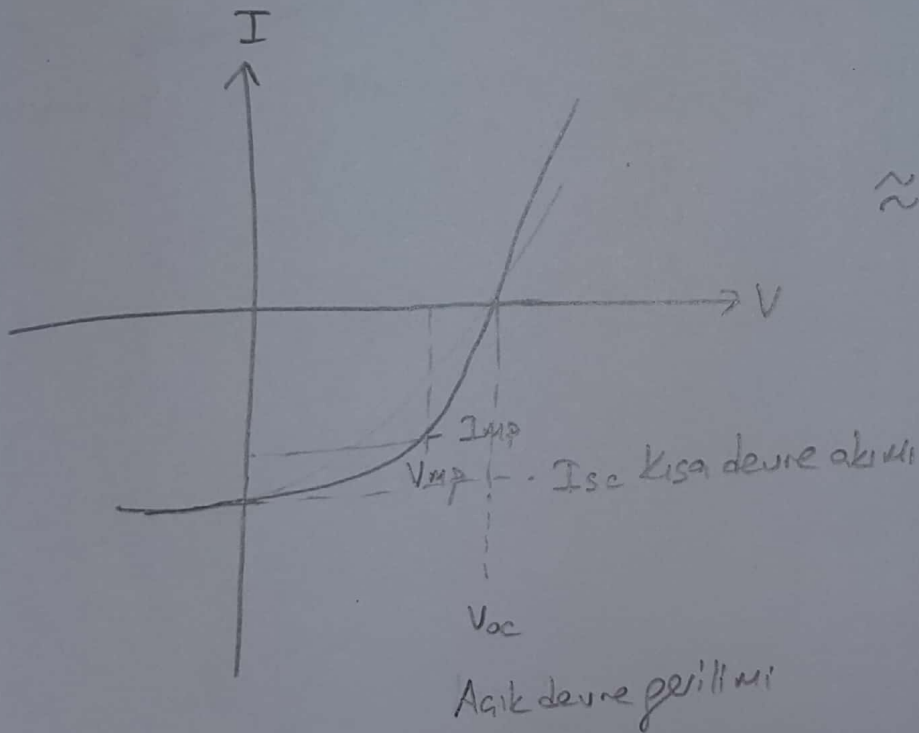
Güneş pili eşdeğer DC modeli

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

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

$N_{ph} \Rightarrow$ foton sayısı .

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



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

Güneş Pilleri Çeşitleri

