

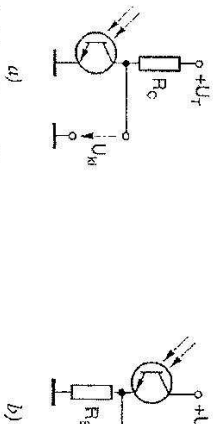
A fototranzisztorok többi jellemzőjén kívül az  $I_{sat}$  jelölés a hirtelreklék a környezetben érzékelhető fényerősségek felé fordítottak meg. A  $I_{sat}$  értéke a  $I_{sat}$  jelölésű, Siemens gyártmányú szilícium fototranzisztor leggyakoribb adománnyal megegyezik.

$U_{csatl}$ V	$I_{sat}$ mA	$P_{tot}$ mW	$T_j$ °C	$I_{cs}$ , $I_{cs}$ mA	$I_{cs}$ , $I_{cs}$ mA	$f_c$ kHz	$\lambda_{cs}$ nm	$\eta$ nA/lx
50	100	100	100	$U_{cs}=5V, I_{cs}=0$	$U_{cs}=5V, I_{cs}=100lx$	300	800	150

10.1. táblázat.

### 10.7.3. Alkalmazások

A fototranzisztorok alkalmazási területei megegyeznek a fotodiódáéval. A fotodiódákhoz viszonyítva nagyobb érzékenységűek, de alacsonyabb határterekenciat bírhatnak. A 10.19. ábra egyszerű fénnyevő kapcsolásokat mutat:



10.19. ábra: Fototranzisztoros fénnyevők

A kollektor-bázis fotodióda áramát  $I_{phot}$ -val jelölve, a 10.19.a ábrán látható kapcsolás kineneti feszültsége:

$$U_{ki} = U_T - B \cdot I_{phot} \cdot R_C$$

A 10.19.b. ábrán látható kapcsolás esetén:

$$U_{ki} = B \cdot I_{phot} \cdot R_E$$

7.

## 10.8. Fénykibocsátó dióda (LED - Light Emitting Diode)

### 10.8.1. Felépítés és működési elv

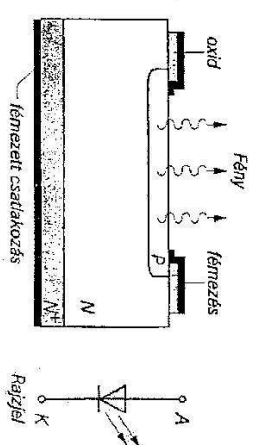
A fénykibocsátó diódák vagy fénydiódák speciális felépítésű diódák, amelyek az elektromos energiát fényenergiává alakítják. Szerkezeti felépítésüket és áramkört jelölésüket a 10.20. ábra mutatja. Ha nyitóirányú áram folyik keresztül a PN-átmeneten az N-rétegből az elektronok a P-rétegbe, a P-rétegből a lyukak az N-rétegbe diffundálnak. A diffúziós kisébbségi és a többségi töltéshordozók között rekombinációs folyamatok indulnak meg, amelyek során a felszabaduló energia fotonok formájában kisugárzódik. A fényvezető felületéből kilépő sugárzás a nagyvonalú ( $\approx 1 \mu m$ ) P-rétegben keletkezik. A 10.21. ábra a sugárzási rekombináció energia viszonyait szemlélteti.

A nagy energiájú rekombináció csak úgy lehet lehetséges, ha az elektronok átkerülnek a nagyenergiájú vegyérték szintre a káros energiát megvesztés nélkül. A felvett energiát mindig a sugárzás formájában kell megvesztetni. A sugárzás energiája a rekombinációk túlnyomórészt többsége nem jár fotonok kibocsátásával.

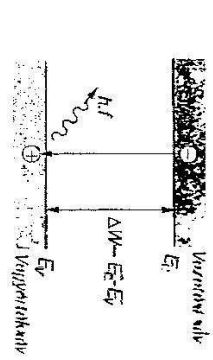
$$\Delta W = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

7.1



10.20. ábra. Fénykibocsátó dióda szerkezeti felépítése és áramkört jelölése



10.21. ábra. Sugárzási rekombináció energiásvá-mo-dell felhasználásával

A vegyülettípusú fényvezetők esetén mint a gallium-arszénid (GaAs), gallium-arszénid foszfid (GaAsP), gallium-foszfid (GaP), a sugárzási rekombinációk száma nemk nagyságrenddel nagyobb, mint például szilícium esetében. Ezért a fénykibocsátó diódák alapanyagáa vegyület típusú fényvezető. A 10.2. táblázat szabványos fénykibocsátó diódák fontosabb adatait és a maximális fényerősséghez tartozó hullámhosszait tartalmazza.

Szín	Hullámhossz [nm]	Alapanyag	$\Delta W$ [eV]	Nyitófeszültség 10 mA áramnál	Fényteljesítmény 10 mA áramnál
Infravörös	950	GaAs: Si	1,35	1,3 + 1,5 V	100 + 500 $\mu W$
Infravörös	800 + 900	GaAlAs	1,4	1,3 + 1,5 V	1 + 2 $\mu W$
Vörös	655	GaAsP	1,9	1,6 + 1,8 V	100 + 500 $\mu W$
Világos vörös	635	GaAsP	2,0	2,0 + 2,2 V	5 + 10 $\mu W$
Sárga	583	GaAsP	2,1	2,0 + 2,2 V	3 + 8 $\mu W$
Zöld	565	GaP	2,3	2,2 + 2,4 V	1,5 + 8 $\mu W$
Kék	480	GaN vagy SiC	2,8	3 + 5 V	1,5 + 6 $\mu W$

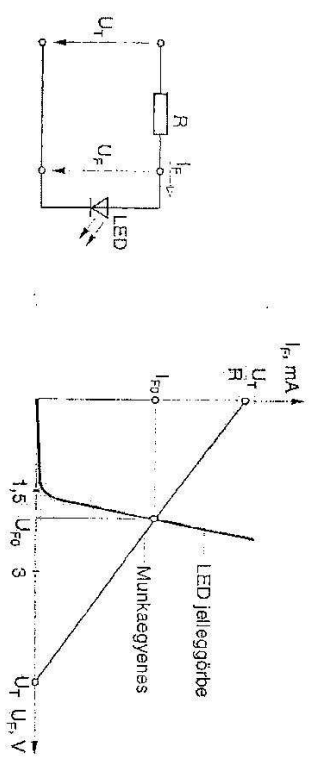
10.2. táblázat.

Megfigyelhető, hogy a legnagyobb hatásfokkal (1 + 5 %) az infravörös fény kibocsátására alkalmas a hatásfok 0,05 % alatt van. Emiatt a fénydióda lényegesen kevésbé alkalmas a megvilágítás mellett már nem látható. További előnytelen tulajdonsága a kis sugárzási szög, amely csak 30° és 60° közötti érték.

• világhatárértékét a kritai áramerősség elérésekor azonnal le kell állítani a működését.

- a lemezes kismegjelenítő fényerőtelenségű, alacsony áramerősségre és feszültségre igényelhető
- megjelenés késéskészen kellő sebességgel a vezérlő félvezető kapcsolási sebességig;
- nagyban kritai helyen előfordul, tiszta, és élettartamuk nagyvagy kb.  $10^6$  óra!

A fotonok fényerőssége egy bizonyos nyitófényű áramerősségen felül már nem változik számottevően. Mivel a fényerősség nagyon kis értékű dinamikus ellenállással rendelkezik nyitófeszültsége fölött, ezért általában áramgenerátoros táplálást alkalmaznak. A 10.22. ábra egy fényváltakozó munkapont-beállítását szemlélteti az  $I_F - U_F$  jelleggörbőjét felhasználva. Ismerve a munkaponti  $I_{m0}$  áramerősséget,  $U_{m0}$  feszültséget és az  $U_T$  tápfeszültség értéket, a szükséges  $R$  ellenállásérték az  $R = \frac{U_T - U_{m0}}{I_{m0}}$  összefüggés felhasználásával kiszámítható.



10.22. ábra. A fénykibocsátó dióda munkapont-beállítása

### 10.8.2. Jellemző adatok és határértékek

A világhatárértékeket jellemző legfontosabb adatok a következők:

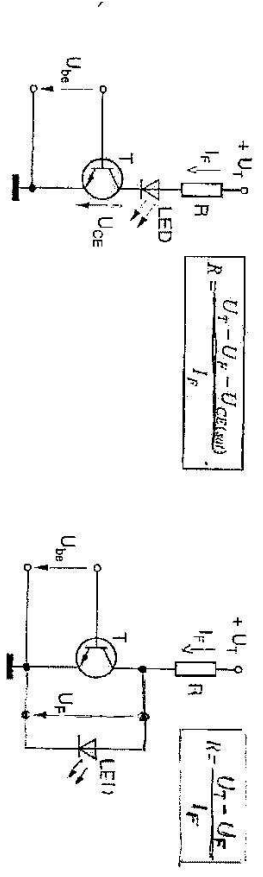
- a világhatárérték nagysága  $A$ , jellemző érték  $A \approx 0,5 \div 30 \text{ mm}^2$ ;
- a fényerősség  $I_v$ , jellemző érték  $I_v \approx 1 \div 5 \text{ mcd}$  ( $I_F = 20 \text{ mA}$  esetén);
- a fényáram  $\Phi$ , jellemző érték  $\Phi \approx 2 \text{ mIm}$  ( $I_F = 20 \text{ mA}$  esetén);
- maximális fényerősségéhez tartozó hullámhossz  $\lambda_p$ , vörös fénydióda esetén  $\lambda_p \approx 655 \text{ nm}$ ;
- kisugárzási szög  $\alpha$ , jellemző érték  $\alpha \approx 30 \div 60^\circ$ .

Fontos határértékek a következők:

- maximális nyitófényű áram  $I_{Fmax}$ , szokásos értéke  $I_{Fmax} \approx 50 \text{ mA}$ ;
- maximális zárófeszültség  $U_{Rmax}$ , szokásos értéke  $U_{Rmax} \approx 3 \text{ V}$ ;
- legnagyobb megengedett veszteségi teljesítmény  $P_{tot}$ , jellemző értéke  $P_{tot} \approx 120 \text{ mW}$ .

### 10.8.3. Alkalmazások

A fényváltakozó diódák elektromos jelző és kijelző elemekben kerülnek felhasználásra különböző működési állapotok, frekvenciajelzés és árammérési kijelzőkben. Fényváltakozó nyitófényű dióda működtetés fényerősségük fényerősségük. Mivel működésük alacsony feszültségre és áramerősségre igényel ezért közvetlenül illeszthetők a legtöbb áramkörbe.



10.23. ábra. Kétállapotú, tranzisztoros meghajtású kijelzők a) bekapcsolást jelző b) kikapcsolást jelző

A 10.23. ábra kétállapotú kijelzőként használható tranzisztoros meghajtású áramkörök mutat. Az  $R$  ellenállás méretezése különböző feszültségek alkalmazását teszi lehetővé.

### 10.9. Lézer diódák

#### 10.9.1. A félvezető lézerek fizikai működése

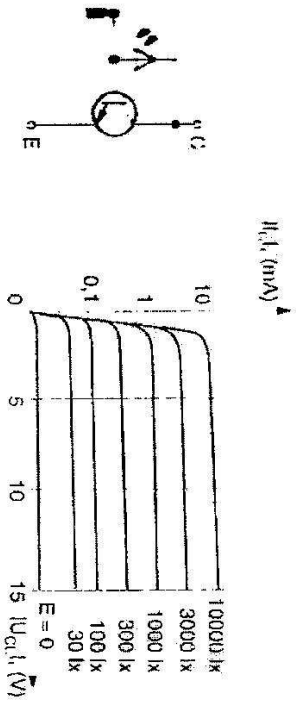
A lézer (laser) fény kibocsátására és erősítésére alkalmas eszköz, amelynek működése a kényszerített (indukált) fénykibocsátás (fényemisszió) jelenségén alapszik. A laser szó a angol elnevezés „light amplification by stimulated emission of radiation” rövidítése, amelynek jelentése „fény erősítés a sugárzás kényszerített emissziója révén”.

Eddig egy atom  $E_1$  és  $E_2$  két energiaszintje közötti átmeneti lehetőséget vizsgálunk a atomok gerjesztését fotonoknak egy elektromágneses sugárzású tétől történő elnyelésével (beeső fotonok hatás) és a gerjesztett állapotból alsóbb energiaszintekbe való átmenetet fotonok spontán kibocsátásával (10.24.a.b. ábra).

Egy további lehetséges átmeneti folyamat az úgynevezett kényszerített vagy indukált emisszió (kibocsátás). Ennek lényege: – egy gerjesztett, azaz  $E_2$  állapotban lévő atom egy  $h \cdot f = \Delta E$  energiájú fotonokból álló sugárzás révén ráérhető arra, hogy a kölcsönhatás időpontjában inaként kibocsátson  $h \cdot f = \Delta E$  energiájú fotonokat.

Ha egy  $E = h \cdot f = \Delta E = E_2 - E_1$  energiájú foton egymás után több olyan gerjesztett atommal ütközik, amely a felső  $E_2$  energiaszintben van, akkor az egymást követő indukált emissziók erősíthetik egymást. Az erősítés fokozására a felerősített fényt párhuzamos tükrökkel, újból és újból visszaverítjük az aktív közegbe. Ha a veszteségek kisebbek, mint az együttes erősítés, akkor ennek a visszacsatolásnak öngörgetés a következménye: az ilyen rendszer koherens fényt bocsát ki.

... az általános kapcsolásunk feszültségét,  $U_{CE}$  megváltozik, hogy a szelvény  
 ... a megváltozott potenciálú csapáson fel. A 10.17. ábrán a fototranszistor  
 ... a megváltozott képi méretű. Ennek alapján a fotodiódán áthaladó áram  
 ... a megváltozott képi méretűben feltérképezhető kollektoráramon keletkezik.



10.18. ábra: A fototranszistor  $U_{CE}=f(I_C)$  jelleggörbéi különböző megvilágításnál ( $I_B = 0$ )

... a fototranszistor feszültség-áram jelleggörbéit ábrázolja a megvilágított  
 ... ábrán.

### Adatok és határértékek

Fontosabb jellemző adatai:

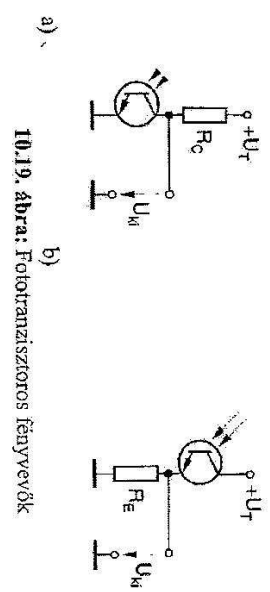
- megvilágítás nélkül  $I_{CE}$
- által megvilágítás és  $U_{CE}$  feszültség esetén  $I_C$
- árváltozás hullámhossza  $\lambda_{ES}$
- $f_s$

A többi jellemző adata és határértéke a hagyományos tranzistorok  
 ... A 10.1. táblázat a BPW 42 típusjelzésű, Siemens gyártmányú  
 ... legfontosabb adatait tartalmazza.

$T_j$	$I_{CE}, \mu A$	$I_C, \mu A$	$f_s$	$\lambda_{ES}$	$S$
$U_{CE} = 5 V; E = 0$	$U_{CE} = 5 V; E = 100 lx$		KHz	nm	nA/lx
100	$10 \pm 200$	300	300	800	150

10.1. táblázat

A fototranszistorok alkalmazási területi meggyeznek a fotodiódákéval. A fotodiódák  
 ... viszonylag nagyobb érzékenységűek, de alacsonyabb hárfrekvenciát biztosítanak.  
 A 10.19. ábrán egyszerű fényerősítő kapcsolásokat mutat:



10.19. ábra: Fototranszistoros fényerősítők

A kollektor-bázis fotodióda áramát  $I_{phor}$ -val jelölve, a 10.19.a. ábrán látható kapcsolás  
 kimeneti feszültsége:

$$U_{ki} = U_T - B \cdot I_{phor} \cdot R_C$$

A 10.19.b. ábrán látható kapcsolás esetén:

$$U_{ki} = B \cdot I_{phor} \cdot R_E$$

### 10.8. Lézerdiódák

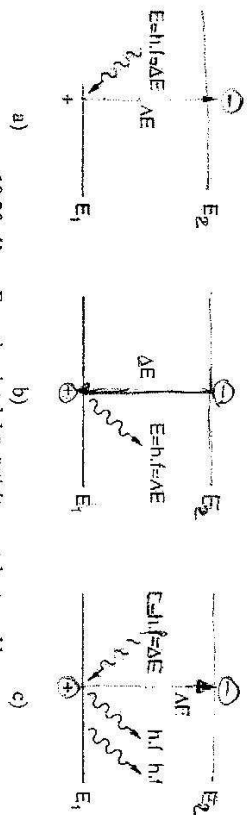
#### 10.8.1. A félvezető lézerek fizikai működése

A lézer (laser) fény kibocsátására és erősítésére alkalmas eszköz, amelynek működése a  
 kényszerített (indukált) fénykibocsátás (fényemisszió) jelenségén alapszik. A laser szó az  
 angol elnevezés „light amplification by stimulated emission of radiation” rövidítése,  
 amelynek jelentése „fényerősítés a sugárzás kényszerített emissziója révén”.

Pedig egy atom  $E_1$  és  $E_2$  két energiaszintje közötti átmeneti lehetőségként vizsgáljuk az  
 atomok gerjesztését fotonoknak egy elektromágneses sugárzás tétől történő elnyelésével  
 (belső fotoelektromos hatás), és a gerjesztett állapotból alsóbb energiatlapotokba való  
 átmenetet fotonok spontán kibocsátásával (10.20.a, b. ábra).

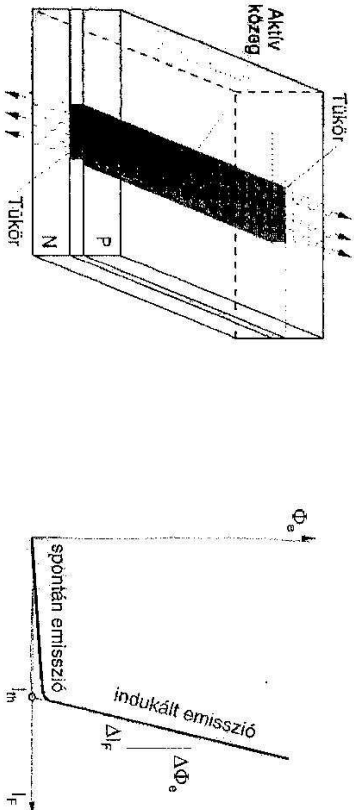
Egy további lehetséges átmeneti folyamat az úgynevezett kényszerített vagy indukált  
 emisszió (kibocsátás). Ennek lényege: egy gerjesztett, azaz  $E_2$  állapotban lévő atom egy  
 $E = hf = \Delta E$  energiájú fotonokból álló sugárzás révén rábírható arra, hogy a kölcsönhatás  
 időpontjában indukáltan kibocsátson  $hf = \Delta E$  energiájú fotonokat.

Ha egy  $E = hf = \Delta E = E_2 - E_1$  energiájú foton egy másik után több olyan gerjesztett atommal  
 ütközik, amely a felső  $E_2$  energiatlapotban van, akkor az egymást követő indukált emissziók  
 erősíthetik egymást. Az erősítés fokozására a félerősített fényt párhuzamos tükrökkel, újból  
 és újból visszarányítjuk az aktív közegbe. Ha a veszteségek kisebbek, mint az együttes  
 erősítés, akkor ennek a visszacsatolásnak öngerjesztés a következménye: az ilyen rendszer  
 koherens fény bocsát ki.



10.20. ábra: Energiaszintek közötti átmenetek atomokban  
 a) Fotonok elnyelése; b) Fotonok spontan kibocsátása; c) Fotonok indukált kibocsátása

A 10.21. ábra egy félvezető lézertípusa vázlatos elvi felépítését és tipikus paramétereit szemlélteti. A nyitótányban előfeszített PN-átmenet két elválásból álló kombinációk állításában vannak. A tartomány vastagsága a töltéshordozók diffúziós hosszánál azonos nagyságrendű (100 + 200 nm), és túlkör szerűen kialakított oldalai révén úgy viselkedik, mint egy hullámvezető. A nyitótányú áram egy bizonyos  $I_m$  küszöbértékig a fényerősség hirtelen megnő, a kibocsátott fény spektruma elkeskenyedik, és lézersugár jellemeztető.



10.21. ábra: Félvezető lézer  
 a) Felépítése; b) Fényteljesítmény-áram karakterisztikája

A félvezető lézertípusok alapanyaga vegyület típusú félvezető (pl. GaPAs, GaAlAs), és a környezetben fénydiódákhoz viszonyítva komoly előnyökkel rendelkezik:

- nagy, 20% feletti átalakítási hatásfok;
- viszonylag nagy sugárzási teljesítmény  $\approx 200$  mW;
- a kibocsátott fény rendkívül kicsi divergenciája (szűrtartás);
- az aktív közeg anyagának megválasztásával a kibocsátott fény hullámhossza igen széles tartományban változtatható.

## 10.8.2. Jellemző adatok és határértékek

A 10.1. táblázat az SPT 4801 típusú, üzemi állapotú, szilícium gyártmányú lézertípusú fontosabb adatait tartalmazza. Határértékek: a maximális fényteljesítmény folyamatosan ( $\Phi_e$ ) és impulzusüzeműben ( $\Phi_{\text{puls}}$ ), a maximális záróáramnyúléssűrűség ( $I_m$ ) és a maximális záróáram-hőmérséklet ( $T_j$ ),  $T_k$  a környezeti hőmérséklet.

Határértékek		Jellemző adatok ( $T_k = 25^\circ\text{C}$ )									
$\Phi_e$ [mW]	$\Phi_{\text{puls}}$ [mW]	$U_R$ [V]	$T_j$ [ $^\circ\text{C}$ ]	$\lambda$ [nm]	$\Delta\lambda$ [nm]	$\eta$ [W/A]	$I_m$ [mA]	$\Phi_e$ [mW]	$\Phi_{\text{puls}}$ [mW]	$I_m$ [mA]	$\Phi_e$ [mW]
~200	300	3	10+65	805	2	0,35	400	150	150	250	250

10.2. táblázat

### Jellemző adatok:

- a kibocsátott sugárzás hullámhossza ( $\lambda$ ),
- a hullámhossz változása ( $\Delta\lambda$ ),
- a teljesítmény-áram átalakítás hatásfoka ( $\eta = \frac{\Delta\Phi_e}{\Delta I_F}$ ),
- nyitótányú áram küszöbértéke ( $I_m$ ),
- fényteljesítmény folyamatos üzemi üzemi ( $\Phi_e$ ),
- fényteljesítmény impulzusüzemi üzemi ( $\Phi_{\text{puls}}$ ).

## 10.8.3. Alkalmazások

A lézertípusok alkalmazásai során a nagy teljesítményű lézertípusok a kibocsátott fény koherenciáját és kicsi divergenciáját használják ki. Nem elhanyagolható szempont a dióda kicsi mérete sem. Alkalmazzák információk digitális rögzítésére és olvasására, alkalmas berendezésekre (pl. CD-lejátszó, CD/DVD ROM-olvasó, DVD-lejátszó stb.) és az üvegcsás digitális információátvitelben.

## 10.9. Optocsatolók

### 10.9.1. Felépítés és működés

Az optocsatolók (fénycsatolók vagy más néven optikai csatlakozók) egy fénykibocsátó és egy fényérzékelő elemből állnak (10.22. ábra). Kivételként szerepelhet az optocsatolók diszkrét és integrált áramkörös formában is gyártják. Fénykibocsátó elemként a jó hatásfokú, miniatűr, irányított, tartományban sugárzó fénydiódákat alkalmazunk. A fényérzékelő elem lehet fotodiód, fototranszisztor vagy Darlington-fototranzisztor (nagy érzékenységű, biztosít). Az optocsatolók elektronikus elemek közötti, visszahatásmentes, galvanikusan leválasztott kapcsolható eszközök lehetnek. Az optocsatolók lehetővé teszik mind digitális, mind analóg jelek átvitelét.