

Fotonikai eszközök 2010 – 2. ZH bulid10.10.sp1

1. Definiálja a lézer fogalmát! A LASER angol betűszó magyarázatát is részletezze!

A lézer indukált emisszió alapuló fényerősítést valósít meg.

LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

Light Amplification – fényerősítés - Stimulated Emission – indukált emisszió

A lézer egy koherens fényforrás, azon tulajdonság, amely lehetővé teszi a stacionárius interferenciát.

Megjegyzés: interferencia minden fényforrás esetében fellép, csak nagyon gyorsan változik az időben, ezért nem érzékelhető. (Két hullám akkor koherens, ha az egymáshoz viszonyított fázisuk állandó.)

2. Milyen fajtáit ismeri a fény-anyag kölcsönhatásnak?

Az elektromágneses tér és anyag kölcsönhatásának három alapvető esete van:

- **Abszorpció:** az anyag elnyel egy fotont.

Abszorpció! Az abszorpció a gázok, gőzök szilárd testek felületéhez való tapadás, azon való sűrűsödés

- **Emisszió:** az anyag kibocsát egy fotont.

- **Indukált emisszió:** az anyag elnyel egy fotont, és keletkezik két „hasonmás” foton.

Ezt a három folyamatot írta le Einstein 1906-ban.

Energia-átmenet lehet:

- elektromos átmenet
- atom rezgési/forgási átmenet
- bomlás

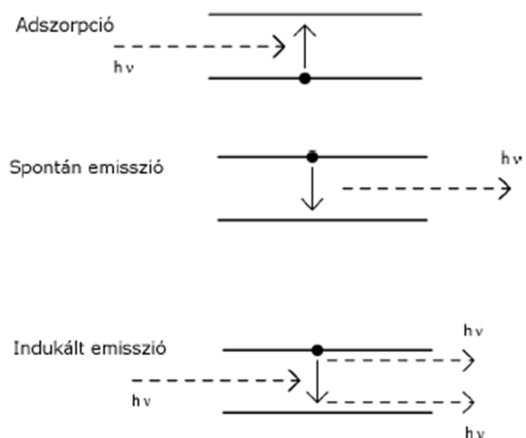
3. Mi a populáció inverzió? Milyen megvalósítási formáit ismeri?

A lézer működéséhez biztosítani kell az elektronok szokásos eloszlásának megfordulását. Tehát a magasabb energiájú elektronállapot betöltöttsége tartósan nagyobb legyen, mint az alapállapoté -> **populáció inverzió**.

A folyamat, mely során elektronokat juttatunk magasabb energiaállapotba az a pumpálás (közvetlenül befolyásolja a teljes lézereszköz hatásfokát).

A pumpálás fajtái:

- kisülési csővel (szilárdtest-lézerek)
- villanólámpával (szilárdtest-lézerek)
- fényemittáló diódasorral (szilárdtest-lézerek)
- elektromos árammal (félvezető lézerek, gázlézerek)
- másik lézerrel (szilárdtest, gáz)



4. Jellemezze a lézerek optikai rezonátorát! Mi a szerepe a rezonátornak?

Az optikai **rezonátor** két, egymás felé fordított tükör, mely közrefogja a lézerközeget.

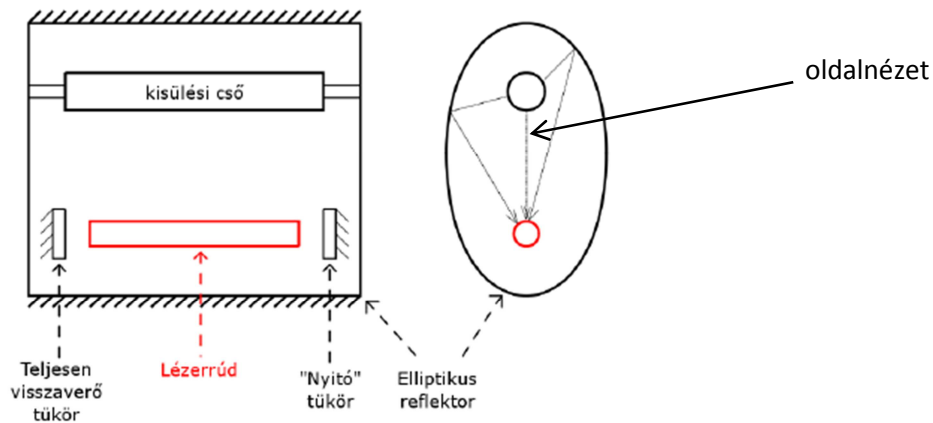
- Az egyik tükör (az ún. *záró tükör*) *100% reflexiójú*,
- *míg a másik (a nyitó tükör) reflexiója kisebb, mint 100%*

A tükrök leggyakrabban dielektrikum rétegrendszerek, amelynek szerkezetét a lézer hullámhosszához tervezik. Szerepe:

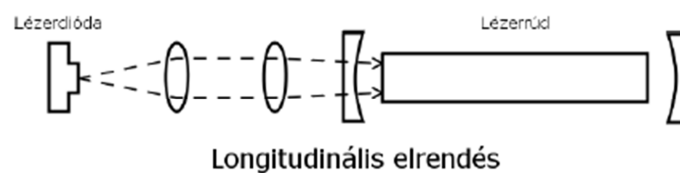
- kellő fényerősítés eléréséhez többször áthajtja a fotonokat a lézerközeget
- csökkenti a nyalábdivergenciát is (Bragg reflektor)

5. Mutassa be a pumpálás fajtáit tömbi szilárdtestlézerek esetében!

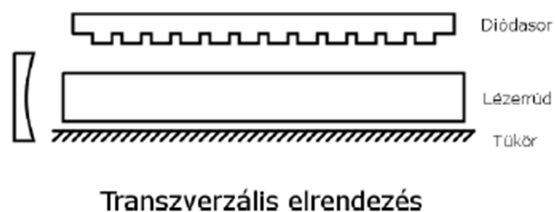
- pumpálás **kisülési csővel, elliptikus elrendezésben**
Fermat elv -> minden fénysugár a másik fókuszpontba megy.



- pumpálás **lézerdiódával**
 - o longitudinális elrendezés
 - záró oldali tükör felől történik a becsatolás
 - ez a leghatékonyabb



- o transzverzális elrendezés



6. Mi a gázlézerek működésének alapja?

A gázlézer tulajdonképpen egy kisülési cső, amelyben általában alacsony nyomású (néhány mbar) gázkeverék van. A pumpálását az ívkisülés felelős.

Az ívkisülés mechanizmusa:

1. A katódból kilépő elektronok a csőre kapcsolt feszültség hatására gyorsulnak, és ütköznek a gáztér atomjaival, vagy molekuláival.
 2. Az atomok v. molekulák gerjesztődnek, ionizálódnak.
 3. Az esetlegesen képződött pozitív ionok a katód felé gyorsulnak. A leszakadt elektronok pedig az anód felé.
 4. A gerjesztett atomok fény formájában kisugározzák a fölös energiájukat.
- Hasonló a fénycsőhöz a működés, csak itt visszacsatolunk a gázkisülőtérbe.

A gerjesztés átmenete alapján 3 féle gázlézert különböztetünk meg:

- átmenet az atomi szintek között (He-Ne)
- átmenet az elemek ionos szintjei között (Ar-ion)
- átmenet az elektronsáv és a rotációs-vibrációs szintek között (CO_2)

elektronsáv, rotációs vibrációs ($\sim 10\mu\text{m}$) $\ll$ atomi ($1\mu\text{m}-600\text{nm}$) $<$ ionos ($<50\text{nm}$) Itt gondolom a sorrend energia szerint értendő, ami arányos a kisugárzott foton frekvenciájával, tehát fordítottan arányos a hullámhosszal :)

7. Mi az excimer lézer, és hogyan működik?

Excimer: excited dimer szavakból áll össze

A lézerhatásban gerjesztett kétatomos molekulák játszanak szerepet.

- csak gerjesztett állapotban létező kétatomos molekulák bomlási energiaszintjei között jön létre.
- A gáztöltet többnyire nemesgáz-halogenidekből áll, azonban ismert kétatomos halogén, és nemesgáz-oxid excimer lézer is. Példák:

nagy E $\rightarrow$ kis lamda $\rightarrow$ fotolitográfiához jó (ArF $\rightarrow 193\text{nm}$) nemesgáz nem szeret vegyülni $\rightarrow$ nagy energiabefektetés a pumpálás Lehet: - nemesgáz halogenid - kétatomos halogén - nemesgáz oxid

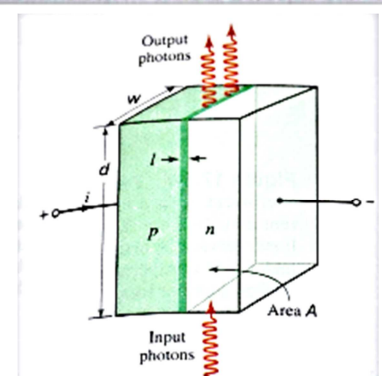
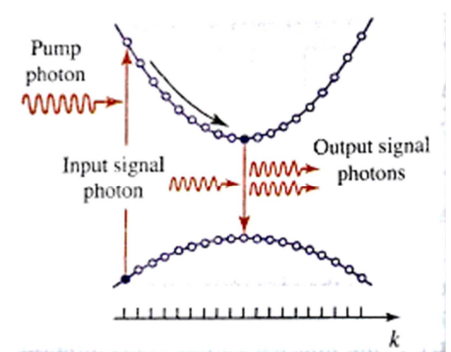
Lézeraktív anyag - Hullámhossz

- ArF - 193 nm
- KrCl - 222 nm
- KrF - 248 nm
- XeCl - 308 nm
- XeF - 351 és 355 nm

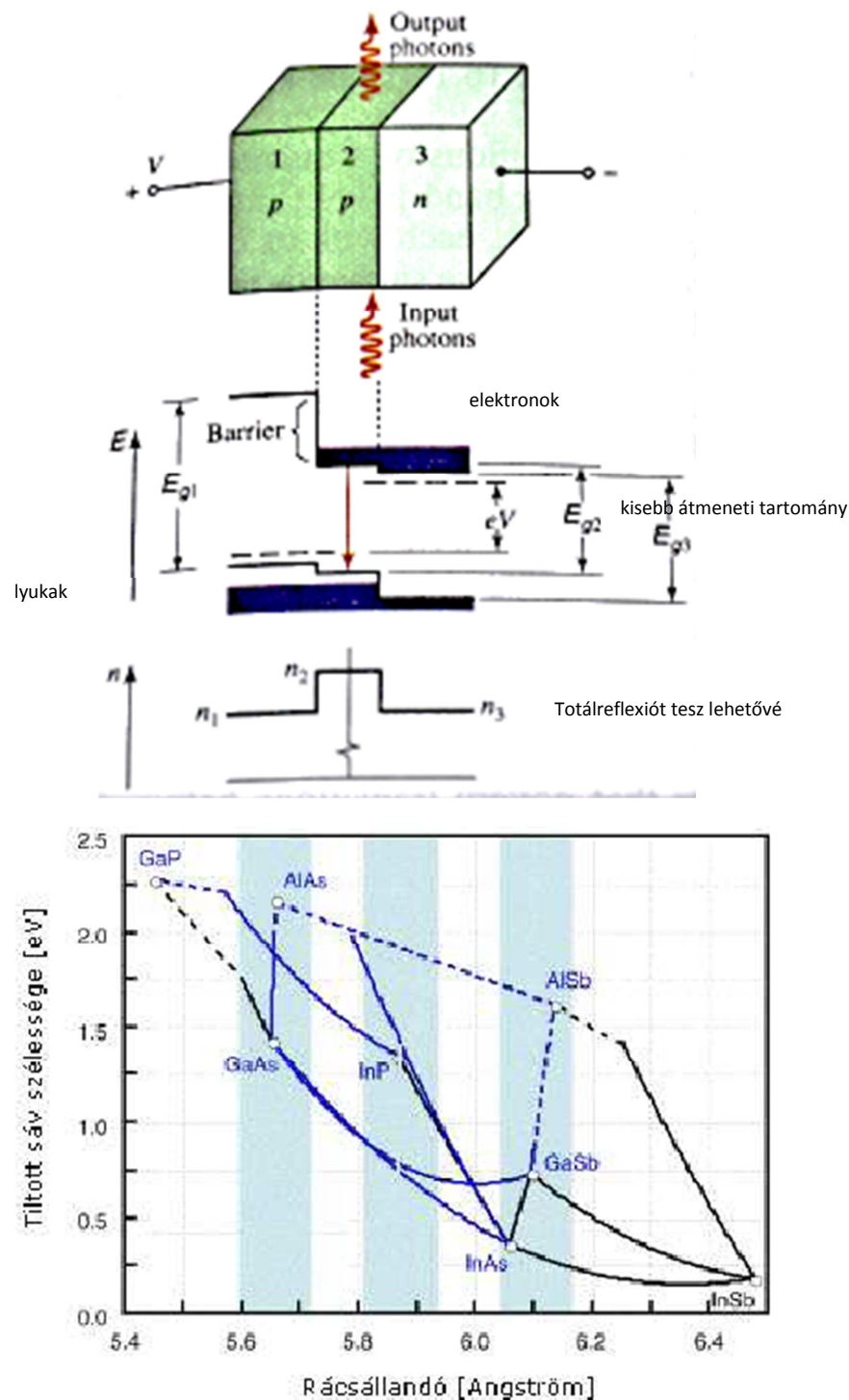
8. Milyen pumpálása lehetséges a lézerdiódáknak?

Kétféle pumpálás lehetséges:

- **optikai**
nehézséges
sávon belül gyors az átmenet
kialakul a populáció inverzió de tartósan nem áll fenn
- **injektálás**
p-n átmenetbe kisebbségi töltéshordozókat injektálunk, az aktív tartomány szélességét a diffúziós hossz határozza meg és nagyon fontos paraméter (tipikusan 1-3 μm)



9. Milyen a többszörös heterostruktúra keresztmetszete, sávszerkezete és törésmutató-viszonya?

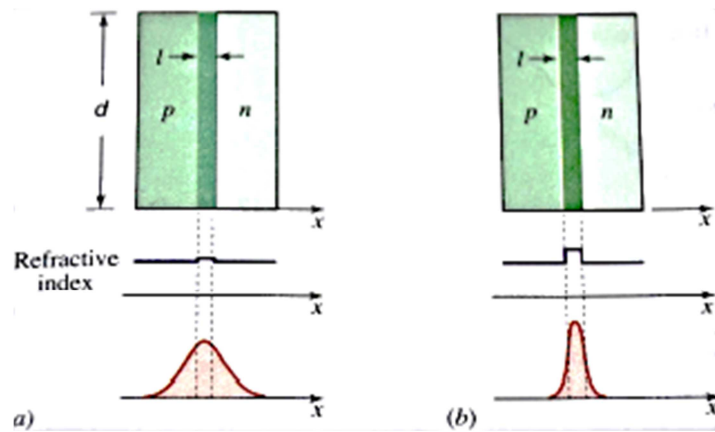


10. Milyen előnyei vannak a többszörös heterostruktúrának a lézer működése szempontjából?

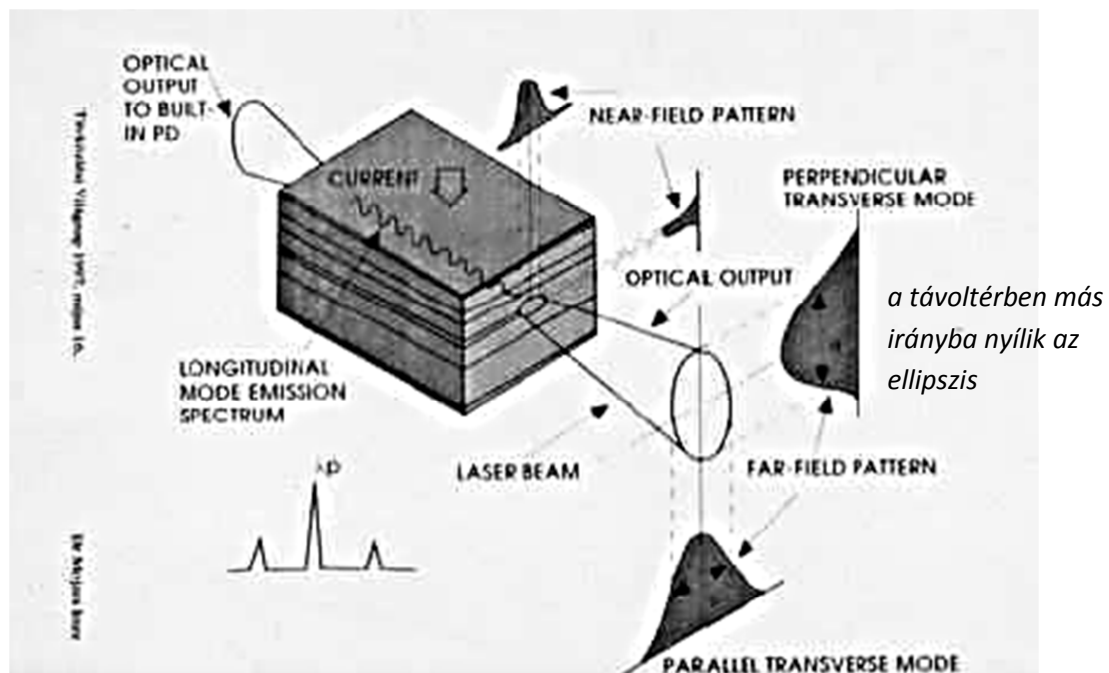
- kisebb átmeneti tartomány (nagyobb erősítés) ΔE kicsi $\rightarrow h \cdot \Delta f$ $\rightarrow \Delta f$ kicsi $\rightarrow$ kisebb kiszélesedés, pontosabb frekvencia
- nagyobb törésmutató (nagyobb erősítés), teljes reflexió jöhet létre
- a közrefogó rétegek nem nyelik el a fotont (kisebb veszteség).

Összefoglalva két előny:

- totálreflexiót tesz lehetővé (kisebb veszteség)
- kiszélesedés kisebb

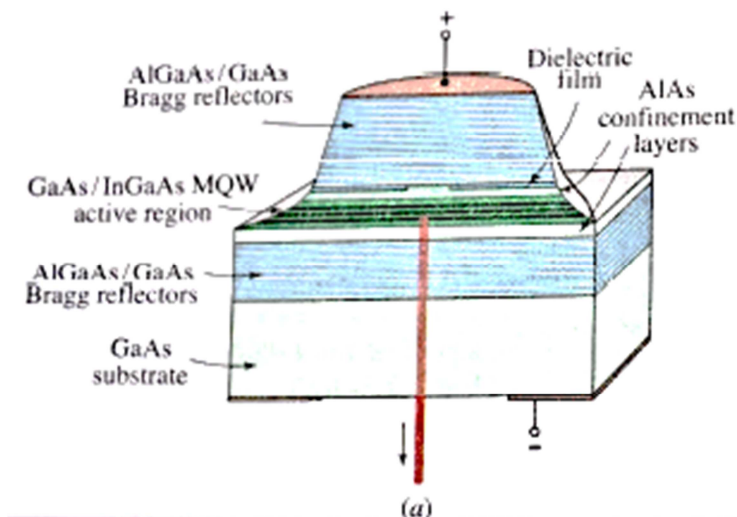


11. Mutassa be a lézardióda fényének közel- és távolféri geometriáját!



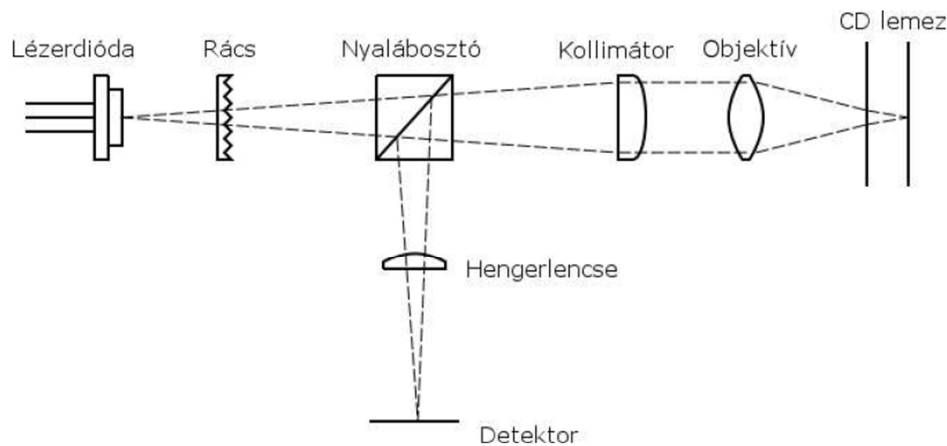
12. Mi a VCSEL, és milyen a szerkezete?

Függőleges üregű, felületi sugárzó lézer (vertical cavity surface emitting laser)



A Bragg reflektor azért szükséges, hogy közel 100%-os legyen a visszaverődés, mert a rétegrendszer nagyon keskeny, sokszor kell rajta áthajtani a sugarat, nem szabad, hogy nagy veszteség legyen egy visszaverődéskor!

A Bragg reflektor egyébként egy réteges struktúra, ahol minden réteg különböző törésmutatóval rendelkezik. A struktúra periodikus jellegű. Minden határon történik visszaverődés, amelynek együttes eredményeként (interferencia) úgy viselkedik a Bragg reflektor, mint egy tökéletes visszaverő!

CD-s kérdések:**Alapábra:**

17. ábra. Az optikai fej vázlata

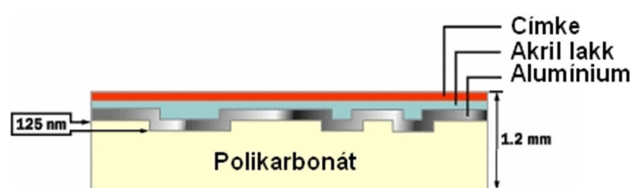
1. Mit csinál a rács és mire jó?

A sávkövetéshez szükséges két segédnyalábot a rács állítja elő.

A lézersugarat egy GaAlAs lézerdióda szolgáltatja. Ez a **rácsra** kerül, ami két segédfoltot állít elő (ezeket nem tüntettem fel az ábrán). A rácsról a fény egy prizmán keresztül egy kollimátor lencsére kerül, ami a divergens nyalábot párhuzamosítja, majd ezt a párhuzamos fénynyalábot az objektív lencse a lemezre fókuszálja.

2. Mit csinál a nyalábosztó és mire jó?

A lemeztől visszaverődő és az objektíven és a kollimátoron ismét áthaladó fényt a **nyalábosztó** prizma a hengerlencsén keresztül a detektorra vetíti, ami a fényintenzitást elektromos jellé alakítja

3. CD keresztmetszete, interferencia feltétele, miért?

Van egy polikarbonát réteg, amiben gödrök (PIT-ek) vannak. A beeső I intenzitású fény visszaverődik a vékony alumíniumrétegen.

A gödörben a fény π fázistolást kell hogy kapjon ahhoz, hogy a interferáljon azzal a fénysugárral,

ami nem a gödörből verődik vissza -> ez intenzitáscsökkenést okoz a visszavert fénysugárban -> ez tárolja az információt!

A PIT ("gödör") mélységéből következő fázistolás π legyen, hiszen így a fény gödörből visszatérő hullám intenzitása csökken interferálva önmagával.

Interferencia feltétele:

$$OPL = l \cdot n = k \cdot \lambda + \lambda/2, \text{ ahol } k \text{ eleme } \mathbb{Z}$$

OPL - optikai úthossz

l - hossz

n - törésmutató

λ - hullámhossz

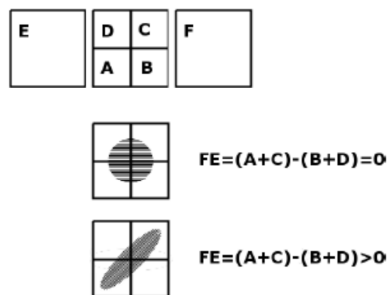
4. Mit csinál a hengerlencse és mire jó?

Az optikai olvasófej ábráján látható **hengerlencse** asztigmatizmust visz a rendszerbe, ami azt jelenti, hogy a lézervolt a fókuszsíkban körszimmetrikus, míg attól távolodva elliptikussá válik.

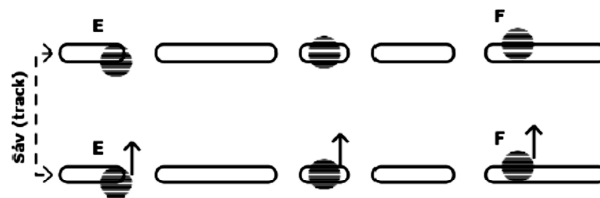
5. Detektor szerkezete és a TE, FE adat jelek előállításása?

- Fókuszkövetés (FE jel)
- Sávkövetés (TE jel)
- Olvasó jel (HF jel)

A hibátlan kiolvasáshoz szükséges, hogy az információhordozó réteg a fókuszsíkban legyen. Erre való a fókuszszervó. A folt a hat szegmensből álló detektor középső 4 szegmensére esik, és az ábrán látható módon előáll a fókusz hibajel.



18. ábra. A detektor felépítése és a fókusz hibajel



19. ábra. A sávhibajel keletkezése

Ezek szerint ha a $FE = (A + B) - (C + D)$, vagyis az ún. fókusz hibajel értéke 0, akkor a lemez fókuszsíkban van, ha pozitív, vagy negatív, akkor a fókuszszervó elvégzi a megfelelő irányú korrekciót. (Az egyes detektorszegmensek által szolgáltatott jelet neveztük el A, B, C, D, E és F-fel.)

A sávkövetéshez szükséges két segédnyaláb a rács állítja elő. A három (egy fő- és két melléknyaláb) nyaláb úgy esik a pitekre, hogy ha az olvasónyaláb pontosan a sávon van, akkor a két melléknyaláb helye egyforma mértékben, de ellenkező irányban tér el a sávtól.

Amennyiben a nyaláb lecsúszik a sávról az E-vel jelölt segédnyaláb épp a sávra csúszik, míg az F nyaláb teljesen lecsúszik a sávról. A sávra eső (E) nyaláb visszaverődés után interferál önmagával, intenzitása csökken. A két segédnyaláb az E és F detektorszegmensekre vetül. A $TE = F - E$ definícióval adott sávhibajel segítségével korrigálható a lézernyaláb helyzete.

A lejatszó működése során a lemez forog, a fő nyaláb a sávon halad, és a lemez a fókuszsíkban van. Az olvasó nyaláb piteken való áthaladásakor a visszaverődött nyaláb intenzitása lecsökken (a destruktív interferencia miatt), míg a pitek közötti tükröző felületről visszaverődve nő. Ez a különbség adja az időtől függő $HF = A + B + C + D$ jelet (HF: high frequency). Ebből a jelből dekódolással nyerjük vissza az **adatot**.

6. TE jel a CD lemez felületén? (?)

- lásd fent 5.