

14. Modulátorok

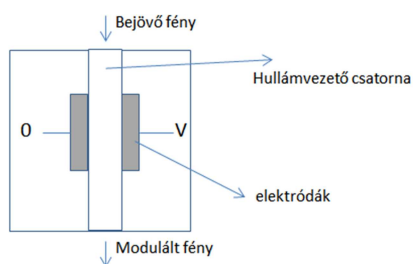
1. Mi az elektro-optikai jelenség, és milyen típusait ismeri?

Elektrooptikai jelenség az, ha egy anyagra elektromos térerősséget kapcsolva megváltozik a törésmutatója.

$n(E) = n_0 + a_1 E + a_2 E^2$ ahol a_1 - a Pockels-effektus, vagy lineáris elektro-optikai effektus, a_2 pedig a Kerr-effektus.

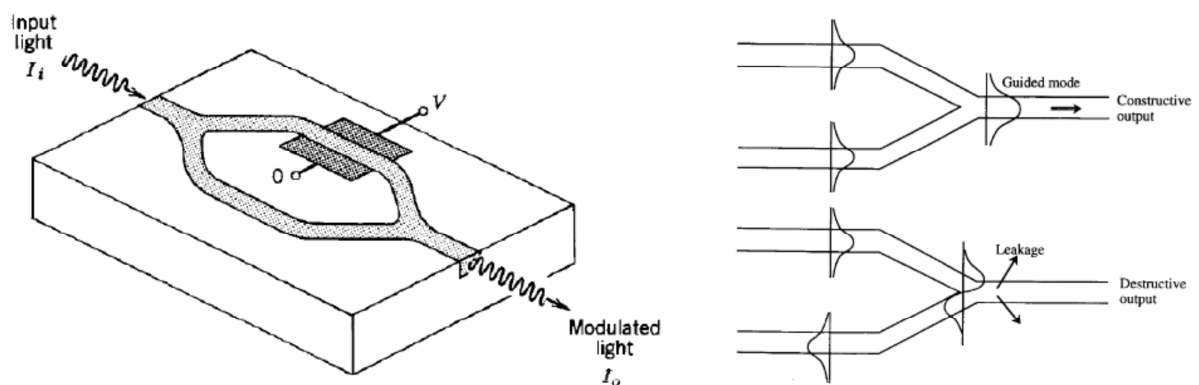
Az elektromosságnak bizonyos fényműveletekre gyakorolt hatásából származó jelenségek. Az első ilyen jelenséget Faraday fedezte fel 1845-ben. Azt tapasztalta ugyanis, hogy erős elektromágnes sarkai közé helyezett flint-üvegben a rajta áthaladó síkban polárizált fény polarizáció-síkját az elektromágnes elforgatja. Lineáris elektro-optikai jelenségek, és a Kerr féle effektus.

2. Rajzon ismertesse a hullámvezető típusú fázismodulátor működését!



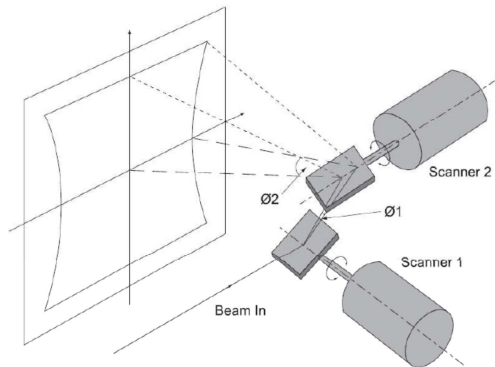
A hullámvezető csatorna: Itt megy a fény, törésmutatója kisebb, mint a szeleté, így a teljes visszaverődés miatt itt terjed a fény. Energia hatására változik a törésmutató -> modulálhatunk fázist.

3. Rajzon ismertesse a hullámvezető Mach Zender típusú működését!



Az elektródok segítségével a felső ág fázisát módosíthatjuk, ettől függően a két ág találkozásánál konstruktív vagy destruktív interferencia lehet. -> amplitúdómodulálhatunk

4. Hogyan működnek a rezgőtükrök?



A rezgőtükröket egy bizonyos tengely körül tudjuk forgatni, így szabályozhatjuk, hogy merre térítse el a fényt. Két rezgőtükörrel egy felületet pásztázhatunk.

A képtorzulás okai:

- a tükrök nem azonos pozícióban vannak
- a képméret nem arányos a szöggel
- ha lencsét használunk a fókusz nem sík.

5. Milyen pásztázási sebesség érhető el forgó-poligon tükrökkel? Mi korlátozza?

Akár 30ezer RPM (gondolom rotation per minute).

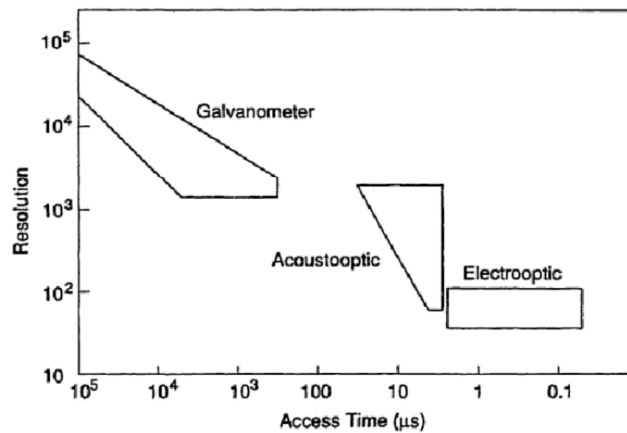
Tippem a korlátra: a forgás sebességértékét pontosan kell tartani, ez problémás nagyobb sebességen.

6. Mekkora az eltérítési szöge a piezo-tükröknek? Mi korlátozza?

A piezo tükrök eltérítési szöge kicsi, akkor 2 milliradián. Ez abból adódik, hogy a piezoelektromos tulajdonságokat mutató anyagokra feszültséget kapcsolva viszonylag kicsi deformációt érhetünk el, így a piezotükrökkel kis szögben tudunk eltéríteni.

7. Milyen összefüggés van az eltérítők felbontása és sebessége között? Rajzoljon!

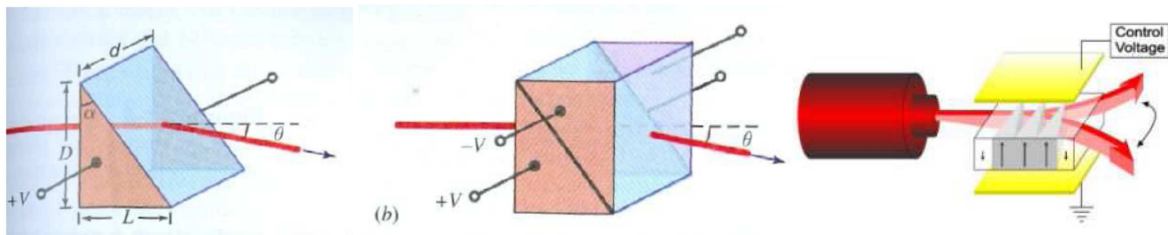
Fényeltérítők felbontása = az eltérítés szöge/nyaláb divergenciával



Fényeltérítők felbontása = az eltérítés szöge/a nyaláb divergenciája

8. Hogyan működnek az elektro-optikai fényeltérítők?

Kisszögű prizmák esetén: theta változtatható a rákapcsolt feszültséggel:

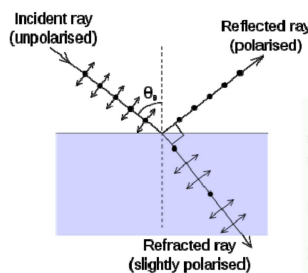


Domán inverzióval prizmasort alakíthatunk ki -> eltérítés. // utolsó ábra

15. Polarizátorok

9. Mi a Brewster szög, és milyen alkalmazásait ismeri?

Az a beesési szög, amelynél a visszavert és megtört fénysugár szögének összege 90°



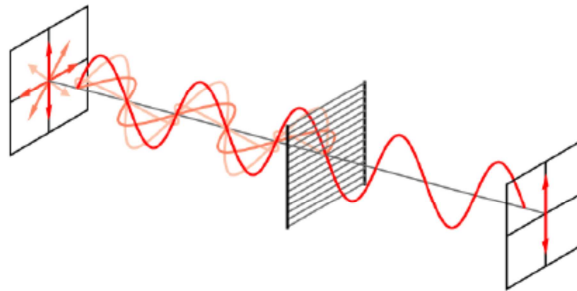
$$\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ, \theta_B = \arctan(n_2/n_1)$$

Alkalmazások:

- gázlézerek ablaka ->nincs veszteség a rezonátorokban
- polarizált fény előállítása

10. Hogyan működnek az abszorpciós elvű polarizátorok? Milyen hatékonyság érhető el velük?

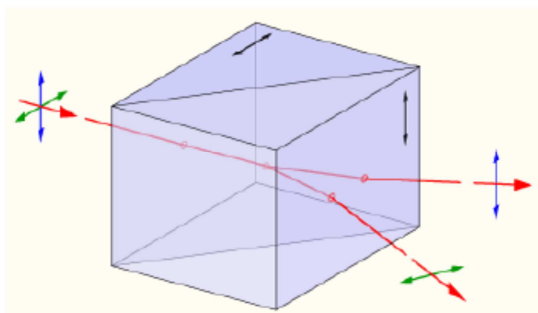
Fémrács polarizátorok. A rácsávolság (a likak) a hullámhossznál kisebbek, ekkor a fémrács csak 1 polarizációs irányt enged át. Ez az ábrán jól látható:



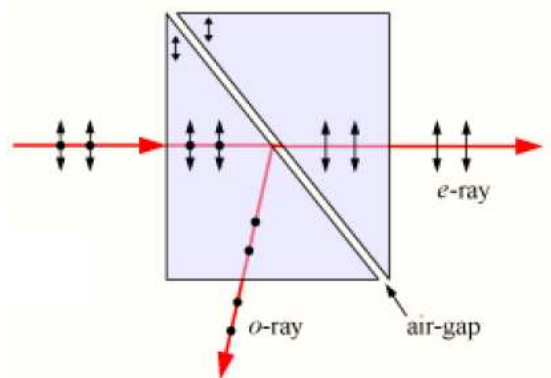
- vízszintes irányban mozgékonyabbak az elektronok -> könnyebben nyelik el a fényt -> vízszintes irányban elnyelődik, függőleges irányban átmegy.
- előnyös, ha a rácsávolság λ -nál kisebb
- mikrohullámú, közeli infravörös tartományban használják
- Hatékonyságuk: egyáltalán nincsen színtorzító hatás, és nagyon jó a polarizáció hatékonysága (0,002% crossed transmission 570 nm-en).

11. Rajzon ismertesse legalább kettő kettőtörő polarizátor működését!

Wollaston prizma: kalcit kristályból egymásra merőleges kristálytani tengelyekkel.



Glan-Taylor prizma: Ordinárius nyaláb a légrésnél határszög alatt => teljes visszaverődés. Extraordinárius nyalábra Brewster-szög => nagy transzmisszió.



12. Mire, és hogyan használhatóak a késleltető lemezek?

A wave plate, vagy retarder: a rajtuk áthaladó fény polarizáltságának irányát hivatottak megváltoztatni. Ennek módja, hogy a fényhullám egymásra merőleges polarizációs komponenseit egymáshoz képest késlelteti, vagyis megváltoztatja a fáziskülönbséget közöttük. Az egymásra merőleges fénykomponensek eltérő sebességgel haladnak az anyagban. Ezek az eszközök általában csak egy ügyesen megválasztott kristálytani orientációjú és vastagságú kettőtörő kristályt jelentenek.

13. Hogyan érhető el nullad-rendű késleltetés?

Nullad-rendű késleltetés eléréséhez két késleltetőre van szükség, melyek egymástól minimálisan térnek csak el vastagságban. Ez az eltérés lesz az, amelynek következményeként létrejön a nullad-rendű késleltető. Ezeket a lemezeket egymásnak kell fordítani úgy, hogy az egyik gyors-tengelye a másik lassú-tengelyével találkozzon. Ekkor nullad rendű késleltetőt hoztunk létre.

Pl. : 800nm-en a kvarcból készített $\lambda/2$ lemez csak 45 mikrométer vastag. Ha vastagabbat csinálunk, akkor a felharmonikusokra is teljesül a feltétel, és nem nulladrendű késleltetés lesz. megoldás: két lemezt készítünk, 45 mikrométer méretkülönbséggel, és azokat az optikai tengelyekkel merőlegesen összeillesztjük.

14. Mi a feltétele a közel hullámhossz független késleltetésnek?

Tipp: megfelelően megválasztott, különböző diszperziójú anyagokból létrehozható megfelelően hullámhossz független késleltetés.

15. Mi határozza meg az üveg szűrők transzmisszióját?

Az üveg szűrők összetétele határozza meg, hogy az egyes frekvenciákon milyen a transzmisszió, de az üveg felületének minősége is szerepet játszik benne.

16. Mi a WDM szűrők jellemző felépítése?

Wavelength Division Multiplex filter, vagyis hullámhossz szerint szétválasztja a fénynyalábot. Passzív optikai elem. Jellemzők:

- csak $\lambda/4$ vastag rétegekből
- sok réteg, akár 200-nál is több
- Fabry-Perot rezonátorokat tartalmaz

17. Hogyan állítják elő a WDM szűrőket?

Vákuumpárolgatással: hideg hordozóra lecsapódik a párolgatott SiO_2 , TiO_2

A rétegek előállítását plazmával segítik.

Alapból: atom a felülethez ér, bolyong, helyet keres a következő beérkező atom az előző mellé fog kötődni -> szigetenként keletkezik a felület -> lassan kell csinálni. Ehelyett a plazmás megoldás:

A nehéz nemesgáz ionok segítik a rétegkiépülés folyamatát, növelik a kialakuló réteg rendezettségét: nagyobb rétegkiépülési sebesség; alacsonyabb hordozó hőmérséklet; tisztább, tömörebb, egyenletesebb réteg.

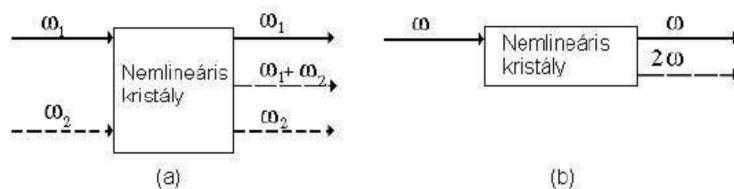
16. Frekvenciaváltoztatók

18. Mit értünk nem lineáris optikai jelenségen, és mik a fontosabb jellemzői?

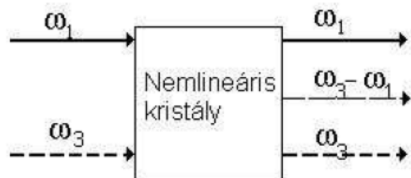
A diektromos polarizáció nemlineáris függvénye a térerősségnek. Általában nagy térerősségek esetén figyelhető meg, pl. impulzusüzemű lézerek segítségével. A szuperpozíció elve nem érvényes.

19. Milyen „frekvencia változtató” műveletek végezhetők el nemlineáris optikai elven?

Abban az esetben, ha a közegbe ω_1 és ω_2 frekvenciájú fény lép és $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$ frekvenciájú fény keletkezik, **összegfrekvencia keltésről** beszélünk. Ennek egy speciális esete az $\omega_1 = \omega_2$; ilyenkor másodharmonikus keltésről, vagy frekvenciakétszerezésről beszélünk.

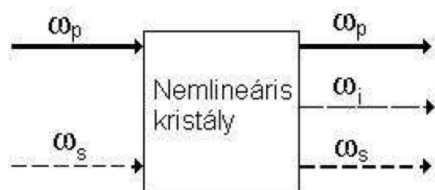


Különbségrekvencia keltésről beszélünk, ha a közegbe ω_1 és ω_3 frekvenciájú fény lép be és egy $\omega_2 = \omega_3 - \omega_1$ frekvenciájú is kilép a másik kettő mellett.



20. Mi az optikai parametrikus erősítés (OPA)?

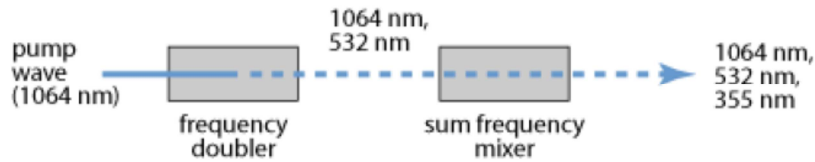
Amennyiben különbségrekvencia keltésnél az ω_3 frekvenciakomponensű fény intenzitása számottevően nagyobb ω_1 frekvenciakomponensűnél, valamint ω_2 frekvenciakomponensű fény keletkezése mellett ω_1 intenzitása jelentősen nő, optikai parametrikus erősítésről beszélünk.



21. Hogyan érünk el frekvencia háromszorozást?

Általában két fázisban:

- először frekvenciakétszerezés
- a keletkezett két frekvencia összegzése

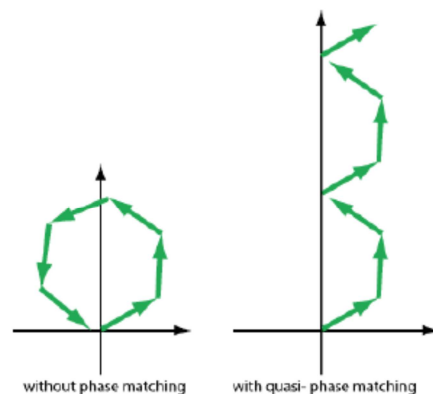


22. Mi a fázisillesztés?

A frekvencia változtató műveletek hatásfoka jelentősen csökken, ha nem valósítunk meg fázisillesztést. Pl: összegfrekvencia keltésénél.

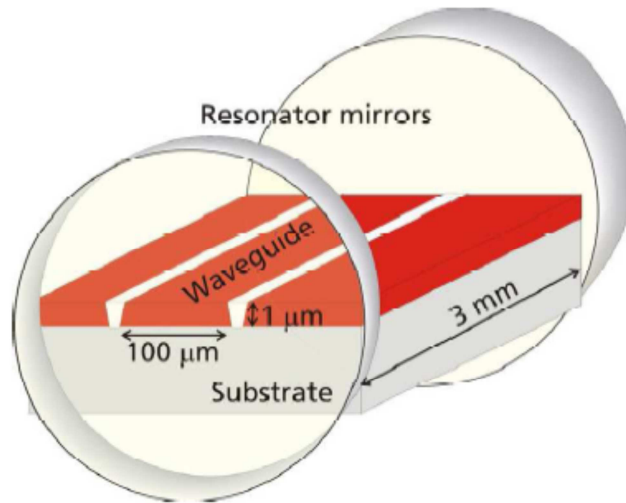
Kettőstöréssel rendelkező kristályoknál el lehet érni a fázisillesztést oly módon, hogy a kölcsönható fénynyalábok nem mind azonos polarizációjúak. A kettőstörés gyakran lehetőséget ad arra, hogy megfelelő polarizációt és terjedési irányt választva elérjük a fázisillesztést.

23. Mit nevezünk kvázi fázis illesztésnek, és hogyan érjük el?

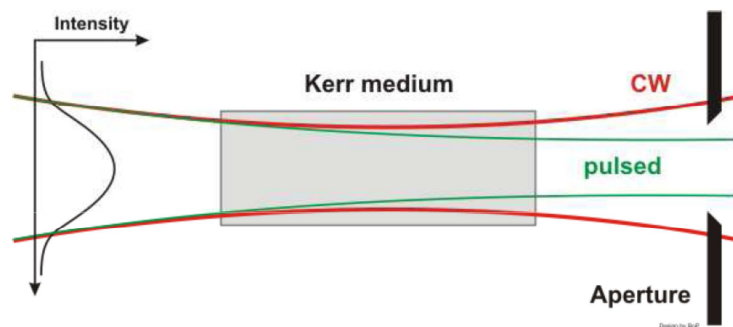


A kvázi-fázisillesztés technikájával a valódi nemlineáris fázisillesztéshez hasonló eredményre jutunk, főleg a nemlineáris frekvencia konverzióhoz hasonlít. homogén nemlineáris kristály helyett térben modulált nemlineáris tulajdonságú anyagokat használunk. A technika lényegében engedélyez fázishibát valamilyen terjedési távolságon belül. Mindezt azzal a céllal, hogy megfordítsunk, vagy megszakítsunk olyan nemlineáris folyamatokat, amely során a konverzió rossz irányban hajtódna végre. (diárról fordítottam)

24. Hogyan épül fel a frekvencia kétszerezett hullámvezető lézer?



25. Rajzon ismertesse a Kerr-lencsés módus szinkronizálás elvét. Hol alkalmazzák?



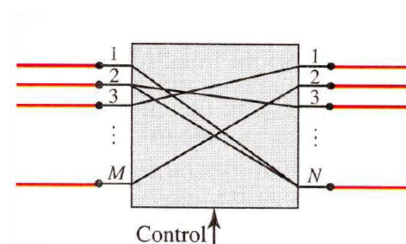
Kerr-effektus: törésmutató változik elektromos tér hatására (négyzetesen). Az impulzusokat és a folyamatos fényt másképp fókuszálja.

Elsősorban fsec lézerekben alkalmazzák.

17. Kapcsolók

26. Mit nevezünk crossbar kapcsolónak?

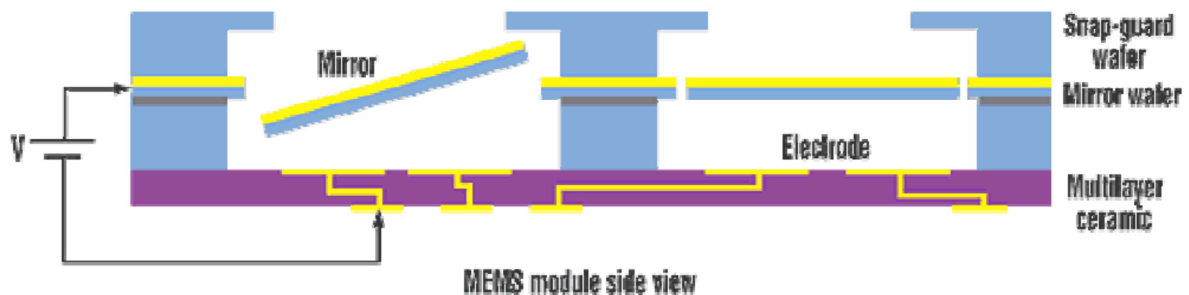
Egy olyan kapcsoló, amely több bemenet és több kimenet között kapcsol mátrixos módon.



27. Soroljon fel legalább négy optikai kapcsoló megvalósítási lehetőséget! Emelje ki előnyeiket és hátrányaikat!

- MEMS: mikrotükrökkel irányítjuk a fényt a megfelelő helyre
 - jó a hatásfoka
 - nem túl nagy kapcsolási sebesség
 - pontos illesztés kell, nehéz előállítani
- Folyadékkristályok segítségével a fény polarizációs síkjának elforgatása 0 vagy 90°-kal
 - jó minőség
 - nagy méreteken előállítható
 - kapcsolási sebesség kicsi
- SOA – semiconductor optical amplifier
 - megvalósítható az All-Optical-Switching, amikor a vezérlés is fény
 - drága
 - gyors kapcsolás
- Termikus: interferométer egyik ágán a T segítségével módosítjuk a törésmutatót
 - legkisebb kapcsolási sebesség

28. Mutasson be MEMS alapú 3D kapcsolót!

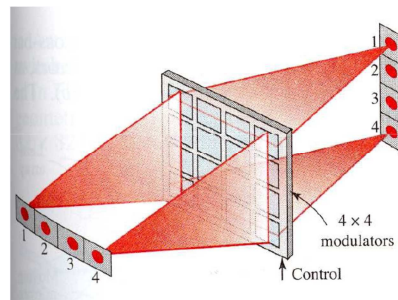


- Kapacitív elven működnek, az elektródára feszültséget kapcsolva eldönthetjük merre billenjen
- tükrök -> jó a hatásfoka
- pontosan kell billenteni -> nehéz megvalósítani
- 2000 × 3000 –es mátrixok is előállíthatóak

29. Hogyan lehet 1xN optomechanikai kapcsolót készíteni?

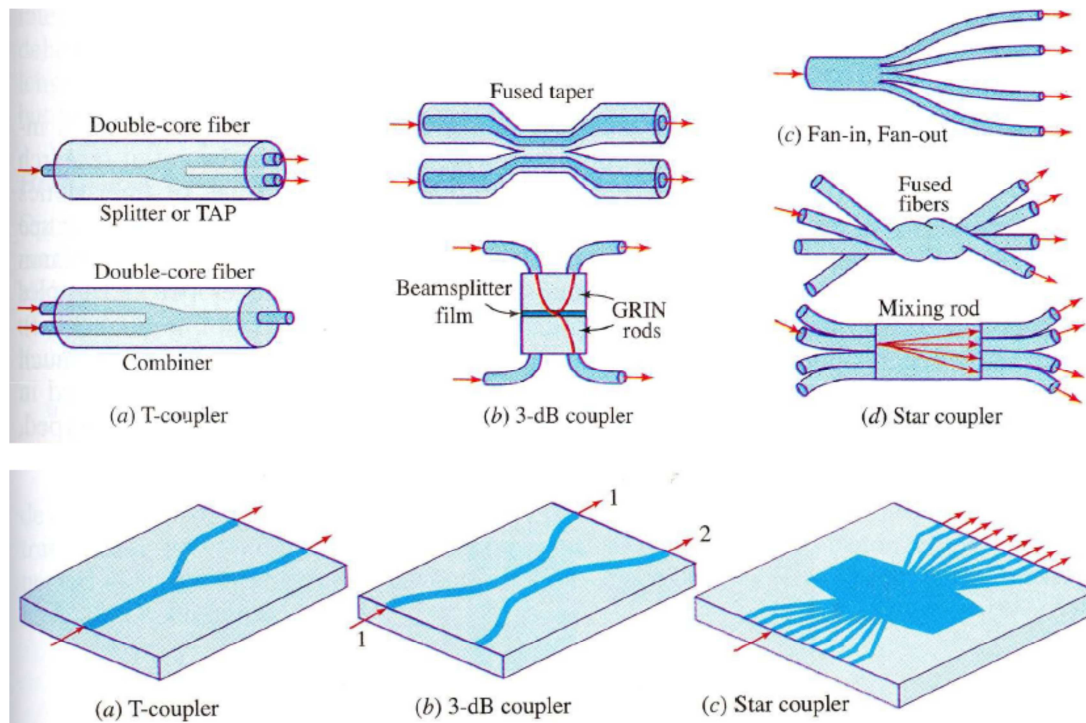
Pici elektromágnesekkel mozgatjuk a kalapácsokat, amik végén tükrök vannak. Ez dönti el hol megy ki a fény. mivel tükröket használ, jó a hatásfoka.

30. Hogyan valósítható meg crossbar kapcsoló LCD-vel?



Beállíthatjuk hogy melyik helyről melyikre menjen a fény aszerint, hogy a mátrixban melyik pont forgat polarizációs síkot.

31. Mutasson be néhány optikai szál illetve planár hullámvezető csatolót!

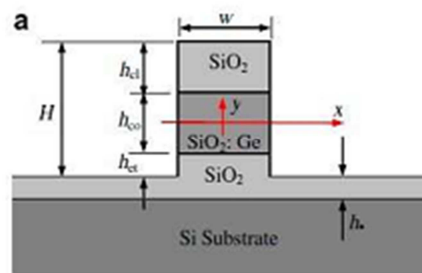


fent: kétmagos szál

3dB-es csatoló

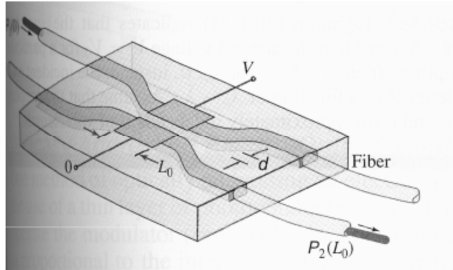
csillagcsatoló

32. Mi a működési elve az MMI csatolóknak?



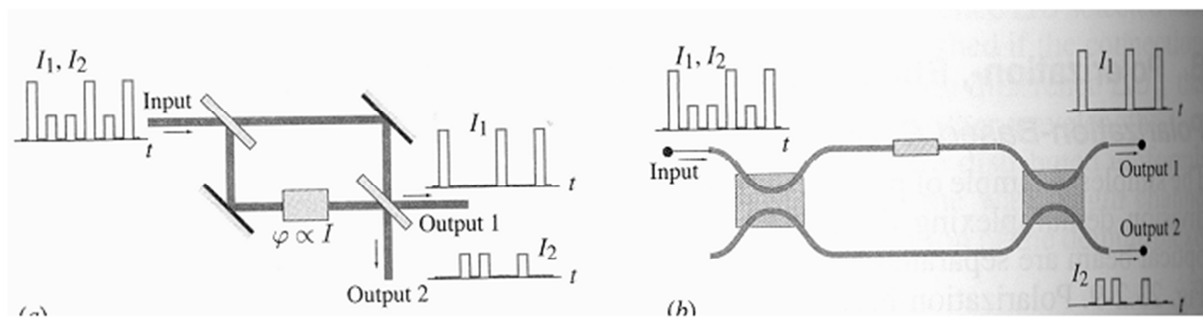
A falról visszaverődő és az egyenesen jövő hullámok interferenciájának eredményeképp a 4 kimeneti pontban maximális erősítés lesz, ha jól számoljuk ki a méreteket: w és L

33. Hogyan valósítható meg hullámvezető elektrooptikai 2x2 kapcsoló?



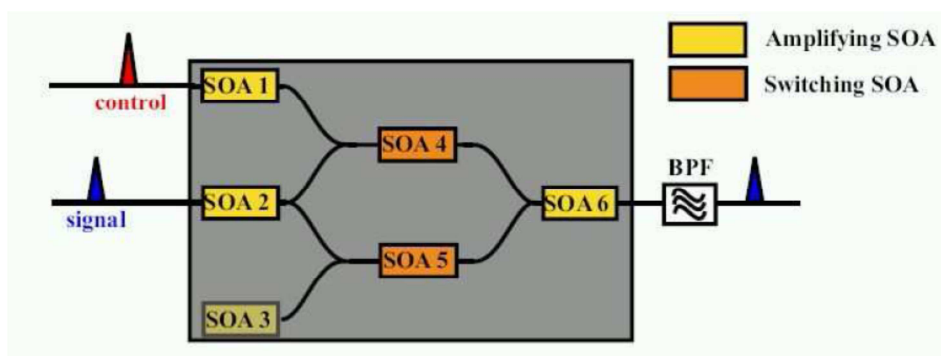
Elektromos tér $\rightarrow$ változik a törésmutató

34. Mi a működési elve a nemlineáris Mach-Zender interferométernek és mire használható?



Fázistolása függ az intenzitástól. $\rightarrow$ bizonyos intenzitásnál konstruktív másoknál destruktív interferencia. Amplitúdóban van az információ, hogy merre menjen. All Optical Switching.

35. Hogyan valósítható meg SOA segítségével az All Optical Switching?



control off: signal mindkét útra ua. az út $\rightarrow$ konstruktív interferencia $\rightarrow$ átmegy.

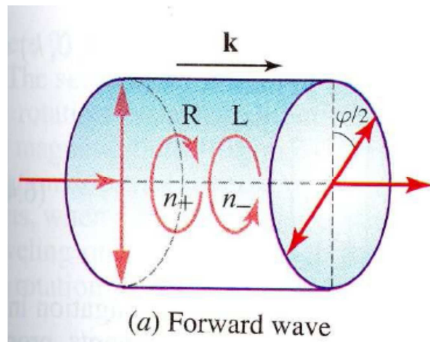
control on: felső ág megváltozik $\rightarrow$ SOA6 előtt kioltják egymást.

18. Magneto-, akusztóoptikai eszközök

36. Mit nevezünk optikai aktivitásnak?

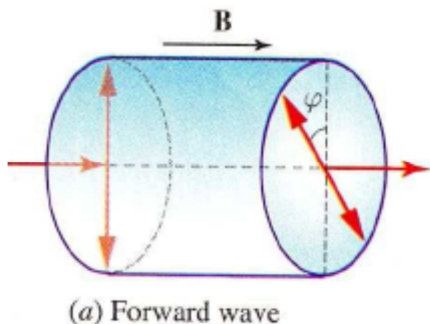
Léteznek olyan anyagok, hogy a jobbról és a balról cirkulárisan polarizált hullám különböző sebességgel terjed -> sebességkülönbség miatt fáziskülönbség -> a polarizáció síkja elfordul.

Az anyagon áthaladó polarizált fényt elforgatja. Ha egy fénysugarat előrefele küldjük át az anyagon, aztán a másik irányból is, akkor visszaforgatja az eredeti helyzetébe.



37. Mi a magnetooptikai jelenség, és melyek fontosabb jellemzői?

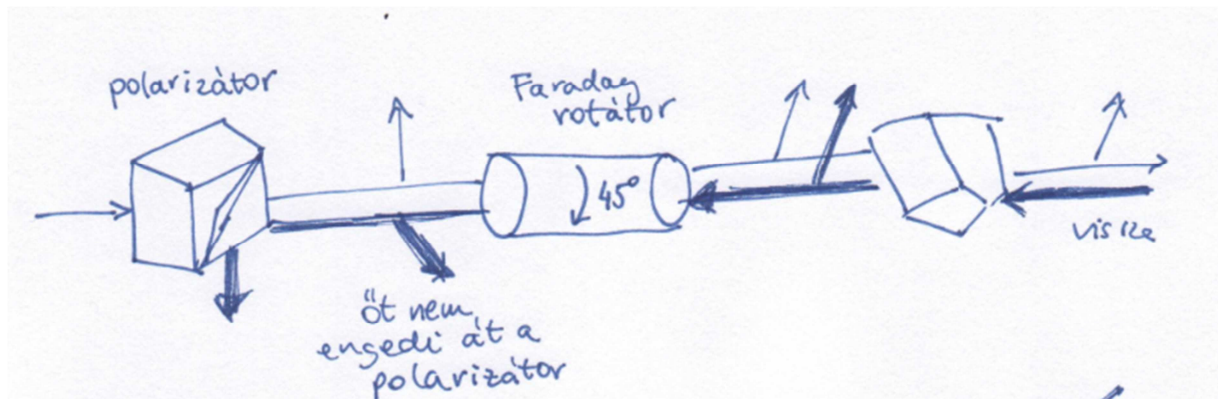
Hasonló az optikai aktivitáshoz, az anyagok mágneses tér jelenlétében mutatják (mágneses térrel indukálják a polarizáció síkjának elforgatását). A lényegi különbség, hogy ha a fénysugarat oda és vissza végigküldjük, kétszeres forgatást szenved el ahelyett (ugyanabba az irányba forgat), hogy az eredeti pozíciójába jutna (pl. optikai dióda, ha polarizátort teszünk rá)



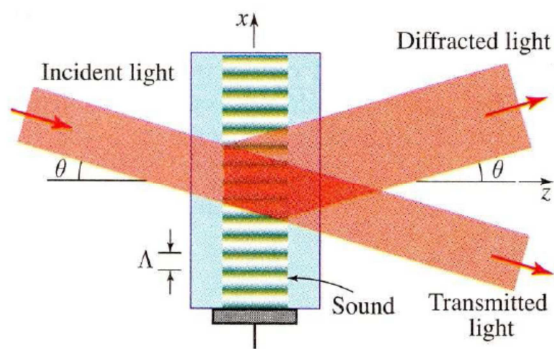
A forgatási képesség Verdet
állandóval kifejezve

$$\rho = \mathfrak{V}B,$$

38. Rajzon ismertesse egy optikai izolátor működését!



39. Mi az akuszto-optikai jelenség?



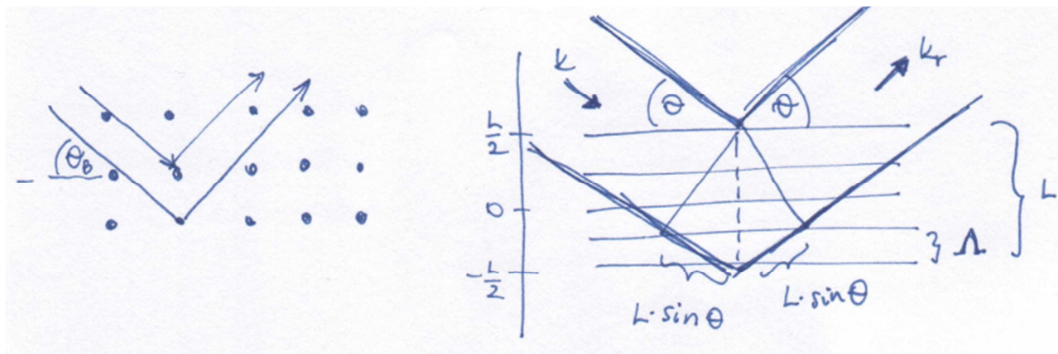
Sűrűség hullámok hatására megváltozik a törésmutató periodikusan -> optikai rács -> diffraktált nyaláb keletkezik egy bizonyos szög esetén

$$\sin(\theta) = \lambda / 2\Omega$$

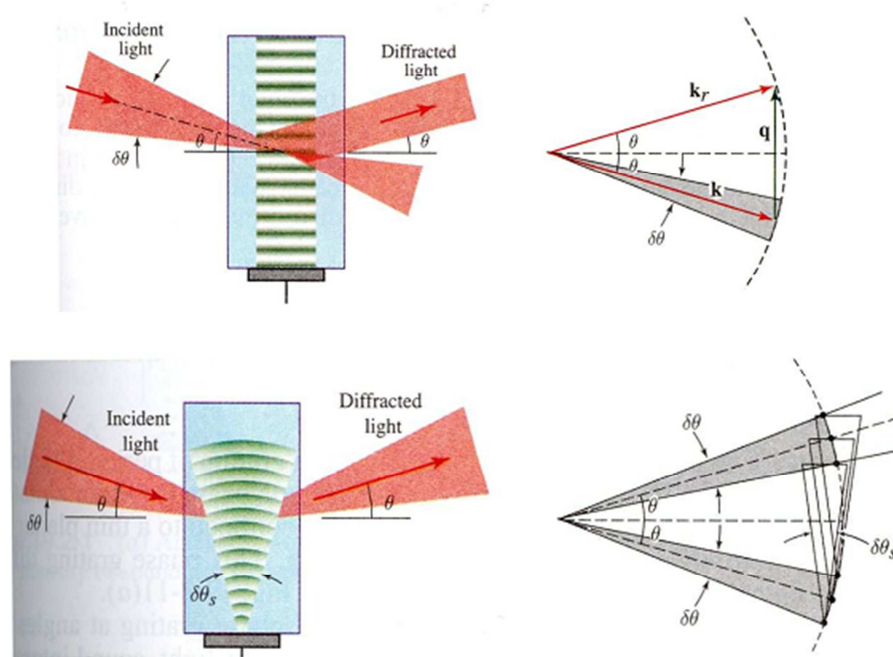
40. Mi a Bragg diffrakció, és milyen feltételei vannak?

Optikai rácsra (akár egy kristályra) adott szög alatt világítva diffraktált nyalábot észlelhetünk. Az útkülönbség akkora, hogy konstruktív interferencia legyen.

feltétel: $\sin(\theta_B) = \lambda / 2\Lambda$ (lambda a fény hullámhossza)

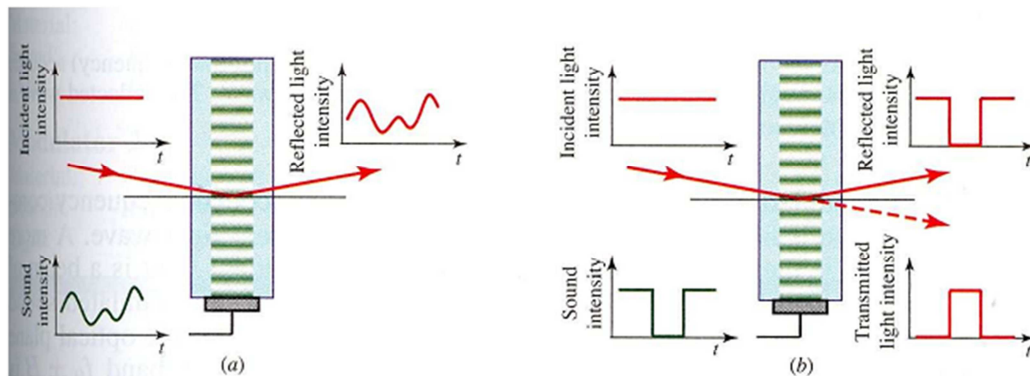


41. Mi a nyalábdivergenciák hatása az akusztó-optikai diffraktált nyalábra?



Első esetben csak a fénysugár divergál, második esetben a hanghullám is. Ha csak a fény, akkor az áthaladó sugár, és a diffraktált sugár közötti szög megváltozik. Ha mindketten divergálnak, akkor okdás ronda mialófaszez lesz belőle.

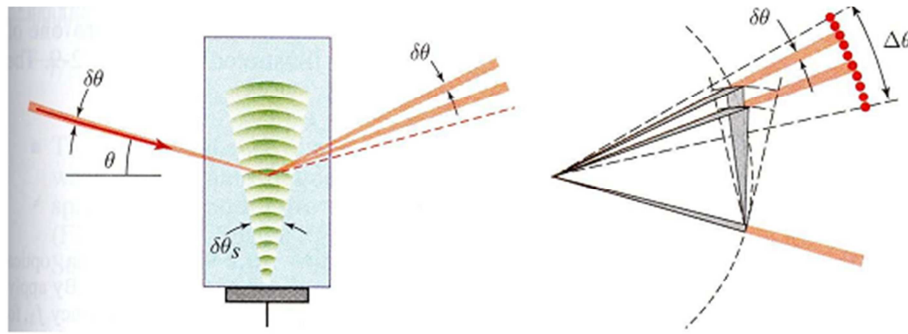
42. Hogyan működnek az akusztó-optikai modulátorok és mik a jellemzőik?



$$B = \frac{1}{T}, \quad T = \frac{D}{v_s}$$

T = felfutási idő, v_s = hang sebessége, D = apertúra (LAMBDA), B = megkívánt sávszélesség

43. Hogyan működnek az akusztó-optikai fényeltérítők és mik a jellemzőik?



$$\Delta\theta = \frac{\lambda}{v_s} B, \quad N = \frac{\Delta\theta}{\delta\theta} = \frac{(\lambda/v_s)B}{\lambda/D} = \frac{D}{v_s} B, \quad N = TB,$$

Ha változtatom a hang frekvenciáját, akkor más szögben térítem el a beérkező nyalábot, de csökken az intenzitása, mert arra az irányra nem teljesül a Bragg-feltétel -> divergens akusztikus nyalábot alkalmazunk, így mindig lesz megfelelő irány a feltétel teljesítéséhez.

Jellemzők:

- mekkora tartományt tudok pásztázni: $\Delta\theta = \frac{\lambda}{v_s} * B$ (kb 30 mrad)
- mekkora szögeket, hány pontot tudok megkülönböztetni (a nyaláb divergenciájától függ)

$$N = TB = \frac{D}{v_s} * B, \quad N \text{ a pontok száma}$$

44. Hogyan épül fel egy akusztó-optikai spektrum analizátor?

vékonylencse: máshova fókuszálja a különböző szög alatt beeső nyalábot

kis szög esetén szög ~ hely és + szög ~ frekvencia -> analizál

