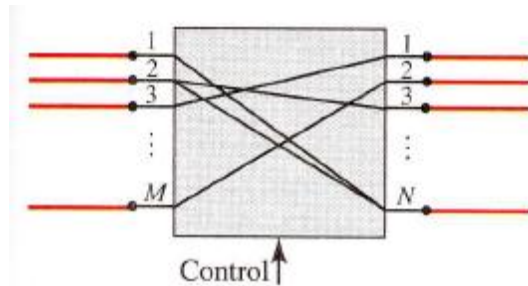


17. Kapcsolók

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

28. Mutasson be MEMS alapú 3D kapcsolót!



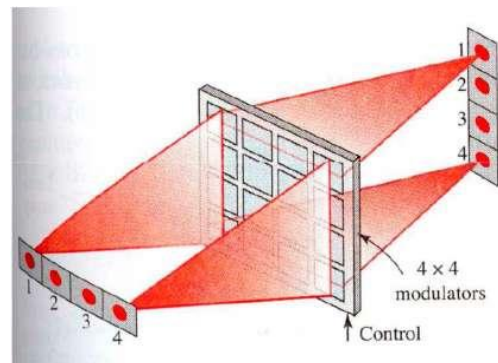
- Kapacitív elven működnek, az elektródára feszültséget kapcsolva eldönthetjük merre billenjen
- tükör -> jó a hatásfoka
- pontosan kell billenteni -> nehéz megvalósítani
- 2000 x 3000 -es mátrixok is előállíthatóak

29. Hogyan lehet 1xN optomechanikai kapcsolót készíteni?

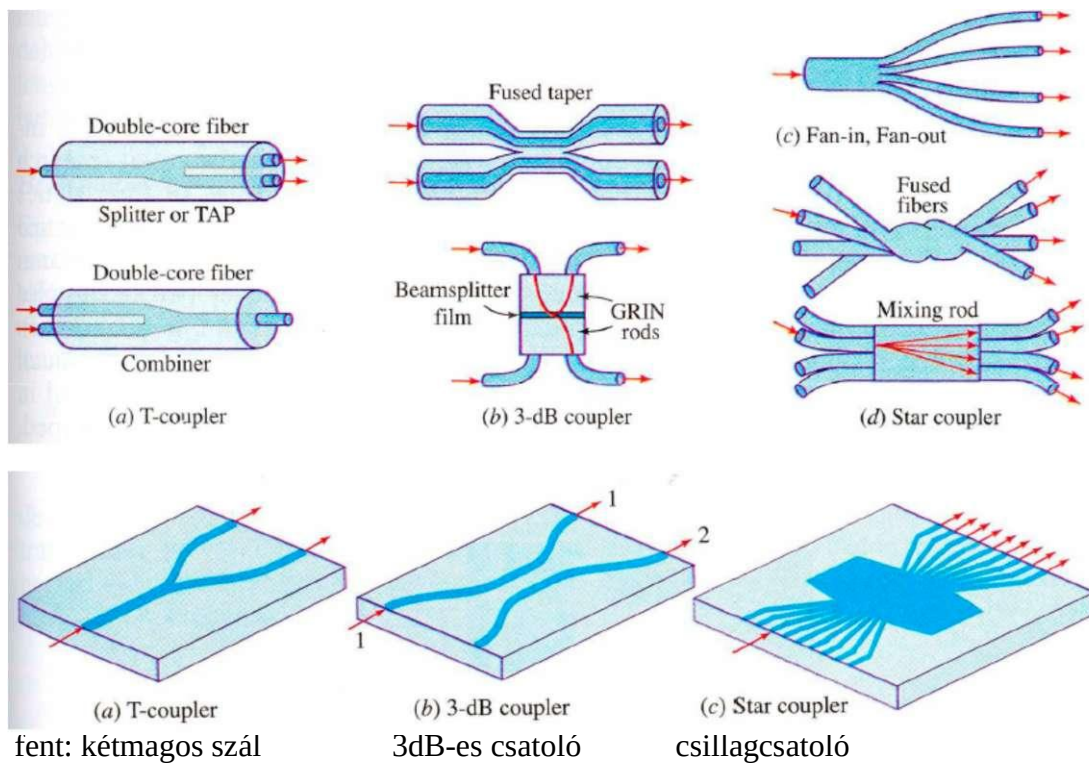
Pici elektromágnesekkel mozgatjuk a kalapácsokat, amik végén tükrök vannak. Ez dönti el hol megy ki a fény. mivel tükröket használ, jó a hatásfoka.

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!



32. Mi a működési elve az MMI csatolóknak?

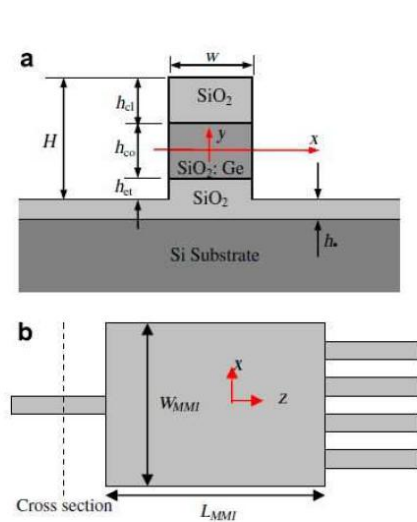
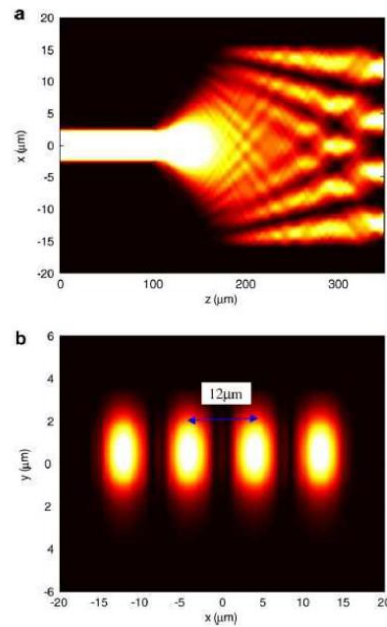
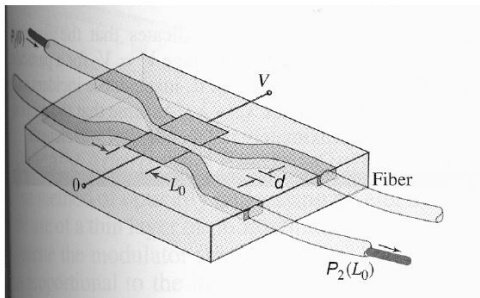


Fig. 1. The schematic configuration of the MMI structure (a) the cross section of the deeply-etched SiO₂ ridge waveguide; (b) top view of the MMI coupler.



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

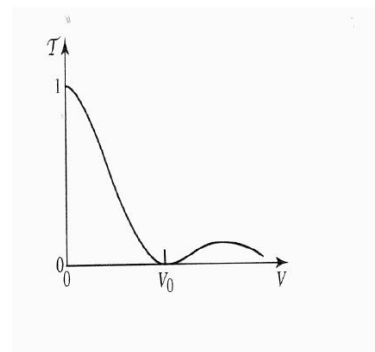
33. Hogyan valósítható meg hullámvezető elektrooptikai 2x2 kapcsoló?



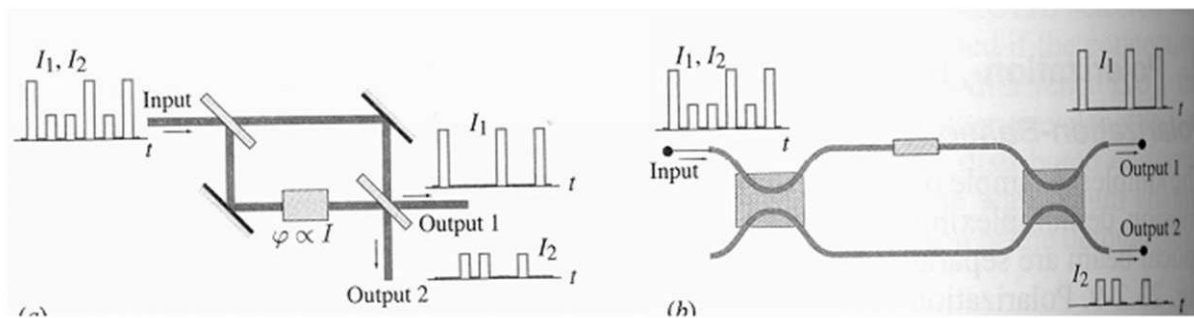
Elektromos tér $\rightarrow$ változik a törésmutató

$$V_0 = \sqrt{3} \frac{d}{L_0} \frac{\lambda_0}{2n^3 r} = \frac{\sqrt{3} \epsilon \lambda_0 d}{\pi n^3 r}$$

$$\mathcal{T} = \frac{\pi^2}{4} \text{sinc}^2 \left[\frac{1}{2} \sqrt{1 + 3 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2} \right]$$

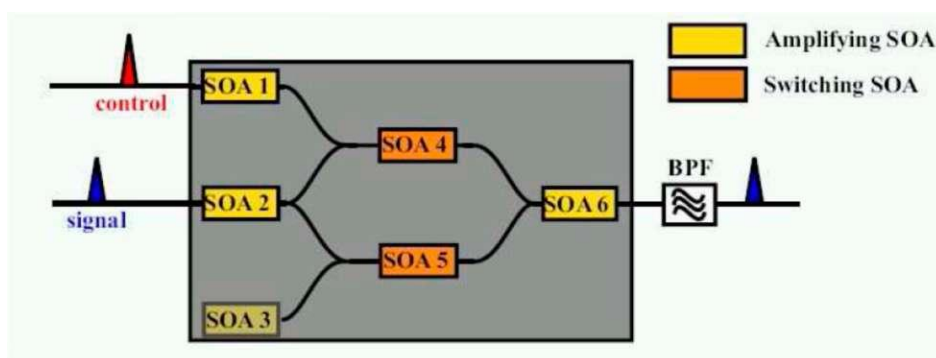


34. Mi a működési elve a nemlineáris Mach-Zender interferométernek és mire használható?



Fázistolása függ az intenzitástól. -> 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?



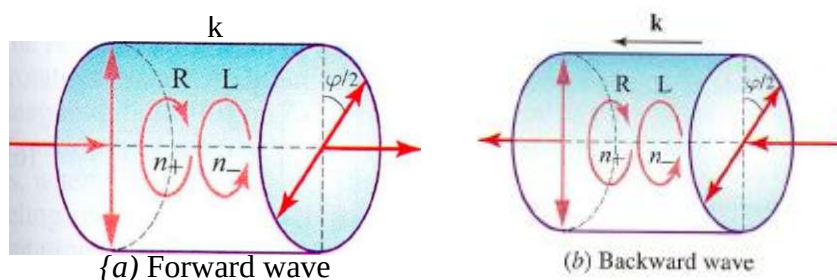
control off: signal mindkét útra ua. az út ->konstruktív interferencia ->átmegy. control on: felső ág megváltozik -> SOA6 előtt kioltják egymást.

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.



Polarizációs forgatás mértéke:

$$\pi(n_- - n_+)d/\lambda_o$$

$$\rho = \frac{\pi}{\lambda_o} (n_- - n_+).$$

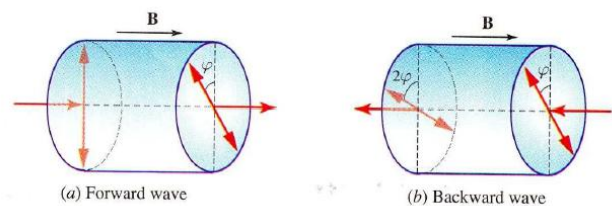
Forgatási képesség:

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

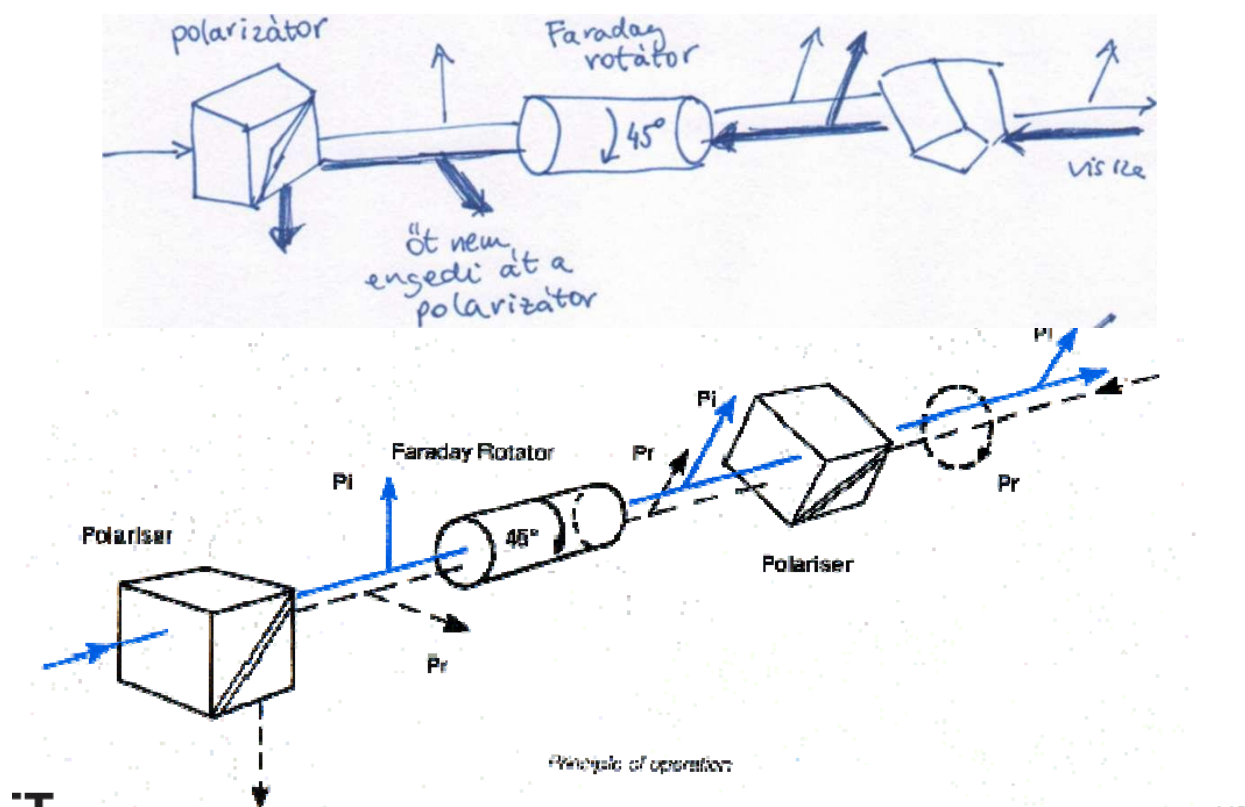
Hasonló az optikai aktivitáshoz, az anyagok mágneses tér jelenlétében mutatják (mágneses térrel indukálják a polarizáció síkjának elforgatását). A lényegi különbség, hogy ha a fénysugarat oda és vissza végigküldjük, kétszeres forgatást szenved el ahelyett (ugyanabba az irányba forgat), hogy az eredeti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

A forgatási képesség Verdet
állandóval kifejezve

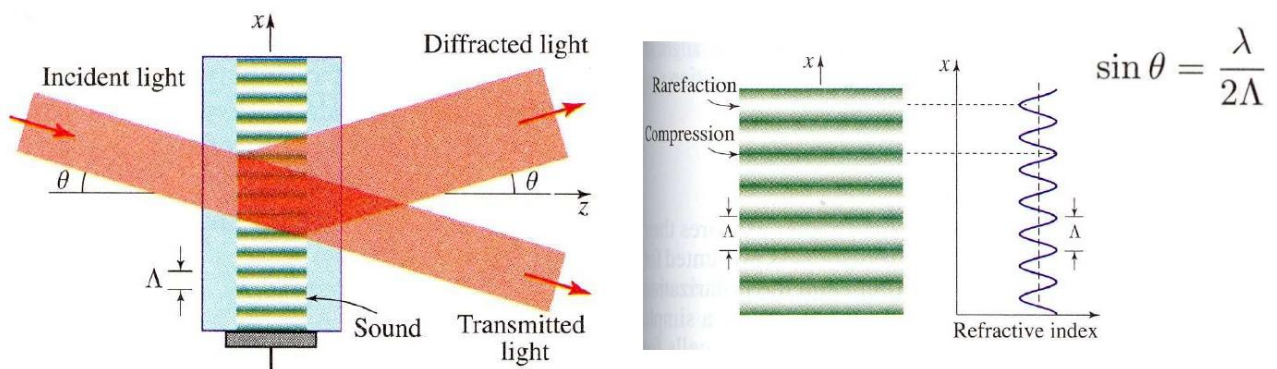
$$\rho = \mathfrak{V}B,$$



38. Rajzon ismertesse egy optikai izolátor működését!



39. Mi az akusztó-optikai jelenség?

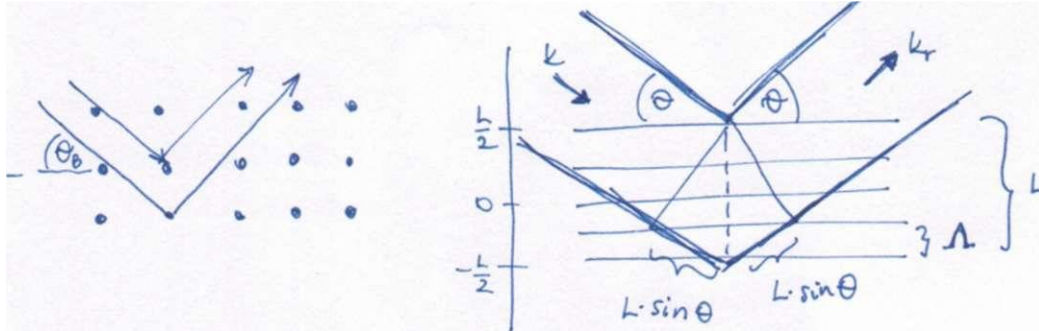


Sűrűség hullámok hatására megváltozik a törésmutató periodikusan $\rightarrow$ optikai rács $\rightarrow$ diffraktált nyaláb keletkezik egy bizonyos szög esetén

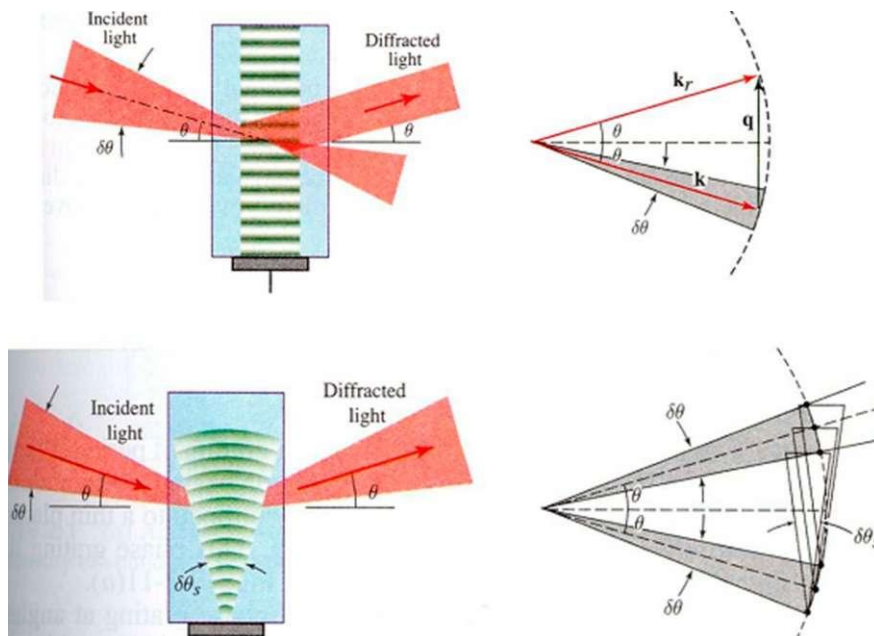
40. Mi a Bragg diffrakció, és milyen feltételei vannak?

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

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



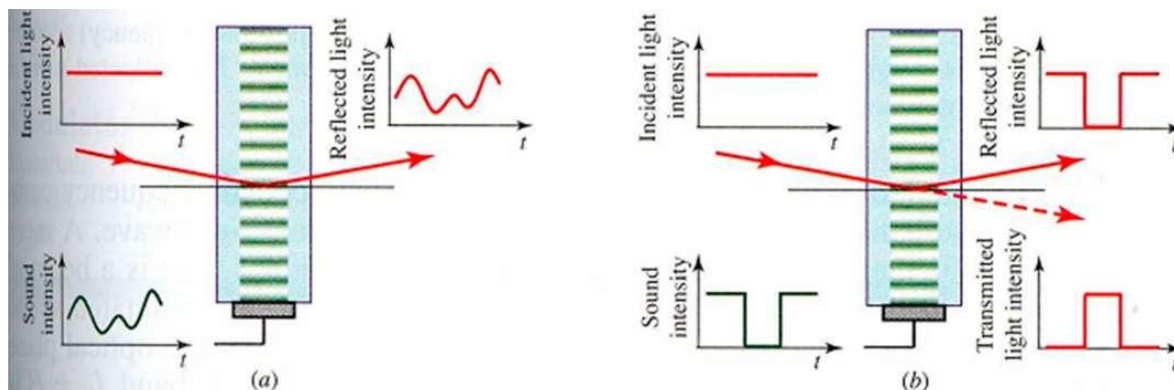
41. Mi a nyalábdivergenciák hatása az akusztó-optikai diffraktált nyalábra?



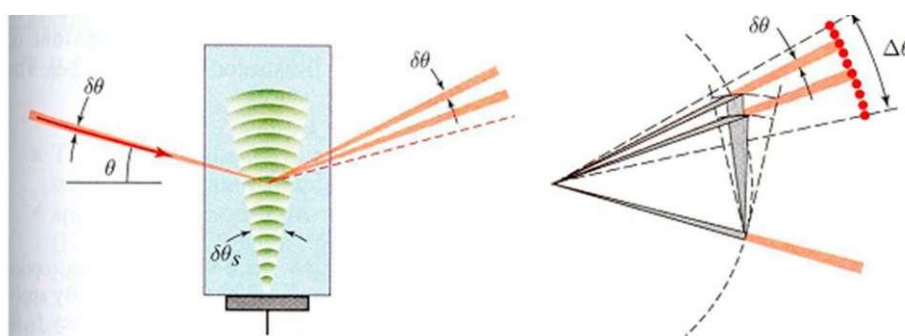
Első esetben csak a fénysugár divergál, második esetben a hanghullám is. Ha csak a fény, akkor az áthaladó sugár, és a diffraktált sugár közötti szög megváltozik. Ha mindketten divergálnak, akkor okdás ronda mialófaszez lesz belőle.

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

T = felfutási idő, v_s = hang sebessége, D = apertúra (LAMBDA), B = megkívánt sávszélesség
 $B=1/T$ és $T=D/v_s$



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:

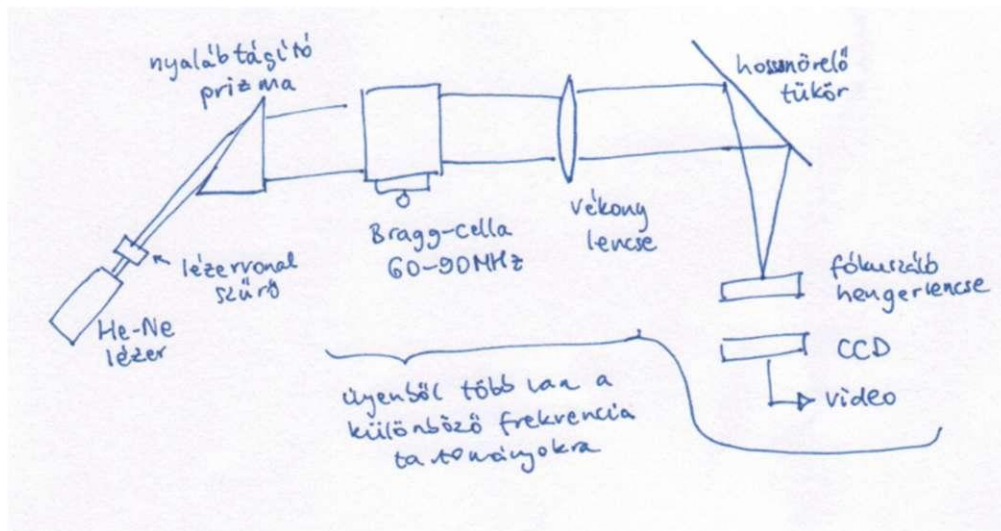
- mekkora tartományt tudok pásztázni: $\Delta\theta = (\lambda/v_s) \cdot B$ (kb 30 mrad)
- mekkora szögeket, hány pontot tudok megkülönböztetni (a nyaláb divergenciájától függ)

$$N = TB = (D/v_s) \cdot B, \quad N \text{ a pontok száma}$$

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

vékonylencse: máshova fókuszálja a különböző szög alatt beeső nyalábot

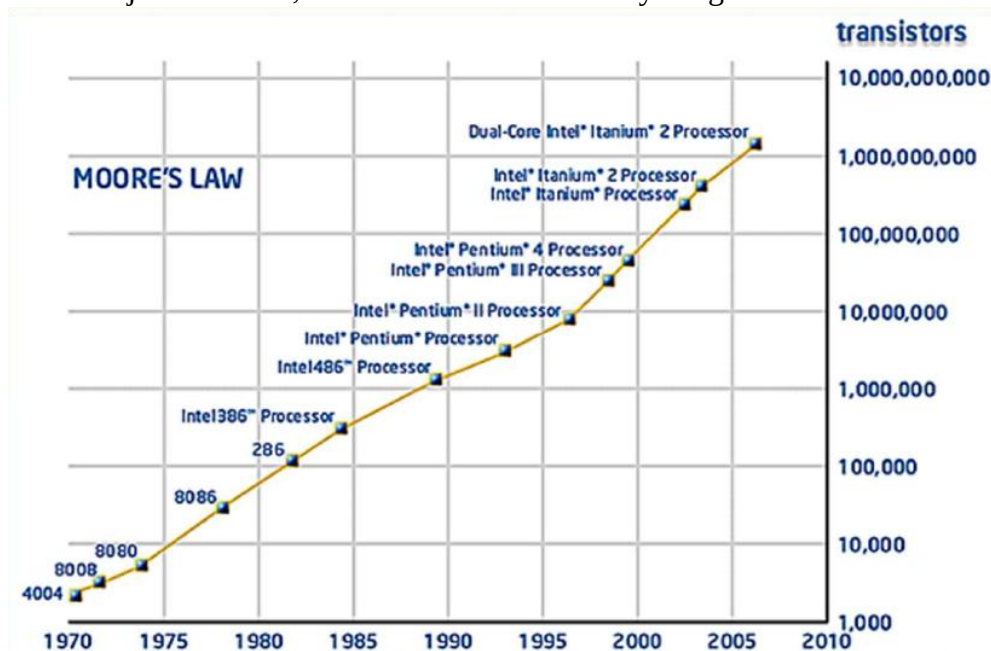
kis szög esetén $\text{szög} \sim \text{hely}$ és $\text{szög} \sim \text{frekvencia}$ $\rightarrow$ analizál



19. Röviden a Nanooptikáról (Kroó Norbert előadása)

1. Adja meg a Moore-törvény valamelyik megfogalmazását, és a tanulságot ábrázolja grafikonon!

Az INTEL egyik alapítója, Gordon Moore 1965-ben azt a megfigyelését fogalmazta meg, hogy az integrált áramkörökben a tranzisztorok száma 18-24 havonta megduplázódik. Mintegy 40 éven keresztül jól működött, de már látszanak az érvényesség határai.



2. Mutassa be, hogyan függenek az arany nanoszemcsék fizikai tulajdonságai a szemcsemérettől!



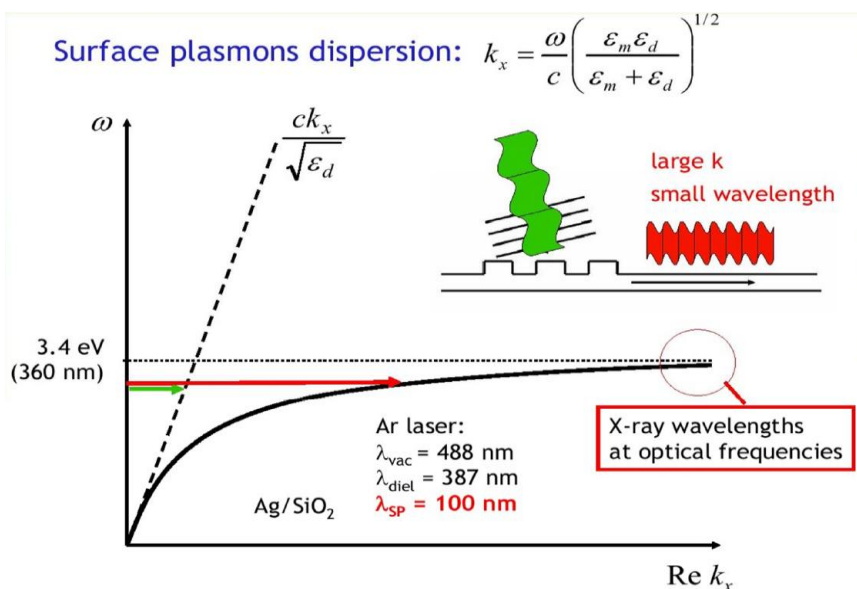
Lycurgus Kupa: kívülről megvilágítva zöld, belülről világítva piros -> üvegbe kevert kis mennyiségű (~40ppm) aranypor

3. Soroljon fel a felületi plazmonok különleges tulajdonságai közül legalább 6-ot!

1. fémfelülethez vannak kötve
2. speciális diszperzióval bírnak
3. tulajdonságaikat nem korlátozza diffrakciós limit
4. felületen vezethetők
5. igen nagy elektromos terük van
6. SPO tiltott sáv hozható létre
7. lokalizálódhatnak (pl. fém nanogömbökön)
8. interferenciára képesek
9. nemlineáris jelenségek forrásai
10. nem klasszikus tulajdonságokat is mutatnak

4. Vázolja a felületi plazmonok diszperziós relációját!

A felületi plazmonok diszperziós relációját leíró első tag $q_{||}$ -tól lineárisan függ: ***
 ahol α_s az elektronsűrűségtől függő állandó. A térfogati plazmonok diszperziós relációja ugyanakkor $q_{||}$ -tól négyzetesen függ. Fémek felületének vizsgálata a felületi plazmon negatív diszperziós relációjának, továbbá magasabb rendű felületi gerjesztési módusok kimutatását eredményezte. A fény hullámszáma mindig kisebb az azonos energiájú felületi plazmon hullámszámával



ω – frek
 c – fényseb
 k_x - hullámszám

$$k_x = \frac{\omega}{c} * \sqrt{\left(\frac{\epsilon_m * \epsilon_d}{\epsilon_m + \epsilon_d} \right)}$$

***:

$$\omega_{sp}(q_{||}) = \omega_R (1 + \alpha_s q_{||})$$

5. Definiálja a fotonikus kristály fogalmát! Mitől különlegesek ezek a szerkezetek?

A félvezető elektronika alapja, hogy alkalmas félvezető anyagokban, mint például a szilíciumban, egy tiltott energiasáv van a vezetési elektronok számára. Tehát van egy olyan energiasáv, amelyben elektron nem tartózkodhat. Felmerül a kérdés, hogy lehetséges-e olyan anyagot létrehozni, amelyben ugyanilyen tiltott sáv keletkezhet a fotonok számára. A válasz pozitív. Az ilyen tulajdonságú anyagot metaanyagnak hívjuk, mert a természetben nem nagyon létezik és fotonikus kristálynak nevezzük. Ez egy olyan kristályszerű szerkezet, amelyben a rácsparaméter a fény hullámhosszának nagyságrendjébe esik.

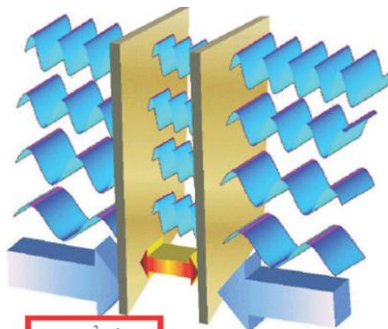
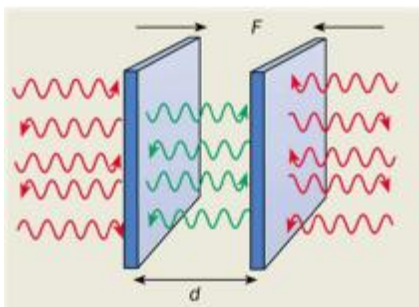
Egyéb:

- olyan metaanyag, amelyben létezik tiltott sáv a fotonok számára -> bizonyos energiával nem rendelkezhetnek
- 2D és 3D struktúrában is létrehozható
- felületi plazmonokat optikai rácson hozzuk létre (rácsállandó = plazmonok hullámhossza) -> diszperziós görbéken törés lép fel -> lesz olyan energiatartomány, amivel nem terjedhetnek a felületen -> tiltott sáv -> optikai tranzisztort, fotoncsipet hozhatunk létre
- nincs diffrakciós limit -> a fény hullámhosszánál kisebb struktúrák is létrehozhatóak

6. Mi a Casimir-erő? Rajzon is vázolja!

Ha két tükört nagyon közel helyezünk egymással szemben, vonzani fogják egymást (ezzel lehet szemléltetni). Az effektust, mely a tükrök közötti vákuum kvantumos tulajdonságának köszönhető, Hendrik Casimir holland fizikus jósolta meg 1948-ban. A fellépő erő (az ún. Casimir erő) arányos a felületek nagyságával és fordítottan arányos távolságuk negyedik hatványával. Kis távolságokban erős: 10nm körül

Az egymással érintkező tárgyak között molakulaszinten fellépő kölcsönhatás eredményeképp jön létre.



$$F = \frac{\pi^2}{240} \frac{\hbar c}{d^4} A$$

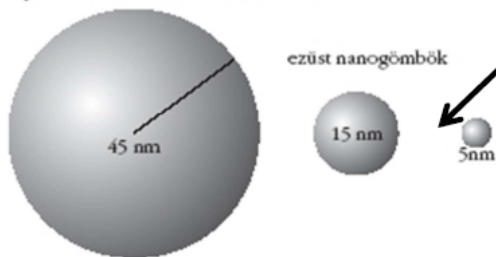
7. Hogyan működik a felületi plazmon hullámvezető?

A felületi plazmonok egy nanoméretű fémgömb felületén is gerjeszthetők, és ilyen gömböcskéket sorba rakva azok egymásnak adhatják át a gerjesztést, hullámvezetőt alkotva. A fémgömbök helyett fémfóliába "égetett" lyukak is megfelelnek

+1. Hogyan működik a plazmon lencse?

A felületi plazmon lencsével a plazmonokat akár 1 nanométeres méretre összefókuszáljuk. Ha belemennénk a részletekbe, kiderülne, hogy minden olyan optikai elem létrehozható felületi plazmonok segítségével, amiahhoz szükséges, hogy egy teljesen optikai elven működő - tehát csak fotonokat használó - csipet hozzunk létre.

12. ábra. Nanoméretű fénygömbök (lyukak) segítségével létrehozható a plazmonokat fókuszáló nanolencse.



óriás lokális terek a részminimumokban:
az optikai energia nanoméretű
lokalizációja

12 FOLYADÉKKRISTÁLYOS KIJELEZŐK

Definiálja a folyadékkristály fogalmát! Milyen jellemzői vannak a folyadékkristályoknak?

Ezek tehát olyan szerves anyagok, amelyek úgynevezett mezomorf állapotban léteznek, a szilárd, anizotróp kristályos és az izotróp folyadékok között. A folyadékkristályok makroszkopikus tartományaiban megfigyelhető a kristályokra jellemző szerkezeti rendezettség, de egészében az anyag úgy viselkedik, mint a folyadék: szétfolyik, felveszi az edény alakját. A mezomorf fázis csak kisebb vagy nagyobb hőmérsékleti tartományban létezik, ezen kívül az alacsonyabb hőmérsékleteknél az anyag befagy, megkeményedik, a magasabb hőmérsékleteknél pedig izotróp folyadékká válik. Az ennek megfelelő fázisátalakulásokat a következőképpen ábrázolhatjuk: lásd 2-es kérdés

1. Definiálja a liotróp és termotróp folyadékkristály fogalmát!

- Termotróp FK: hőmérsékletemelkedés hatására kialakul a mezofázis, mielőtt izotróp folyadék lenne. Kb. az összes szerves anyag 1%-a ilyen. A termotróp FK-hoz nincs szükség oldószerre. Vagy hosszú anizotróp, vagy lapos molekulák. Egy merev központi rész (gyakran aromás), és egy hajlékony farok rész jellemzi.

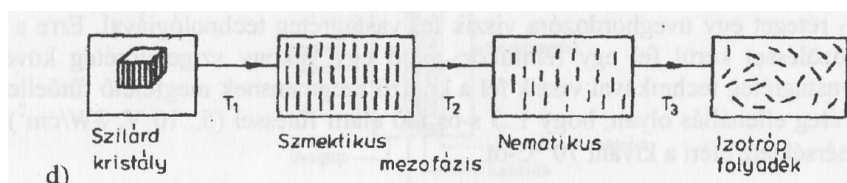
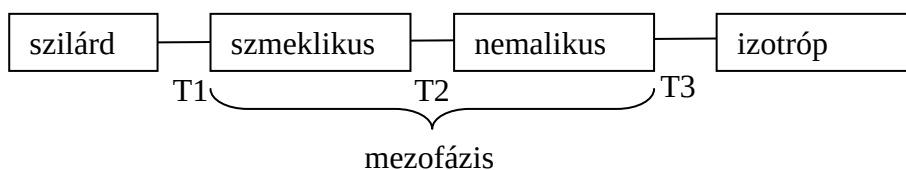
- Liotróp FK: oldat állapotban vannak az orientált, effektust mutató molekulák. Itt is szükség van hőmérsékletre a fázisátalakuláshoz, itt azonban nem olvadék jellegű a mezofázis. Két építőelem:

–hidrofil, poláros fej

–hidrofób, apoláros farok

Példa: szappanok

2. Milyen fázisait ismeri a folyadékkristályoknak? Mik ezek jellemzői?



Szilárd állapotban a molekulák tömegközéppontjai 3D szabályos struktúrákba rendeződnek.

A mezofázisban ez a hosszútávú rend egy jól meghatározott irányban megmarad.

Az izotróp folyadék állapotban nincs kitüntetett irány, a molekulák orientációja véletlenszerű.

Milyen állapotait ismeri a folyadékkristályoknak, és mi a különbség az egyes állapotok között?

A folyadékkristályokat szerkezeti szimmetriájuk alapján szmektikus, nematikus és koleszterikus típusokra osztják, a különbségek a hosszukás molekulák elrendezéséből erednek.

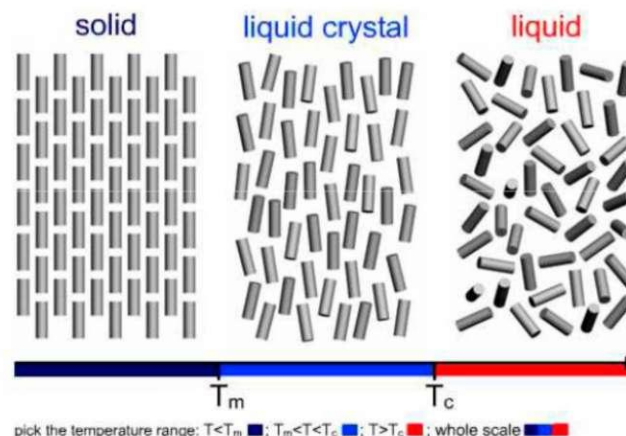
A **szmektikus** kristályokban a molekulák rétegekbe rendeződnek, és a rétegen belül is párhuzamosak. Az ilyen anyagoknak nagy a viszkozitásuk, ezért alkalmazásuk korlátozott.

A **nematikus** folyadékkristályokban a molekulák nagyjából egy irányban orientáltak és aránylag könnyen elforgathatók.

A **koleszterikus** anyagok szerkezetileg hasonlítanak a szmektikusokra, csak egy-egy rétegen belül a molekulák a réteg síkjában fekszenek és rétegekként változik az irányuk.

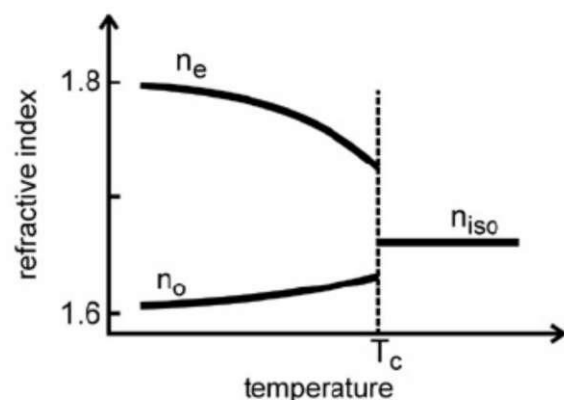
3. Ismertesse folyadékkristályok esetében a szerkezet, a törésmutató és a skalár rendparaméter változását a hőmérséklet függvényében!

szerkezet



törésmutató

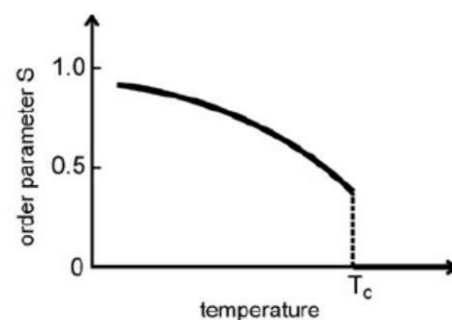
- Kettőtörés: a kristálytani iránytól függ a lineárisan polarizált fényre vonatkozó törésmutató.
- Mértéke az ordinárius és extraordinárius törésmutató különbsége: $\Delta n = n_e - n_o$
- Oka az, hogy a fény **E** elektromos térerősségvektora szöget zár be a kristály **D** dielektromos eltolás vektorával.



skalár rendparaméter

A molekulák átlagos irányát a hossz tengelyek átlagos **n** irányvektorral adjuk meg. Poláros molekuláknál az irányítottsága megegyezik az átlagos dipólvektorral.

Legyen 0 a szög az egyes molekulák irányvektora és az **n** közt. A rendezettség mértéke (skalár rendparaméter):



$$S = \frac{1}{2} \langle 3 \cos^2 \Theta - 1 \rangle$$

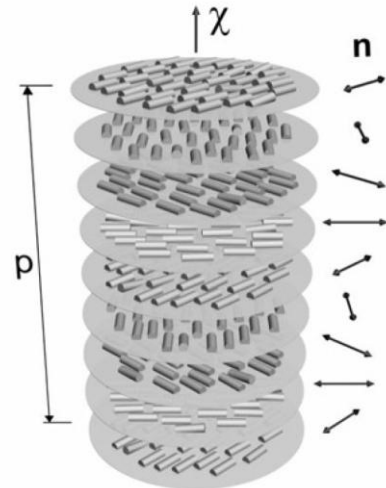
Teljesen rendezett esetben (szilárd) $S=1$ / Izotróp rendszerben (folyadék) $S=0$ / FK tipikus értéke $S=0,3-0,9$, és T -függő

4. Ismertesse a csavart nematikus cella működési elvét és szerkezetét! Elektromos szempontból hogyan vezéreljük a cellát?

csavart nematikus cella -> koleszterikus

- Kvázi nematikus síkok
- Ezek a síkok egymáshoz képest elfordulnak egy adott szöggel.
- Spirális molekulák okozzák
- Lokálisan hasonlít a nematikus FK-ra

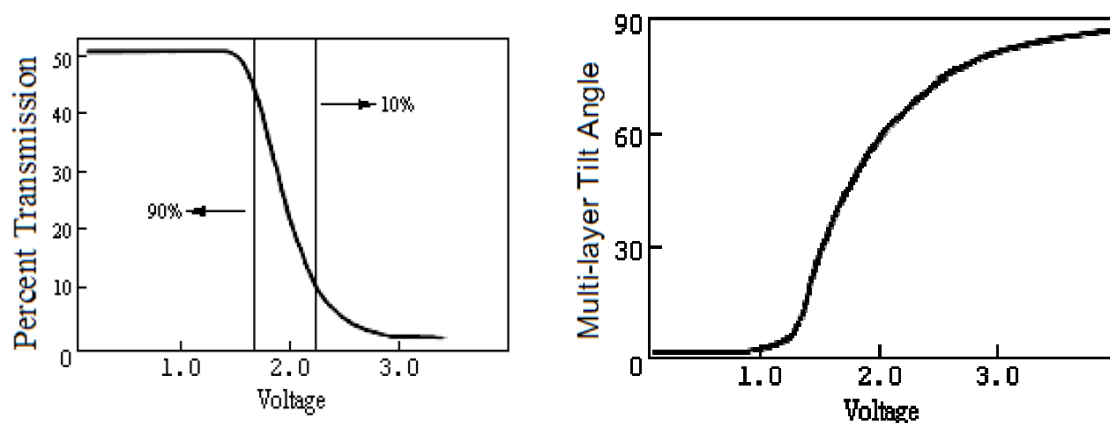
*Nematikus: „Nagy átlagban” mutat orientációt.
Az n-re merőleges irányban pozitív kettőstörést mutat.
Kicsi a viszkozitás*



Vezérlés: • A helyettesítő kép – kondenzátor

- Egyenfeszültség hatására galvanizációs folyamatok következtében a cella tönkremegy
- Meghajtás 10-100 kHz négyszögjel (DC 50 mV alatt)

Az üvegtől távolabb mért molekulák elfordulása az alkalmazott feszültség függvényében látható a jobb oldali ábrán. A bal oldali ábra pedig a fényáteresztést ábrázolja %-osan az alkalmazott feszültség függvényében, a függőleges vonalak a kijelző be és ki állapotát jelzi.



Szuper-csavart nematikus cella: nem 90, hanem 270 fokkal elfordulnak a molekulák:

