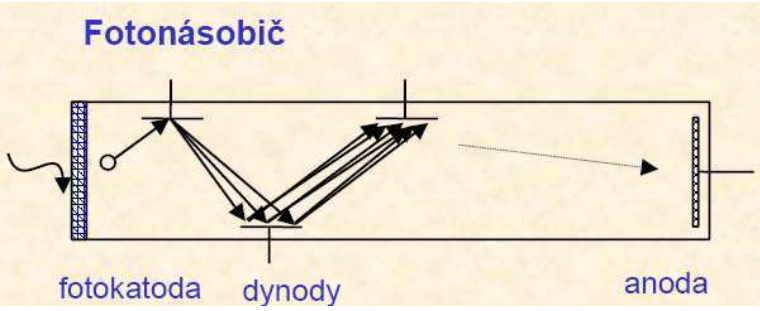
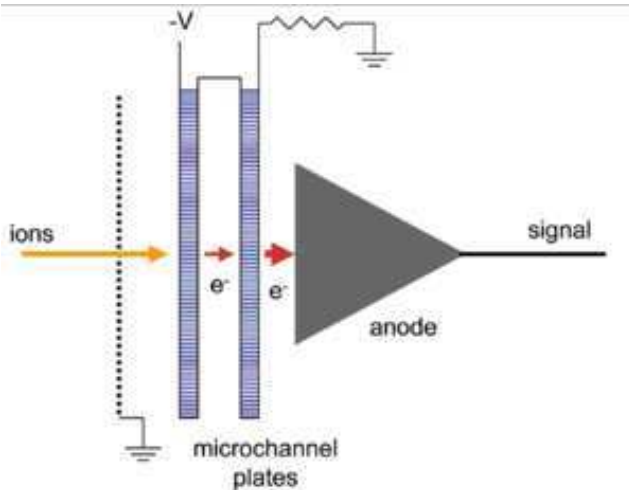
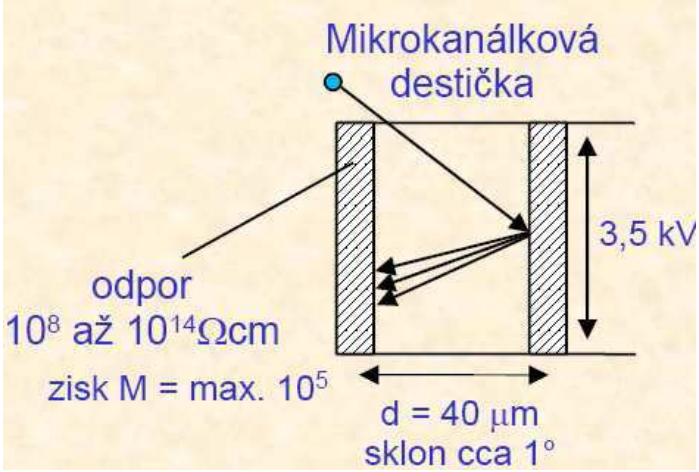
Otázky z předmětu X34FOT – Katedra radiotechniky (Prof. Ing. Miloš Klíma, DrSc)
(ke zkoušce dvě otázky)

1. Popište pyroelektrický prvek a vysvětlete jeho funkci.
- pracuje na principu pyroel. jevu, tj. spontání polarizace změnou teploty, reaguje pouze na změnu teploty
- zvýšením teploty se sníží pevný náboj, přebytek volného náboje = napětí
- materiál: PZT keramika - doménová struktura, ta se vlivem teploty povoluje
- režim: napěťový (citlivější, pomalý), proudový (rychlejší)

2. Popište mikrokanálkovou destičku (microchannel plate) a vysvětlete její funkci.
= fotonásobič, pracuje na principu vnějšího fotoel. jevu, vyražené e^- jsou urychlovány el. polem -> lavinový efekt sekundární emise





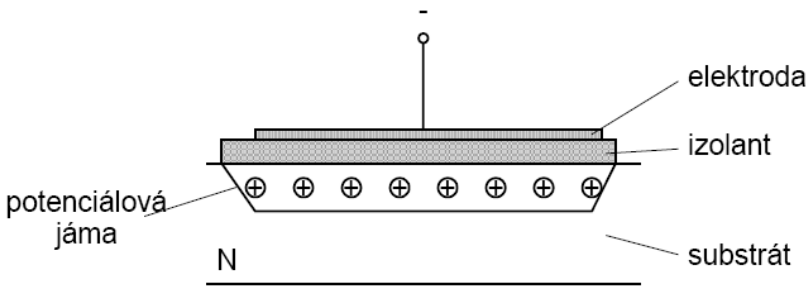


3. Jaké fyzikální jevy využívá mikrokanálková destička ?
= fotonásobič, pracuje na principu vnějšího fotoel. jevu, vyražené e^- jsou urychlovány el. polem -> lavinový efekt sekundární emise

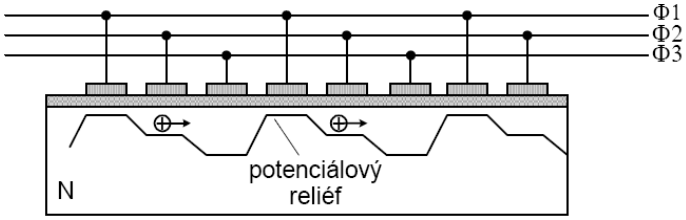
4. Vyjmenujte základní typy obrazových senzorů a vysvětlete rozdíly.
CCD - nábojově vázané struktury
CMOS - senzor = fotoodpor, PN, PIN přechod; senzory pro jednotlivé barvy v jedné rovině,včetně signálového zpracování A/D DSP,komutace jako RAM
FOVEON - senzory jsou nad sebou ve třech rovinách

5. Jak se liší barevný obrazový senzor typu FOVEON od standardního CMOS senzoru?
CMOS - senzor = fotoodpor, PN, PIN přechod; senzory pro jednotlivé barvy v jedné rovině
FOVEON - senzory jsou nad sebou ve třech rovinách

6. Vysvětlete základní uspořádání obrazového bodu snímače CCD.
- neexistuje ekvivalentní obvodové zapojení
- homogenní Si substrát, na kterém se hromadí a transportuje náboj
- přiložením záporného napětí se hromadí kladný náboj v potenciálové jámě
- náboje se generují tepelně, ale hlavně světelně
- nahromaděný náboj se pak musí transportovat

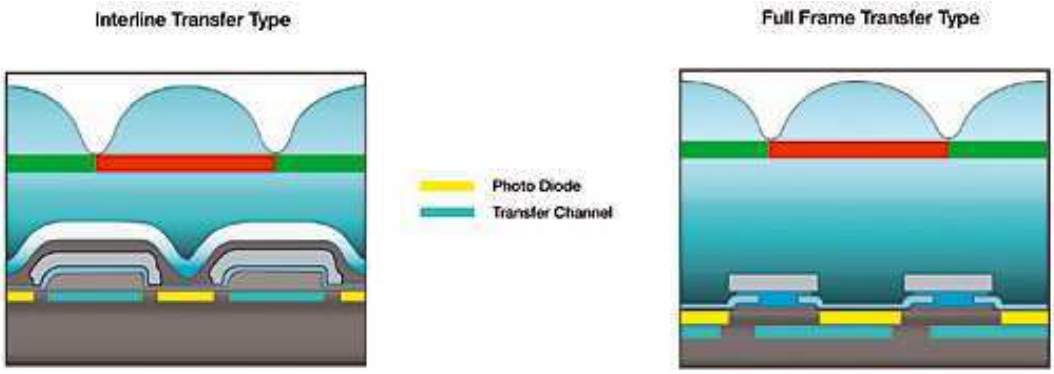


MIS kapacita



7. Jakým způsobem je prováděn transport nábojových balíků ve strukturách CCD ?
- potenciálový balík je sunut tam, kde ho chceme číst
- detektor = dioda + CMOS zesik, na konci cyklu nutný reset
- potenciálové balíky suneme zleva doprava po potenciálovém reliéfu
-- princip snímání obrazu je založen na rastrovém rozkladu obrazu do jednotlivých bodů rastru. Rastr je vytvořen z tzv. nábojových jam (fiktivních prohlubní), jejichž naplnění elektrickým nábojem je závislé na osvětlení. Je tedy na rastr z takových jam promítnut pomocí optiky obraz a potom jsou vyhodnoceny náboje, které se v jednotlivých jámách zachytily. Řádky rastru jsou ovládány impulsními signály, které náboj podél řádků posouvají směrem ke krajům, kde jsou elektronickými zesilovači a digitizéry převedeny na digitální data reprezentující jas jednotlivých bodů. Každý obrazový bod může být složen ze tří jam, nad kterými jsou umístěny barevné filtry RGB

8. Jak vypadá uspořádání obrazového snímače CCD typu Frame Transfer (se snímkovým přenosem) ?
- vždy se přesune jeden řádek na detektor a uloží do paměti, takto to jde řádek po řádku
- na rozdíl od prokládaného typu CCD senzoru, používají FT CCD senzory ke sběru dat nejen přenosový kanál, ale i samotné fotodiody. Přenosový kanál FT CCD senzoru tak může být mnohem menší a zbývající prostor lze využít pro zvětšení fotodiody snímající obraz. Na vzniku signálu se tak podílí větší množství světla. Výsledkem je znatelně větší množství použitelných obrazových dat. Dùsledkem je také vyšší citlivost, stejně jako širší dynamický rozsah. Navíc poměr signálu vůči šumu je výrazně zvýšen.

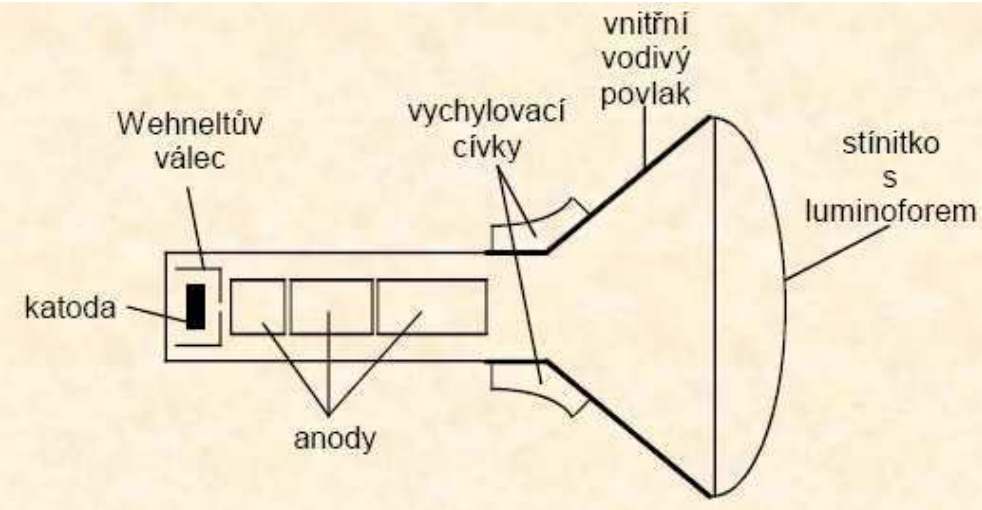


9. Jak vypadá uspořádání obrazového snímače CCD typu Interline Transfer (s meziřád. přenosem) ?
- princip podobný s FT akorát každý bod má svoji paměťovou metaliku
- nedochází k takovému rozmazání jako u FT

10. Co je to antiblooming ?
- blooming = tzv. kvetení bílé plochy; jde o nábojové přetečení do okolních buněk vlivem velké intenzity světla
- antiblooming - vytvoření kanálků odvádějících přebytečný náboj
  - řízení doby expozice, aby nemohlo dojít k přetečení

11. Co je to binning ?
- slučování více sousedních pixelů do jednoho → zvýšení citlivosti → kratší doba expozice
  + při nízké intezitě osvětlení méně šumu vlivem kratší doby expozice
  - menší rozlišení

12. Popište obrazovku a základní prvky její konstrukce
- vakuová baňka: žhavící katoda, ostřící a směrovací elektrody, maska, luminofor
-v barevné obrazovce jsou tři žhavené katody, každá pro jeden elektronový svazek. Elektronové svazky jsou vtahovány do prostoru skleněné baňky díky vysokému kladnému napětí (řádu několika kilovoltů), které je připojeno na kovový povlak vnitřku baňky a stínítka. Na ploše stínítka jsou obrazové body vytvořené z trojice luminoforů v základních barvách RGB. Každý ze svazků smí zasáhnout vždy jen luminofor své barvy, což umožňuje kovová maska s otvory, ve kterých se svazky překříží a dopadnou na stínítko. Uvedená maska s otvory tedy obrazovku kvalifikuje jako rastrový zobrazovač s určitým počtem řádků a sloupců.



13. Jaké jsou typy barevných obrazovek a čím se liší ?
- Delta, Trinitron, inLine
- liší se uspořádáním trysek, tvarem a uspořádáním masky a luminoforů

DELTA
- maska s kruhovými otvory, sférické stínítko
- trysky ve vrcholech rovnostranného trojúhelníka (delta)
- nízká energetická účinnost, velký počet nastavovacích prvků

TRINITRON
- patent SONY, trysky v řadě, válcové stínítko
- drátová vertikální maska na masívním rámu, velká hmotnost

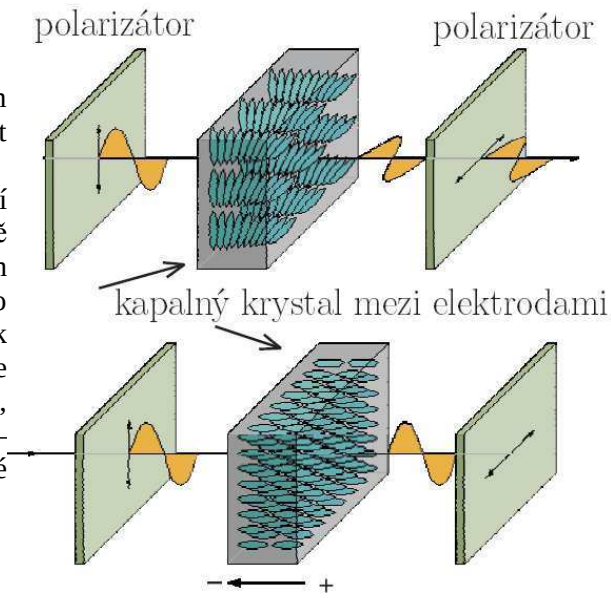
IN-LINE
- trysky v řadě, sférické stínítko,
- maska s eliptickými otvory, vyšší energetická účinnost

14. Popište základní charakteristiky obrazovky typu Delta
- maska má kruhové otvory uspořádané jako luminofory do trojúhelniku
- stínítko je sférické, maska je náchylná k tepelné roztažnosti
- už se téměř nepoužívá

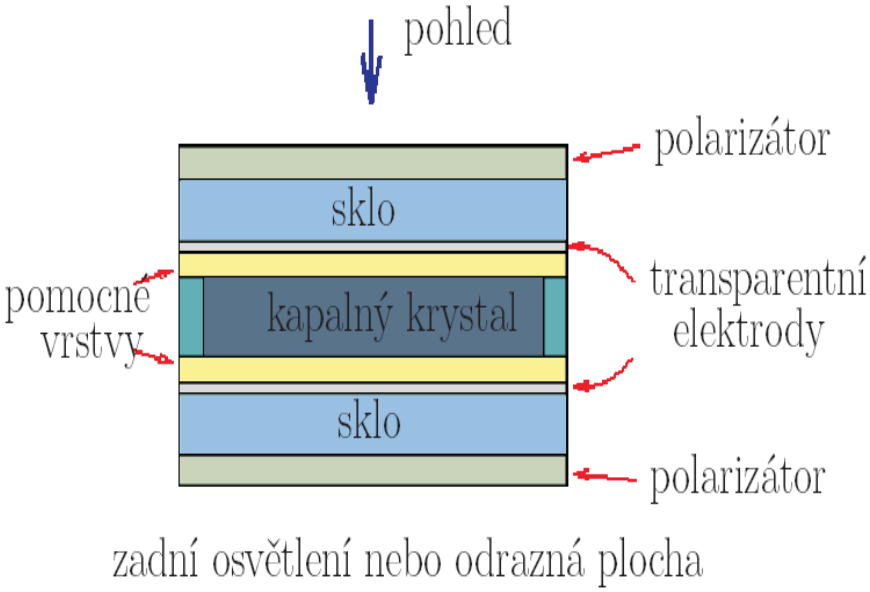
15. Popište základní charakteristiky obrazovky typu Trinitron
- maska z tenkých vertikálních vláken uchycených dvěma drátky
- stínítko válcové; + ostrost i v rozích; - drátky na uchycení jsou vidět a jsou citlivé na mag. Pole

16. Popište základní charakteristiky obrazovky typu In-Line
- maska má eliptické otvory
- stínítko je sférické

17. Vysvětlete princip displeje typu LCD
- na bázi kapalných krystalů
- krystaly jsou polární a uspořádávají se v el. poli
- jde o dlouhé molekuly, které mění polarizaci světla → přidáním 2 polarizačních filtrů lze světlo propustit, zastavit či regulovat jeho intenzitu
-kapalný krystal je tvořen organickými molekulami, které mají tendenci se uspořádat do krystalické struktury, pokud na ně nepůsobí vnější síly. Pod vlivem vnějších sil, např. pod vlivem elektrického pole, se struktura rozpadne a látka se chová jako normální kapalina. Pokud jsou kapalné krystaly použity k zobrazování grafických informací, využívá se skutečnosti, že ve stavu bez vnějšího elektrického pole (bez napětí na elektrodách, mezi kterými je látka umístěna) krystaly polarizují světlo – otáčejí polarizační rovinu světla o 90◦ a ve stavu, kdy elektrické pole působí, procházející světlo polarizováno není.

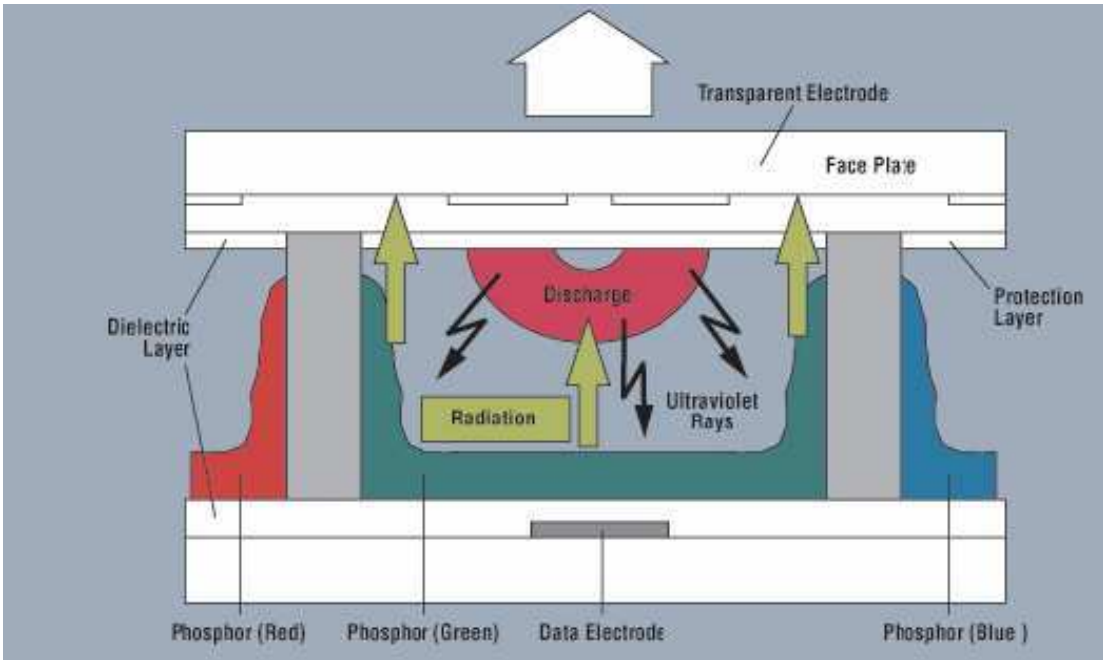


18. Popište konstrukční uspořádání prvku LCD
- buď podsvícený nebo odrazivý (reflexní)
- měrný odpor cca 10E13 m, řídící napětí cca 5 V, tloušťka vrstvy 10 až 15 µm, pracovní teplota 0° až 60°C
- spotřeba cca 1 µA na segment 25 mm, průhledná elektroda ITO = In + Sn + O



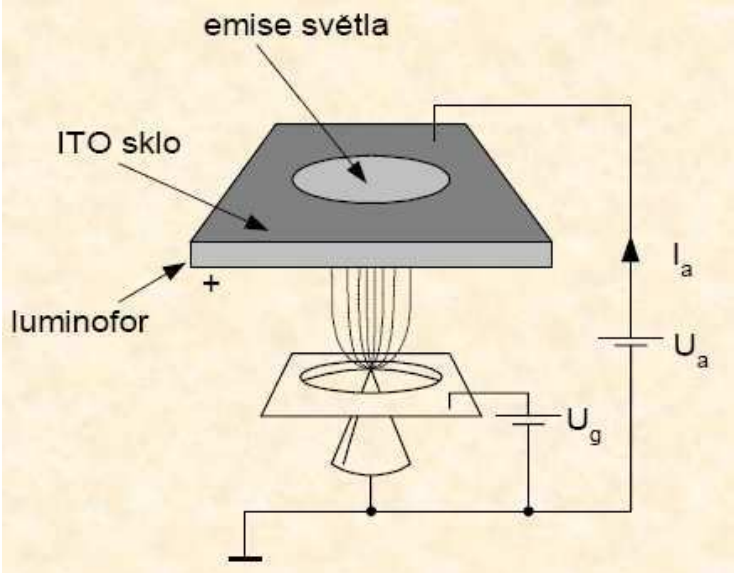
19. Popište základní uspořádání obrazového prvku plazmového displeje

Jedná se o aktivní barevné rastrové zobrazovače pracující na principu luminiscence stimulované plasmatickým výbojem. Barevný zobrazovač má obrazové body vytvořeny jako trojice komůrek, ve kterých je elektrickým signálem vybuzen plasmatický výboj, pak je výboj potřebným napětím udržován a v dalším režimu je zhášen. Zvláštností je, že výboj nelze co do intenzity ovlivňovat, takže poměr barevných složek určuje poměr doby, po kterou je výboj aktivní a po kterou je zhasnut. Směs plynů Ne + Ar, He, Xe – nízké zápalné napětí.



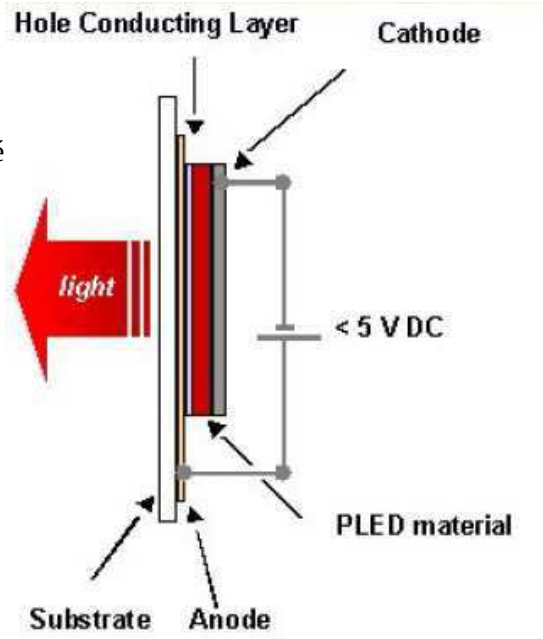
20. Popište základní uspořádání obrazového prvku displeje FED

- princip podobný jako CRT, štíhlý jako LCD
- studená emise z malých emitorů (kuželů)
- řádek je adresován najednou; na jeden pixel více emitorů



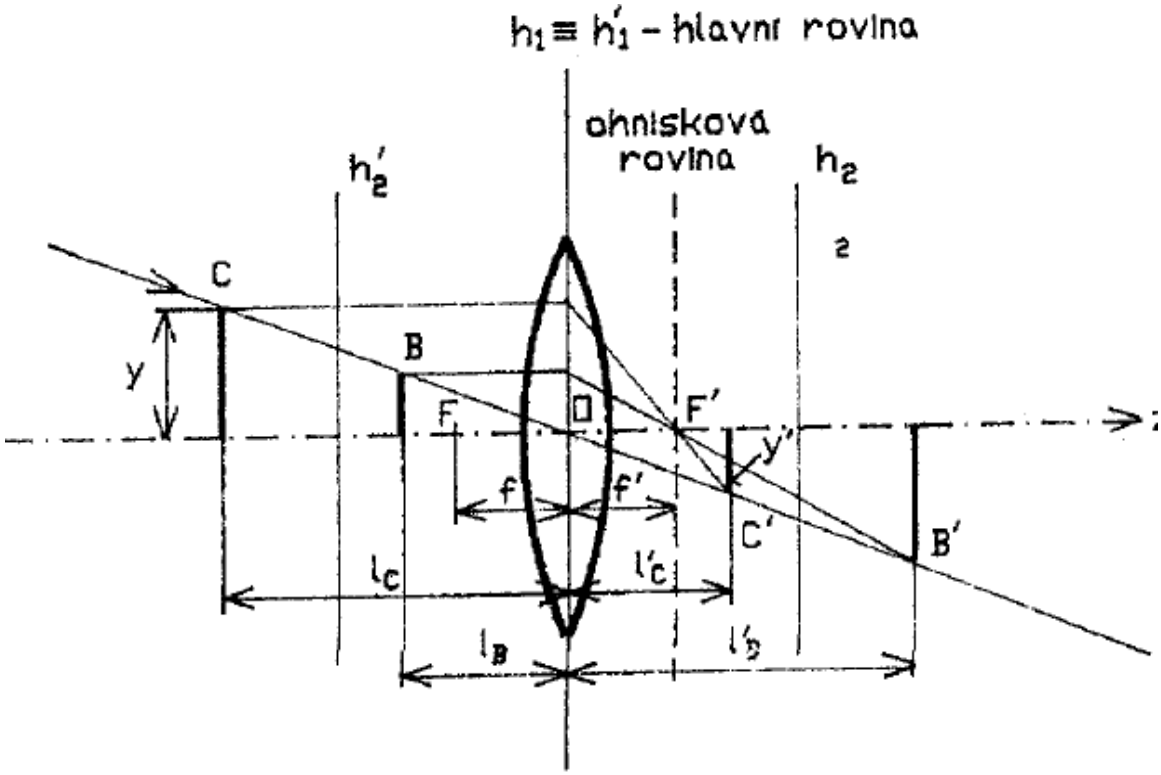
21. Popište základní princip displeje typu OLED

- organické LED dipleje
- rekombinací + a - v emisní vrstvě vzniká luminiscence
- panel OLED:
  - aktivní matice: řídící mechanismus přímo na substrátu, jednotlivé pixely adresovány nezávisle
  - pasivní matice: adresace řádku a sloupce
- materiál: LEP - velké molekuly polymeru; SMOLEP - malé molekuly
- mohou vyzařovat jakoukoliv Λ, ohebné, pružné, tenké, průhledné folie



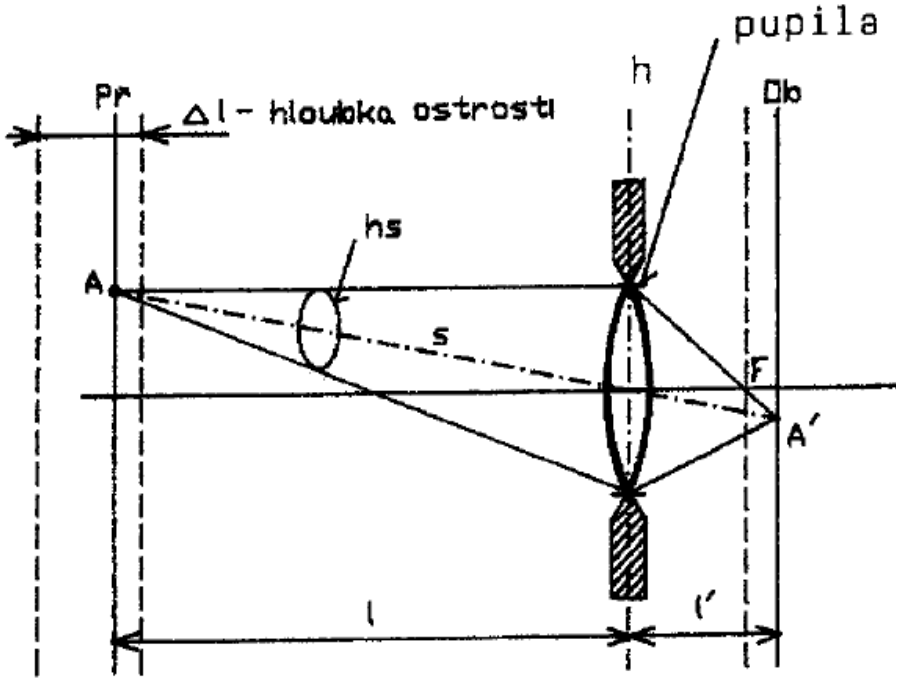
22. Napište čočkovou rovnici a nakreslete grafický postup vyjádření polohy a velikosti obrazu předmětu u tenké spojné čočky.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{e} + \frac{1}{e'}$$



23. Vysvětlete, co je to hloubka ostrosti.

- dírková komora = 1 paprsek → nekonečně velká hloubka ostrosti
  → nekonečně malá světelnost
- $e >> f \Rightarrow e' \rightarrow f$
- objekty vzdálené od sebe se při velké hloubce ostrosti zdají být u sebe



24. Vysvětlete princip antireflexní vrstvy.

- tenká vrstva materiálu o tloušťce Λ/4 jejíž $n'' = \sqrt{n * n'}$, to je ale pouze pro jednu vlnvou delku
- chceme-li obsáhnout celé spektrum musíme jich na sebe navrstvit 20 až 30

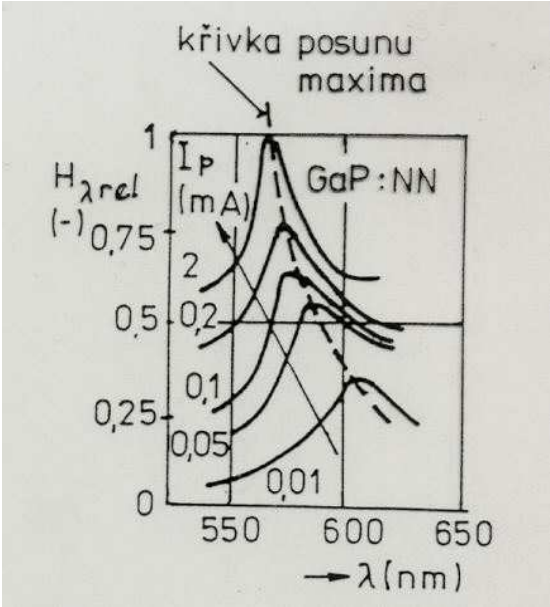
25. Jak rozdělujeme objektivy podle zorného úhlu ?

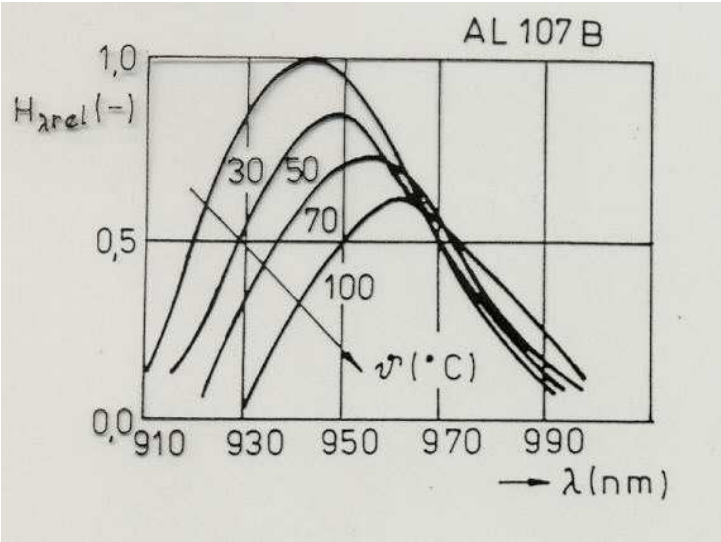
- teleobjektiv	<20º	- dlouhoohniskový	20º - 30º
- normální	40º - 55º	- širokoúhlý	>55º
- rybí oko	asi 180º	- zoom	proměnlivé ohnisko

Otázky z předmětu X34FOT – Katedra mikroelektroniky (Doc. Ing. Zdeněk Burian, CSc)
(ke zkoušce jedna otázka – otázka má dvě části)

26. Elektroluminiscenční diody – vlastnosti. Vlnová délka emise – nastavení, závislost na injekčním proudu a teplotě. Přijímače s přímou detekcí – kdy PIN-FET, kdy LFD?

Elektroluminiscenční diody:
- využívají zářivého přechodu v polovodiči, Λ závislá na šířce zakázaného pásu a hladinách dopantů
- selektivní zdroje zážení, snadná amplitudová modulace, modifikacemi lze dostat dobré dynam vlastnosti
- účinnost zářivé rekombinace v nepřímém polovodiči lze zvětšit dotací dusíkem → excitovaná centra
- struktura: vyzařující z hrany X čelně vyzařující - planární, MESA





Přijímače s přímou detekcí:
- PIN-FET: převládá-li výstřelový šum
- LFD: převládá-li tepelný šum

27. ELD pro optické komunikace, zlepšení dynamických vlastností. Optický vysílač. Stabilizace pracovního režimu, modulace – amplituda, frekvence, fáze.

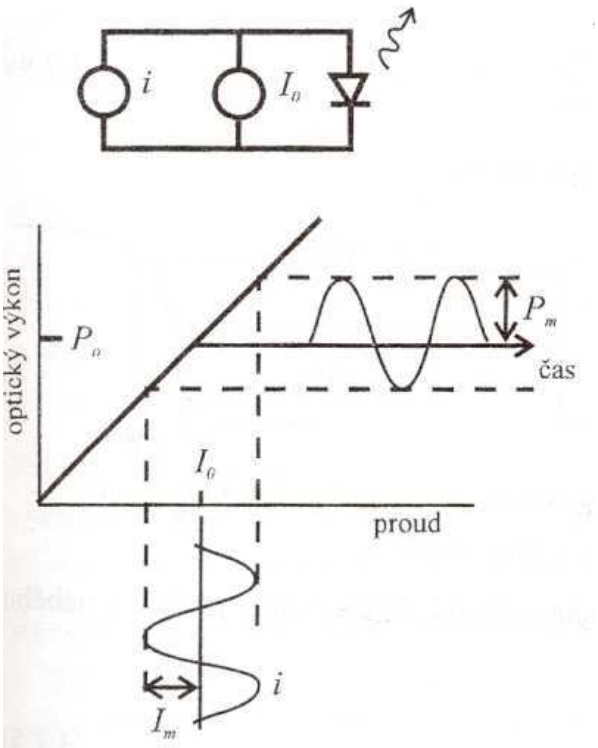
ELD-selektivní zdroje záření pro oblast vlnových délek 0.4um až 40um. Snadná amplitudová modulace. Modifikací lze dosáhnout dobrých dynamických vlastností (cca 0.5ns). Lze použít jako selektivní detektor.

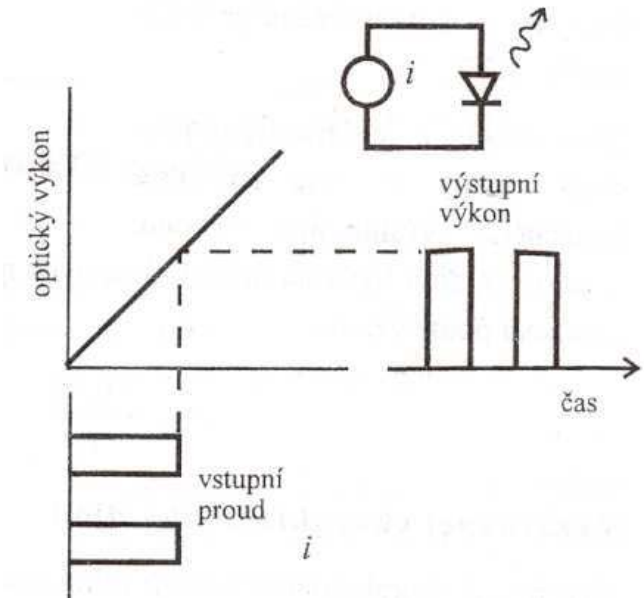
Vazba-přímá lepidlem s indexovým přizpůsobením, s kónickou čočkou na konci vlákna, se sférickou čočkou.

Dynamické vlastnosti-ovlivňuje především kapacita přechodu PN (je prezentována nadbytečným nábojem injektovaným do oblasti přechodu), lze snížit zvětšením injekčního proudu (zvýšení hustoty náboje) a zvýšením dotace v oblasti PN (zvětšení podílu nezářivé rekombinace)

Optické vysílače-LED, VCSEL, Fabry-Perot laser, LD

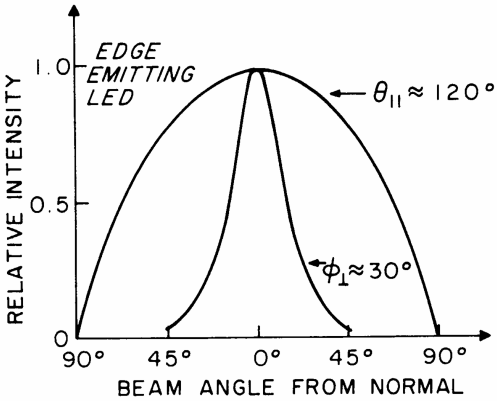
Stabilizace optického výkonu-integrující zpětná vazba - stabilizující střední zářivý výkon, stabilizující střední zářivý výkon a střední extinkci modulace, stabilizující střední zářivý výkon a maximální zářivý výkon modulace.

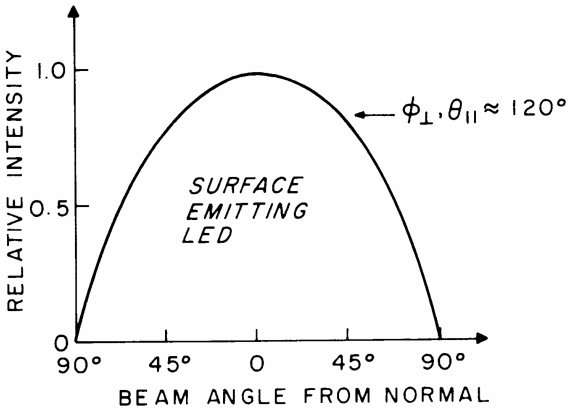




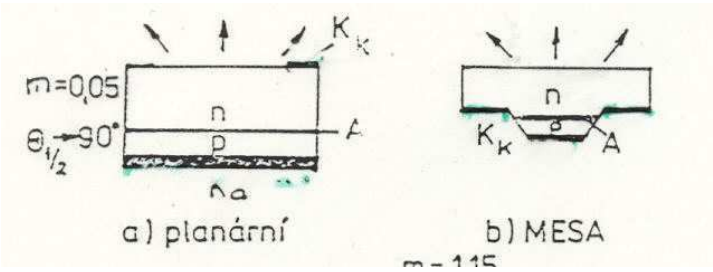
28. Vyzař. diagram ELD, modifikace směrovosti. Koherentní přijímač. Přijímač s optickým zesil.

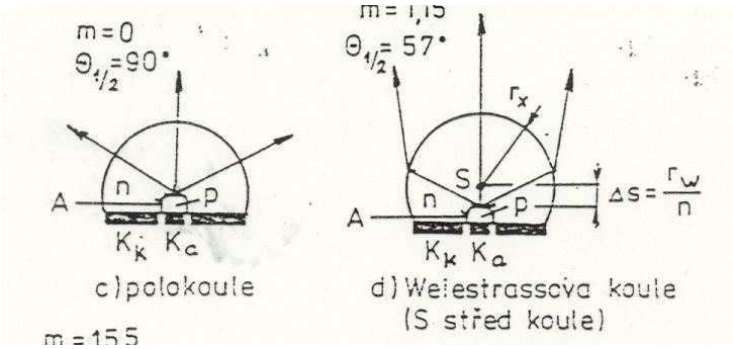
- vyzařovací diagram:

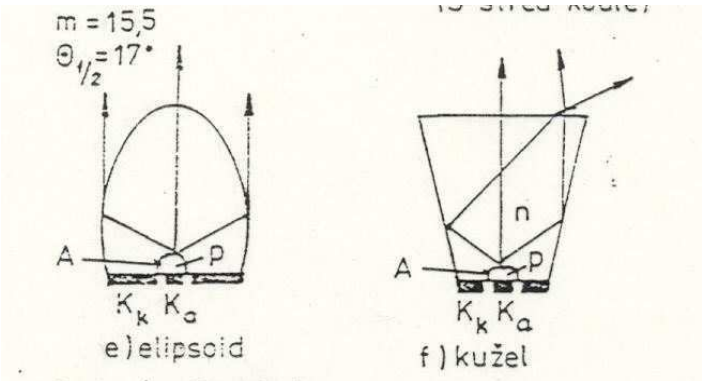




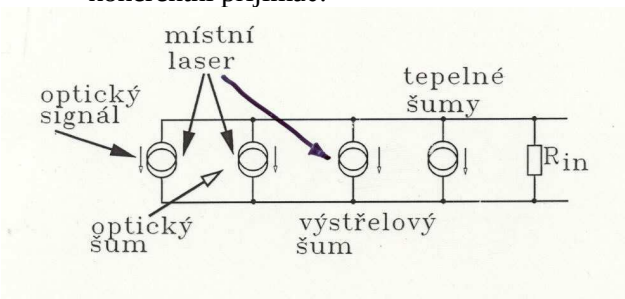
- modifikace směrovosti:



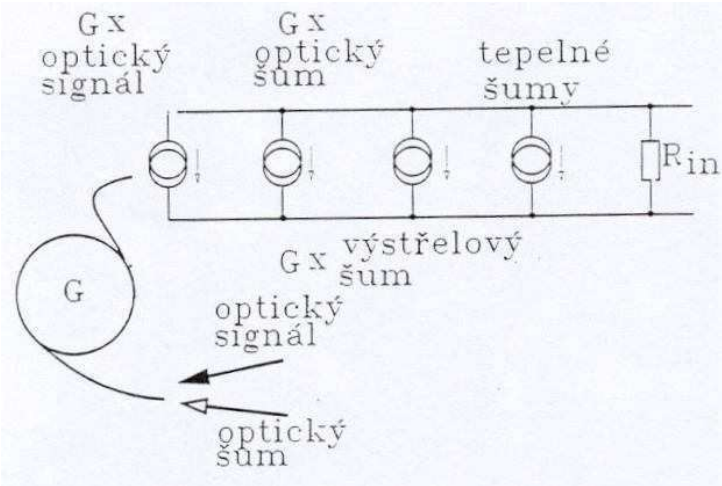




- koherentní přijímač:



- přijímač s optickým předzes:



- vyzařování: z hrany, z čela
- rozhraní polovodič - vzduch má špatnou propustnost, proto se mezi ně vkládá optický element, který snižuje rozdíly v indexu lomu a může upravit i směrové char.

29. Injekční lasery. Aktivní prostředí – objemový polovodič, SQW, MQW. Optické pyrometry.

Lasery: Zdroje koherentního záření (10nm -Roentgenovské lasery až 1cm - lasery s volnými elektrony), Amplitudová (pulzní i analogová), frekvenční i fázová modulace. Realizace vysoce stabilních kmitočt. normálů. Úprava na zesilovač. Složení: **Oscilátor** - aktivní prostředí = selektivní zesilovač, rezonátor = selektivní zpětná vazba - určuje vlnovou délku generovaného záření. **Zesilovač** - potlačení zpětné vazby, směrový člen potlačení složky spontánní emise (široké spektrum=šum) selektivním filtrem.
Aktivní prostředí - velké zesílení = široká spektální čára = vlnová délka záření dána rezonátorem. Úzká spektrální čára = **prostředí není aktivní** – nezesiluje, vlnová délka záření je však určena vysoce stabilním kvantovým přechodem → vysoce stabilní kmitočtové normály.

struktura	výhody	nevýhody
objemová	cena	Vyšší prahový proud, nižší účinnost
SQW	nižší prahový proud kratší vlnové délky	dražší technologie, nižší součin σp než u MQW
MQW	ještě nižší prahový proud kratší vlnové délky	cena

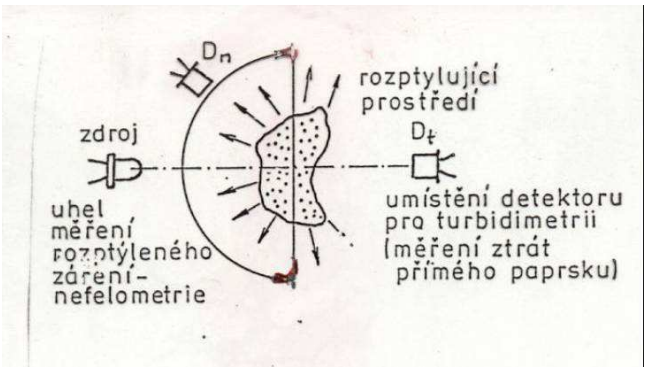
Optické pyrometry: bezdotykový teploměr,který určuje teplotu z teplotního záření. Čidlem pro zjišťování je lidské oko. Princip: srovnáním záře meřeného tělesa se září vlákna žárovky.

30. Injekční lasery. Rezonátor – Fabry-Perot, DBR, DFB, modová struktura, stabilita, šířka spektrální čáry. Senzory využívající rozptyl (nefelometrie a turbidimetrie).

Rezonátor: optickým rezonátorem rozumíme dutinu obklopenou obrazovými plochami. Nejjednodušším příkladem je soustava dvou rovnoběžných rovinných zrcadel obdélníkového tvaru v určité vzdálenosti.
Fabry-Perot: štěpné plochy monokrystalu, dochází totiž na krystalu k velké změně indexu lomu vzhledem k okolí.
DBR – distribuované Braggovo zrcadlo, patří mezi lasery s roznostřenou zpětnou vazbou kde je rezonátor realizován bez zrcadel pomocí roznostřených periodických struktur.
DFB – distribuovaná zpětná vazba, vhodné pro systémy integrované optiky,protože umožňují jednobodový přenos,laditelný.

Vlastnosti injekčních laserů
Modová struktura podélné - mody-mohou být tvořeny pouze zářením fázových vln. délek,že rozměry rezonátoru jsou k l/2; mody dělíme na: podélné-tvoří spektrum laseru, příčné horizontální, příčné vertikální, transverzální a laterální mody; **šířka spektrální čáry** - závisí na vlastnostech rezonátoru (vr je šířka spektrální čáry rezonátoru) a výkonu v módu Pm:

Senzory využívající rozptyl:
- detektor pro nefelometrii: úhel měření rozptýleného záření
- detektor pro turbidimetrii: měření ztrát přímého paprsku



31. Injekční lasery. Modulace – amplituda, frekvence, fáze. Absorpční analyzátory.

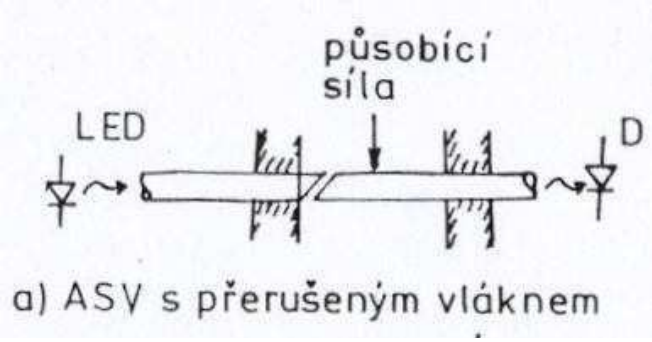
- amplitudová modulace:
  - -analogová -speciální lasery,parametry uvedeny v katalogu
  - - pulsní -dochází k rezonantnímu procesu:elektron a díra zrekombibují - vyzáří se foton - ten opět generuje elektron a díru - může se chovat jako LC rezonátor.
- kmitočtová:
  - -provádí se vložením elementu, jehož index lomu lze ovládat, do rezonátoru laseru
  - - moderní lasery využívají změny indexu lomu při injekci a extrakci nosičů

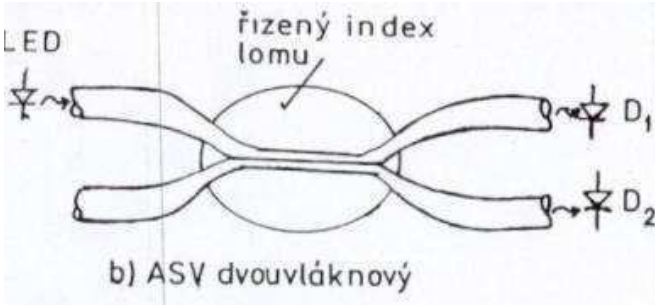
Absorbční analyzátory:
- využívají absorbčních spekter molekul
- elektronové absorbční pásy, vibrační a rotační absorbční pásy

32. Optické zesilovače. Injekční zesilovače. Senzory amplitudové –ztrátové a vazební.

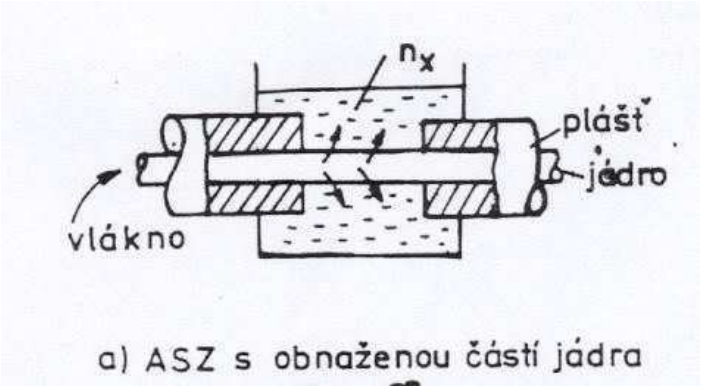
SLA - injekční polovodičový zesilovač
+ pásmo 0,4 - 4 μm; - závislost na polarizaci
EDFA - dielektrický zesik s erbiem
+ necitlivost na polarizaci; - diskrétní vlnové délky
RFA - zesik se stimulovaným Romanovým rozptylem
+ široké pásmo laditelnosti;- nízká účinnost čerpání

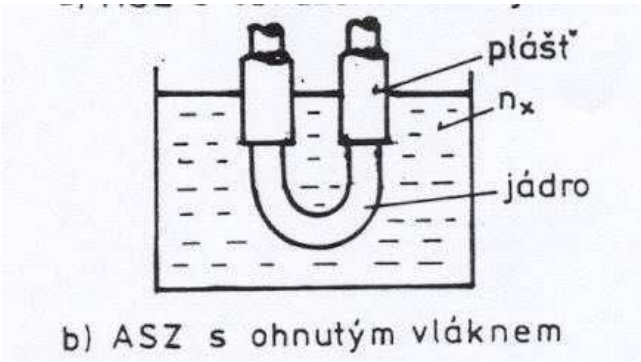
Amplitudové senzory:
- vazební A: měření síly vychylující vlákno – využití pro měření gravitačního pole;
B: vazba mezi sousedními vlnovody je zprostředkována evanescentní vlnou – závislost na indexu lomu prostředí mezi vlnovody



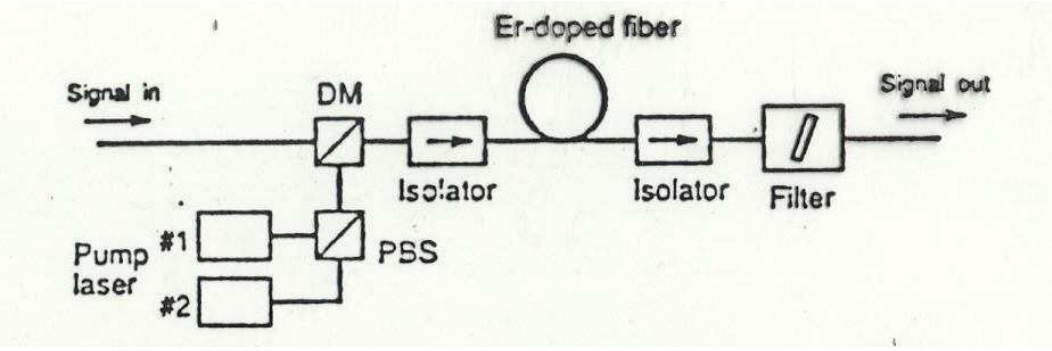


- ztrátové - výkon je z vlákna odčerpáván v závislosti na indexu lomu prostředí
- s obnaženou částí jádra, s ohnutým vláknem a reflexní





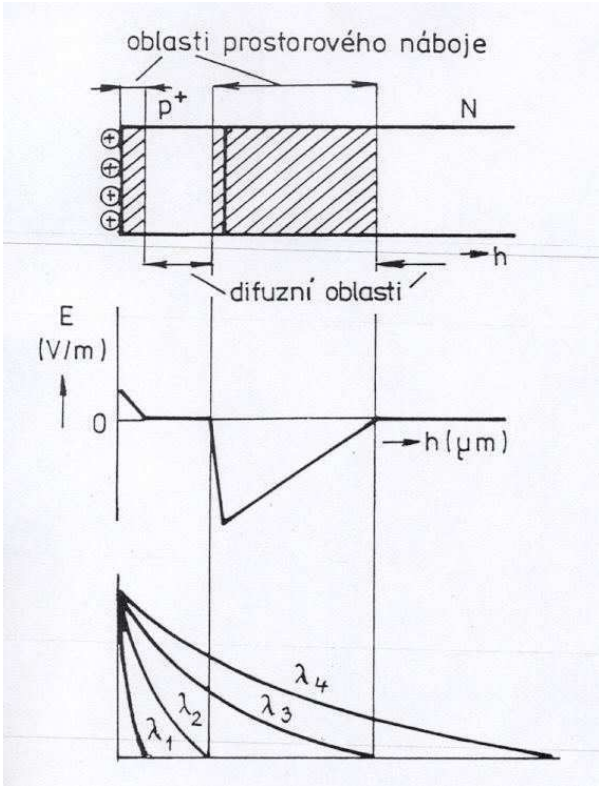
33. Optické zesilovače. Dielektrické zesilovače. Senzory fázové – interferenční, rozdělení.

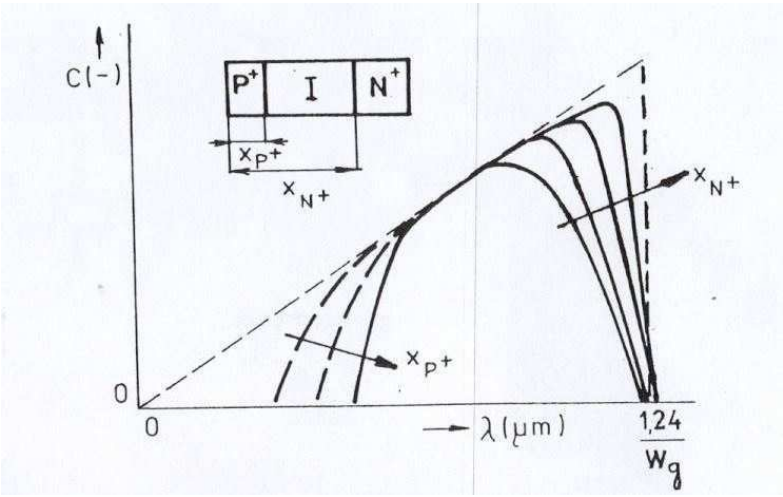


Fázové senzory:
- 2 koherentní vlny: jsou-li ovlivňovány různě dochází k fázovému posuvu, posuv se nejlépe vyhodnocuje při interferenci; největší citlivost při posunu $\pi/2$; referenční větev se odstiňuje od měřené veličiny

34. Fotodiody. Přechod PN a PIN, spektrální a dynamické vlastnosti, souvislost se spektrální závislostí koeficientu absorpce. Senzory s Mach-Zehnderovým interferometrem.

Fotodioda citlivá na osvětlení PN přechodu světlem určité vlnové délky. Není-li dioda zapojena do obvodu, je PN přechod prakticky bez volných nábojů. Když přechod osvětlíme světlem vhodné vlnové přecházejí elektrony do vodivostního pásu, vznikají díry a v elektrickém poli Ed se přemísťují na příslušnou stranu. Tím ovšem vzniká nové elektrické pole E, které je však (způsobeno elektrony a dírami, tj. pohyblivými částicemi s nábojem.Výborná linearita, nízký šum.
Typy: PN fotodioda s přechodem PN, PIN fotodioda se strukturou PIN, LFD (APD) lavinová fotodioda, MS fotodioda s přechodem kov-polovodič Schotkyho fotodioda.
Vliv geometrie struktury fotodiody na spektrální charakteristiku (dole vpravo).





- dynamické vlastnosti

$$W_r \approx \left(\frac{2\varepsilon_s\varepsilon_o}{qN_D}\right)^{1/2} U^{1/2}$$

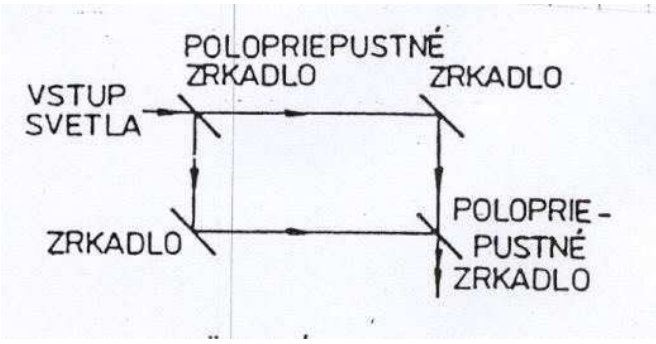
$$\tau_d \approx \frac{W_d^2}{2D}$$

$$\tau_r \approx \frac{W_r^2}{\mu U}$$

$$\tau_{RC} = R_s C_{Wr} = R_s \frac{\varepsilon_s\varepsilon_o A}{W_r}$$

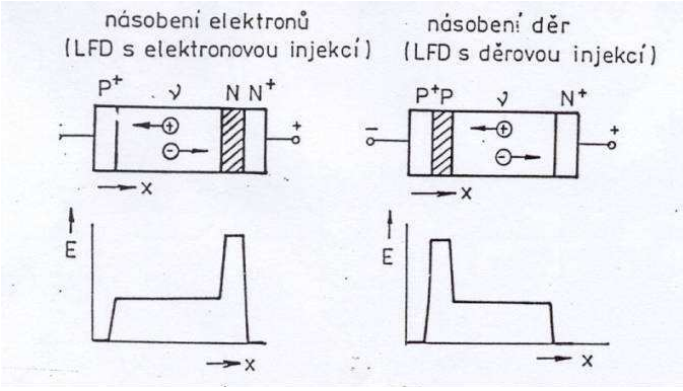
Wr – šířka driftové oblasti
Wd – šířka difúzní oblasti
td - difúzní časová konstanta
tr - driftová časová konstanta
tRC-časová konstanta RC – vliv sériových odporů oblastí a barierové kapacity přechodu

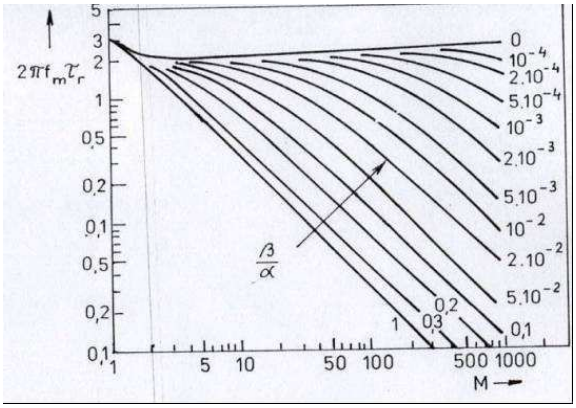
- Mach-Zehnderův interferometr-se zrcadly,s opt. vláknovými vlnovody



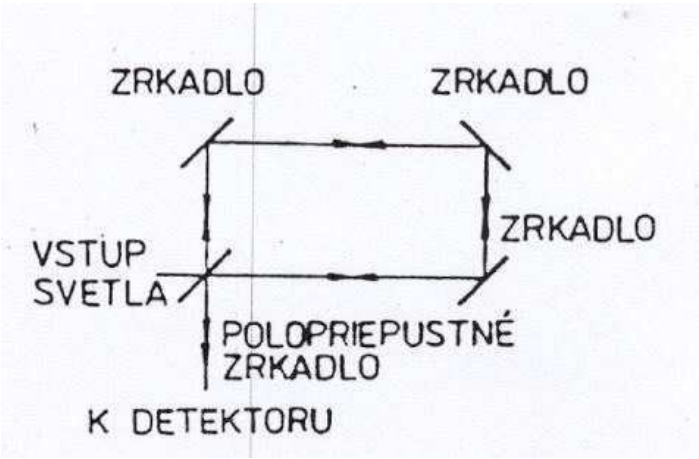
35. Lavinová fotodioda – vlastnosti v souvislosti s technologickou strukturou a použitým polovodičem, ionizační koeficienty. Senzory s Sagnacovým interferometrem.

Polovodičová součástka využívající lavinového efektu – prudké nárazové ionizace v závěrném směru. Vznik laviny je iniciován dopadem světla. Pracuje v impulzním režimu. Materiály používané pro lavinové fotodiody jsou nejčastěji Ge, Si a InGaAs. Struktura obsahuje vrstvu, kde dochází k násobení nosičů náboje. Zvětšení doby náběhu a tepelné závislosti.Výborná linearita – kde je pro detekci dostatek energie je výhodné používat PIN diodu. Kvalitu LFD lze posoudit mapováním průběhu citlivosti po ploše diody. V místech lokálního zvýšení citlivosti hrozí nebezpečí vzniku mikroplazmat (vysoké šumové výkony) výrazně zhoršujících šumové číslo LFD. Šumové číslo LFD: F=Mx v závislosti na poměru ionizačních koeficientů k= b/a a na nastaveném zisku M.

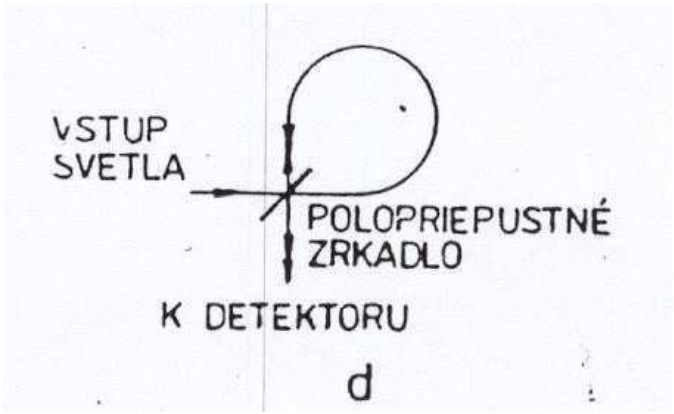




Sagnacův interferometr:
- citlivé pouze na nericiproké jevy
- provedení se zrcadly



- provedení sopt. vláknovými detektory

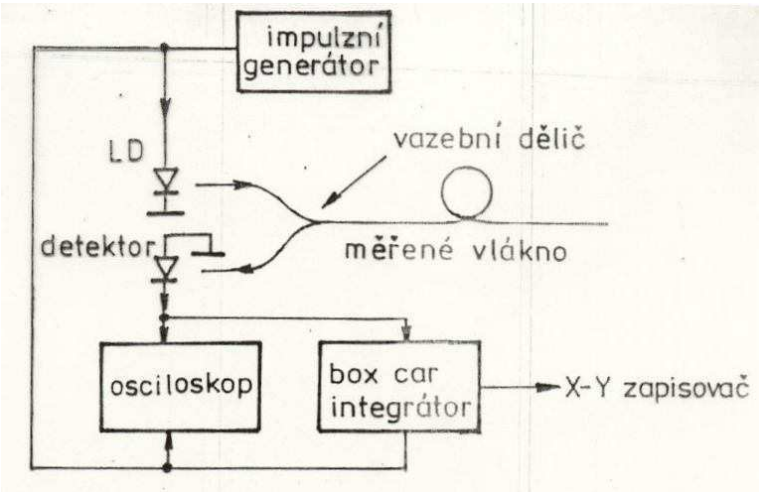


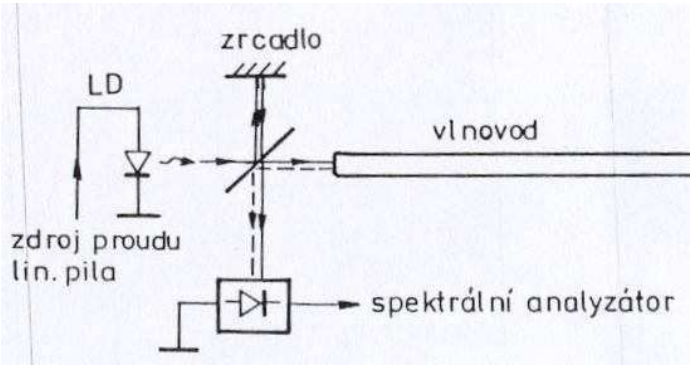
36. Fotorezistory – intrinsické a extrinsické, zisk fotorezistoru, pracovní teplota. Metody optické reflektometrie OTDR.

- polovodičová součástka, osvětlením zvyšuje svoji vodivost, zisk: $G = \frac{\tau_n \mu_n}{d^2} U$

-Fotorezistory – **intrinsické** -nedotovaný polovodič, **extrinsické** –dotovaný; fotorezistory jsou jako termistory vytvořeny rovněž na polovodičovém základě. Mění svůj odpor pod vlivem světelného záření vzhledem k existenci vnitřního fotoelektrického jevu: Světlo, podobně jako tepelné záření, je elektromagnetické vlnění, jehož frekvence je jen o něco vyšší. Generují se páry elektron díra - elektron je rychlejší - vstoupí na elektrody - generuje další aby byla zachována neutralita. Když dáme díru do pasti, tak e- nezrekombinuje → děláme rekombinační místa pro díry Špatné dynamické vlastnosti, čím větší záření tím jsou horší. Chlazení - Poltierův článek → chlazená clona zvýší citlivost až 100x → eliminace tepelného záření. Charakteristika fotorezistoru silně připomíná char. Termistoru. Výchozím materiálem je zde často sloučenina kadmia s některým chalkogenem (kyslíkem, sírou, selenem, telurem) vzniklá slínováním. Fotorezistory se mnohostranně využívají v měřicí a regulační technice.

OTDR metody optické reflektometrie- umožňuje změřit průběh útlumu po délce vlákna. Zmenšením tloušťky pláště a nanesením vrstvy s indexem lomu (1.8) vyšším než je index lomu pláště (1.4) se dosáhne hlubšího průniku evanescentní vlny do analyzovaného prostředí.

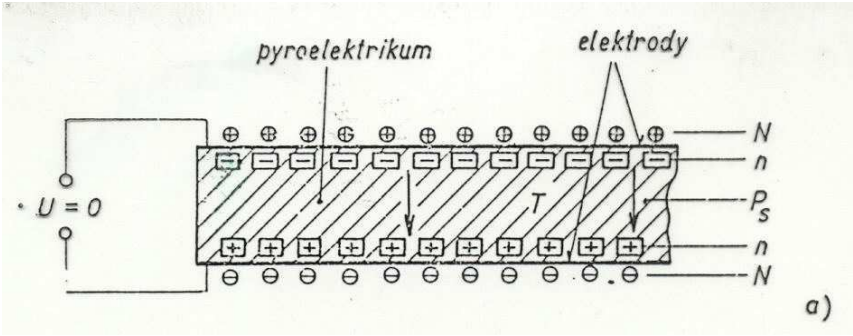




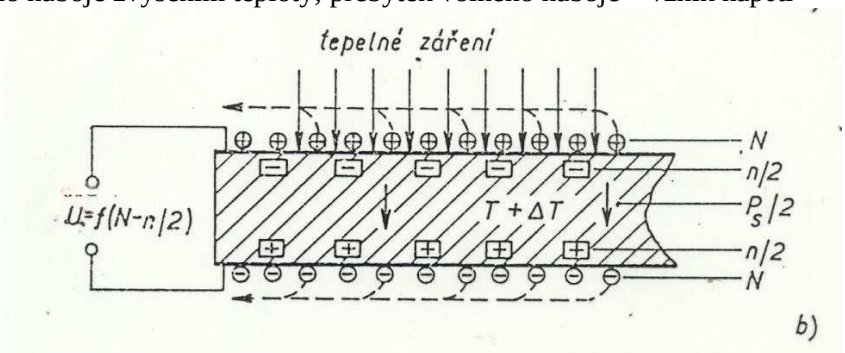
37. Pyroelektrické detektory. Principy využívané u distribuovaných vláknových senzorů. Modifikace optických vláken.

- snížení pevného náboje zvýšením teploty → přebytek volného náboje → vznik napětí
- reagují pouze na změny, dobré dynbamické vlastnosti jen v proudovém zapojení
- selektivita určena filtrem - vstupním okénkem
- na povrchu detektoru je obsorbční čerň, chlazení Poltierovými články (kapalný dusík)

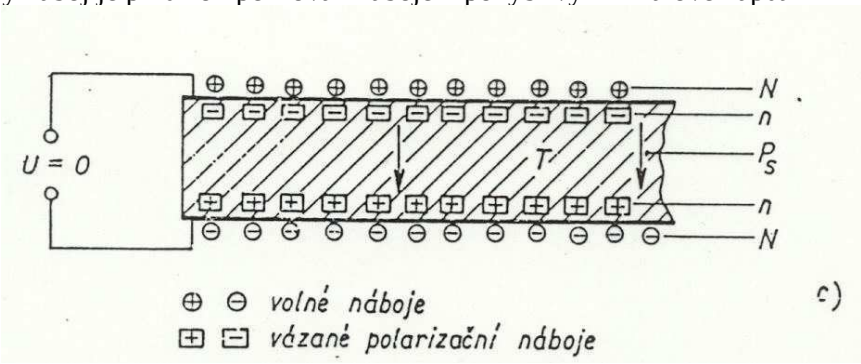
a) detektor v rovnováze



b) snížení pevného náboje zvýšením teploty; přebytek volného náboje – vznik napětí



c) Zacloněním návrat k původní teplotě a tím i původní hodnotě polarizace - obnovení nábojové rovnováhy, pevný náboj je plně kompenzován nábojem pohyblivým – nulové napětí



Distribuované vláknové senzory:
OTDR - reflektometrie v časové oblasti
POTDR - polarizační reflektometrie v časové oblasti
OFDR - reflektometrie v frekvenční oblasti
CCOTDR - komplementární korelační OTDR
COTD - koherentní OTDR

Otázky z předmětu X34FOT – Katedra elmag. pole (Doc. Ing. Karel Novotný, Csc.)
(ke zkoušce jedna otázka – otázka má dvě části, studijní materiály k první část viz skripta Novotný: Optická komunikační technika, materiály ke druhé části otázky jsou k dispozici v rozmnožovacím středisku)

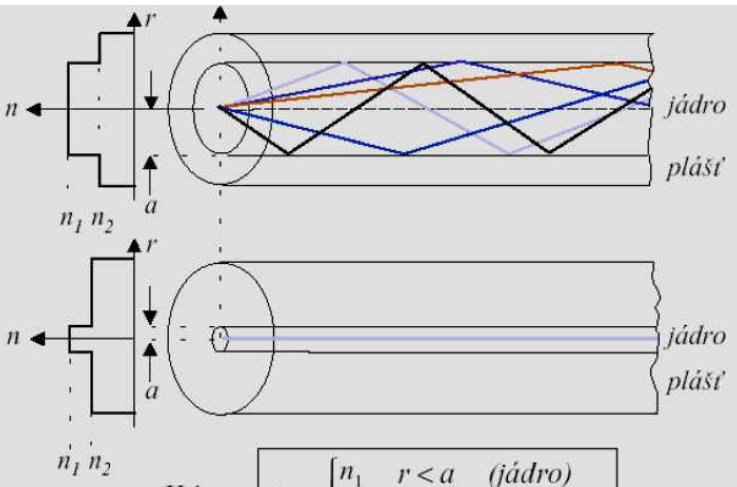
38. Základní typy vláknových vlnovodů – konstrukce, vlastnosti. Základní typy planárních vlnovodů.

Vláknové:
- přenos na dlouhou vzdálenost
- materiál: sklo, plast; rozložení indexu lomu n: skokové (SI), gradientní (GRIN)
- vidy: jedno- více-vidová; pružnost, pevnost, stálost, útlum, disperze

Přenosové vlastnosti
- Rozměry (jádro, plášť)
- Rozložení indexu lomu
- Útlum vláken a disperze
- Možnost vazby na různé druhy zdrojů
- Numerická apertura

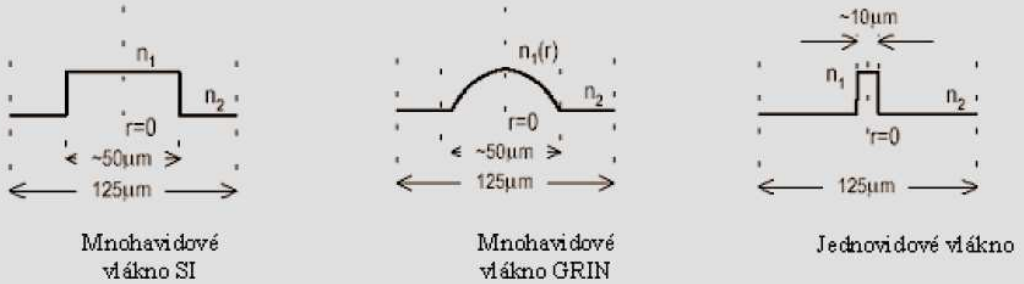
Mechanické vlastnosti
- Pevnost
- Možnost ohýbání
- Chemická stálost

Snaha konstruktérů
- minimální útlum
- minimální disperze (šířka pásma)



Kde, $n_r = \begin{cases} n_1 & r < a \quad (jádro) \\ n_2 & r \geq a \quad (plášť) \end{cases}$

Rozdělení podle profilů indexu lomu:

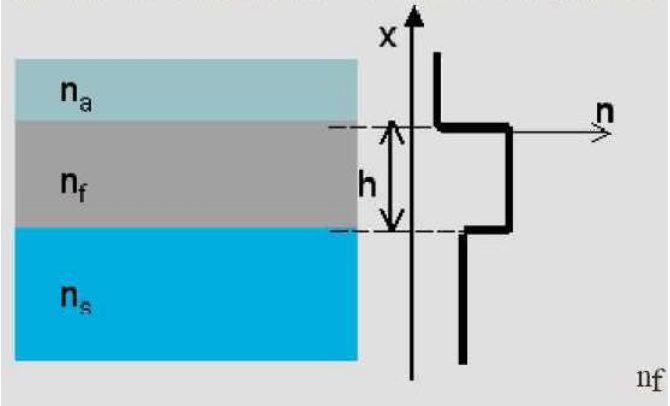


Mnohavidové vlákno SI | Mnohavidové vlákno GRIN | Jednovidové vlákno

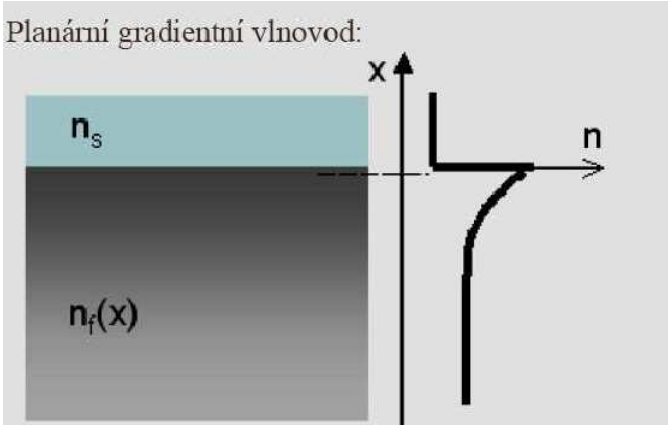
Planární:
- ovládní a distribuce optických vln; dva způsoby vedení: totální odraz, ohyb vln
- symetrické n2/(n1/n2); asymetrické n3/(n1/n2)

Planární vlnovod si lze představit jako optické vlákno rozvinuté do roviny. Vrstva s vyšším indexem lomu (tedy ta, kterou je vedeno světlo) je teď nad oblastí s nižším indexem lomu. Evanescentní pole zasahuje i do oblasti nad vlnovodnou vrstvou a sleduje případné změny v indexu lomu nad vlnovodnou vrstvou.

Planární vlnovod se skokovou změnou indexu lomu:

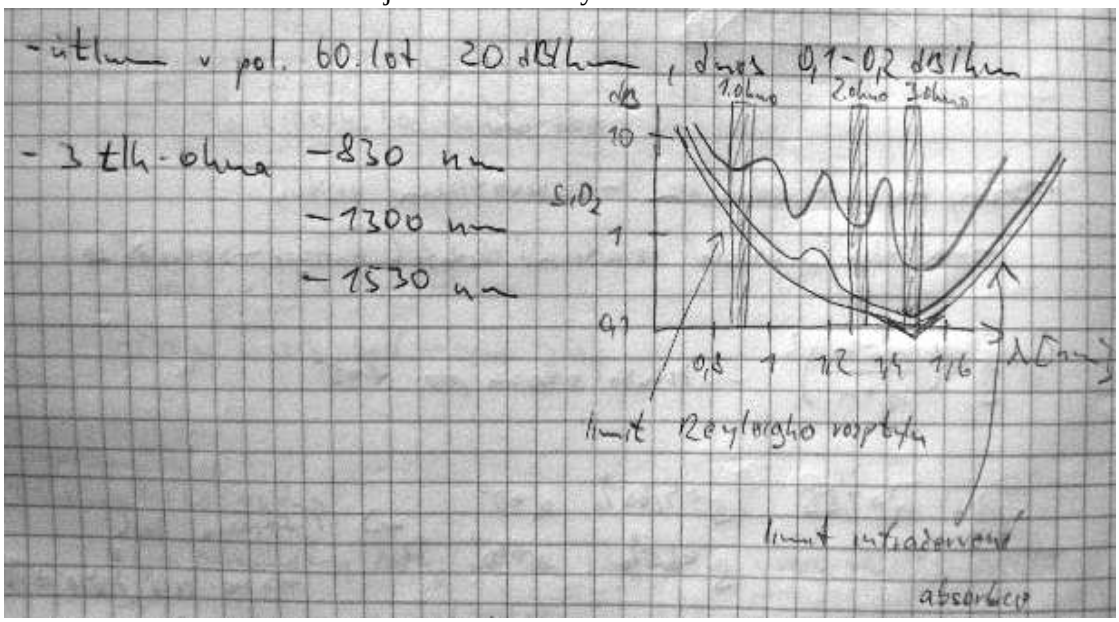


Planární gradientní vlnovod:



39. Útlum optických vlnovodů – 3 telekomunikační okna. Spínač 4x4 vytvořený z pěti spínačů 2x2

Vlastní absorbce – ztráty na molekulách optického materiálu; nevlastní absorbce - ztráty na nečistotách, Rayleighův rozptyl na nečistotách, ztráty mikro a makro(nesmí být překročena hodnota ohybu optického kabelu při montáži) ohyby. Lin. rozptyl: jeho velikost roste se 4 mocninou vlnové délky. Nelin. rozptyl: účasti optického záření dochází ke změně jeho vlnové délky.

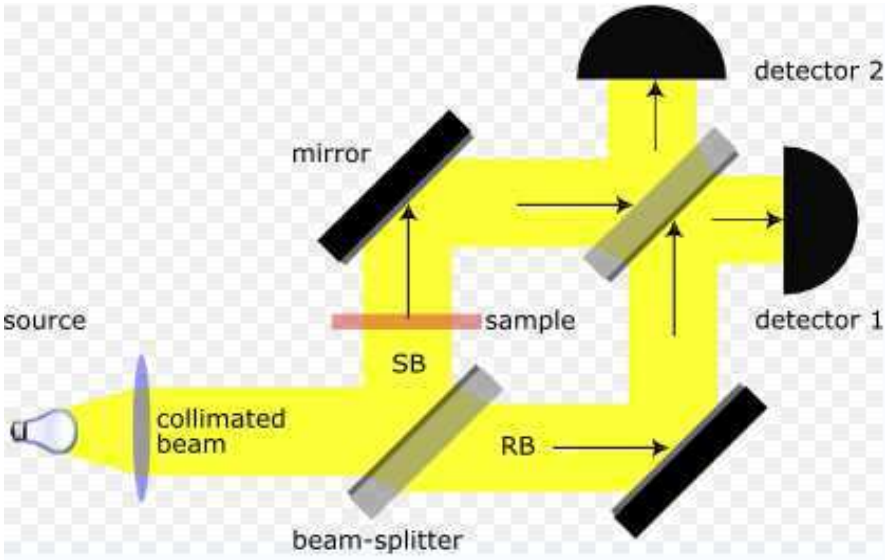


Provoz optických vláken 850 nm,1310nm,1550nm., - absolutní minimum útlumu je v oblasti 1550nm a má hodnotu přibližně 0,2 dB/km. Toto abs. min. je ze strany kratších vln. délek omezeno Rayleighovým rozptylem a ze strany větších vln. délek infračervenou absorpcí. V okolí 14nm je pás zvýšeného útlumu,který je způsoben absorpcí na OH iontech, přítomných ve vláknu-chránit před kontaktem s vodou. Lokální min útlumu, situovaného kolem 1310 nm.

40. Příčiny disperze ve vlnovodech. Vysvětlete princip činnosti Mach – Zenderova interferometru

- celková disperze je složena z několika dílčích: vlnová, vidová, chromatická, materiálová, polarizační...
- disperze rozšiřuje impuls v času
materiálová: závislost indexu lomu na Λ
vlnovodová: závislost ef. indexu lomu na Λ
chromatická: ovlivněna složením spektra (čím užší spektrum, tím menší tato disperze)
vidová: různá rychlost šíření vidů

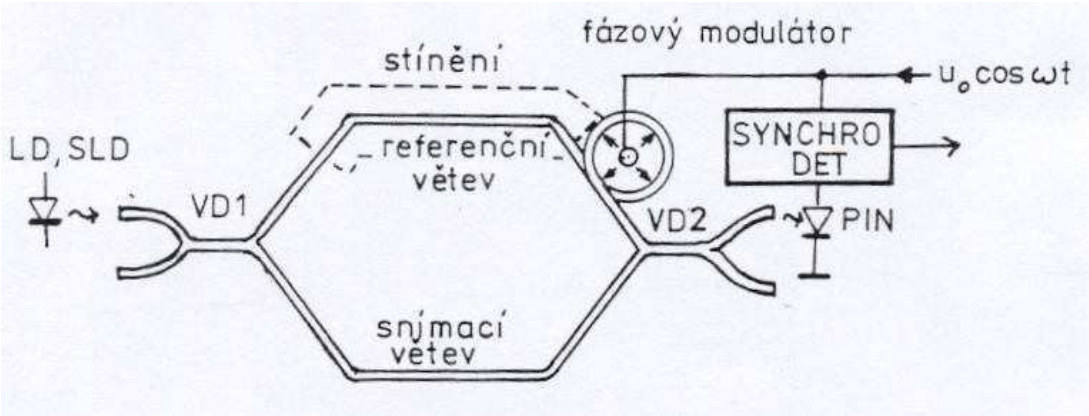
Mach - Zenderův interferometr:

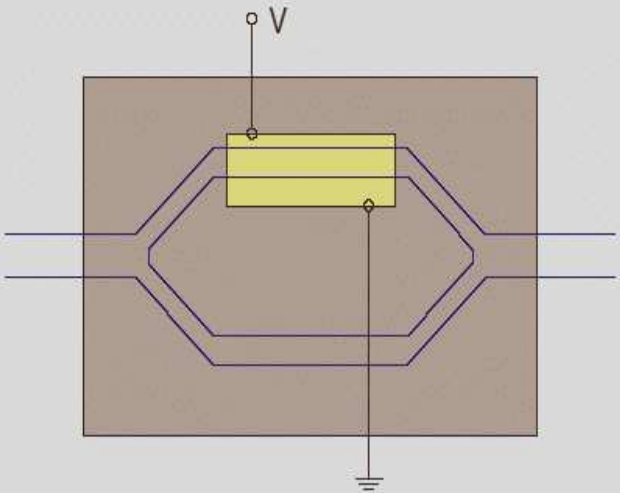


41. Volba vlnové délky zdroje s ohledem na útlum a disperzi. Elektrooptický spínač s Mach - Zenderovým interferometrem

Volba vlnové délky s ohledem na útlum 850 – nejlevnější, 1310 - nejmenší disperze, 1550 - nejmenší útlum.Rychlost šíření ovlivňuje index lomu(materiálová disperse) - jeho velikost závislá na vlnové délce. Změna efekt.indexu lomu(vlnová disperze). Dohromady se tyto dvě disperze nazývají chromatická disperze. Při určité vlnové délce docházi ke kompenzaci disperzí až k nule. Disperze signálu závisí na spektrální šířce zdroje všechny typy ztrát jsou závislé na vlnové délce(absorpční rozptylové ohybové). Shrnutí: všechny typy ztrát a disperze jsou závislé na vlnové délce, volíme ze tří oken: 850 nm – nejlevnější, 1300 nm - nejmenší disperze, 1550 nm - nejmenší ztráty.

Elektrooptický spínač s Mach - Zenderovým interferometrem

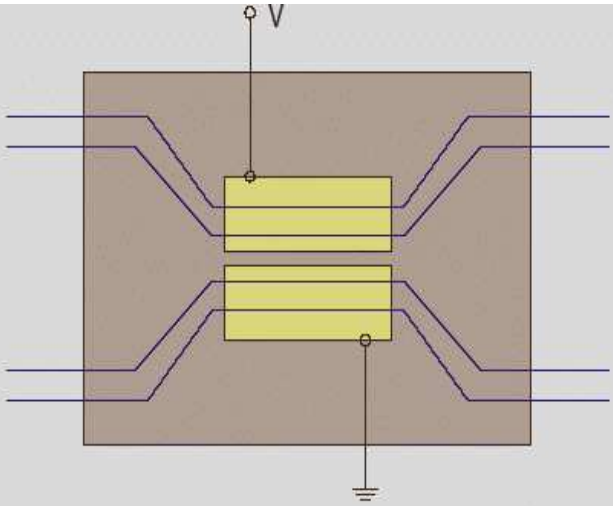




Energie základního vidu z jednovidového vlnovodu je v Y rozbočnici rovnoměrně rozdělena do dvou ramen. Bez připojeného napětí nedochází k fázovému posunu a vlny se v následující Y spojce sečtou ve fázi do původní vlny. Připojené napětí pak mění index lomu a tím i fázi. Vytvoří-li se tím vzájemný fázový posuv π sčítají se vlny v protifázi. Tím se vytvoří vyšší vid, který se ale nemůže jednovidovým vlnovodem šířit a energie se vyzáří do substrátu.

42. Jednovidový optický vlnovod – konstrukce a přenosové vlastnosti. Elektrooptický přepínač 2x2 s vazebním členem.

Musí být splněna podmínka jednovidovosti, u páskových a kanálkových vlnovodů bývá jednovidovost podmínkou správné fce v integrované optice. Používá pro velké přenosové rychlosti na dlouhé vzdálenosti. Disperze tvořena pouze chromatickou disperzí a závisí na spektrální šířce zdroje. Profil: malý průměr jádra, nízká NA, obtížná výroba. Volby: planární nesymetrický nebo vláknový Si: malá tloušťka vrstvy nebo malý rozdíl indexů lomu.

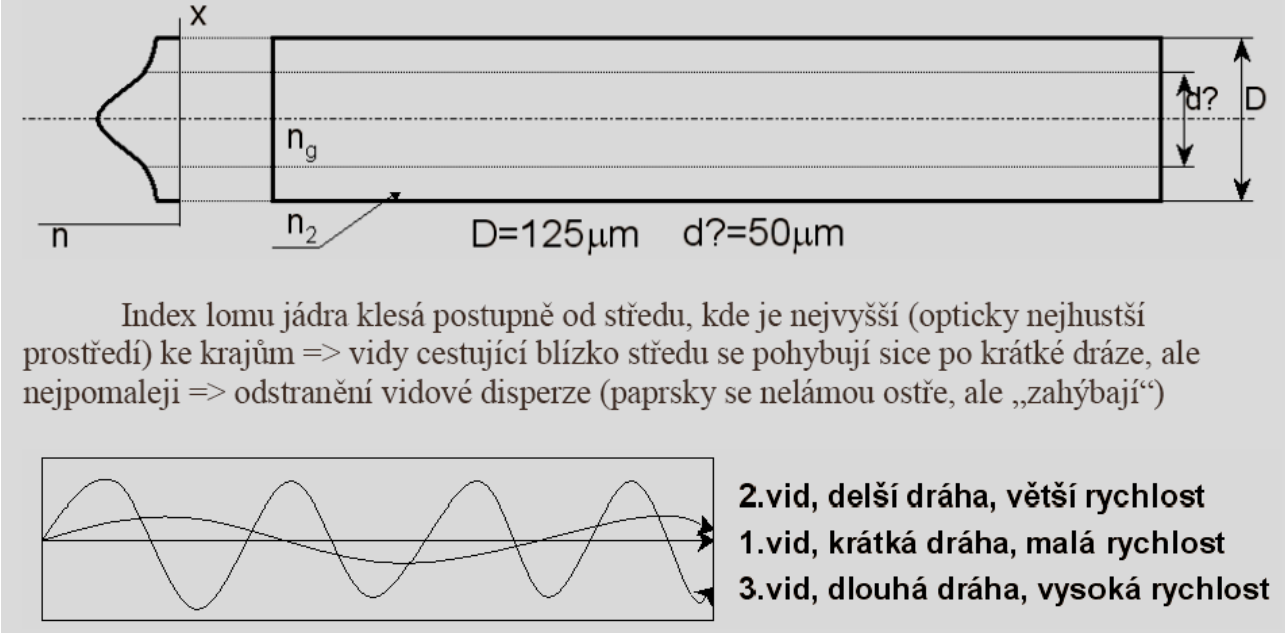


Dva vlnovody jsou opticky propojeny. Působením vnějšího elektrického pole se mění index lomu tak, že optický výkon setrvává v tomtéž vlnovodu nebo je převeden do druhého. Napětí bývá v řádu jednotek voltů, rychlost přepínání překračuje 20 GHz. Přepínač 2x2 je základním stavebním prvkem přepínačů vyšších řádů (NxN).

Přepínač 2x2:
- el. pole změní index lomu tak, že optický vákon buď setrvá, nebo je převeden do druhého vlákna
- napětí cca 1 V, f = 20 Ghz
- přepínač 2x2 je základem přepínačů vyšších řádů

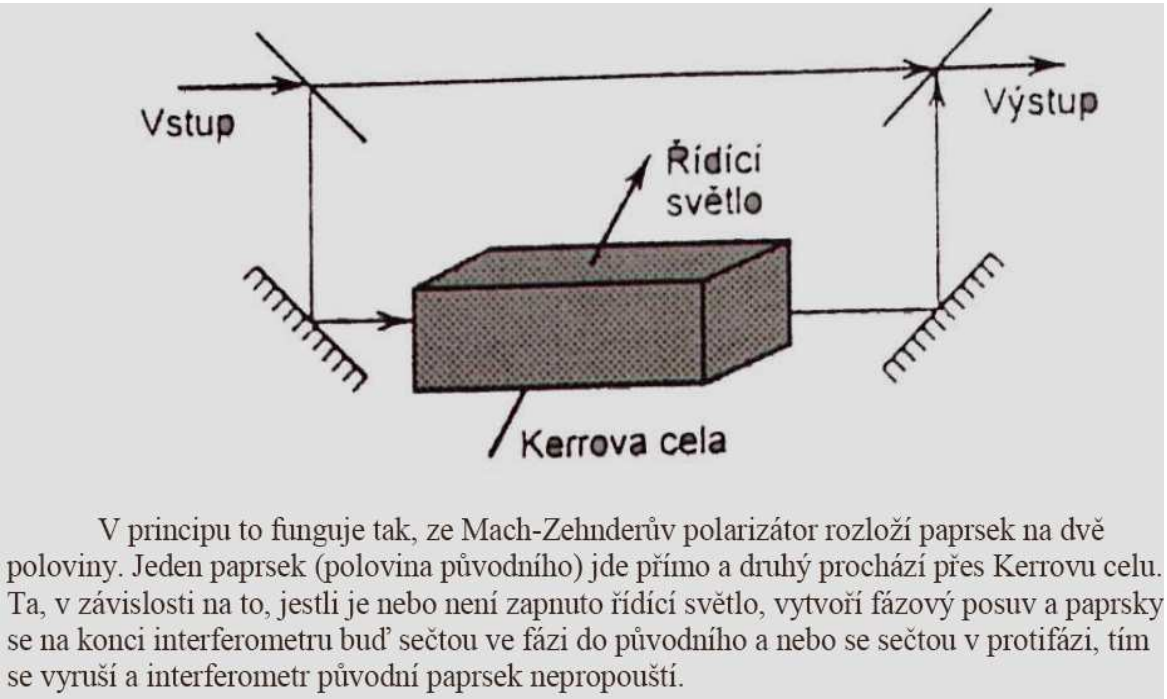
43. Vysvětlete funkci gradientního optického vlnovodu. Plně optický vypínač s interferometrem Kerrovou celou.

- mechanismem šíření je ohyb
- snižuje vidovou disperzi
- v místě obratu má paprsek největší rychlost



Vypínač s Kerrovou celou:

- řídící světlo ovládá fázový posuv
- když se paprsky sčítají v protifázi nic neprochází



44. Vysvětlete proč se konstruhují vlákna s posunutou disperzí. Bistabilní optický prvek.

- dotací vlákna některými prvky lze posunout nulu materiálové disperze k vyšším vlnovým délkám

Bistabilní optický prvek: - kombinace nelineárního optického materiálu a opt. zpětné vazby

- má dva stabilní stavy, propustnost nesmí být monotonní

45. Čím je určena maximální přenosová rychlost optického vlákna?.Základní typy optických propojení a jejich realizace

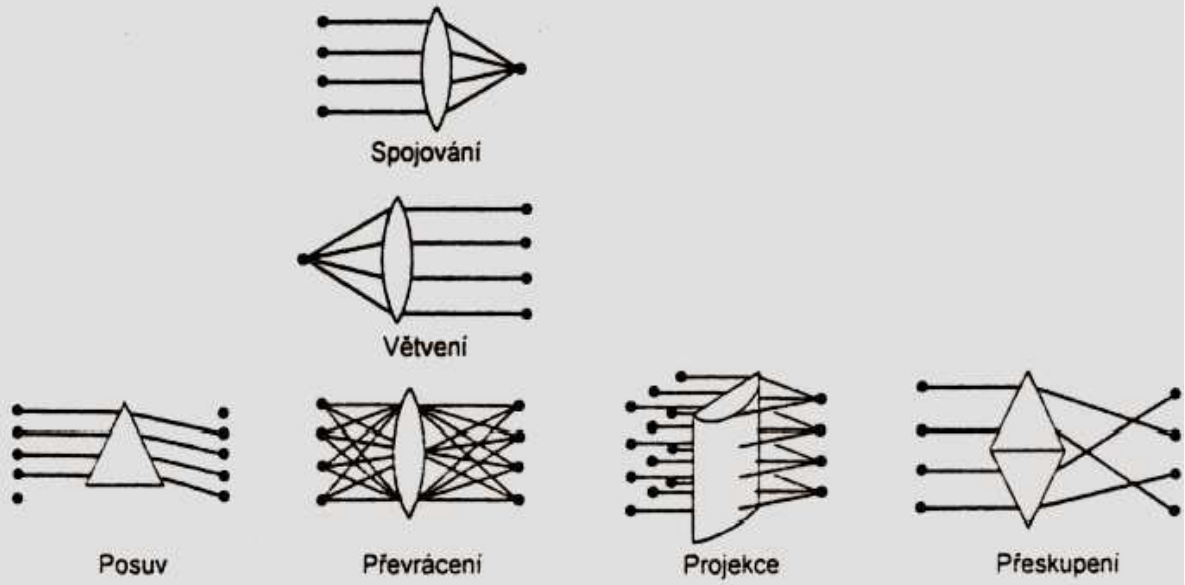
- max. rychlost určena disperzí
- z tohoto hlediska je také rychlost přenosu ovlivněna vzdáleností na kterou chceme přenášet

Optická propojení:

- optické vlnovody s integrovanými vazebními členy
- vláknové optické vazebbní členy:

Základní typy optických propojení a jejich realizace.

Kde to najít: [2] str. 948



Posuv	-hranol
Převracení, spojování	-čočka (spojka)
Projekce bodu do řádku	-astigmatický člen (válcová čočka)

Složitější propojení se řeší holograficky pomocí fázové mřížky.