

USTNI:

Laserji:

1. Razlika med Fabry-point in dfb laserjem
 - a. Razlika je v spektru oz spektralni črti. (Fabry-point je »glavnik« rodov pri DFB-ju je pa spektralna črta ožja. Širina spektra pri DFB je 10^4 krat boljša kot pri FP laserju. (porazdeljeni povratni sklop s periodično strukturo). Tokovna modulacija-frekvenčna modulacija pri FP skoraj neopazna zaradi širine spektra. Temperaturna sprememba valovne dolžine pri DFB laserju je manjša od temperaturnega koeficienta FP laserja.
2. Katere vrste laserjev poznamo ter katera temperatura laserjem bolj škoduje in zakaj?
 - a. Plinski laserji, laserji trdnega telesa, tekočinski laserji, polprevodniški laserji, Laser s porazdeljenim sklopom. Nizka temperatura je bolj škodljiva za laser ker pri nizki temp. Pride do večje moči kar lahko povzroči zažig zrcal in s tem uničenje laserja.
3. Kaj v He-Ne laserju določa polarizacijo
 - a. Brewsterjevo okno?
4. Ali je za laser nevarnejša visoka ali nizka temperatura, ter kakšna je odvisnos kolenskega in pragovnega toka od te?
 - a. Nizka. Pragovni tok se viša z višanjem temperature. Rabimo več toka za doseganje glavnika rodov. Ko je tok nižji od kolenskega toka laser oddaja nepolariziran zvezen šum. Pri kolenskem toku je spekter seštevek spektra LED in Laserja nad kolenskim tokom pa se spekter preoblikuje v glavnik rodov.
5. Polprevodniški in navadni laserji – kako izgleda, zakaj ni zrcal, spekter. DFB laser, princip delovanja, spekter, zakaj antireflekcijska plast?
 - a. Polprevodniški laser je čip ki je sestavljen iz valovoda, prevodnega pasu in valenčnega pasu. Kot primer navadnega laserja je HeNe laser. Tapa je sestavljen iz steklene cevi, steklene kapilare, zrcal in tokovnega vira. Če imajo zrcala frekvenčno odvisno odbojnost, potem pogojujeta barvo laserja. (HeNe ne uporablja frekvenčno odvisnih zrcal niha z $\lambda = 1200\text{nm}$. Ojačanje za rdečo svetlobo je 2dB/m). Nameščanje Zrcal ni potrebno ker imajo polprevodniki lomni količnik od 3,5 do 4 kar pomeni da so odbojnosti od koncev dovolj velike. Spekter izgleda kot glavnik rodov in jih ima ponvadi od 3 do 100. Pri DFB laserju imamo v celotni strukturi porazdeljeno povratno vezavo, kjer se signal delno odbije. Na sredini imamo pa preskok za $\lambda/4$ zato da se odboji iz obeh strani seštejejo v fazi. Če preskoka ne bi bilo bi laser nihal na dveh rodovih. Spekter DFB je zelo ožji od FP in je velik približno 30MHz kar je za 10^4 krat boljše kot pri FP laserju. Arsloj pa dodamo zato da končni odboj ne moti delovanja periodične strukture.

6. Nariši laser DFB in povej zakaj ima fotodiodo?
 - a. Fotodioda je naprava, ki svetlobni tok spreminja v električni tok. Pri DFB laserju pa jo uporabljamo za preverjanje delovanja.
7. Kako zgleda frekvenčni spekter laserja, kaj vpliva na to, na kateri frekvenci niha laser.
 - a. Glavnik. Na frekvenčni spekter laserja je odvisen od toka. (kolenski itd.) (vzdolžna koherentna dolžina?). Na kateri frekvenci laser niha vpliva resonator.(KAJ JE RESONTAOR)
8. Kaj se dogaja z izhodno močjo laserja pri največjem toku
 - a. Moč narašča premo sorazmerno s tokom. Pri dovolj visokem toku lahko pride do sežiga zrcal, in s tem do uničenja laserja.
9. Od česa je odvisna barva svetlobe, ki jo oddaja HeNe laser.
 - a. Barva je odvisna od ojačanja svetlobe. Pri drugih laserjih pa je barva pogojena z frekvenčno odvisnimi odbojnimi zrcali.
10. Kakšna je polarizacija svetlobe, ki izhaja iz rotacijsko simetričnega HeNe laserja?
 - a. Ni določena??
11. Kako dosežemo, da laser oddaja točno določeno linearno polarizirano svetlobo?
 - a. Da dosežemo točno določeno linearno polarizirano svetlobo moramo zrcala postaviti pod določen kot. Bresterjev kot.
12. Zakaj uporabljamo DFB in ne FB laser?
 - a. Zato ker je DFB boljši □ Ima ožji spekter.
13. Zakaj je ožji spekter boljši?
 - a. Ker imamo tako manj valovnih dolžin ki potujejo z različnimi hitrostmi in imamo tako manj kromatske disperzije
14. Zakaj se je uveljavilo 1.spektralno okno (850nm) pri optičnih komunikacijah?
 - a. Zaradi izdelave polprevodniških GeAs laserjev
15. Zakaj se je v optičnih komunikacijah najbolj uveljavila valovna dolžina 1550nm?
 - a. Uveljavila se je zato ker je v tistem področju najmanj slabljenja in disperzije
16. Opiši polprevodniški laser in povej kako ga napajamo
 - a. Polprevodniški laser je majhna naprava ki nam omogoča da dosežemo velike gostote toka skozi polprevodnik, kar povzroči inverzno porazdelitev delcev, kar omogoča lasersko ojačanje. Sestavlja ga valovod med prevodnim in valenčnim pasom, ter tokovni vir ki je vezan na valenčni in prevodni pas. Laser oddaja svetlobo jakosti 3mW na obeh straneh laserskega čipa. 50%

svetlobe mečemo stran. Ojačanje laserske snovi je različno za različne polarizacije. ($G_{TE} > G_{TM}$) isto velja za lomne količnike. Lomni količnik valovoda za TE polarizacijo je velji od lomnega količnika obloge in zato pride do vodenja TE valovanja. Za TM je ravno obratno. Polarizacija, ki izhaja iz valovoda je vodoravne (v smeri TE valovanja).

OTDR:

1. Katero napravo bi uporabili za prepoznavanje karakteristike položenega vlakna in kako deluje?
 - a. Uporabili bi OTDR z njim lahko merimo na terenu, ko je optini kabel že položen saj meritve izvajamo na enem mestu (koncu kabla). Na enem koncu v vlakno pošljemo znan signal in opazujemo kaj se po določenem času zaradi različnih odbojev vrne na isti konec vlakna. Iz izmerjenega časa med oddajo impulza in sprjemom odboja lahko izračunamo mesto nepravilnosti ali položaj napake vzdolž vlakna.

2. Katera merilna metoda (naprava) je alternativa na OTDR ter kako jo uporabljamo?
 - a. OFDR? Je v bistvu isto kot OTDR samo da oddajnik ne odda časovnega impulza svetlobe ampak znan signal (ki ni svetlobni impulz) ki je s sinusnim signalom spremenljive frekvence moduliran optični signal. Sinusni signal dobimo iz radiofrekvenčnega preletnega (sweep) generatorja. Rezultat dobimo iz primerjanja frekvence odbitih signalov in frekvence signala ki pride direktno na mešalnik. Ta dva signala pri mešanju generirata nizkofrekvenčni signal (mešalni produkt) katerega vrhovi spektra premo sorazmerno ustrezajo razdalji med začetkom in koncem vlakna.

3. OTDR (opis)
 - a. Optični reflektometer v časovni domeni.
 - b. Sestavljen iz optičnega oddajnika, sprejemnika, sklopnika in prikazovalnika rezultatov.
 - c. Je naprava za merjenje dolžin do napake nepravilnosti na podlagi časovne zakasnitve.
 - d. Lahko merimo sipanje, če ima naprava RES dobro fotodiodo
 - e. Lahko merimo tudi disperzijo- vrnjen signal šitši lahko izmerimo kakšna je disperzija

Modulatorji, Modulacije:

1. Vrste modulatorjev, opiši akusto-optični modulator. Zakaj sta grafa različna?

- a. Mehanski modulatorji (so zasnovani kot zaslonke, največkrat zelo počasni, in se uporabljajo v meritvah)
- b. Akustooptični modulatorji (izkoriščajo interakcijo svetlobe in zvoka, pri širjenju akustičnega vala se v snovi pojavljajo napetosti ki se odražajo kot zgoščine in razredčine, zvočni valovi povzročajo uklon svetlobe v snovi, Interakcija med zvočnim in svetlobnim valovanjem nastane zaradi krajevno-časovne odvisnosti lomnega količnika, ki jo povzroča zvok in ki lahko bistveno vpliva na širjenje svetlobe skozi snov. Raman-Nathov uklon svetlobe se izvede v zelo ozki raman-Nathovi celici (ozka fazna uklonska mrežica) po prehodu skozi tako celico postane optično polje fazno modulirano. Polje po izstopu iz mrežice interferira konstruktivno. Akustooptični modulatorji imajo majhno vstavitevno slabljenje kar pomeni da se ne grejejo. Akustooptični filter je prilagodljiva naprava ki lahko obenem izloči več valovnih dolžin. Pri širjenju akustičnega valovanja se v snovi pojavljajo napetosti katerih posledica je sprememba lomnega količnika LiNbO_3 ima piezoelektrične lastnosti. Akustooptični pojav ima lastno frekvenčno selektivnost ki temelji na faznem sinhronizmu (zgoščine in razredčine v obliki Braggove periodične strukture) Kadar je sinhronizem porušen pride do oslavljenja izhodnega signala.
- c. Elektrooptični modulatorji (lomni količnik snovi je funkcija modulacijske napetosti, narejeni iz litijevega niobata LiNbO_3 , primer je Mach-Zehnderjev amplitudni modulator)
- d. Elektroabsorpcijski modulatorji (Absorpcija snovi pod vplivom el. Polja in posledično Slabljenje snovi se spreminja v odvisnosti od modulacijske napetosti, ista zgradba kot polprevodniški laser, le da je modulator priključen v zaporni smeri, absorbira svetlobo le ko nanj priključimo napajanje, so zelo hitri)
- e. Grafa sta različna zaradi drugačne polarizacije (ponavadi je tako da je elektrooptični pojav največji za TE polarizacijo MZ opremljen z vlaknom ki ohranja polarizacijo)

2. Modulacijski postopki (amplitudni in elektrooptični modulator)

- a. Amplitudni modulator (MZ): optični val se v valovodnem delilniku razdeli v dva optična valova. Zaradi krmiljenja z električnim signalom nastane fazna razlika med valoma v obeh vejah. Nastane Interferenca izstopnih valov ki v enorodovnem Y sklopniku povzroči amplitudno modulacijo vhodnega optičnega vala. Če sta optični dolžini obeh vej enaki, med valovodnima rodovoma ni fazne razčike in se na izhodu konstruktivno interferirata tako da je brez izgub izhodna optična moč enaka vhodni. Če pa se op. Dolžini tako razlikujeta da je fazna razlika med op. Valovodoma enaka $n\pi$ sta na izhodu protifazna in v izhodnem valovanju vzbujata antisimetrični rod višjega reda ki se po enorodovnem valovodu ne more širiti. To sta dva skrajna primera vmes je možno še vse ostalo.

3. Amplitudni modulator (opis delovanja in skica)

- a. Isto kot 3

Vlakna:

1. Enorodovno vlakno
 - a. Jedro zelo manjše kot obloga ($9\mu\text{m}$ proti $125\mu\text{m}$), dovoljuje širjenje enega rodu, standardno vlakno je dimenzionirano za prenos pri 1300nm Disperzijsko premaknjeno vlakno pa za 1550nm
2. Mnogorodovno vlakno
 - a. Jedro večje kot pri enorodovnem ($50\mu\text{m}$) obloga ($125\mu\text{m}$). Dovoljuje širjenje nekaj sto rodovom svetlobnega valovanja. Zaradi večjega jedra je lažje spajanje vlaken in usmerjanje svetlobe iz izvorov. MR vlakno je najbolj uporabno v lokalnih omrežjih in računalniških omrežjih. Razvoj predvsem v izboljšanju proizvodnih toleranc za področje 850nm . Obe vrsti vlakn imata zunanjo oblogo – primarna zaščita ($250\mu\text{m}$)
3. Kakšen mora biti lambda za širjenje večih rodov po enorodovnem vlaknu?
 - a. majhen
4. Katero vlakno so prej iznašli: mnogorodovni ali enorodovni?
 - a. mnogorodovno
5. Kateri dve metodi poznamo za izdelavo enorodovnega optičnega vlakna oz. Pretvorbo iz mnogorodovnega v enorodovno vlakno ter zakaj je ena od njiju v okviru lab. Vaj težko izvedljiva?
 - a. Enostopenjski in dvostopenjski proces. Pri enostopenjskem procesu se vlakno vleče direktno iz utekočinjenega stekla. Pri dvostopenjskem procesu se najprej izdelata zelo čisto palico surovca, ki se jo nato iz taline izvleče v tanko stekleno optično vlakno. Prednost prvega je preprostost, hitrost in neomejena dolžina, vendar se bolj uporablja drugega zaradi nizkega slabljenja. Steklu pa še dodamo dodatke ki spremenijo optične lastnosti tako da se svetloba lahko razširja vzdolž vlakna ne da bi ušla skozi steno.
 - b. Metoda za pretvorbo je amplitudna modulacija pri kateri premer optičnega vlakna zožamo.
 - c. Če ne drugzga zaradi čistoče, in velikosti laboratorija (stolp)
6. Na vsaj koliko rodovih lahko niha mnogorodovno optično vlakno?
 - a. ?? 48 na vajah
7. Koliko svetlobe se odbije na izhodu iz optičnega vlakna?
 - a. Odbije se 0.2dB oziroma 4%

8. Zakaj se lomljeni žarek razmaže v podolgovato liso preden izgine?
 - a. Zato ker ni neskončno ozek??
9. Kako bi potekal poskus, če bi bila prizma prevlečena z antirefleksnim slojem na vseh straneh?
 - a. Ne bi bilo stranskih odbojev
10. Kje se uporablja Brewsterjevo okno?
 - a. Uporablja se za polarizacijo laserja. Ko svetloba pada na zrcalo ki je postavljeno pod Brewsterjev kot se ne odbija ampak samo lomi.
11. Kako je polarizirana svetloba na vhodu mnogorodovnega vlakna?
 - a. Nedoločena polarizacija??
12. V čem se razlikujeta vzorca na zaslonu pri vlaknu s stopničastim lomnim likom in paraboličnim lomnim likom?
 - a. Pri stopničastem liku je porazdelitev rodov enakomerna in NA aparatura je večja.
13. Kakšna je hitrost svetlobe v optičnem vlaknu?
 - a. Svetlobna hitrost deljena z lomnim količnikom vlakna. Lomni količnik stekla je ponavadi 1.5 in zato je hitrost v vlaknu $2 \cdot 10^8$

Disperzija

1. Disperzija (vrste disperzij, opis vsake, kake disperzije imamo v enorodovnem vlaknu)
 - a. Kromatske – razširitev impulza je odvisna od spektralne širine vira. Kromatska disperzija ima tri posledice: valovodna disperzija (optično vlakno kot valovod s steno omejen prostor povzroči utesnjenost polja kar ima za posledico v.d.), snovna disperzija (disperzija snovi same če je lomni količnik odvisen od frekvence oz valovne dolžine) in disperzija lomnega lika (zaradi podobnosti snovi v jedru in oblogi lahko zanemarimo)
Nekromatske – razširitev impulza ni odvisna od spektralne širine vira. Je Mnogorodovna (nastane zaradi neenakih skupinskih hitrosti optičnega signala za vse rodove) ali polarizacijska (v enorodovnih vlaknih, zaradi različnih hitrosti razširjanja valovanj z eno ali drugo polarizavijo).
 - b. V enorodovnem vlaknu je polarizacijska disperzija
2. Kako bi razložil nekemu kaj je to disperzija? Katere vrste poznamo, kako se proti njej borimo?
 - a. Disperzija je pojav razširitve impulza kjer energija (ploščina pod krivuljo) s časom ostane nespremenjena amplituda pa se niža. Po razširitvi pa pride tudi do prekrivanja impulzov pri večjih bitnih hitrostih. Tako Disperzija omejuje

informacijsko kapaciteto optične zveze. Disperzija je linearni pojav razširitev narašča premo sorazmerno z naraščanjem dolžine optičnega vlakna. Proti njej se borimo tako da zmanjšamo premer jedra, toliko da se bo po njem širil samo en rod svetlobnega valovanja. Drugi način pa je da izdelamo vlakno z gradientnim lomnim likom, pri katerem se lomni količnik jedra zvezno spreminja v lomni količnik obloge. Za kompenzacijo kromatske disperzije poznamo še tri metode: Pred in po-popačenje (prilagajanje optičnega signala na sprejemniku oz. Oddajniku), Linijska kompenzacija z disperzijsko kompenzacijskim vlaknom.

Razno:

1. Koliko svetlobe se odbije pri prehodu zrak/steklo?
 - a. 0.2 dB oz 4% - $(n-1)/(n+1)$ zrak ima lomni količnik 1 steklo pa 1,5
2. Kje se impulz hitreje širi: po optiki ali koaksialnem kablu?
 - a. Po optiki, zaradi manjšega slabljenja
3. Kakšen je koordinatni sistem pri grafu ki ga nariše risalnik?
 - a. X-os je kot oddajnika glede na sprejemnik, y os je moč sprejetega signala
4. Zakaj je nebo modre barve, opis?
 - a. V vidnem delu svetlobnega spektra je svetloba z najkrajšo valovno dolžino vijolično oziroma modra. Ker se na molekulah v atmosferi ta svetloba najbolj sipa, naše oči vidijo nebo modre barve. Oblaki so bele barve – Mievo sipanje, zato ker so dežne kapljice dovolj velike da sipajo vse valovne dolžine vidne svetlobe enako. Sivi oblaki zaradi manjše propustnosti svetlobe.
5. Rayleighovo sipanje – kakšno je slabljenje enorodovnega vlakna?
 - a. Rayleighovo sipanje je selektivni pojav pri katerem imajo delci snovi lastnost, da bolj učinkovito sipajo svetlobo izbrane valovne dolžine. Običajno je tako da se svetloba krajših valovnih dolžin bolj sipa kot svetloba daljših valovnih dolžin.
 - b. Sipana svetloba po večini izhaja iz optičnega vlakna nastane pa na naključnih nehomogenostih stekla. Sipanje je tudi polarizacijsko odvisno. Z naraščanjem valovne dolžine rayleighovo slabljenje optičnega vlakna pada s četrto potenco.
6. Slabost mnogorodovnih vlaken, zakaj smo želeli enorodovna?
 - a. Pri mnogorodovnih vlaknih prihaja do večjih zakasnitev, večjega slabljenja. Slabost mnogorodovnih vlaken pa je predvsem mnogorodovna disperzija.
7. Popolni odboj vs. Brewsterjev kot
 - a. Pri popolnem odboju imamo samo odbiti žarek lomnega žarka ni. Pri Brewsterjevem kotu pa ravno obratno.

8. Koliko svetlobe se odbije na meji zrak steklo?
 - a. 0.2 dB ozirom 4%

9. Kako se izdelava optično vlakno?
 - a. Pri enostopenjskem procesu imamo dve posodi. Vsaka je napolnjena s steklom s svojim lomnim količnikom, ki izhajata na dnu posode, kjer se ohladi in predstavlja optično vlakno. Slabost so nečistoče. Izdelava se lahko z neomejeno dolžino v enem kosu.

 - b. Pri dvostopenjskem procesu pa se najprej izdelava čista palica surovca. Imamo trdno cev, katero zatesnimo in v njo s pomočjo kisika vpihujemo silan. Na zunanji strani cevi je gorilnik na vodik. Ko z gorilnikom segrejemo plin, nastanejo zrnca katera se usedejo na stene cevi. Cev se konstanto vrti da se nanos prime enakomerno medtem ko se gorilnik premika vzdolž cevi. Ko so plasti nanešene se iz cevi izčrpajo plini in se poveča moč gorilnika da nastane kolaps. Nato nesemo surovec v vlečni stolp kjer izvlečemo vlakno. Na vrhu stolpa stalimo surovec v grelcih. Kremenčevosteklo se stali in steče v obliki solze navzdol. Nato solzo odrežemo in vlečemo vlakno skozi peč. S hitrostjo in temperaturo določamo premer vlakna. Vlakno gre nato še skozi merilnik debeline in trdnosti ter utrjevalec primarne zaščite, nato pa se navije na kolut. Sledijo še razne meritve in barvanje vlakna.