

10. gaia

Teknologia fotonikoa

Sarrera

Gaur egun baliabide optikoez informazioaren transmisiorako sistema moduan duten garrantzia dela eta, gai honetan aztertuko dira:

- teknologia informatikoan argi iturri erabilienak:
 - **LASERra,**
 - **LEDa,**
- eta **zuntz optikoa**, transmisio-bide moduan.

Laserra

- 1917an Albert Einsteinen erradiazio-materia alorrean *estimulatutako erradiazioaren* inguruko lehen ikerketekin hasten da laserraren historia.

- T. Maiman izan zen, 1960ean, estimulatutako erradiazio igorpena frekuentzia ikusgaietan igortzen zuen gailu bat aurkezten. Gailu hau *laser* izendatu zen *Light Amplification of Stimulated Emission Radiation* akronimotik.

- Gaur egun laserrak hamaika aplikazio ditu besteak beste informatikan eta medikuntzan: *CD eta DVD irakurgailuak, laser inprimagailuak, ordenagailuentzako memoria magneto-optikoak, barra-kode irakurgailuak, soldadura kirurgikoak, zehaztasunezko mozketak, luzera neurgailuak*, e.a.



Eta hedapen etengabea!

Laserra

Laser mota desberdinak daude:

Argi iturri orok badu argia igortzen duen sustantzia bat (sustantzia aktiboa, SA) eta energia emateko mekanismo bat (EE).

- **euskarri solidokoa**: lehen laser eraginkorra. Sustantzia aktiboa solido kristalinoa da. Energia lanpara batek igorritako argiak ematen du, lanpararen igorpen espektroan SA kitzikatzeko behar diren uhin luzerak daudelarik.

- **gasezkoa**: SA gas nahasketa bat da. EE SA biltzen duen hodiaren muturreko elektrodoen artean ezarritako potentzial diferentzia handi baten (tentsio altuko iturri bat) ondorioz sortutako eremu elektrikoa.

Laserra

Laser mota desberdinak daude:

- **erdieroalekoa** (diodozko laserra): SA erdieroalezko p-n juntura bat da eta EE hau zeharkatzen duen korrante bat. Eroalearen bolumena oso txikia bada, injekzio handia lor daiteke korrante txikiekin. Hau da laser mota hauen tamaina txikiaren arrazoia.

- Beste batzuk:
 - **kolorantezkoa,**
 - **gelezkoa,**
 - **X izpikoa,**
 - **nuklearra...**

Laserra

Laserren **propietate nagusiak** honakoak dira:

- Laser argia **koherentea** da: laser izpiek euren arteko fase korrespondentzia bat mantentzen dute.
- Laser argia **monokromatikoa** da: uhin luzera "bakarra" (tarte mugatu bat).
- Laser argia **oso direkzionala** da (dibergentzia angelu txikia): distantzia handietan ere argi izpia oso gutxi sakabanatzen da.

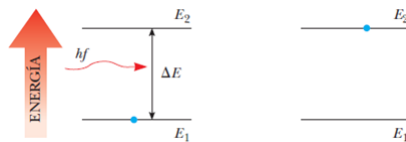
Propietate hauek egiten dute hain erabilgarri hainbat aplikazio teknologikoetan.

Laserra

- Erradiazio-materia elkarrekintza:

Atomo batek erradiazio elektromagnetikoa xurgatu eta igortzen du, bakarrik baimendutako mailen arteko energia desberdintasunari dagokien uhin luzeretan.

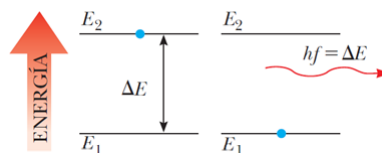
- **estimulatutako xurgatzea:** E_1 energia mailan dagoen elektroia bat hurrengo energia mailara pasa daiteke $E_2 - E_1$ energia duen fotoia xurgatuz. Fotoiak elektroia kitzikatzen du.



Laserra

- Erradiazio-materia elkarrekintza:

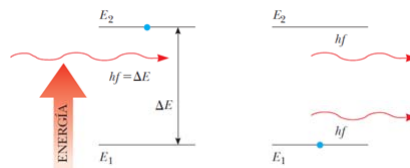
- **berezko igorpena:** goi energiako maila batean (E_2) dagoen elektroia bat mailaz jaitsi daiteke $E_2 - E_1$ energiako fotoia igorriz.



Laserra

- Erradiazio-materia elkarrekintza :

- **estimulatutako igorpena:** elektroia bat goi energiako (E_2) maila batean badago, egoera hau metaegonkorra* bada eta E_2-E_1 energiako fotoi bat badago, fotoi honek eragin dezake elektroia energia gutxiagoko mailara (E_1) pasatzea energia, noranzko eta fase bereko fotoi bat igorritik



* Maila honetan elektroien erdibizitza oso handia da kitzikatutako egoeren adierazgarri den erdibizitzarekin ($\sim 10^{-8}$ s) alderatuta.

Laserra

- Populazioaren alderantzikatzea

- Oreka termikoan elektroia gehiago oinarritzko egoeran.

- Kitzikatutako egoeran dauden elektroiak gehiengoak direnean → **populazioaren alderantzikatzea**

Laserraren funtzionamenduaren oinarria den **estimulatutako igorpena** gertatu ahal izateko, **populazioaren alderantzikatzea** beharrezkoa da.

- Fotoi batek estimulatutako igorpenaz beste bat sortzen badu, fasean dauden 2 fotoi guztiz berdin lortzen dira (koherentea). Hauetako bakoitzak beste fotoi bat sortu dezakete, eta beste hauek beste hainbeste.

Laserra

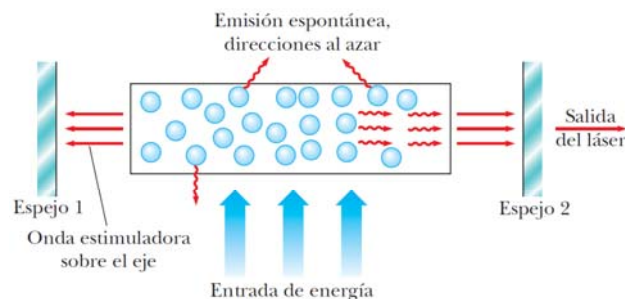
- Laser argia: estimulatutako igorpen bidezko fotoi pilaketa. Baldintzak:

- Sistema populazioaren alderantzikatzeko egoeran egon behar da, igorritako fotoi kopurua xurgatutakoa baino handiago izan dadin (anplifikazioa).
- Sistemaren kitzikatutako egoera egoera metaegonkor bat izan behar da, populazioaren alderantzikatzeko eta igorpen estimatuak berezkoak baino gertatzeko aukera gehiago izatea ahalbidetzen duena (koherentea).
- Igorritako fotoiak sisteman konfinatuta egon behar dira beste igorpen batzuk kitzikatzeko behar beste denbora. Hau lortzeko sistemaren muturretan ispiluak gaineratzen dira: alde batekoak %100 islatzen du, besteak <%100, laser izpia sortuz (kolimatuta).

Laserra

- Adibidea: helio-neón gasezko laserra

Hodiaren barruan atomoak, substantzia aktiboa. Hodiari tentsio bat aplikatzen zaio, elektroiek hoditik desplazatu, atomoekin talka eginez eta hauek kitzikatu.



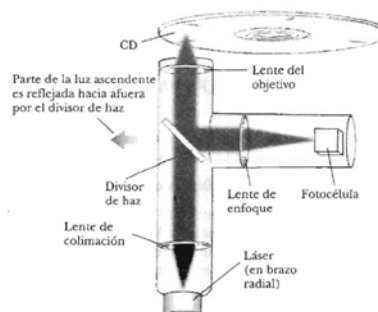
Laserra

- CD/DVD batean biltegitratzea
 - *Disko trinkoaren* (CD) agerpenarekin informazioa formatu digitalean biltegitratzen da.
 - Informazioaren biltegitratzea diskoan markatutako (putzuak) eta markatu gabeko eskualdeen bidez.
 - Batetik besterako (markarik gabeko eskualdetik putzura edo alderantziz) '1' logiko bat bezala ulertzen da.
 - Puntu batetik bestera aldaketarik ez badago '0' logikoa.
 - Markaren tamaina: diskoa irakurtzeko erabilitako laserraren $\lambda/4$.
 - DVD: λ laburragoa \rightarrow markaren tamaina txikiagoa \rightarrow dentsitate handiagoa.

Laserra

- CD/DVD irakurgailu baten detekzio sistema

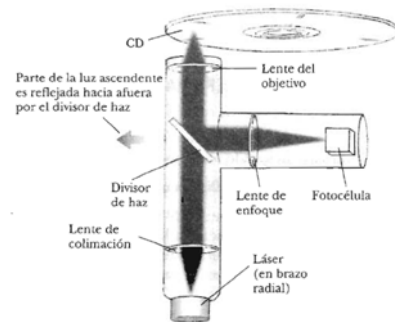
- Osagai optikoak erradialki mugitzen den beso batean (diskoaren eskualde guztietara iristeko).
- Laserrak argia gorantz.
- Argia lente kolimatzaile batetik pasatzen da izpi paraleloak lortuz
- Ondoren zatitzaile batetik pasatzen da
- Laser izpia CDaren puntu txiki batean enfokatzen da
- Izpiak puntu horretan marka bat aurkitzen badu, dispersatu egiten da (oso argi gutxi itzuli jatorrizko bidetik)



Laserra

- CD/DVD irakurgailu baten detekzio sistema

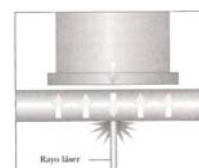
- Izpiak eskualde lau bat topatzen badu (markarik gabekoa), jatorrizko bidetik islatzen da.
- Islatutako argia zatitzailera iristean zati bat eskuinera islatzen da.
- Lente batek argi hau enfokatu eta fotozelulak detektatzen du.
- Fotozelulara argi pultsu moduan iristen den informazio digitala, diskoaren zirkuitu elektronikoak kudeatzen du.



Laserra

- Biltegiatze magnetooptikoa

- Disko magnetooptiko batek materiale ferromagnetikoa du, eta gainazalari normala den eremu magnetikoa.
- Marka bat grabatzeko potentzia handiko laser bat enfokatzen da desiratutako puntuan, bitartean elektroiman batek jatorrizko noranzkoaren kontrako eremu bat aplikatzen duelarik
- Laserrak puntuaren magnetizazioa aldatu ahal izateko beharrezko tenperaturara berotzen du.
- Laserra kentzean (puntua hoztu egiten da) magnetizazioa mantendu egiten da.



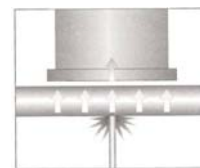
Laserra

- Biltegiatze magnetooptikoa

- Diskoa irakurtzeko bere gainazalean potentzia txikiko laser bat islatzen da.

- Islatutako argiaren polarizazioaren funtzioan puntuaren magnetizazioa antzematen da (izpia zatitzaile bat behar du).

- Diskoa ezabatzeko elektroimanak jatorrizko eremuaren noranzko bereko eremu magnetikoa ezartzen du, eta laserrak diskoko puntu guztiak berotzen ditu, hauen jatorrizko egoera berreskuratuz.

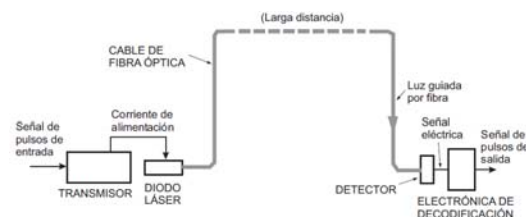


LED

- LED diodoa (LED, light-emitting diode) vs laser diodoa

- Erdieroalez osatutako argi iturrien oinarria zuzenean polarizatutako **pn juntura** bat da.

- LEDak orokorrean trafiko seinaleetan, pantaila elektronikoetan, ekipo elektronikoetako argi adierazle moduan eta *distantzia laburreko komunikazioan* erabiltzen dira. Laser erdieroaleak aurkezpenetan pointer moduan, DVD eta CD irakurleetan eta *distantzia handiko komunikazioetan* erabiltzen dira.

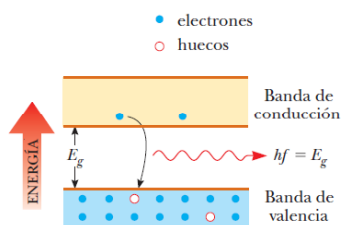


LED

- LED: sortutako fotoiak zuzenean kanpora igortzen dira
 - Argi iturriek elektroi fluxua zuzenean kanpora zuzendutako erradoazio bihurtu dezakete (LED) edo igorritako erradiazioa behin eta berriz islatu erazi dezakete (laser).
 - pn juntur batean e^- eta h^+ **birkonbinaketak daude**. Birkonbinaketa hauek izan daitezke:
 - **erradiatiboak**: askatutako energia fotoi moduan igortzen da
 - **ez-erradiatiboak**: energia bero moduan galtzen da

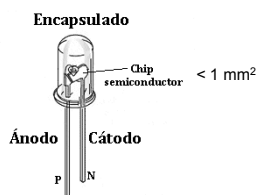
LED

- LED: sortutako fotoiak zuzenean kanpora igortzen dira
 - Eroapen bandan (kitzikatuta) dagoen elektroi bat balentzi bandako hutsune batekin birkonbinatu daiteke, E_g energiako fotoi bat igorritz, **berezko igorpena**.



LED

- Plastikozko kapsulatua



- Lehen LEDek intentsitate baxuko argi gorria igortzen zuten, baina gaur egunekoek argitasun handiko argi infragorria, ikusgaia eta ultramoreak igortzen dute. Kolorea (uhin luzeraren, eta hortaz) erdieroalearen debekatutako bandaren menpekoa.



LED

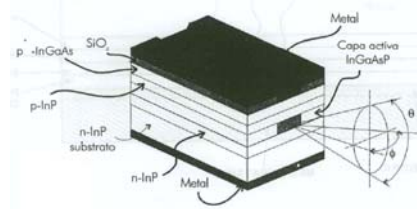
- Ezaugarri nagusiak:

- **Igorritako potentzia**, 1 mW ingurukoa. Tenperatura igotzean txikitzen da. 2 V inguruko tentsioetatik aurrera hasten da igortzen (zenbait mA-ko korronteak).
- **Erantzun-abiadura**, injeztatutako korrontearen aldaketen aurreko erantzunaren abiadura. Orokorrean maiztasun altuetan lan egiten dute.
- **Fidagarritasuna**, LED baten bataz besteko funtzionamendu denbora, huts egiten hasi aurretik:
 - ordu gutxi → fabrikazio akatsak
 - denbora luza (milioika ordu) → materialak zahartu egiten dira eta igorpenaren ezaugarriak aldatzen dira (baina igortzen jarraitzen dute). *Laserren zaharkitzeak ordea hondamena dakar, argia igortzeari uzten diotelarik.*

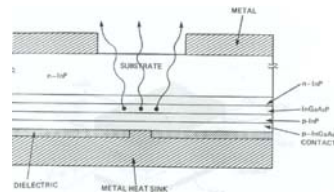
LED

- LED diodo motak:

- **ELED** (Edge LED), argi igorpenaren noranzkoa Korronteari elkarzuta



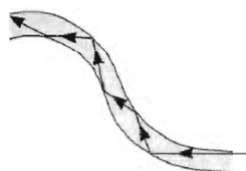
- **SLED** (Surface LED), oso argi izpi zabalaz igortzen dute → zuntz optikoarekin akoplamendu galerak.



Zuntz optikoa

- Guztirako barne islapenaren aplikazioa: **argia gidatzeko** beirazko edo plastiko gardenezko hagatxoak.

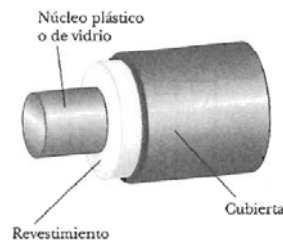
- Hagatxo horiek **zuntz optikoak** dira eta informazioa (argi laserreko pultsu digitalak) eroaten dute zeharo abiadura handietan.



- Argi izpi bat hagatxo garden batean zehar hedatzen, jarraikako barne islapenen ondorioz

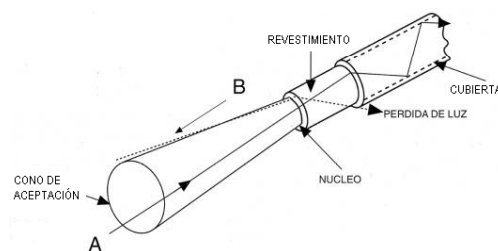
Zuntz optikoa

- Zuntz optikoa osatzen dute: **nukleo garden** bat, estaldura batez eta babeserako estalki batez inguratuta.
- **Estalduraren $n <$ nukleoaren n** \rightarrow argiak nukleo eta estalduraren arteko interfazea angelu kritikoa baina handiagoa den angelu batez erasotzen badu argia nukleoan zehar *errebotatzen* doa ia intentsitate galerarik jasan gabe.
- Plastikozko estalkia: kalte mekanikoetaz babestu
- Diametroa: mikra hamarkadak



Zuntz optikoa

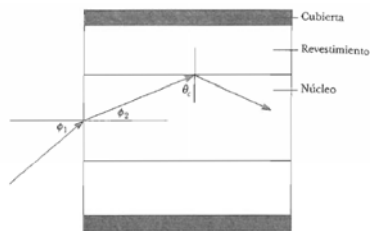
- **Onarpen konoa:** nukleoaren sarrerako angelu onargarriak.
 - Kono barruko angeluekin, argia nukleotik igortzen da (A izpia).
 - Konotik kanpoko angeluekin, argiak nukleo-estaldura gainazala angelu kritikoa baina angelu txikiagoarekin erasotzen du, estalduran sartuz (B izpia).



Zuntz optikoa

- **Onarpen konoa :**

- Angelu kritikoa txikiagoa \rightarrow onarpen konoa handiagoa.



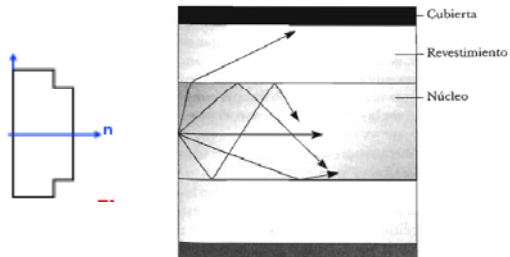
Irudiko izpia zuntz optikoan sartzen da justu onarpen konoaren barruan \rightarrow guztirako barne islapena.

Zuntz optikoa

- **Bat-bateko errefrakzio-indizeko modu anitzeko zuntza**

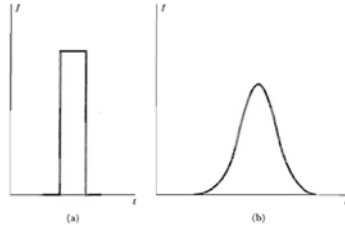
- **Modu anitza:** zuntzean sartzen den argia angelu desberdinak jarraituz hedatzen da.

- **Bat-bateko errefrakzio-indizea :** nukleoa eta estalduraren arteko errefrakzioen arteko ezjarraitasuna



Zuntz optikoa

- Bat-bateko errefrakzio-indizeko modu anitzeko zuntza

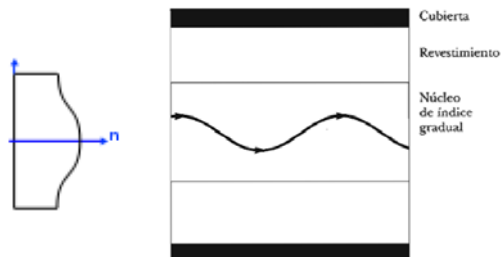


- (a) Sarrerako pultsuaren laser argiaren intentsitatea.
- (b) Irteerako pultsua: zuntz optikoan argiak jarraitzen dituen ibilbide desberdinak direla eta zabaldua → Pultsuak seinale bitar baten bi egoerak ('0' eta '1') badira, pultsuen gainezarmen bat edo intentsitate murrizketa bat (detekzio mailaren azpitik) ekar dezake → informaizo galera.

Zuntz optikoa

- Mailaz mailako errefrakzio-indizeko zuntz optikoa

- **Mailaz mailako errefrakzio-indizea:** nukleoaren errefrakzio indizea zentrotik aldentzen den heinean txikitzen da
 → Ardatza jarraitzen ez duten izpiak etengabe errefraktatzen dira, kurbatuz
 → Pultsuaren distorsioa eta zuntzean igarotze denbora txikitzen dira (ibilbidearen luzera murrizten da).



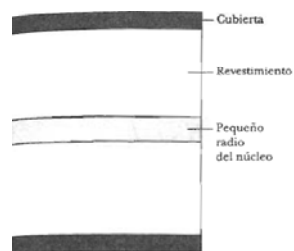
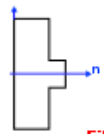
Zuntz optikoa

- **Bat-bateko errefrakzio-indizeko modu bakarreko zuntza**

- **Modu bakarra:** nukleoa oso txikia egiten da, praktikoki ibilbide guztien luzera berdina delarik.

- Gainera nukleoaren eta estalduraren errefrakzio indizeen ezberdintasuna murrizten bada, ardatzaren arabera zuzenduta ez dauden izpiak estalduran sartzen dira, xurgatuak izanik → Argi izpien zabalkuntzaren murrizketa areagotuz

→ Bit-rate handiak



Zuntz optikoa

- Zuntz optiko paralelo sorta bat erabiltzen bada → Transmisio lerro optikoa → Ahots, bideo eta datu seinaleak leku batetik bestera transferitu daitezke.

