

# LASERRA: ARGI BERRI BATEN 25. URTEURRENA (II): Laser-argiaren ezaugarriak

JAZINTO ITURBE (\*)

*Aurreko artikuluan esandako guztiak, behar bada, ahantzi erazi egingo du laserra argi-iturri bat dela, bonbila bat baizik ez dela. Hala ere, ez da lanpara arrunta, eta propietate oso bereziak ditu. Propietate bakoitzak ikerketa- eta aplikazio-eremu berriak ireki ditu, eta ezaugarri batzu hemen aipatzea ez litzateke alferriko. Hauek izango dira aipatuko direnak: direkzionalitatea, frekuentzi-purutasuna, potentzia eta pul-tsu laburrak.*

## DIREKZIONALITATEA

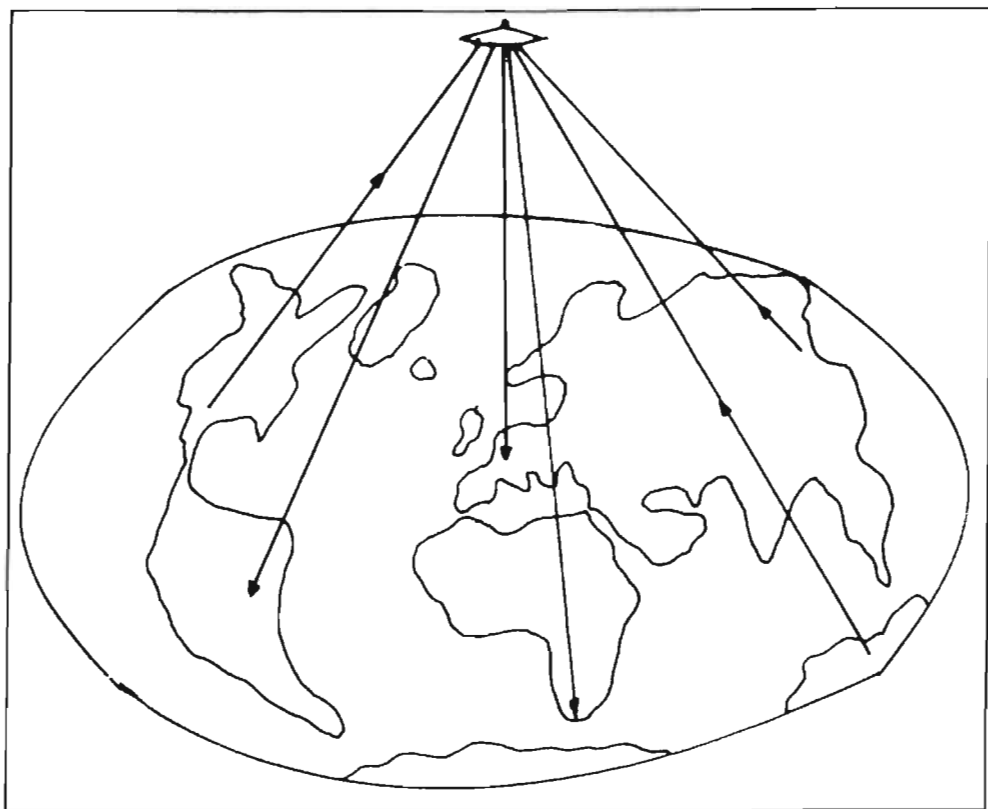
Laser-argiaren berehalako propietatea da. Argia, izpi bat bezala hedatzen da, artez eta zabaldu gabe. Argi-orratza dela esan daiteke, eta laserretik ateratzen denetik zenbait metrotara, batzutan kilometrotara, izpiaren diametroa ez da ia aldatzen. Beraz, dibergentzia oso txikia da.

Propietate honen aplikazioak ugari dira. Argia laserretik ateratzen den bezala nahi den lekuraino hel eraz daiteke, eta inolako galerarik gabe. Nahikoak dira zenbait ispilu

edo fibra optiko (argia daramaten hodi bereziak) argi hori toki ezku-tuenetaraino heltzeko.

Berehalako aplikazioa medikuntzan izan zen. Erretinako kirurgia jadanik arrunta bilakatu da, laser-argiak begi-hondoko zauri odol-isurleak kauterizatzen bait ditu. Gero, organismoaren barruan egon daitezkeen beste zauriak ixteko ere erabili izan da, adibidez, urdailean. Orainsu, laserrezko kirurgia ginekologikoa, histerektomiaz soilik zuzentzen ziren zenbait gaixotasun sendatzeko erabili izan da.

(\*) Jazinto Iturbe doktorea Leioako Zientzi Fakultateko irakaslea da eta laser-az arduratzen du bere ikerketan.



10. irudia: Satelite geoestazionario batek isladatzen dituen argi-sortek, Lurraren kontinenteen higadura erlatiboak determinatzeko balio dute.

Baina ez da bakarrik zauriak itxeko erabiltzen. hor dago, adibidez, zenbait kantzerreren kasua. Tumoreak -hala nola esofagokoa edo garuneko zenbait kasutan- kirurgikoki kendu beharrean, laserren bidez erre egin daitezke. Honek ez du kantzerra sendatzen, baina, behinik behin, gaixotasunaren aurrerakada atzeratu egin daiteke.

Halaber, arterietan edo zainetan forma daitezkeen kaltziozko edo zuntz koipetsuzko plakak, zeintzuek odol-hodien zeharkako zirkulazioa eragozten bait dute, tronbosiak edo bihotzekoak sortuz, laserren bidez deusez

daitezke, laser-izpia kateter baten bidez behar den tokiraino eramanez.

Medikuntzatik kanpo, direkzionalitateak badu zenbait eremutan zer aplikatu. Hor dago, adibidez, Geologiaren eremuan, Lurraren plaken mugimenduaren egiaztapena. Nahikoa da horretarako puntu batean dagoen laser baten laser-pultsu bat egotea. Lurraren inguruan orbita geoestazionarioan biraka dagoen satellite batera, eta isladapena beste toki batean bilduz, distantzia oso zehazki determinatzea (ikus 10. irudia). Lurreko zenbait puntutatik eginez, eta behaketa-denbora desber-

dinetan, zera nabaritzen da, kontinenteen arteko posizio erlatiboak aldatu egiten direla denborarekiko. Honen aplikazio bat, higidura horren kausaz sortuko litezkeen lurrikarak auresatea litzateke.

Metodo honen bidez, merkeago eta zehatzago egin daitezke mapak eta kostaldeko irudiak, eta lortu izan da ere, ilargian isladatuz, eta argi-sorta baten bidaia-denbora neurtuz, ilargiaren orbita eta distantzia metro erdiko zehaztasunez determinatzea.

Direkzionalitatea, potentzia oso altuekin batera, harma-kontuetan aplikazio izugarriak ditu. Honetaz ezer gutxi esan daiteke, huts-egite gabeko harmen bilakaerak ekar lezakeen edo ekarriko duenaz informatzen saiatzen denean norbait, imaginazioarekin eta sekretuarekin topo egiten delarik.

## FREKUENTZI PURUTASUNA

Propietate hau laburki azaltzeko, zera esan daiteke, laser batetik ateratzen den argia kolore bakarra dela, eta edozein prisma edo difrakzio-saretik pasatu arren, laser-argia ez da zatikatzen edo deskonposatzen, argi arruntarekin gertatzen den bezala.

Ondorioz, argiaren potentzia guztia frekuentzia bakarrean kontzentratzen da, eta laser ahulenak, bere frekuentzian, potentzia handieneko lanparak baino potentzia gehiago egozten du.

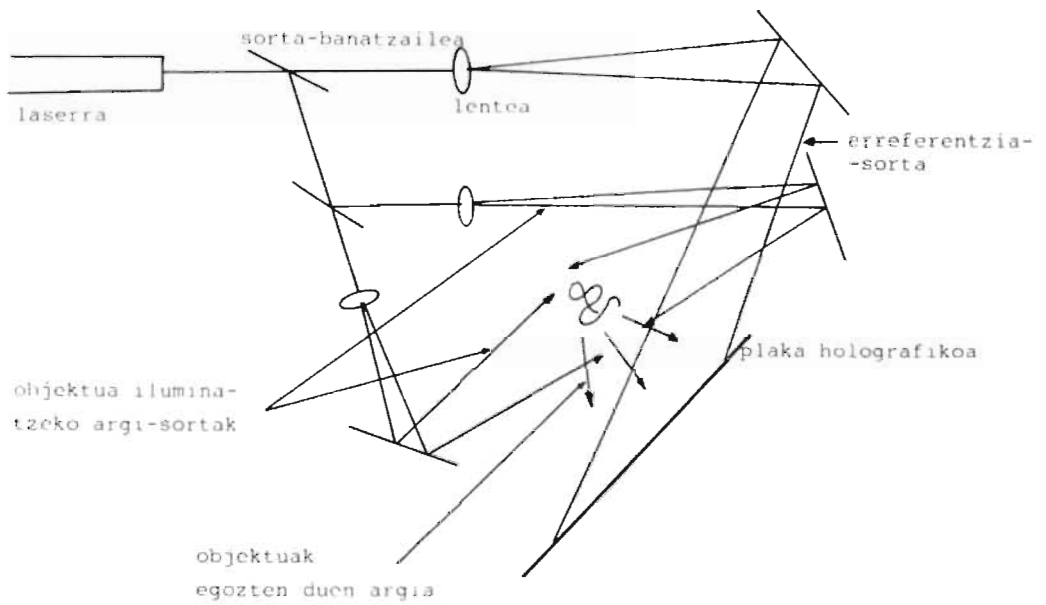
Frekuentzi purutasunetik on-

doria daitezkeen propietateak ere ugari dira: behar bada, deigarriena, **holografia** deritzona litzateke, hots, hiru dimentsiotako argazkiak.

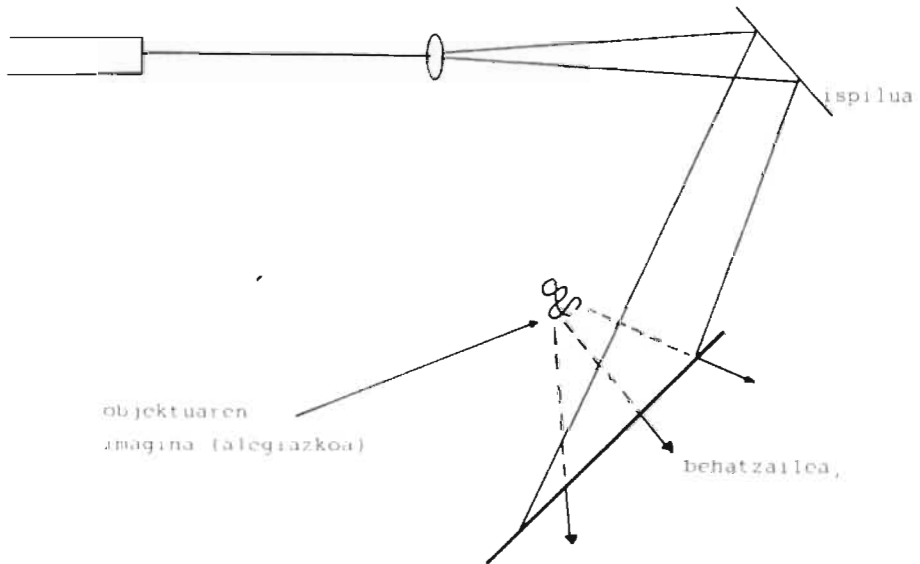
Holografiaren oinarria, *Dennis Gabor*-ek 1947.ean auresan zuen, baina frekuentzia bakarreko argi-iturrien ezean ezin zen praktikatua eraman 1963.erarte. Orduan egin ziren lehen hologramak. Laburki, holograma bat argazki bat da, baina argazki arrunta egiteko eraren desberdin eginda. Argazki arrunt batean, argazki-plakan objektuaren imajina inpresionatzen da lente baten laguntzaz. Holograma batean, aldiz, argazki-plaka objektutik datorren argiaz eta erreferentziazko argi-sorta deritzon argiaz inpresionatzen da, argi biek plakan sortzen dituzten interferentziak plakaren gardentasun-diferentzian agertzen dira, plaka hori errebeltzerakoan (ikus II. irudia).

Holografiaren aplikazioak ugari dira. Bat aipatzeko, hor dago alderdi artistikoak, eraiketak eta eskulturak, hiru-dimentsionalki edozein tokitara eramateko ahalbidea. Halaber, teknikaren arloan, seriean produzitzen diren pieza berdinen arteko desberdintasunak konparatzeko, edo tentsio edo deformazio baten ondoren, piezak berak norainoko aldakuntza pairatu duen ikusteko, nahiko da jatorrizko piezaren holograma batekin konparazioa egitea.

Azken urteotan, holografiera desberdinak aurrera eraman dira, eta posible da gaur egun, argi arruntez iluminaturiko hologramak ikustea



(a). holograma egiten



(b). imajina hologramatik birsortzen

## 11. irudia: Hologramen lorpena eta imaginaren birsorrera

(holograma zuriak) eta etapa biko hologramak, zeinetan imagina guztiz edo partzialki plakaren aurrean ikusten bait da. Halaber, bi laserrez eginiko hologramak, koloretakoak dira, eta posible dira ere holograma anizkoitzak, non imaginek higikorrek bait dirudite.

Frekuentzi purutasunaren aplikazioa ez da holografiara mugatzen. Hor dago, esate baterako, Kimikarako eta Fisikarako aplikazioa. Jakina da materiak energia erradiantea absorbatzen duela, baina frekuentzia berezietan soilik, eta materi mota desberdinen artean bereizketak egiteko modu bat absortzioaren desberdintasuna dela. Guk, nahaste batean dagoen atomo edo molekula bati, berari dagokion frekuentzia duen erradiazioa soilik bidaltzen badiogu, materia-mota hori soilik eszitatatu edo ionizatu egingo da, eta ondorioz nahastetik bereiztu. Hau da oso bide egokia naturan agertzen diren elementu baten isotopoak bereizteko. Ikerketarako aplikazioak ugari diren arren, industrialki ere aplika daiteke, uranioaren isotopo fisioagarria,  $^{235}\text{U}$  delakoa, beste isotopoetatik bereizteko kasuan. Badirudi uranioarentzat bereizketametodo hau komertziala izan daitekeela 90. hamarkadatik aurrera. Bertan,  $^{235}\text{U}$ -a selektiboki ionizatzen da, eta ioiak elektromagnetikoki bildu.

Frekuentzi purutasunaren beste aplikazio bat komunikazioetan dago. Zuntz optikoen bide, askoz ere hizketaldi telefoniko gehiago joan daitezke kobrezko hari arruntez baino.

Jadanik hasiak dira zenbait hiritan kobrezko hari-sareak zuntz optikoez ordezkatzeko, kalitateak eta prezioak merezigarri egiten bait dute konbertsio hori.

## POTENTZIA

Laser baten potentziaz hitz egin baino lehen, zehaztu egin behar da potentzia hitzez zer ulertzen dugun. Laser jarraien kasuan, hots, emisio jarraia duten laserren kasuan, (CW, continuous wave lasers), potentzia normalki wattetan ematen da. Laser arruntenak, He-Ne delakoak, 1 mW inguruko potentzia izan ohi du, argi-bonbila batek baino 10.000-100.000 aldiz gutxiago.

Laser desjarraien kasuan, hots, laser-argia pultsuka emititzen duten laserren kasuan, potentzia hiru era desberdinez neurtzen da: potentzia batezbestekoa, pikuko potentzia eta energia pultsukoa. Hiru mota hauen arteko konbertsioa ulertzeko, adibide bat jarriko da. Demagun laser batek 50 pultsu/segundo delakoko maiztasunez, 500 nm-ko eta 5 ns-ko pultsuak emititzen dituela, eta pultsu bakoitzaren energia, 100 mJ/pultsu dela. Orduan, pikuko potentzia zera da:

$$P = \frac{\text{energia/pultsu}}{\text{denbora/pultsu}} = \frac{0,1 \text{ J}}{5 \cdot 10^{-9} \text{ s}} = 20 \cdot 10^6 \text{ W}$$

Eta batezbesteko potentzia

$$P = 0,1 \text{ J/pultsu} \times 50 \text{ pultsu/s} = 5 \text{ J/s} = 5 \text{ W}$$

Ikusten denez, batezbesteko potentzia txikia da, baina oso oso denbora laburretan egozten da. Erraza da pultsu bakoitzean emititzen den fotoi-kopurua,  $\phi$ , determinatzea. Fotoi baten energia,  $E = h\nu$  denez, zera dugu:

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{\text{energia/pulstu}}{\text{energia/fotoi}} = \frac{E}{h\nu} = \frac{E\lambda}{hc} = \\ &= \frac{0,1 \text{ J } 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}} = \\ &= 2,5 \cdot 10^{17} \text{ fotoi/pulstu} \end{aligned}$$

Honelako potentzia eta fotoi-pulstu altuek posible egiten dute zenbait fenomeno kimiko eta fisiko behatzea, lanpara arruntekin ikustea ezinezko direnak. Alderdi honetatik, laser hauek aplikazio gehiagoko dira CW laserrak baino; adibidez, prozesu fisiko eta kimiko oso bizkorren azterketan —errekzioen zinetikak leku- edo garrantzi biologiko duten pausokako erreakzioen azterketan.

Pulstu batean honelako potentziak egozteak aplikazio hipotetikoko oso garrantzitsu bat du. Hipotetiko diot, zeren oraindik praktikara ez baita eraman, baina martxan jartzeko posibilitate guztiak ditu. Eta aplikazio hori fusio nuklearra da. Fusioak, zenbait deuterio-atomoen bateraketa helio-atomoak lortzeko, energi kantitate handiak askatuko lituzke, gaur eguneko energi iturrien alternatiba interesgarria eskainiz. Baina horretarako oso denbora laburrean baino ez bada ere, oso energia altuak behar dira. Une honetan zenbait ikerketa talde ari dira laserrezko fusioa bideratzen, eta perspektiba oso onak

ditu. Erabiltzen dituzten laserrek, oso potenteak izateaz gain, pulstu-denbora oso laburra daukate (pikosegundo bat baino 30 aldiz gutxiago irauten dutenak. kontutan hartu, argiak, bere abiadurarekin, pikosegundo batean milimetro erdi bat baino gutxiago bidaiatzen duela), eta zenbait laser erabili behar dira, oso ongi koordinatuta deuteriozko bolatxo bat inplota erazteko, eta ondorioz helioa eta energia lortzeko. Edonola ere, ez dirudi datozen 30 urteetan fusiotik lor daitekeen energia komertzialki erabiltzeko posibilitatea egongo denik.

Potentzia handiak beste erabilpen bat ere badu: harma moduan da. Nahiz eta orain arte harmen laguntzaile bezala erabili izan —tokiratzeko eta identifikatzeko, adibidez—, gaur egunean harma bezala erabiltzeko projektua badago, hots, zuzenki laserren bidez helburua deuseztatzea. Laser-pulstu bat, misil bizkorrena baino askoz bizkorrago doa, eta era honetako harmen efektibitatea helburuaren detekzioan legoke, ez desarratzean: desarratu ondoren, efektibitatea %100 litzateke, baldin eta potentzia nahikoa bada. Hori litzateke benetazko heriotz-izpia, baina honetaz dagoen informazio publikoa oso urria da.

Baina ez dugu pentsatu behar CW laserrek, hots, jarraikero lan egiten duten laserrek, ez daukatela garrantzirik potentzia altuko erabilerean. Industrian gehien erabiltzen diren laserrak, CO<sub>2</sub> laserrak, alegia CW laserrak dira, eta gai dira altzairuzko xaflak zulatzeke eta zaitzeko. Hori lortzeko, laser-izpia fo-

katu egiten da. Kontutan hartu behar da izpi monokromatiko bat, uhin-luzeraren tamainako puntu batera foka daitekeela. Orduan, nahiz eta 1 W bakarrik egotzi —eta normalki CO<sub>2</sub> laserrak askoz potenteago dira—, fokatzea 0,01 mm<sup>2</sup>-tako arean egiten bada, lortzen den energi dentsitatea, eguzkitikoa baino milaka aldiz handiagoa da, puntu horretan, material gehienak fundituz.

Horrela posible da aitzairua lantzea, edo spray-potoen ahoak zulatzea, edo metalaren edo egurraren gainean inpresioak egitea. Gainera, zehaztasun askoz handiagoa lortzen da, erabiltzen den energia txikiago da, eta lantzen den piezak ez du, beste metodo klasikoagoz pairatuko lukeen gainberotzerik pairatu beharrik.

## PULTSU LABURRAK

Laser desjarraiek aplikazio zientifiko ugari dituzte. Denbora oso laburretan fotoi-kopuru oso altuak emititzen dira, argiaren efektuak materiaren gainean zehaztasun handiz aztertzeke, hots, materiaren propietate fotofisikoak eta fotokimikoak aztertzeke. Honela posible egiten da molekula edo atomo bakarren detekzioa, posible egiten da molekula edo atomo askeen ibilbideak determinatzea, posible da molekula baten errektziobideetatik bat aukeratzea, eta posible da albo-produktu desiratu batzuren etekina areagotzea, errektzio-bide bat bide nagusi bilaka eraziz.

Honela posible izan da zenbait droga eta medicina garesti merkeagotzea, eta baita ere propietate

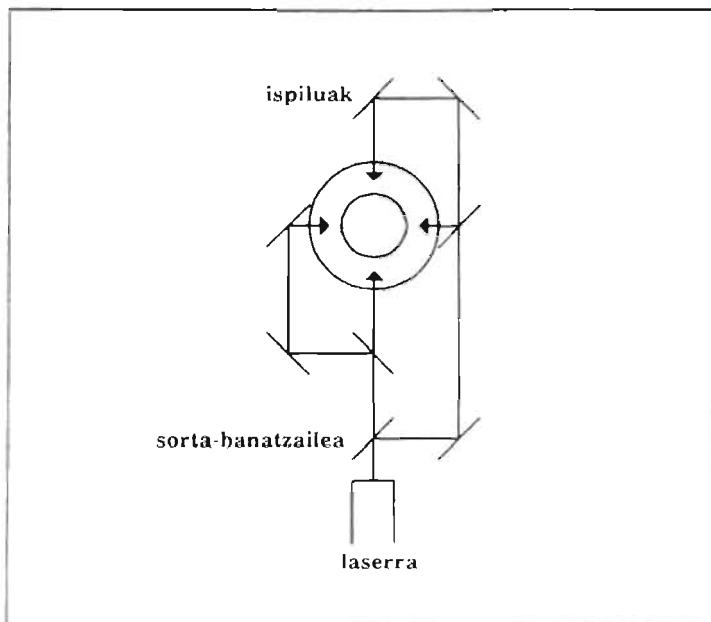
bereziak dituzten beste produktu zenbait sintetizatzea.

Pultsu laburren beste erabilera bat, zientzia-fikziozko dirudiena, konputadoreen hardwarean ukan lezakeen aplikazioa da. Gaur egunean inpultsu elektrikoak dira konputadoreen dinamika gobernatzeko dutenak. Posible da pultsuak, argi-pultsuak, izatea, horrela, konputadoreen mikrozkuituak are txikiagoak eta bizkorragoak izango lirarteke. Bide-nabar, jadanik laserrak halabeharrezkoak dira konputadoreen industrian, mikrozkuituak zehazki inpresionatzeko.

## BESTE

Laserren propietateek ehunkada bide berri ahalbidetzen dituzte. Ezin dira denak aipatu. Ia ia, argi arrunta erabiltzen den leku guztietan, laserrak hobe egiten duela esan daiteke, eta argia erabiltzen ez den tokietan, laserrek zerbait esan dezaket.

Zientziaren arloan, espektroskopia optiko guztiak irauli egin dira laserren etorrerarekin, eta ez da denbora luze pasatuko beste espektroskopiak ere iraultzeko. Lekuko Raman espektroskopia da, gaur egun arrunta dena, eta orain hogeitau urte ia laborategietako kuriositatea. Edo eta laserren bidezko flash-fotolisia, argiaren bidezko molekulen deskonposaketa, edo eta partikula makromolekularren tamaina eta pisu molekularra determinatzeko argi-difusiozko neurketak, edo eta laserren bidezko airearen poluzioaren eta kearen determinazioa,...



**12. irudia:** Laserrez sortutako fusioa lortzeko eskema posible bat. Deuterio bolaxora laser-sortak simultaneoki heltzeko, laser-izpiek, agertzen ez diren denboralizadore kontrolagarriak pasa behar dituzte. Errealitatean, sorta-kopurua handiagoa da, eta espazioko norabide guztietatik datoz.

Laserra eguneroko bizitza aldatzen ari da. Konputadorez kontrolaturiko inpresore bizkorrek laserren bidez, zenbait orrialde segundoko inprimatzen dituzte; deñdetako presioak, barra-kodeetan daudenak, laserrez irakurtzen dira, eta konputadoreekin konektatuta dagoen almagazena automatokoki gaztigitzen da, edo gaztiga daiteke.

Laser-argiko telebistek, oraindik esperimentalak, irudien zehaztasun askoz handiagoa eskaintzen dute, huts-hodiekiko konparatuz. Bestalde, komertzialak dira jadanik laserren bidezko musika-tresnak. Bertan, laser batek diska bateko seinale digi-

talak irakurtzen ditu, eta elektronikoki analogizatuz, kalitate ezin hobegoko musika lortzen da.

Aplikazioak ugari dira. Ez dezagun ahantz laserra, argi hezia dela, eta argi hezi honentzat aplikazioak ugari dauden arren, badaudela aurkitu gabeko beste horrenbeste edo gehiago.

Hala ere, laserren helmuga urrun dago. Adibidez, uhin-luzera aldakorreko laserrak ez dira maneaia-errazak. Projektuak badaude hori gaintzeko, elektroilaser, adibidez, zein nean elektroiek azeleratzerakoan eta frenatzerakoan egozten duten erra-



diazioa amplifikatuz egiten bait da, edo egoera solidoko koloratzaile-laserra, baina oraindik ez daude praktikan. Hor dago projektuan ere erradiazio elektromagnetiko sarkorrago diren X-izpien laserraren projektua, zeina, ongi ateratzen bada, biologia molekularrentzat mundu berri bat

irekitzea bezalakoa izango bait da: zelula bizi batean, pultsuka lan eginez, DNA molekulak, entzimak, birusak,... holografiatu egin ahal izango dira... Bizitzaren dinamika begi aurrean izango genuke orduan, eta tresna hori hurbil dago, oso hurbil! ■

