

1. Selosta eri tapoja, joilla miehitysinversio voidaan saada aikaiseksi lasereissa.
2. a) Kahden ristikkäisen polarisaattorin väliin on asetettu kolmas polarisaattori, jonka läpäisy-suunta on  $45^\circ$  kulmassa kahden muun polarisaattorin läpäisy-suuntiin nähden. Mikä on systeemi läpäisykerroin?
 

b) Jos väliin asetettu kolmas polarisaattori pyörii kulmataajuudella  $\omega$ , miten läpäisykerroin käyttäytyy ajan funktiona?

c) Asetetaan ristikkäisten polarisaattoreiden väliin polarisaattorin sijasta aaltolevy, jonka optinen akseli on  $45^\circ$  kulmassa polarisaattoreiden läpäisy-suuntiin nähden. Aaltolevy aiheuttaa  $\phi$ :n suuruisen vaihe-eron optisen akselin suuntaisen ja sitä vastaan kohtisuoran polarisaatiokomponentin välille. Osoita, että systeemin läpäisykerroin on  $T = \sin^2(\phi/2)$ .
3. R.N. Hall kehitti ensimmäisen puolijohdelaserin vuonna 1962. Tämän pn-tyyppisen homoliitoslaserin hyötysuhde oli huono ja sen kynnysvirta oli korkea eikä se kyennyt esimerkiksi jatkuvatehoiseen toimintaan huoneen lämpötilassa. Seuraavana vuonna H. Kroemer ja Zh.I. Alferov esittivät idean heteroliitoslaserista, jolla em. epäkohtia voitaisiin korjata. Tästä keksinnöstä he saivat vuonna 2000 fysiikan Nobelin palkinnon.
 

a) Mikä on heteroliitospuolijohdelaserin toimintaidea? Miksi heteroliitoslaser toimii paljon tehokkaammin kuin homoliitoslaser?

Nykyään monet puolijohdelaserit perustuvat kvanttikaivorakenteisiin. Myös ns. VCSEL-laserit (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) ovat yleisiä.

b) Selosta kvanttikaivo- ja VCSEL-lasereiden toimintaperiaatetta. Mitä etuja nämä rakenteet tarjoavat?
4. Ohut linssi, jonka polttoväli on  $f$ , aiheuttaa linssin läpi kulkeneelle valoallolle vaihe-siirtymän, joka riippuu neliöllisesti etäisyydestä linssin optisesta akselista

$$\Delta\phi = -\frac{\pi}{\lambda f}(x^2 + y^2)$$

Osoita, että linssi muodostaa siihen osuvasta amplitudijakaumasta Fourier-muunnoksen linssin polttotasoon.

5. Tarkastellaan seuraavaa mallia kentän aikakoherenssille: Kompleksisen amplitudin vaihe säilyy vakioarvossa tietyn ajan, jonka jälkeen se muuttuu satunnaiseen arvoon. Lyhyellä aikavälillä vaiheenmuutoksen todennäköisyys on  $\Gamma dt$ . Johda todennäköisyys sille, että vaihe säilyy hetkeen  $t$  asti, vaiheenmuutoshetken todennäköisyysjakauma sekä identifioi koherenssiaika.