

## 72115 Puolijohdetekniikan perusteet

16.12.2002 Tentti: kysymykset 1-5;

Välikoe: kysymykset 4-7

Kirjoita vastauspaperin yläreunaan, osallistutko tenttiin (TENTTI), 2. välikokeeseen (2. VÄLIKOE) vai molempiin (TENTTI JA 2. VÄLIKOE)

- Määrittele tai selitä lyhyesti,
  - epitaksiaalinen kasvatus,
  - efektiivinen massa,
  - rekombinaatiokeskus/taso,
  - estosuuntainen saturaatiovirta p-n -liitoksessa,
  - HEMT ja
  - tasasuuntaaja
- Piinäyte, jonka pituus on 0.1 cm ja poikkipinnan pinta-ala  $100 \mu\text{m}^2$ , on seostettu fosforilla (ryhmän V alkuaine) siten, että varauksenkuljettajien konsentraatio on  $10^{17} \text{cm}^{-3}$  ja liikkuvuus  $700 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ . Kun näytteen päiden välille kytketään 10 V jännite, laske virta 300 K lämpötilassa.
- Selitä ja kuvaa kvalitatiivisesti enemmistövarauksenkuljettajakonsentraation lämpötilariippuvuutta seostetussa puolijohhteessa mahdollisimman laajalla lämpötila-alueella (piirrä asiaa havainnollistava kuvaaja).
  - n-tyyppisessä puolijohhteessa aukkojen kvasi-Fermitaso on lähellä valenssivyötä ja elektronien kvasi-Fermitaso lähes sama kuin tasapainotilanteen Fermitaso ko. materiaalissa. Mitä voit kertoa puolijohteen elektroni- ja aukkokonsentraatioista?
- Metallin ja p-tyyppisen piin välille on muodostunut Schottky-valli. Metallin työfunktio on 4.3 eV. Piin elektroniaffiniteetti on 4 eV, akseptorikonsentraatio  $10^{17} \text{cm}^{-3}$  ja energia-aukko 1.1 eV. Itseisjohtavan piin varauksenkuljettajakonsentraatio  $= 1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ . Piirrä
  - tasapainotilanteen energiavyökaavio.
  - vyökaavio, kun liitoksen yli on 0.3 V myötäsuuntainen biasjännite.
  - vyökaavio, kun liitoksen yli on 2 V estosuuntainen biasjännite.Merkitse kaavioihin laskemasi/annetut työfunktio, elektroniaffiniteetti, kontaktipotentiaalit sekä biasjännitteen aiheuttamat muutokset.
- Laserin, erityisesti puolijohdelaserin, toimintaperiaate.
- Selitä/vastaa lyhyesti:
  - Mitä etua on suurienergia-aukkoisesta puolijohhteesta tasasuuntaajassa, entä mitä haittaa?
  - Aurinkokennon ”fill factor”.
  - Zener- ja avalanche-läpilyönnit ja niiden erot.
- Piirrä energiavyökaaviot, kun ideaalisen MOS-rakenteen metallin ja puolijohteen välinen jännite on a)  $V = 0$  (tasapainotilanne), b)  $V < 0$  (metalli negatiivinen puolijohteeseen verrattuna), c)  $V > 0$  (metalli positiivinen puolijohteeseen verrattuna) ja d)  $V \gg 0$ . Rakenteen puolijohde on p-tyyppinen. Oleta, että metallin ja puolijohteen työfunktio ovat yhtä suuret. Kerro, mikä kuvista vastaa akkumulaatio-, tyhjennys- ja inversiotilannetta ja miksi.

Joitakin luonnonvakioita ja muunnossuhteita:

Boltzmannin vakio,  $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K} = 8.62 \times 10^{-5} \text{eV/K}$

Elektronin varaus,  $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$

Elektronin lepomassa,  $m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$

Plankin vakio,  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{Js} = 4.14 \times 10^{-15} \text{eVs}$

Valon nopeus tyhjiössä,  $c = 2.998 \times 10^{10} \text{cm/s}$

$1 \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{J}$