ELEC-C3210 Materiaalien ominaisuudet **2. välikoe 4.4.2018**

Kirjoita nimi, opiskelijanumero, tutkinto-ohjelma, kurssikoodi sekä kokeen päivämäärä jokaiseen koepaperiin.

1. Selitä lyhyesti seuraavat termit: a) optinen fononi, b) Debyen ääniaaltomalli, c) Druden malli, d) epäpuhtaussironta, e) ylimäärävarauksenkuljettajakonsentraatio ja f) tyhjennysalue.

2. a) Selitä mitä tarkoittavat käsitteet mikro- ja makrotila sekä degeneraatio. b) Millaisten hiukkasten sijoittumista energiatiloille kuvaa Bose-Einstein –jakauma? Anna esimerkki hiukkasesta. c) Mihin materiaalin ominaisuuteen nojautuu Blochin teoreema? Mikä on Blochin aalto ja miten se muodostetaan?

3. a) Mikä on massavaikutuksen laki ja mitä se kertoo puolijohteesta? b) Selitä mikä on jatkuvuusyhtälö puolijohteessa ja mitä varauksenkuljettajien prosesseja se ottaa huomioon. c) Piirrä pn-liitoksen energiavyökaavio, ja sijoita siihen Fermi-taso. Piirrä myös miten liitospotentiaali näkyy kuvassa.

4. Puolijohdenäytteen pinta-ala on 1 cm · 0,5 cm ja paksuus 500 μm. Näytteen pitkä sivu kytketään 1 V:n jännitteeseen, jolloin näytteen läpi kulkee 5 mA:n virta. Näyte on lisäksi asetettu 0,5 T:n magneettikentään, joka on näytteen leveää pintaa vastaan kohtisuorassa. Näytteestä mitataan 5 mV:n Hall-jännite. Määritä varauksenkuljettajien tiheys ja liikkuvuus. Liikkuvuus μ määritellään puolijohteissa: $v = \mu E$.

5. Laske GaAs-itseispuolijohteen elektroni- ja aukkotiheys n_i, kun T = 300 K ja T = 500 K. Energia-aukon lämpötilariippuvuus on yleisesti (ns. Varshnin yhtälö):

$$E_g(T/K) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T+\beta},$$

missä GaAs:lle $E_g(0\text{ K}) = 1{,}519\text{eV}$, $\alpha = 5{,}405 \cdot 10^{-4}$ eV/K, $\beta = 204$ K. GaAs:n efektiiviset massat ovat $m_e^* = 0{,}067\, m_0$ ja $m_h^* = 0{,}45\, m_0$.

Vakioita:

$m_e = 9.1091 \times 10^{-31}$ kg	$m_p = 1.6725 \times 10^{-27}$ kg	$m_n = 1.6748 \times 10^{-27}$ kg	amu $= 1.6605 \times 10^{-27}$ kg
$e = 1.6021 \times 10^{-19}$ C	$c = 2.9979 \times 10^{8}$ m/s	$\hbar = 1.0545 \times 10^{-34}$ Js	$\mu_B = 9.2732 \times 10^{-24}$ JT^{-1}
$\varepsilon_0 = 8.8544 \times 10^{-12}$ C^{2}N^{-1}m^{-2}	$K_e = 1/4\pi\varepsilon_0$	$\mu_0 = 1.2566 \times 10^{-6}$ mkgC^{-2}	$K_m = \mu_0/4\pi$
$\gamma = 6.670 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}	$N_A = 6.0225 \times 10^{23}$ mol^{-1}	$R = 8.3143$ JK^{-1}mol^{-1}	$k = 1.3805 \times 10^{-23}$ JK^{-1}