

Øving 4

Veiledning: Fredag 14. februar
Innleveringsfrist: Tirsdag 18. februar

Oppgave 1

En parallellplatekondensator med uendelig store plater har ladningstetthet $+\sigma$ på øvre plate (i $z = d/2$) og $-\sigma$ på nedre plate (i $z = -d/2$).

a) Bestem Maxwells trykktensor $\overset{\leftrightarrow}{T}$ i området mellom platene. Skriv ut hele matrisen med alle de ni komponentene:

$$\overset{\leftrightarrow}{T} = \begin{bmatrix} T_{xx} & T_{xy} & T_{xz} \\ T_{yx} & T_{yy} & T_{yz} \\ T_{zx} & T_{zy} & T_{zz} \end{bmatrix}$$

Hva blir Poyntings vektor $\vec{S}$ for dette systemet?

b) Bruk resultatet i a) til å bestemme hvor stor kraft pr flateenhet som virker på den øverste platen.

Oppgave 2

Silisium (Si) er en halvleder. I en perfekt silisiumkrystall vil, ved romtemperatur, bare en liten andel av valenselektronene være *mobile* og bidra til den elektriske ledningsevnen. Tettheten av mobile elektroner vil være ca $1.45 \cdot 10^{10}$ pr cm^3 . (Til sammenligning er tettheten av Si-atomer ca $5 \cdot 10^{22}$ pr cm^3 .) Tettheten av mobile ladninger kan økes betraktelig ved såkalt *doping*, dvs ved å erstatte en andel av Si-atomene med andre atomer. En kan f.eks. benytte fosfor (P), og ved romtemperatur vil praktisk talt hvert eneste P-atom bidra med ett mobilt elektron og derved øke den elektriske ledningsevnen.

a) Konduktiviteten til ren silisium er $\sigma_0 = 4 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ (ved “normale” forhold, dvs romtemperatur og atmosfærisk trykk). Under forutsetning av at konduktiviteten er proporsjonal med tettheten av mobile ladningsbærere, hvor mange fosforatomer må vi tilføre (pr cm^3) for å øke konduktiviteten med 7 størrelsesordener, dvs til en verdi $\sigma = 4 \cdot 10^3 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$?

[Kommentar: I virkeligheten vil ikke konduktiviteten øke lineært med tettheten av mobile ladningsbærere når disse tilføres ved hjelp av doping, som her. Grunnen er at jo flere fosforatomer vi introduserer i silisiumkrystallen, desto oftere vil de mobile elektronene kollidere på sin vei gjennom materialet, noe som igjen resulterer i en redusert driftshastighet og tilsvarende redusert strømstyrke. I denne oppgaven ser du bort fra denne effekten og antar lineær sammenheng mellom σ og n .]

b) Doping i punkt a) tilsvarer at endel silisiumatomer erstattes med fosfor. Hvor stor brøkdel av Si er byttet ut med P?

Oppgave 3

En rektangulær “Hall-prøve” av silisium har tykkelse $w = 1 \text{ mm}$ (i y -retning) og tverrsnitt med areal 3 mm^2 (i yz -planet). Prøven er dopet med fosfor og plasseres i et magnetfelt $\vec{B} = B\hat{z}$ med $B = 0.8 \text{ T}$.

Når du påtrykker en spenning over prøven (i x -retning), måler du en strømstyrke $I = 2.5 \text{ mA}$. Samtidig måler du en potensialforskjell $V_H = 2.0 \text{ mV}$ på tvers av prøven (i y -retning). Hvor stor er tettheten av fosforatomer i Hall-prøven?