

EÐL523M Framleiðsla smárása

Miðsvetrarpróf

10. nóvember 2014, kl. 14:10 - 16:30

1. (7 %) Kristallastefnur – Crystallographic planes

Hvers vegna er mikilvægt að þekkja kristallaplön og stefnur innan Si kristalls ?

Why is it important to keep track of crystallographic planes and directions within a Si crystal ?

Hreyfanleikar rafeinda og hola (þar með afköst IC rásarinnar) ríðast af kristallastefnum og stefnu straumsins vegna mismunandi atóm og tengja þéttleika.

2. (7 %) Leiðni Si – Conductivity of Si

(b) Breytist leiðni óbætts Si verulega með hitastigi nálægt 300 K ? Útskýrið stuttlega.

(b) Does the conductivity of undoped Si vary significantly with temperature near 300 K ? Briefly explain your answer.

Leiðnin er

$$\sigma = qn_i(\mu_n + \mu_p)$$

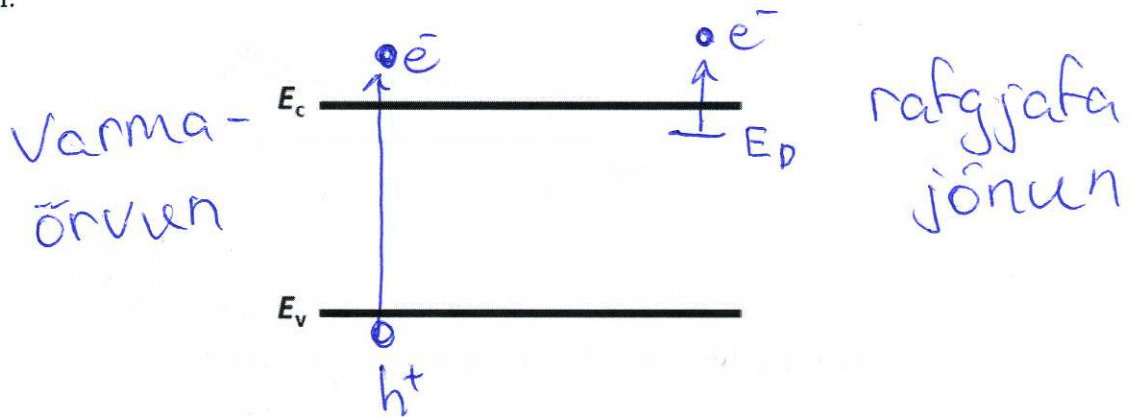
fyrir eiginleiðandi Si.

$3\bar{\sigma}$, eiginþéttleiki breytist með $T^{3/2} \exp(-E_a/2kT)$ á meðan hreyfanleikinn fellur með $T^{3/2}$, svo að margfeldi þessara stærða eykst hratt með auknu hitastigi.

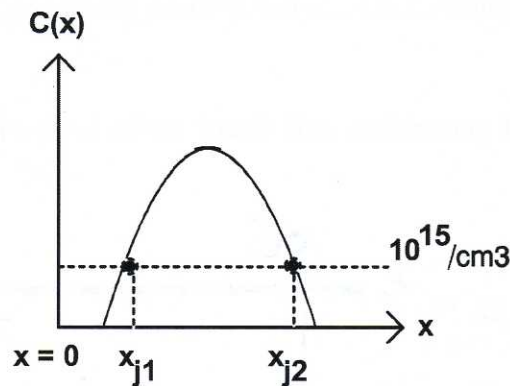
3. (7 %) Varmamyndun rafeinda-holupars – Thermal generation

Útskýrið varmamyndun rafeinda-holupars og jónun rafgjafa atóms á orkuborða myndinni.

Illustrate thermal generation and donor atom ionization on the energy band diagram.



4. (26 %) Jónaígræðsla – Ion implantation



(a) (i) (7 %) 1000 keV bór var skotið inn í n-leiðandi Si ($N_B = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) og skammturinn var 10^{15} cm^2 . Hver er dýpt samskeytanna ?

(a) (i) (7 points) 1000 keV boron was implanted into n-type Si ($N_B = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) to a dose of 10^{15} cm^2 . What are the junction depths ?

$$R_p = 1.756 \mu\text{m} \quad \text{og} \quad \Delta R_p = 0.1364 \mu\text{m}$$

$$\frac{10^{15} / \text{cm}^2}{\sqrt{2\pi} \cdot (0.1364 \times 10^{-4} \text{ cm})} \exp\left[\frac{-(x_j - R_p)^2}{2 (\Delta R_p)^2}\right] = 10^{15} / \text{cm}^3$$

suo að

$$(x_j - R_p)^2 = 10.286 \times 2 (\Delta R_p)^2$$

eða

$$x_{j1} = 1.756 - 0.62 = 1.13 \mu\text{m}$$

$$x_{j2} = 1.756 + 0.62 = 2.37 \mu\text{m}$$

(a) (ii) (7 %) Notið nálgunarjöfnuna fyrir sheet viðnám, $R_s = 1/(q\mu\phi)$, til að finna sheet viðnámið fyrir ígrædda lagið ?

(a) (ii) (7 points) Using the approximate formula for sheet resistance: $R_s = 1/R_s = 1/(q\mu\phi)$, what is the sheet resistance of the implanted layer ?

$$\text{Topp gildi } N_p = \frac{10^{15} \text{ cm}^{-2}}{\sqrt{2q} \sqrt{(\Delta R_p)^2 + 2Dt}} \approx 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$\mu_p \approx 40 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$R_s = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{15} \times 40} \approx 160 \Omega/\square$$

(b) (5 %) Útskýrið hvers vegna þarf að auki hitunar skref við $\sim 900^\circ \text{ C}$ eftir jónaígræðslu.

(b) (5 points) Explain why we need an additional annealing step at $\sim 900^\circ \text{ C}$ after implantation of dopants.

1) Til að laga skemmdir í kristallagrind Si eftir jónaígræðsluna

2) Koma hinum íbættu atómum fyrir í grindarsæti kwsíls svo að íbókin gefi grunnra rafsgjafa eða rafþega. //

(c) (7 %) Ef mynda þarf ofur-grunn skeyti, ræðið þær tvær aðferðir sem notaðar eru við framleiðslu smárása sem er ætlað að minnka áhrif þess að jónir berist djúpt inn í kristallinn.

(c) (7 points) We would like to form ultra-shallow junctions, discuss two methods used in integrated circuit processing to minimize the ion channeling effect

Halla kísilskifunni þ.a. hún myndi nálega 7° horn m.t.t. stefnu geislans sem og að snúa skifunni

Gera yfirborðið myndlaust með því að græða sí fyrst, og síðan með filtekinu í bót.

5. (25 %) Sveim – Diffusion

Bór er sveimað inn í n -leiðandi kísil sem hefur upphaflegan íbótarpéttleika $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Forsveimið er framkvæmt við $900 \text{ }^\circ\text{C}$ í 12 mín. Gefið er að leysnimörk bór í kísli eru $3.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ og að sveimfastinn er $1.6 \times 10^{-14} \text{ cm}^2/\text{s}$.

- (a) (14 %) Reikna skal hve djúpt er niður að samskeytum, x_j .
 (b) (11 %) Reikna skal bórskammtinn sem kísillinn hefur innbyrt, Q .

Boron is diffused into a n -type silicon with impurity concentration $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. The prediffusion is performed at $900 \text{ }^\circ\text{C}$ for 12 min. The solid solubility limit for silicon is $3.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ and the diffusion constant is $1.6 \times 10^{-14} \text{ cm}^2/\text{s}$.

- (a) (14 points) Determine the junction depth, x_j .
 (b) (11 points) Determine the boron dose deposited into the silicon, Q .

$$C(x, t) = C_s \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

(a)

$$3.5 \times 10^{20} \operatorname{erfc}\left(\frac{x_j}{2\sqrt{Dt}}\right) = 2 \times 10^{16}$$

SVO

$$\operatorname{erfc}^{-1}\left(\frac{2 \times 10^{16}}{3.5 \times 10^{20}}\right) = 2.85 = \frac{x_j}{2\sqrt{Dt}}$$

5.7×10^{-5}

og

$$2\sqrt{Dt} = 2\sqrt{1.6 \times 10^{-14} \times 12 \times 60} = 6.79 \times 10^{-6} \text{ cm}$$

og

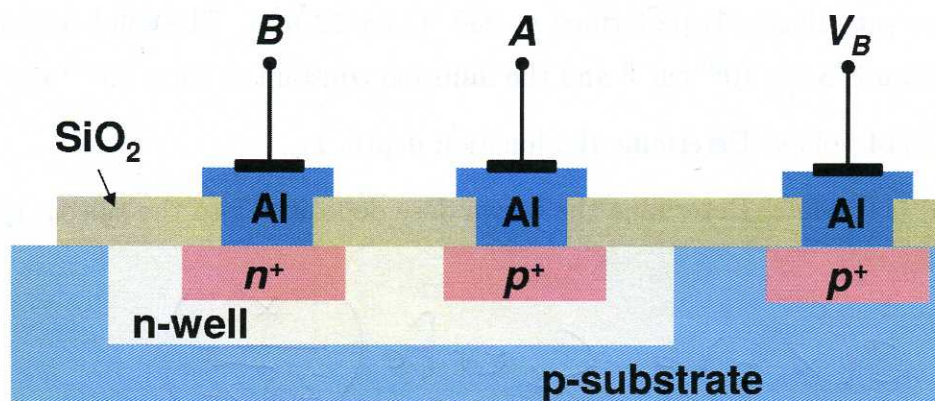
$$x_j = 0.193 \text{ } \mu\text{m}$$

b) $Q = \frac{2C_s\sqrt{Dt}}{\sqrt{\pi}} = \frac{3.5 \times 10^{20} \times 6.79 \times 10^{-6}}{1.77} = 1.34 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$

6. (28 %) Tól – Device

Skoðum nú tólið sem er sýnt hér að neðan. p -leiðandi undirlagið er upphaflega íbætt með bór af þéttleika 10^{15} atoms/cm³. n -brunnurinn er þá íbætt með fosfór með þéttleika 2^{15} atoms/cm³.

Consider the cross-section of a device shown below. The p -type substrate is initially doped with boron at a concentration of 10^{15} atoms/cm³. The n -well region is then doped with phosphorous at a concentration of 2^{15} atoms/cm³.



(a) (7 %) Hvaða tól höfum við á milli tengipunkta A og B ?

(a) (7 points) What type of device can be obtained by accessing terminals A and B ?

?

Trístar, þar sem B er tengdur n -hlíðinni og A er tengdur p -hlíð.

(b) (7 %) Finna skal þéttleika ríkjandi bera í n -brunninum við stofuhita.

(b) (7 points) Find the majority carrier concentration in the n -well at room temperature.

Bæði fosfór og bór hafa lága jónunarfærni, þ.e. allar rafeindir og holur eru sloppnar við stofuhita. Þ.a.

$$n \approx N_D - N_A = 10^{15} / \text{cm}^3$$

(c) (7 %) Gera skal ráð fyrir að hreyfanleiki rafeinda og hola í n -brunninum séu $1200 \text{ cm}^2/\text{V s}$ og $450 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Reikna skal rafleiðni í n -brunninum.

(c) (7 points) Assume that the mobility values for electrons and holes in the n -well are $1200 \text{ cm}^2/\text{V s}$, and $450 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, respectively. Calculate the electrical conductivity of the n -well.

Virkjandi hleðslubærar eru mun færri en ríkjandi hleðslubærar eða $n \gg p$. Leiðnina má því finna með

$$\sigma = (q\mu_n n + q\mu_p p) \approx q\mu_n n$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{15} \times 1200 = 0.192 / \Omega \text{cm}$$

(d) (7 %) Ná má til p -leiðandi Si undirlagsins um V_B . Hvaða spennu þarf að leggja á V_B til að tryggja rétta virkni tólsins í (a) ? Hvers vegna ?

(d) (7 points) Here, the p -type Si substrate can be accessed via V_B . To ensure a proper operation of the device in (a), what voltage should be applied to V_B , e.g., the highest or lowest in the system ? Why ?

p -leiðandi undirlagð ætti
að tengja lágstu spennu
í kerfinu til að forðast
shíkju pn -skreyti, þ.e.
 p -undirlagð og n -brunninn
að mynda skreyti.