

Oblig I FYS4310 Halvleder Materialteknologi
Studentnummer: 586449

200-10 a) Dette kan gjøres med en prosess som heter for Czochralski metoden. Waferene er kuttet opp fra en silisium ingot. Denne såkalte ingoten er dannet ved å smelte biter av polykrySTALLINSKE silider i en stor digel. Når disse har blitt smeltet, så blir et "frø-krySTALL" plassert i det flytende silisium for å stimulere vekst i en spesifikke krySTALL retning. I løpet av flere timer blir en lang ingot av rent enkelt-krySTALLINSK silisium såkalte trukket ut av smelten.

For å svare oppgaven mer presist er det viktig at frø-krySTALL fungerer som et nukleeringssted for jerning av det smeltede silisium. Jerningen av frø-krySTALL relativt til smelten avgjør retningen til det påfølgende silisium ingot. Waferne beholder denne retningen.

Man starter altså med 99,99999999 % rent p-Si, som blir smeltet i en digel ved 1425°C . Så blir altså frø-krySTALL presist orientert og plassert på en stang før det blir plassert i smelten. Si-atomene i smelten jerner seg til samme krySTALLretningen som frøet. Og det er hvordan det foregår i praksis.

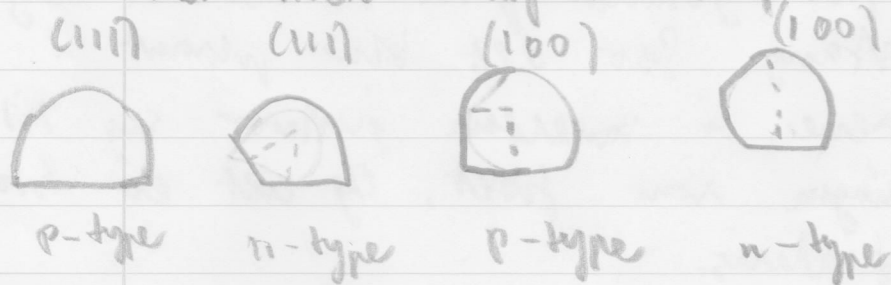
b) Grunner til at man gror krystaller i en spesifikk retning:

Først kan vi nevne at i et krystall med kubisk symmetri (som SC, BCC og FCC), så vil planet (100) ha samme egenskaper som (010) og (001)-planene. For det mest brukte halvleder-materialet, Silisium, er det slik at det er et anisotrop krystall. Dette medfører at dets egenskaper er forskjellige i forskjellige retninger i materialet relativt til krystallorientasjonen. Dette gjelder da f.eks. Si's Youngs Modulus, som bestemmer den stivhet. Noe som kan være svært viktig i MEMS-komponenter.

Fra annet halvlederkomponenter, FY52210, kan vi se at N-MOSFET som oftest lages på en (100) overflate. Dette skyldes at olivet som vi snakket om dannes på en (100)-overflate er overlegen det som dannes på andre overflater.

Det siste punktet er flat-orientasjon, som gir det retning for automatisk prosessering og indikerer type krystall

Vi har noen eksempler nedenfor



200-15 Beregning av dopant konsentrasjon:

Her kan vi benytte oss av ligningen

$$C = k C_0 (1-x)^{k-1}$$

hvor $C_0 = 10^{-3}$ (som oppgitt i oppgavesetningen),
 $k = 0,35$ for forjor og x er de verdiene som
er oppgitt i oppgaven. Dette gir oss da

$$x = 0,1 \Rightarrow C = 0,35 \cdot 10^{-3} (1-0,1)^{-0,65}$$

$C = 3,75 \cdot 10^{-4}$ som gir konsentrasjonen
som vi multipliserer med N_0 som er antallet
atomer i krysallgitteret og oppgitt som $5,02 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ for Silisium.

$$\text{Det gir da } N = 3,75 \cdot 10^{-4} \cdot 5,02 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$$
$$N = \underline{\underline{1,88 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}}}$$

Tilsvarende verdier for $x=0,5$ og $x=0,9$ er:

$$x = 0,5 \Rightarrow C = 0,35 \cdot 10^{-3} (1-0,5)^{-0,65}$$
$$C = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ som gir}$$

$$N = \underline{\underline{2,76 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}}}$$

$$x = 0,9 \Rightarrow C = 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ som gir}$$
$$N = \underline{\underline{7,85 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}}}$$

(3)

200-20 Grunnen til at ulykken-innholdet synker:

Opprinnelsen til ulykken i silisium kommer fra materialet digellene er laget, SiO_2 . Ved 1500°C , så vil det slippe inn betraktelig mengde med ulykken inn i det smeltede silisium. 95% av dette vil slippe ut i atmosfæren som SiO , men en del av resten blir inkorporert i det voksende krystall. Denne tilførselen av ulykken er konstant.

Togawa et al. fant i 1996 at ulykken-konsentrasjonen i Cz silisium var kontrollert av en oppadgående flyt under velikt interfasen. Digellbrennen fungerer da som den dominante ulykken-kilden. Det betyr altså at regionen under velikt interfasen, altså smelten hvor ulykken slipper inn i (les overfor), er rikt i ulykken. Dette var noe numerisk simulasjon også bekreftet.

1400-3 a) Rent generelt blir velikten masse-transport begrenset når $k_s \gg k_g$. Ut i fra formelen

$k_s = k_0 \exp\left(-\frac{E_g}{kT}\right)$, bør dette si noe ved høye temperaturer.

Derfor fungerer den rette linjen som separerer sted t og B som et bra punkt. Det betyr også at etter dette punktet blir det en eksponentiell decay av plottet.

b) kg for hvert molekyl:

Ved høje temperaturer er altså $k_g \ll k_s$
Der giv

$$R \approx \frac{C_g}{N} k_g = \frac{10^{15} \text{ cm}^{-3}}{5,02 \cdot 10^{22} \text{ atomer/cm}^{-3}} \cdot k_g$$

$$\Rightarrow R \approx 1,99 \cdot 10^{-8} k_g$$

$$= k_g \approx \underline{\underline{50251256 R}}$$

Der giv da for

SiH_4 :

$$50251256 \cdot 0,8 \approx \underline{\underline{40201005}} \text{ mm/min}$$

SiH_2Cl_2 :

$$50251256 \cdot 0,5 \approx \underline{\underline{25125628}} \text{ mm/min}$$

SiHCl_3 :

$$50251256 \cdot 0,4 \approx \underline{\underline{20100502}} \text{ mm/min}$$

SiCl_4 :

$$50251256 \cdot 0,18 \approx \underline{\underline{9045226}} \text{ mm/min}$$

c) k_0 og E_a for hurt molekyl:
 Alle de fire kemener har samme E_a .

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\exp(-E_a/kT_1)}{\exp(-E_a/kT_2)} = \exp(-E_a(\frac{1}{kT_1} - \frac{1}{kT_2}))$$

Vi vælger $10^3/T = 0,9$ og $1,1$ for SiH_4

Det gir

$$E_a = \ln\left(\frac{0,4}{0,01}\right) / \frac{1}{1000} [1,1 - 0,9] = \underline{\underline{1,59 \text{ eV}}}$$

Så finner vi k_0 :

$$R = \frac{C_g}{N} k_g \exp\left(-\frac{1,59}{kT}\right)$$

hvor som i oppgave a) det blir slik
 at $N/C_g = 50251256$ og som gir

$$k_0 = 50251256 \cdot R \cdot \exp\left(\frac{1,59}{kT}\right)$$

(minuttegnet går bort ved deling). Det gir
 da

$$\underline{\text{SiH}_4}: k_0 = 50251256 \cdot 0,8 \cdot \exp\left(\frac{1,59 \cdot 10^{-19}}{1,23 \cdot 10^{-23} \cdot 1400}\right)$$

$$k_0 = \underline{\underline{4,11 \cdot 10^{11} \text{ nm/min}}}$$

(6)

○ Et H_2Cl_2 : samme mønster som før (skriver bare ned resultat)

$$k_0 = \underline{\underline{1,63 \cdot 10^{-11} \text{ mm/min}}}$$

Et HCl_3 :

$$k_0 = \underline{\underline{1,77 \cdot 10^{-11} \text{ mm/min}}}$$

○ Et Cl_4 :

$$k_0 = \underline{\underline{4,39 \cdot 10^{-10} \text{ mm/min}}}$$

1400-5:

Kurven blir negativ fordi det er klor i hammeret. Klor et er substratet. Når ete-raten blir høyere enn velstraten, så blir netto velstrate negativ.