

300-3: a) Vi skal finne formell symbol i Fairs diffusjonsmodell. Det generelle uttrykket for den totale diffusjonskoeffisienten er gitt av ligning (3.7) i pensum:

$$D = D^{\circ} + \frac{n}{n_i} D^- + \left[\frac{n}{n_i} \right]^2 D^{2-} + \left[\frac{n}{n_i} \right]^3 D^{3-} \\ + \left[\frac{n}{n_i} \right]^4 D^{4-} + \frac{P}{n_i} D^+ + \left[\frac{P}{n_i} \right]^2 D^{2+} + \\ \left[\frac{P}{n_i} \right]^3 D^{3+} + \left[\frac{P}{n_i} \right]^4 D^{4+} \quad (1)$$

I (1) er D° = nøytral vacancy-diffusivitet og er gitt av

$$D^{\circ} = D_0^{\circ} \exp(-E_a^{\circ}/kT) \quad (2)$$

Der E_a° er aktivasjonenergien til den nøytrale vacancy, D_0° er et nesten temperatur-avhengig tall som avhenger av den vibrasjonelle frekvens og geometri til gitteret, kT = termal energi.

D^+ er det positivt ladete vacancy-urenhet diffusjon,

D^- er det negativt ladete vacancy-urenhet diffusjon

$\frac{n}{n_i}$ er forholdet døpt elektron, n , og intrinsisk bærerkoncentrasjon, n_i ,

$\frac{P}{P_i}$ er forholdet døpt hull, P , og intrinsisk bærerkoncentrasjon i n_i .

(1)

- Når $\frac{P}{n_i} = \frac{n}{n_i} = 1$, så er det et entimoni
(eller uoppt) materiale.

b) Fortplanting av ligningen: Et dermed ligning (1) som skal fortresses.

Fairs vacancy modell kan brukes til å beskrive diffusjon ved lave og moderate temperaturer under 1000°C. Modellen er basert på vacancy ladning. Siliisium (Si) har som kjent fire valencelektroner og er avhengig av å ringe et kovalent bånd til fire andre naboaotomer for å få et fullt yttre snitt. Hvis Si-atomet tar opp et elektron, så får det en negativ ladning. Likeledes, hvis det gir fra seg et elektron, så får det en positiv ladning. Ellers er det da naturligvis neutral.

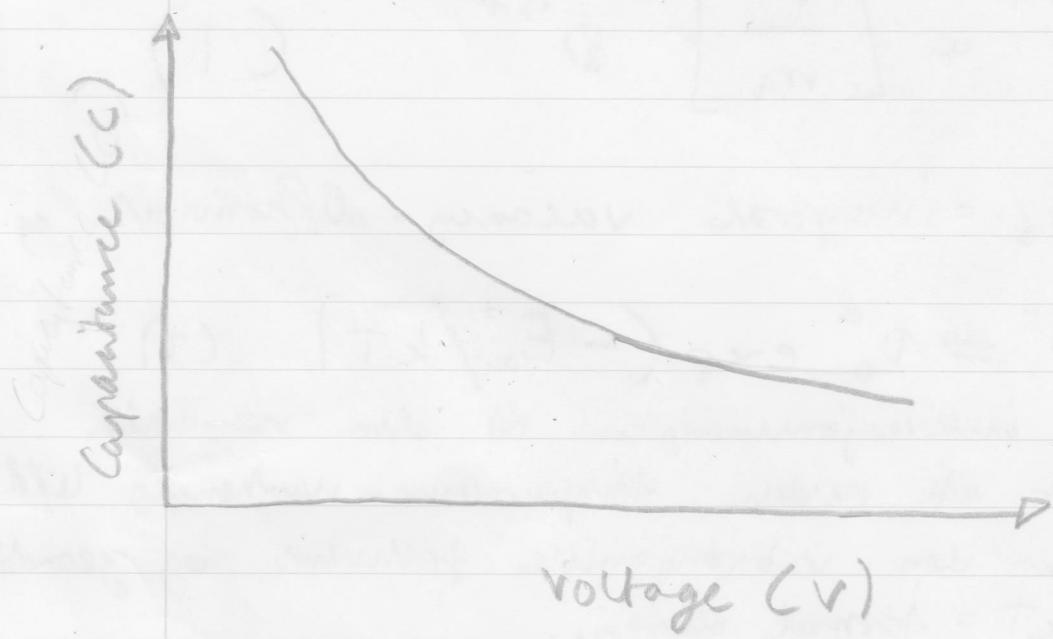
Hver mulige ladet tilstand kan behandles separat. Ved å bruke superposisjonsprinsippet behandles diffusjonskoeffisienten som sum av alle mulige diffusjonskoeffisienter, vektet av deres sannsynlighet for å eksistere. [Kan sammenlignes med forrenningsverdi i statisklikken]. Det gir da at antallet ladete vacanser er proporsjonal til ration borekoncentrasjon / ioniserte koncentrasjon, opphoyd i ladingsstilstand. Ut ifra dette får man alltid

②

tilslutt ligning (1).

Siste viktige punkt er at når det er høye majoritetsladningsbærerkonsentrasjoner, kan minoritetsladningsbærerkonsentrasjonen ignoreres. Samtidig bør det også påpekes at tredje og fjerde orden av lading er ofte så små at de også negligeres i utregninger.

300-10: En kapasitans-spenninng (CV)-kurve for en ohmisk kontakt ser omtrent slik ut (basert på ligning (3.43) i pensumboken):

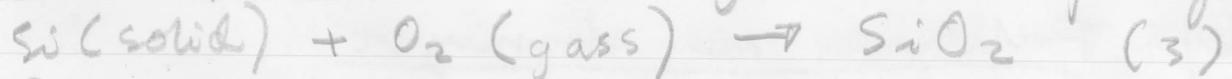


Man kan finne breakdown voltage, hvor mye kapasitansen blir totalt (ved å integrere grafen). Man kan også lage en $1/C^2$ -graf. Dette gir oppskav til muligheten for lineær regresjon, som igjen kan gi ladningsbærerkonsentrasjonen (med stigningsstallet) og det innebygde potensialet (kryssningspunktet).

(3)

400-3: a) I oppgaven skal tør oksidasjon og våt oksidasjon forklares!

Tør oksidasjon: har den kjemiske reaksjonsligningen



I (3) brukes molekyler oksygen som oksidant.

Det har en svakere vektsrate enn våt oksidasjon, men kvaliteten på silinen er bedre. Gir en høyere breakdown voltage enn bruk av våt oksidasjon.

I en MOSFET laget av Si, så brukes f.eks. tør oksidasjon til å lage det kritiske gate oksidet.

Våt oksidasjon: har den kjemiske reaksjonsligningen



I (4) brukes også vanndamp som oksidant. Vannmolekylet kan dissociere (altså opploses lett) ved høyere temperaturer for å danne hydroxid OH , som danner høyere enn molekyler O_2 i silikonet. Det har da en langt høyere oksidationsrate enn tør oksidasjon. I Si komponenter blir det brukt til å lage mørke oksider.

- b) 640 torrcelli refererer til trykket den vatte olividasjonen ble utført i.

$$T = \frac{1668,21}{7,96681 - \log(640)} - 228$$

$$T = \underline{\underline{95,3^{\circ}\text{C}}}$$

- Ved temperatur $95,3^{\circ}\text{C}$ er likvektstrykket lik 640 torr.

- c) Ligning (4.14) er hvor vi kan finne den paraboliske rate koefisienten.

$$x^2 \approx B(t + \tau)$$

Oppgaveteksten indikerer alltså

$$(5) B_{\text{H}_2\text{O}} > B_{\text{O}_2}, \text{ hvor } B = \frac{2DH_P}{N} = \frac{2+ C^*}{N}$$

i (5) er $C^* = \text{likvektskonvensjonen}$.

Siden $C^*_{\text{H}_2\text{O}} \gg C^*_{\text{O}_2}$, så er den paraboliske rate koefisienten i (5) større for vann olividasjon

Andre grunner for at B er høyere for vann olividasjon sammenlignet med torr olividasjon er

det at dSpesifiteten er høyere for H₂O. I tillegg har H₂O mye høyere løselsignes.

d) Den lineære rate konstanten er gitt for tynne skilder:

$$x = \frac{B}{A} (t + T), \quad \frac{B}{A} = \text{lineær rate konstant}$$

Der B/A er gitt av

$$\frac{B}{A} = \frac{H P_g}{N_1 \left(\frac{1}{k_s} + \frac{1}{h} \right)} = \frac{c^*}{N_1 \left(\frac{1}{k_s} + \frac{1}{h} \right)} \quad (6)$$

Som i (5), så er likevektskoncentrasjonen i (6) for H₂O mye større enn O₂. Det gir da en høyere B/A for våt skidasjon.

I forhold til (5) ser vi også to andre parametere, nemlig k_s og h. k_s er realisjonsraten i realisasjene for tørr skidasjon og våt skidasjon (3) og (4). h i denne forstand er:

$$h = \frac{h_g}{H k T}, \quad \text{med } H = \text{Henry's gass konstant}$$

$kT = \text{termal energi og } h_g = \text{massetransport koeffisient.}$

Det siste punktet å vurdere er at aktivasjonsenergien, E_a, er nesten identisk for de to

○ Disidatjonsprosesser.

I (5) og (6) har man sett at D som er sterkt temperaturavhengig med et forhold gitt av Arrhenius ligning. Aktivationsenergien er energien som må overvinnes for at en reaksjon skal slje.

Arrhenius ligning viser at en rate har en eksponentiell avhengighet av temperatur som i (7)

$$k_s(T) = A_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \quad (7)$$

Fra (2) finner vi at diffusjonen er gitt av

$$D^o = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \quad (8)$$

Vi har også at i steady-state er de to fluksene i (7) og (8) like. Det gir da med samme termale energi er det den forholdsvis konstante faktorene A_0 og D_0 som bestemmer aktivationsenergien. Når vi vet at disse er tilstrekkelige oppgitt som:

$9,70 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{hr}$ (vat) og $3,71 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{hr}}$ (torr), så ser vi at E_a er nissen identisk for de to.

- ⑦ ingen forskjell ettersom steam bare er vanndamp

500-28 Implant energi og dose som brukes:

Følgende verdier er oppgitt i oppgavefaksen.

$$\text{Peak dybde} = 0,3 \text{ mm} = 3000 \text{ \AA}$$

$$\text{Peak koncentrasjon} = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

Vi ser på boron på figur 5.9 (F). Her har vi dybde på 3000 \AA. Ved å lese av grafen får vi en implant energi på nrodt 90 keV. Den samme figuren gir standardavviket, altså den skiptede linjen. Den gir $\Delta R_p = 680 \text{ \AA}$.

$$\text{Så bruker vi } C = \frac{\phi}{\sqrt{2\pi} \Delta R_p}$$

$$\text{som omformes til } \phi = C \cdot \sqrt{2\pi} \cdot \Delta R_p$$

$$\phi = 10^{17} \text{ cm}^{-3} \cdot \sqrt{2\pi} \cdot 680 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 17 \cdot 10$$

$$\phi = \underline{1,705 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}}$$

er doses.

Med koncentrasjon 10^{15} cm^{-3} og n-type:

Boron er p-type dopant og substratet er n-type med koncentrasjon 10^{15} cm^{-3} .

$$\ln\left(\frac{10^{15}}{10^{17}}\right) = -\frac{(x - R_p)^2}{2 \Delta R_p^2}$$

$$4,6052 \cdot 2 \cdot (680 \cdot 10^{-10})^2 = (x - R_p)^2$$

$$\sqrt{4,2589 \cdot 10^{-14}} = x - R_p$$

$$\pm 2063 \cdot 10^{-10} = x - 3000 \cdot 10^{-10}$$

som gir

$$x = \underline{\underline{5063 \text{ \AA}}} \quad \text{eller} \quad x = \underline{\underline{937 \text{ \AA}}}$$

500-3: a) Peak koncentrasjon dybde og peak koncentrasjon:

Oppgitte verdier er P implantert inn i Si med dose = 10^{15} cm^{-2} og energi = 150 keV

Vi bruker da øjen figur 5.9(F) for å finne peak koncentrationsdybde R_p og standardavviket ΔR_p . Det gir osnent $R_p = 1600 \text{ \AA}$ og $\Delta R_p = 480 \text{ \AA}$

Så finner vi peak koncentrasjon

$$C = \frac{\phi}{\sqrt{2\pi} \Delta R_p} = \frac{10^{15} \text{ cm}^{-2}}{\sqrt{2\pi} \cdot 480 \cdot 10^{-8} \text{ cm}}$$

$$C = \underline{\underline{8,311 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}}}$$

b) Vi skal finne dybden hvor B-konsentrasjonen er lik R-konsentrasjonen. Det gir da hvor R_p er lik.

$$R_p = \frac{N_p}{V} = \frac{N_p}{\pi r^2 h} = \frac{N_p}{\pi (31.10^{-10})^2 \cdot 1600 \cdot 10^{-10}} = \frac{(N_p)^2}{1600 \cdot 31 \cdot 10^{-20}}$$

$$x = R_p \pm \sqrt{\frac{1}{2} \Delta R_p} \left(\ln \left(\frac{N_p}{N_B} \right) \right)^{1/2}$$

Vi gir i tall-verdier:

$$= 9,6253 \cdot 10^{-10} \pm 2 \cdot (480 \cdot 10^{-10})$$

$$x = 1600 \cdot 10^{-10} \pm \sqrt{2} \cdot (480 \cdot 10^{-10}) \cdot \ln \left(\frac{8,311 \cdot 10^{-10}}{10^{16}} \right)$$

$$x = 1600 \cdot 10^{-10} \pm 2,039 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{gir } x = \underline{\underline{36639 \cdot 10^{-10}}}$$

Dette kan vi dove ut gittet i en sammenheng

$$N_B = N_p \exp \left(-\frac{(x - R_p)^2}{2 \Delta R_p^2} \right)$$

$$N_p = N_B \exp \left(-\frac{(x - R_p)^2}{2 \Delta R_p^2} \right)$$

Gjennom åle sumt overfor