

FYS4310

OBLIG 3

Hålvleder Materialer

Studentnummer: 586449

800-1 I denne oppgaven skal vi nedegjøre for styrkene og svakhetene til henholdsvis positiv og negativ resist. Her bør det først nevnes at hovedforskjellen mellom de to lys-sensitiver materialene er at ved negativ litografi får man det motsatte av det mønstret på masken printet på waferen, mens ved bruk av positiv resist får man det samme mønstret. Negative resister blir harde og løselige\* når de blir eksponert med lys av korrekt bølgelengde og positive resister blir myke og løselige slik at den delen som eksponeres kan fjernes med developer.

Negative resister ble mye brukt i den tidlige halvleder-industrien. Etterhvert som de kritiske dimensjonene (altså det minste punktet i den integreerte kretsen) kom under 2 mikrometer, ble positive resister mer brukt som en følge av at negative resister ikke var i stand til å håndtere denne størrelsesorden og under. Noe positive resister klarte. Da ser vi faktisk den første forskjellen i mellom dem. Negative resister har en nedre grense som er langt høyere enn positive resister målt i nm. Det betyr altså at positiv fotoresist gir en høyere oppløsning/resolusjon.

\* i de eksponerte områdene. (1)

Samtidig sørger en positiv resist for at developere ikke fjerner uønskede områder. Ved bruk av negative resister er mønster distorsjoner et alvorlig forekommende problem.

Negative resister er altså foretrukket ved lave oppløsninger. Dets fordeler er flere prosesslaster, bedre adhejon mellom wafer og resist og høyere foto fart. Samtidig har det langt lavere kostnader sammenlignet med negative resister.

I halvlederindustrien har man flere resistegenskaper man omtaler som karakteristikkene man bedømmer en resistes kvalitet etter. Her refererer jeg til boken: "Semiconductor Manufacturing Technology" av Quirk og Serda, for jeg sammenfatter. Ved sensitivitet (hvor lite energi som skal til for å aktivere materialet), kontrast og viskositet er positivt lite. Men ved oppløsning og step coverage er positiv resist bedre. Negativ har bedre etremotstand og adhejon, men mer sammenheng som en følge av organisk developere.

900-1 Premisset i oppgaven er at det i elektronstråle litografi er flere tilfeller med spredningsvinkler større enn  $90^\circ$  sammenlignet med ione implantasjon. Grunnen til dette er nok at massen til elektroner er betydelig

mindre enn det som implanteres. Her er  
f. eks. Comptons bølgelengde,  $\lambda_c$ , gitt av  
 $\frac{h}{m_e c}$ , hvor  $m_e$  = elektron masse.

Det gir en god indikasjon på hvor viktig  
masse er for spredningsvinkelen.

900-2 Vi ser på dette lineært og da er  
den relevante ligningen som inkluderer termal  
ekspansjon gitt av

$$(1) \frac{\Delta L}{L} = C \Delta T, \text{ hvor } C = \text{termal ekspansjons} \\ \text{koeffisient for} \\ \text{silisiumnitrid.}$$

Det gir da

$$\frac{\Delta L}{2,5 \text{ cm}} = (2,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}) \cdot 10 \text{ K}$$

$$\Delta L = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} (2,7 \cdot 10^{-5})$$

$$\Delta L = \underline{\underline{6,75 \cdot 10^{-7} \text{ m}}}$$

Feltet kan da bli forvrengt med  $6,75 \cdot 10^{-7}$   
eller  $0,675 \mu\text{m}$ .

Vi bruker samme formel (1) for andre del  
av oppgaven, som følger på neste side  $\rightarrow$

Opgangtehten medfører en forvrænging på 0,025 nm. Dette gir

$$\Delta T = \frac{\Delta L}{L} \cdot \frac{1}{C}$$

$$\Delta T = \frac{0,025 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \cdot \frac{1}{2,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}}$$

$$\Delta T = \underline{\underline{0,37 \text{ K}}}$$

Den maksimale temperaturøkningen er da 0,37 K

1500-1 Her ønsker man å finne hvilket av metallene Aluminium (Al) og Platinum (Pt) gir lavest kontakt resistans. Som referanse for min vurdering bruker jeg pennumboken og "Ohmic Contacts to Semiconductors" av B. Schwartz.

Vi har at metaller som brukes som interconnects må ha lav resistivitet og lav kontakt resistans til halvlederkomponenten. Både resistiviteten til

Al er 2,65  $\mu\Omega\text{-cm}$  og for Pt er 10,6  $\mu\Omega\text{-cm}$ . Det tilsier da Al virker bedre. Samtidig er kontakt resistansen,  $R_c$ , gitt av:

$$(2) \quad R_c = \frac{P_c}{A_c} \quad , \quad \text{med } P_c = \text{kontakt resistivitet og} \\ A_c = \text{areal for kontakt}$$



(2) behøver altså ikke anvendes.

Videre foreslog B. Schwartz undersøgelser af dette og han kom frem til at kontaktresistansen for Al var lavere end den for Pt.

Så jeg konkluderer da at Al vil give den laveste kontaktresistansen.

1500-4 a) Kalkuler et estimat for verdien til spenfilte kontaktresistans:

Med doping under  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , brøker vi

$$R_c = \frac{k}{qRT} \exp\left(\frac{\phi_B}{kT}\right)$$

$$R_c =$$

$$R_c = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J/V} \cdot 110 \text{ A} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{K}^2 \cdot 298 \text{ K}} \cdot \exp\left(\frac{0,68 \text{ eV}}{25,7 \text{ meV}}\right)$$

$$R_c \approx \underline{\underline{814,1 \text{ A}^{-1} \text{cm}^2}}$$

Denne  $\approx$  verdien for kontaktresistans er forholdsvis høj sammenlignet med verdier op til  $10^{-7} \text{ A cm}^2$  for højt dopet halvledere, men er fornuftig siden dopingens  $\approx$  under  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$

(5)

b) Resistansen i arealet:

Siden specifikke kontakt resistans er  $814,11 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , så blir svaret da:

$$\frac{814,11 \Omega \cdot \text{cm}^2}{1 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot 1 \cdot 10^{-4} \text{ cm}} = \frac{814,11 \Omega \cdot \text{cm}^2}{1 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2}$$

$$R_c = \underline{\underline{8,1411 \cdot 10^{10} \Omega}}$$

c) Total resistans:

Vi har allerede kontakt resistans.

Bak-kontakten ligner på den på fronten, men med et annet areal. Vi får da

$$R_{\text{bak}} = \frac{814,11 \Omega \cdot \text{cm}^2}{75 \text{ cm}^2} \approx \underline{\underline{10,85 \Omega}}$$

$R_{\text{wager}} =$

Vi kalkulerer resistiviteten med Phosphor og får resistivitet for Si på  $0,01529 \Omega \cdot \text{cm}$ . Her husk vi at resistiviteten i halvledere er sterkt avhengig av mengden urenheter.

$$R = \rho \frac{L}{Wt} \quad \text{Og regner med at } L = 5\sqrt{3} \text{ og } W = 5\sqrt{3} \text{ cm.}$$

(6)

Det gir da for  $R_{wager}$ .

$$R_{wager} = \frac{0,01529 \, \Omega \, \text{cm} \cdot 5\sqrt{3} \, \text{cm}}{5\sqrt{3} \, \text{cm} \cdot 500 \cdot 10^{-4} \, \text{cm}}$$

$$R_{wager} = \underline{\underline{0,3058 \, \Omega}}$$

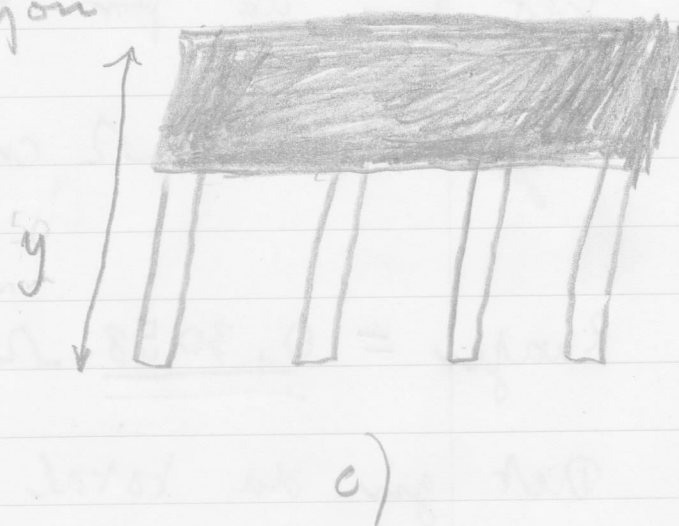
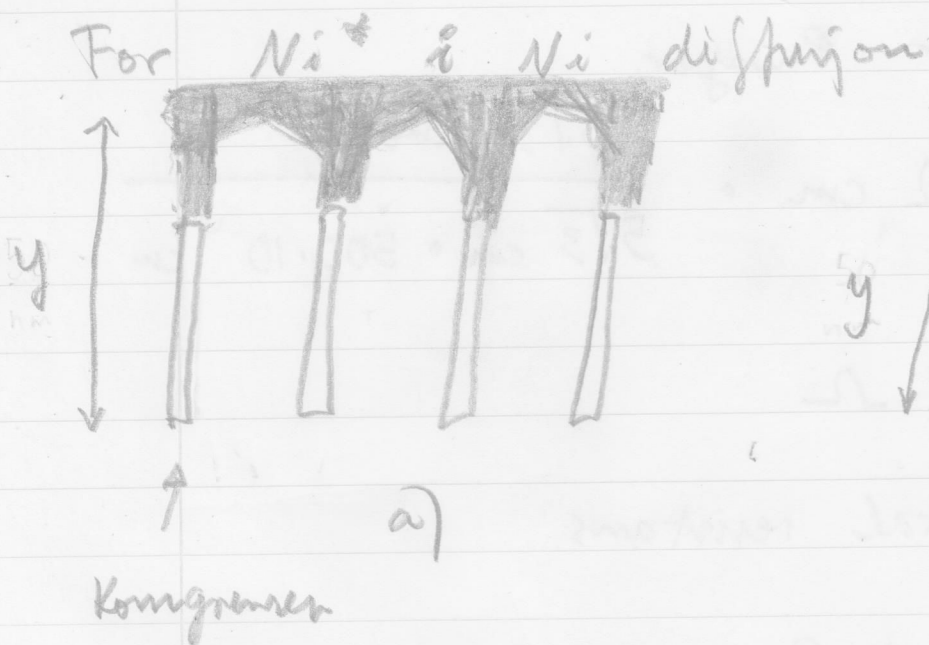
Det gir da total resistans

$$R = R_c + R_{bak} + R_{wager}$$

$$R = 8,141 \cdot 10^{10} + 10,85 + 0,3058 \approx \underline{\underline{8,141 \cdot 10^{10} \, \Omega}}$$

Kontaktresistansen står altså for det meste av resistansen. Men fordelt over distansene forholder det seg ganske annerledes.

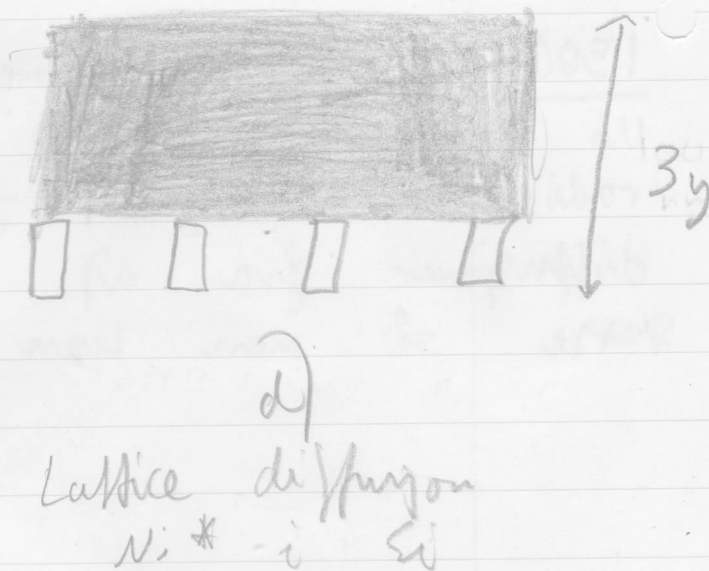
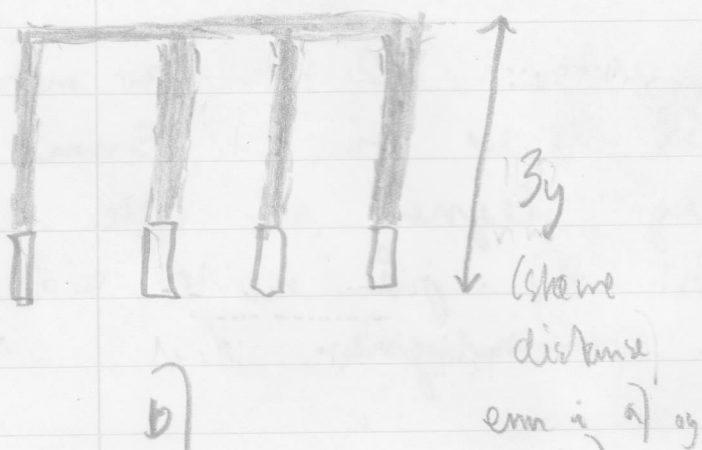
1500-5: a) Vi har altså 50 nm av metallet  
Vi deponert på Si. Så legger vi til 5 nm  
radioaktivt  $Ni^{+}$ . Jeg tegner så alle  
diffusjoner fra a) til d) på neste side.  
På dette så man kan sammenligne.



Dette er såkalt  
kongruens diffisjon  
 $Ni^*$  i  $Ni$

Dette er såkalt  
lattice diffisjon  
 $Ni^*$  i  $Ni$

Poengset er at atomene i  $Ni^*$  og  $Ni$  er like  
store



Jeg antar at i b) og d) er kongruens området  
store fordi det er to (8) forskjellige grunnkoffer