

RAF604M Smárásir

Lokapróf

10. maí 2010, kl. 13:30 - 16:30

1. (4 %) **TiN húð**

Hvaða hlutverki gegna þessar TiN húðir í smárásum ?

What is the role of TiN thin films in integrated circuits ?

2. (6 %) **Valvísi í ætingu**

Finna skal hvaða valvísi skal krafist þegar ætt er 400 nm laga af fjölkristölluðum kísli án þess að æta meira en 1 nm niður í undirliggjandi gáttaroxíð. Gera skal ráð fyrir að einsleitni ætingar á fjölkristölluðum kísli sé 10 %.

Find the etch selectivity required to etch a 400 nm polysilicon layer without removing more than 1 nm of its underlying gate oxide, assuming that the polysilicon is etched with a process having a 10 % etch rate uniformity.

3. (15 %) **RC töf**

Rafsvara er komið fyrir milli tveggja samsíða málmhlína. Lengdin er $L = 1$ cm, breiddin $W = 0.28$ μm , þykktin $T = 0.3$ μm , og fjarlægðin milli þeirra $S = 0.36$ μm .

(a) Reikna skal RC töfina. Málmurinn er Al með eðlisviðnám 2.67 $\mu\Omega$ cm og rafsvarinn er oxíð með hlutfallslegan rafsvörunarstuðul 3.9.

(b) Reikna skal RC töfina. Málmurinn er Cu með eðlisviðnám 1.7 $\mu\Omega$ cm og rafsvarinn er fjölliða með hlutfallslegan rafsvörunarstuðul 2.8.

(c) Hve mikið má minnka RC töfina ?

A dielectric material is placed between the two parallel metal lines. The length $L = 1$ cm, width $W = 0.28$ μm , thickness $T = 0.3$ μm , and spacing $S = 0.36$ μm .

(a) Calculate the RC time delay. The metal is Al with a resistivity of 2.67 $\mu\Omega$ cm and the dielectric oxide with a dielectric constant 3.9.

(b) Calculate the RC time delay. The metal is Cu with a resistivity of 1.7 $\mu\Omega$ cm and the dielectric is organic polymer with a dielectric constant 2.8.

(c) How much can we decrease the RC time delay ?

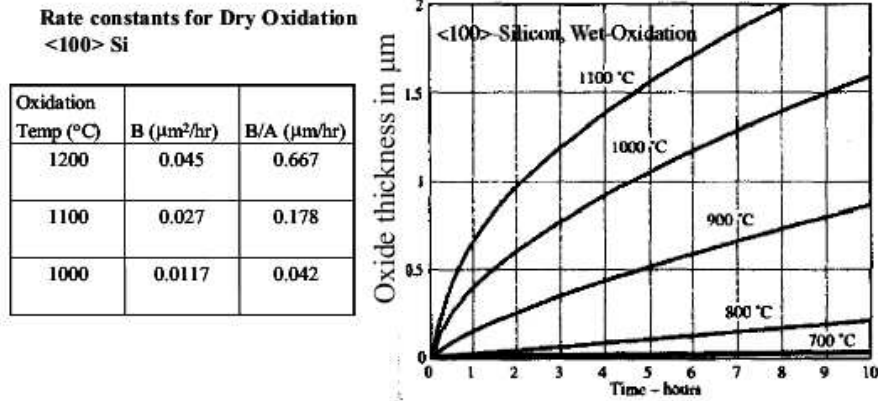
4. (15 %) **Straum og spennutakmarkanir**

Til að komast hjá vandamálum vegna rafreks er mesti straumþéttleiki um leiðara úr áli settur um 5×10^5 A/cm². Ef leiðarinn er 2 mm langur, 1 μm breiður, málþykktin er 1 μm , og ef 20 % leiðarans fer yfir skref þannig að þar sé þykktin aðeins 0.5 μm , þá skal finna heildar viðnám leiðarans ef eðlisviðnám álsins er 3×10^{-6} Ω cm. Finna skal mestu spennu sem leggja má yfir leiðarann.

To avoid electromigration problems, the maximum allowed current density in an aluminum runner is about 5×10^5 A/cm². If the runner is 2 mm long, 1 μm wide, and nominally 1 μm thick, and if 20 % of the runner length passes over steps and is only 0.5 μm thick there, find the total resistance of the runner if the resistivity is 3×10^{-6} Ωcm . Find the maximum voltage that can be applied across the runner.

5. (20 %) **Varmaoxun**

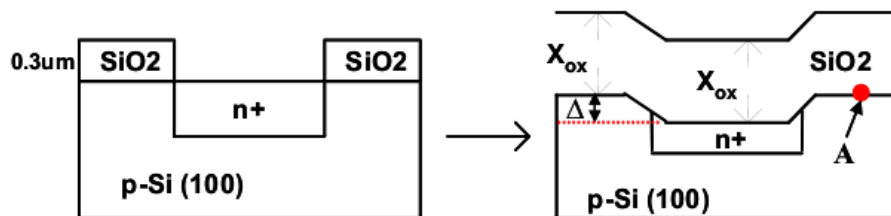
Meðfylgjandi gögn eru fyrir hendi fyrir þurra og vota oxun <100> kísilskífa



(a) Gerum ráð fyrir kísilskífu sem hefur upphaflega oxíð þykkt $0.5 \mu\text{m}$. Ef beitt er votri oxun við 1000°C , hver er oxunartíminn ef heildar oxíðþykktin á að vera $1 \mu\text{m}$?

(b) Oxaða skífan úr lið (a) er oxuð frekar með þurri oxun við 1000°C . Hver er oxunarhraðinn (í $\mu\text{m}/\text{hr}$) þegar oxíðið hefur heildarþykktina $2 \mu\text{m}$?

(c) Mikið íbættur kísill hefur fleiri hlaðnar punktveilur nálægt samskeytum kísils og oxíðs. Línulegi hraðafastinn (B/A) eykst í mikið íbættum kísli en fleygboga hraðafastinn (B) er sá sami. Oxíðglugginn hér að neðan hefur upphaflega oxíðþykkt $0.3 \mu\text{m}$. Eftir oxun í tiltekinn tíma t , er lokþykkt oxíðsins x_{ox} jöfn yfir bæði n^+ og p svæðunum. Gefið er: $(B/A)_{n^+} = 4(B/A)_p = 0.4 \mu\text{m}/\text{hour}$; $B_{n^+} = B_p = 0.15 \mu\text{m}^2/\text{hour}$

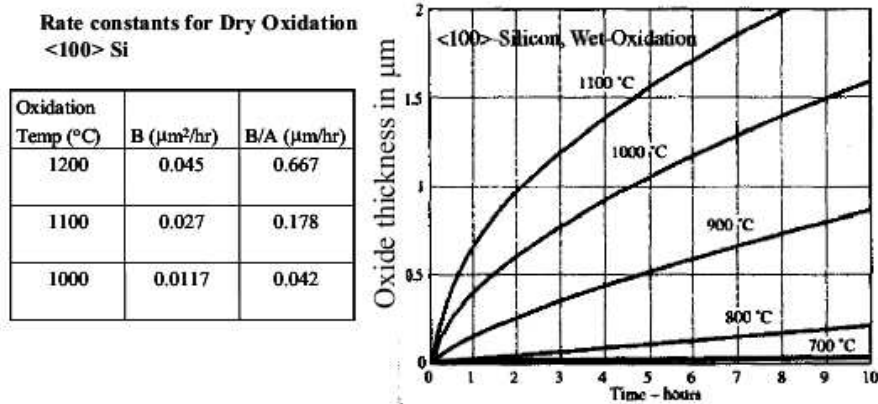


(i) Reikna skrefstærðina Δ á yfirborði kísilsins.

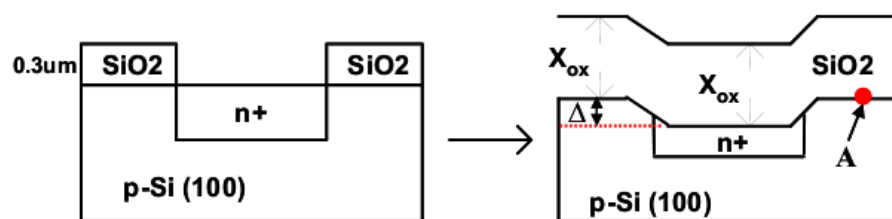
(ii) Væntir þú þess að bórþéttleiki í punkti A á myndinni sé hærri eða lægri en í upphaflega undirlaginu. Útskýrið stuttlega ?

(iii) Reikna skal lokþykkt oxíðsins x_{ox} .

The following dry oxidation and wet oxidation data are available for thermal oxidation of <100> Si wafers.



- (a) A Si wafer has an initial oxide thickness of $0.5 \mu\text{m}$. With wet-oxidation at 1000°C , what is the required oxidation time to obtain a total thickness of $1 \mu\text{m}$?
- (b) The oxidized wafer of part (a) is further subjected to dry-oxidation at 1000°C . What is the oxidation rate (in $\mu\text{m}/\text{hr}$) when the oxide has a total thickness of $2 \mu\text{m}$?
- (c) Heavily doped Si has more charged point defects near the oxide/Si interface. The linear rate constant (B/A) increases for heavily doped Si but the parabolic rate constant (B) remains the same. The following oxide window has an initial oxide thickness of $0.3 \mu\text{m}$. After oxidation for a certain time t , the final oxide thickness x_{ox} is found to be equal over both the n^+ and p regions. Given : $(B/A)_{n^+} = 4(B/A)_p = 0.4 \mu\text{m}/\text{hour}$; $B_{n^+} = B_p = 0.15 \mu\text{m}^2/\text{hour}$



- (ii) Calculate the Si substrate step height Δ .
- (ii) Do you expect the boron concentration at point A (see figure) has a higher or lower concentration than the original substrate? Briefly explain.
- (iii) Calculate this final oxide thickness x_{ox} .

6. (13 %) **Sveim**

Bór er sveimað inn í n -leiðandi kísil sem hefur upphaflegan íbótarþéttleika $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Forsveimið er framkvæmt við $975 \text{ }^\circ\text{C}$ í 15 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) Reikna skal hve djúpt er niður að samskeytum, x_j .
- (b) Reikna skal bórskammtinn sem kísillinn hefur innbyrt, Q .

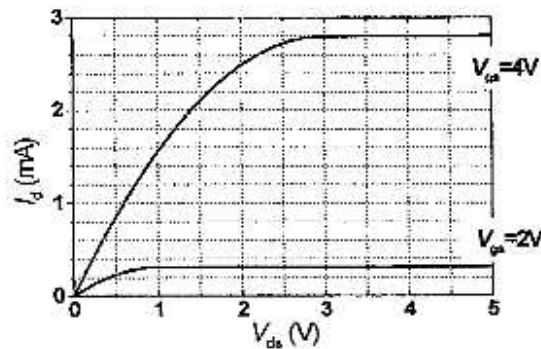
Boron is diffused into a n -type silicon with impurity concentration $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. The prediffusion is performed at $975 \text{ }^\circ\text{C}$ for 15 min. The solid solubility limit for silicon is $3.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ and the diffusion constant is $1.6 \times 10^{-14} \text{ cm}^2/\text{s}$.

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

7. (14 %) **MOSFET - $I - V$ -kennilína**

Myndin hér að neðan sýnir $I - V$ -kennilínu NMOSFET sem hefur $d_{\text{ox}} = 10 \text{ nm}$, $W = 10 \text{ } \mu\text{m}$, $L = 2 \text{ } \mu\text{m}$. (Gerið ekki ráð fyrir hraðamettun hleðslubera)

- (a) Ákvarða V_T útfrá grafinu.
- (b) Ákvarða μ_{ns} í umhverfða laginu.
- (c) Bætið inn á grafið $I - V$ ferlinum sem svarar til $V_{\text{GS}} = 3 \text{ V}$.



The following figure is the $I - V$ -characteristics of an NMOSFET with $d_{\text{ox}} = 10 \text{ nm}$, $W = 10 \text{ } \mu\text{m}$, $L = 2 \text{ } \mu\text{m}$. (Do not consider velocity saturation)

- (a) Estimate V_T from the plot.
- (b) Estimate μ_{ns} in the inversion layer.
- (c) Add the $I - V$ curve corresponding to $V_{\text{GS}} = 3 \text{ V}$ to the plot.

8. (13 %) **Photolithography kerfi**

Photolithography kerfi sem hefur ljósstyrk 15 mW/cm^2 er notað til að lýsa á jákvætt ljósviðnámslag sem hefur contrast $\gamma = 1.8$. Þú sérð að lýsingartíminn, sem þörf er á til að eitthvað af ljósviðnámslaginu sem lýst er á og framkallað sé fjarlægt (þ.e. E_1), er 3 s.

(a) Hvaða lýsingartíma þarf til að fá fulla lýsingu og framköllun á ljósviðnámslaginu (þ.e. hvaða tíma er þörf lýsa til að fjarlægja 100 % af ljósviðnámslaginu) ?

(b) Hver er critical modulation transfer function (CMTF) ljósviðnámslagsins ?

A photolithography system that has a lamp intensity of 15 mW/cm^2 is used to expose a positive photoresist that has a contrast of $\gamma = 1.8$. You observe that the exposure time required to result in some of the photoresist being removed in the exposed and developed regions (i.e. E_1) is 3 sec. The questions then are:

(a) What exposure time is needed to be able to achieve complete exposure and development of the resist in the exposed regions (i.e., what time is needed to get 100 % removal ?

(b) What is the critical modulation transfer function (CMTF) of this resist?

Gagnleg gröf

