

Framleiðsla smárása:

Viðnám í smárás

Kaflí 7

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

4. vika haust 2016

Viðnám í smárás

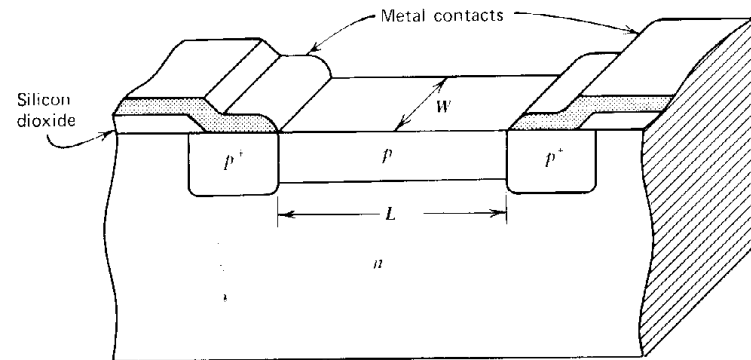
- Viðnám eru einfaldar rásaeiningar sem eru mikilvægar í mörgum smárásum
- Það eru nokkrar leiðir til að framleiða þau
- Viðnám einsleitt leiðandi stangar úr þéttefni er gefið með

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

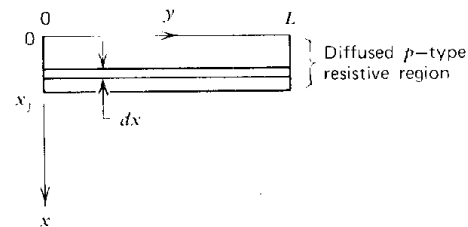
þar sem **eðlisviðnámið** ρ er umhverfa **eðlisleiðninnar** σ sem er gefin með

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = (q\mu_n n + q\mu_p p)$$

Viðnám í smárás



(a)

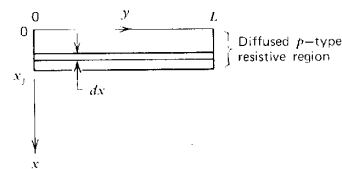
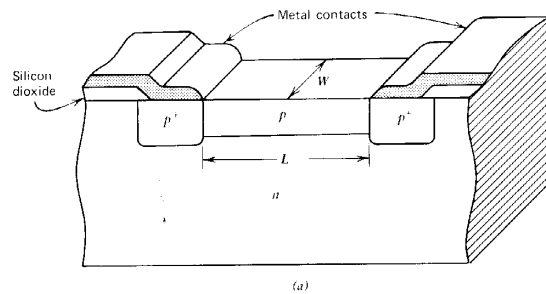


- Algeng aðferð til að mynda viðnám í smárás er að skilgreina glugga í SiO_2 varnarlag kísilskífu og sveima inn íbót sem myndar gagnstæða leiðnigerð

Viðnám í smárás

- Samskeyti á milli tveggja leiðnigerða er þröskuldur fyrir straumflæði
- Séu snertur myndaðar í tvo enda p-leiðandi svæðisins rennur straumur samsíða yfirborðinu
- Þegar íbót er rekin inn með sveimi er íbótarþéttleikinn mestur næst yfirborðinu og fellur er við færumst inn í kísilinn
- Til þess að reikna viðnámið er notadrjúgt að skoða leiðnina samsíða yfirborðinu
- Gerum ráð fyrir p-leiðandi viðnámi sem er gert með því að íbót í áður n-leiðandi skífu

Viðnám í smárás



- Leiðnin dG í þunnu lagi af p-svæði af þykkt dx samsíða yfirborðinu við fjarlægðina x er gefin með

$$dG(x) = q\mu_p p(x) \frac{W}{L} dx$$

Viðnám í smárás

- Finna má leiðnina G fyrir allt p-svæðið með því að leggja saman framlag úr þunnum sneiðum niður á botn svæðisins

$$G = \frac{W}{L} \int_0^{x_j} q\mu_p p(x) dx$$

þar sem x_j er dýptin þar sem holuþéttleikinn er óverulegur (nálægt því þar sem $N_a = N_d$)

- Ef p-svæðið var myndað með útfellingu úr gasfasa sem er rekin inn með sveimi má nálga þversnið íbótarinnar $N_a(x)$ með Gaussdreifingu

$$C(x, t) = \frac{N'}{\sqrt{\pi Dt}} \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right)$$

- Heildarþéttleiki íbótarinnar er þá N' á einingarflöt

Viðnám í smárás

- Kennilengd sveimsvæðisins $2\sqrt{Dt}$ ræðst af því hvernig íbótin er rekin inn með sveimi
- Holupéttleikinn ræðst af fjölda p-íbótaratóma umfram upphaflega n-íbót
- Í raun er mest af straumnum í sveimaða svæðinu borinn af svæðum þar sem íbótarþéttleiki er mestur, venjulega 10^{18} cm^{-3} eða hærra
- Upphafsskífan hefur gjarnan íbótarþéttleika 10^{15} cm^{-3} , svo að bakgrunnsíbót er óvera og gera má ráð fyrir að $p(x) = N_a(x)$
- Að þessu gefnu er leiðnin

$$G = \frac{W}{L} \frac{qN'_p}{\sqrt{\pi Dt}} \int_0^{x_j} \mu_p \left[\exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right) \right] dx$$

Viðnám í smárás

- Hreyfanleikinn μ_p er fall af íbótarþéttleikanum og ræðst því af fjarlægð frá yfirborðinu
- Þetta tegur er hægst að framkvæma tölulega eða með nálgunum, nákvæmni þess ræðst þó einkum af upphaflegum nálgunum eins og hvort íbótin sé raunverulega Gaussdreifð
- Fá má nálgun á leiðnina með því að gera ráð fyrir meðalgildi á hreyfanleikanum $\bar{\mu}_p$
- Þar eð mestur hluti straumsins er borin í svæðinu þar sem íbótarþéttleiki er mestur, þá getur verið viðeigandi að velja hreyfanleika, sem gildir þar sem íbótarþéttleiki er um helmingur af mesta styrk

Viðnám í smárás

- Við það verður jafnan fyrir leiðnina

$$G = N' q \bar{\mu}_p \frac{W}{L} = g \frac{W}{L}$$

þar sem

$$g \equiv N' q \bar{\mu}_p$$

er leiðni fernings ($L = W$)

- Í raun er þá leiðnin ákvörðuð af margfeldi meðalgildis hreyfanleikans og heildaríbótarþéttleika á einingarflöt, N'
- Viðnámið er þess vegna

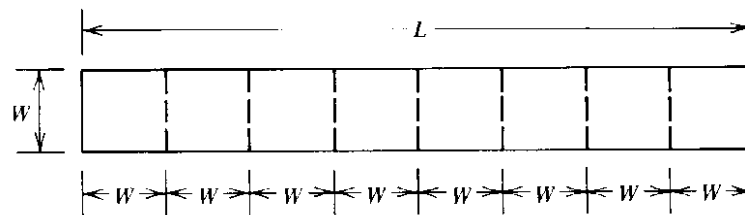
$$R = \frac{1}{G} = \frac{L}{W} \frac{1}{g}$$

Viðnám í smárás

- Almennt eru viðnám í smárásum framleidd með því að skilgreina mynstur í grímu. Sama sveimferlið er svo notað fyrir öll viðnámin í smárásinni
- Heppilegt er þess vegna að aðskilja viðnámið í tvo hluta, hlutfallið L/W sem ákvarðast af grímunnari og $1/g$ sem ákvarðast af sveimferlinu
- Sérhverju viðnámsmynstri á grímu má skipta upp í ferninga sem eru W á kant
- Fjöldi ferninga í mynstri er þá jafn hlutfallinu L/W
- Viðnámsgildið er þá jafnt margfeldi fjölda ferninga og $1/g$, gjarnan táknað með R_{\square} og nefnt **sheet viðnám**

Sheet viðnám

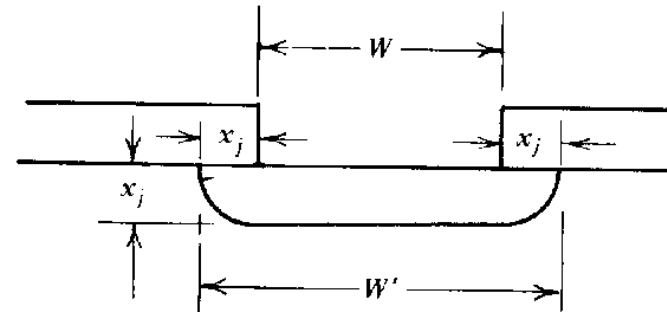
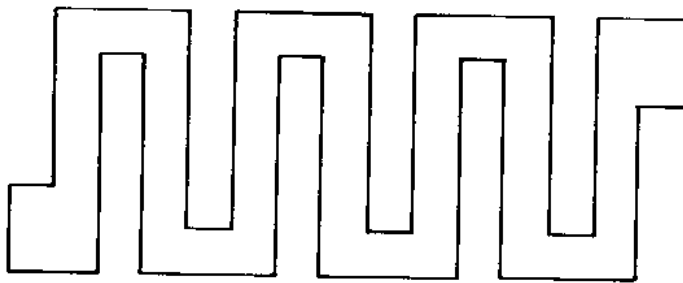
- Sheet viðnámið hefur eininguna Ω en er gjarnan táknað með Ω/\square til að áréttta að það sé gildi viðnáms sé gefið með margfeldi ferninga og sheet viðnáms
- Til dæmis samanstendur viðnám sem er $100 \mu\text{m}$ sinnum $5 \mu\text{m}$ af 20 ferningum ($20 \square$)



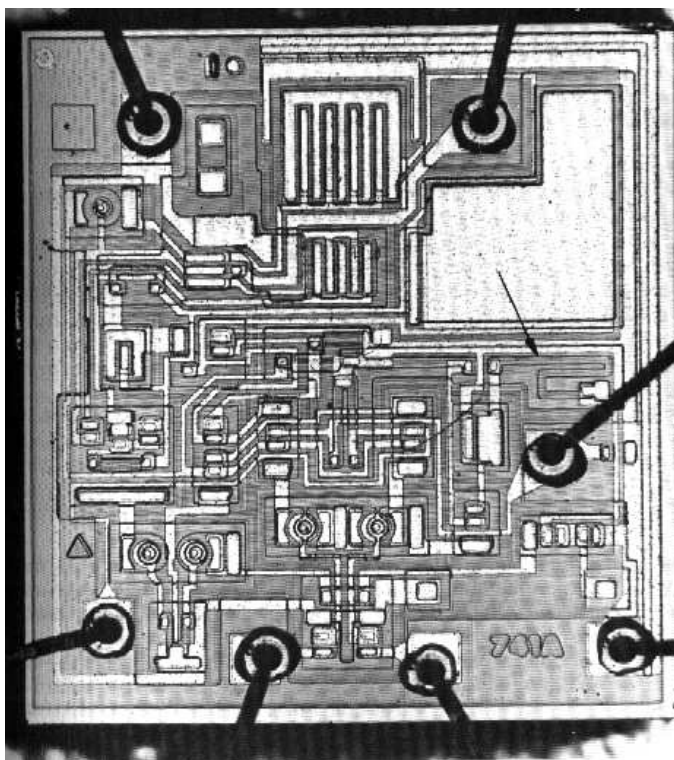
- Fjöldir ferninga sem lýsa yfirborðsvíddum viðnáms er gefinn með L/W

Viðnám í smárás

- Flatarmál sem þörf er á til að mynda há viðnámsgildi getur skapað vandamál í hönnun smárása
- Hlykkjótt mynstur má nota til að mynda há viðnámsgildi, viðnám, sem hornferningur leggur til er um 65 % af því sem ferningur í beinni braut gefur



Viðnám í smárás



- Ljósmynd af smárás (741 aðgerðamagnari), örin bendir á 4 k Ω viðnám
 \implies Dæmi 7.1.

Heimildir

[1] R. S. Muller and T. I. Kamins, *Device Electronics for Integrated Circuits*, John Wiley & Sons, 1986, kafli 2.9