

**Framleiðsla smárása:**

# **Viðnám í smárás**

## **Kafli 7**

**Jón Tómas Guðmundsson**

**tumi@hi.is**

**4. vika haust 2014**

## Viðnám í smárás

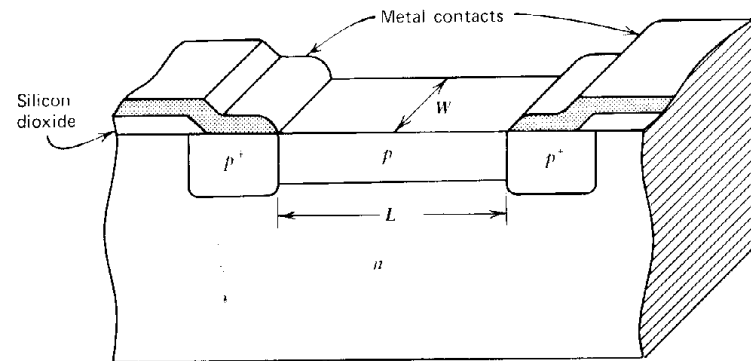
- Viðnám eru einfaldar rásaeiningar sem eru mikilvægar í mörgum smárásum
- Það eru nokkrar leiðir til að framleiða þau
- Viðnám einsleitt leiðandi stangar úr þéttefni er gefið með

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

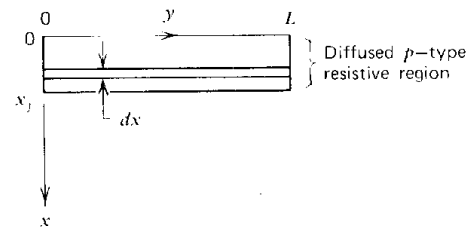
þar sem **eðlisviðnámið**  $\rho$  er umhverfa **eðlisleiðninnar**  $\sigma$  sem er gefin með

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

## Viðnám í smárás



(a)

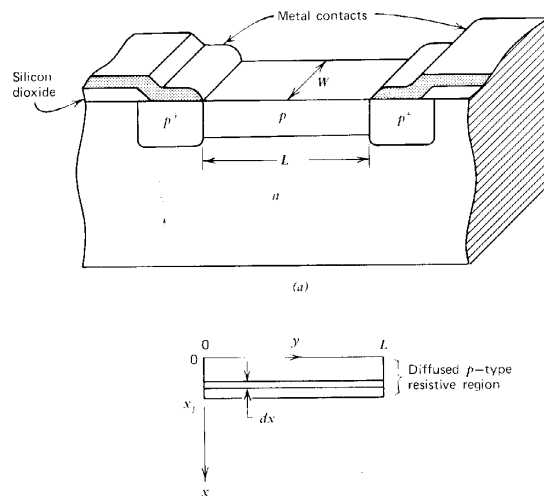


- Algeng aðferð til að mynda viðnám í smárás er að skilgreina glugga í SiO<sub>2</sub> varnarlag kísilskífu og sveima inn íbót sem myndar gagnstæða leiðnigerð

## 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 holupéttleikinn 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  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  eða hærra
- Upphafsskífan hefur gjarnan íbótarþéttleika  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , 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  $\mu_p$  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

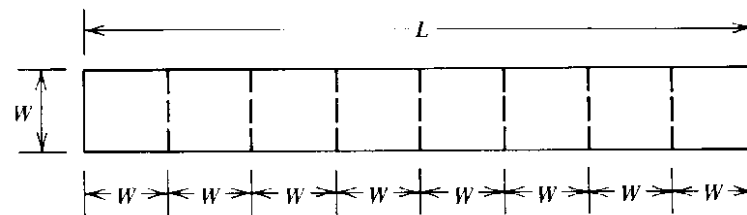
$$R = \frac{1}{G} = \frac{L}{W} \frac{1}{g}$$

## 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 grímunni 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  $R$  og nefnt **sheet viðnám**

## Sheet viðnám

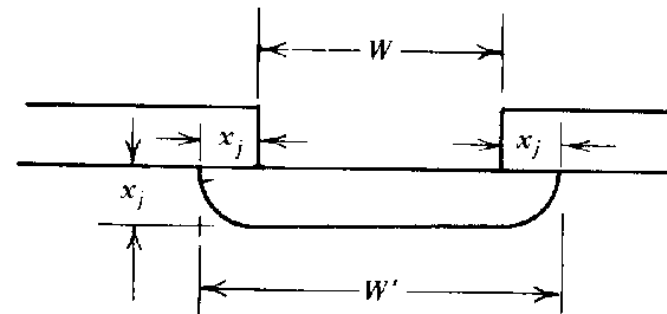
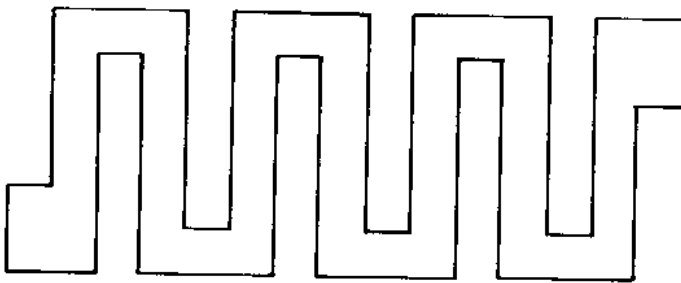
- Sheet viðnámið hefur eininguna  $\Omega$  en er gjarnan táknað með  $\Omega/$  til að áréttast að það sé gildi viðnáms sé gefið með margfeldi ferninga og sheet viðnáms
- Til dæmis samanstendur viðnám sem er  $100 \mu\Omega$  sinnum  $5 \mu\Omega$  af 20 ferningum (20 )



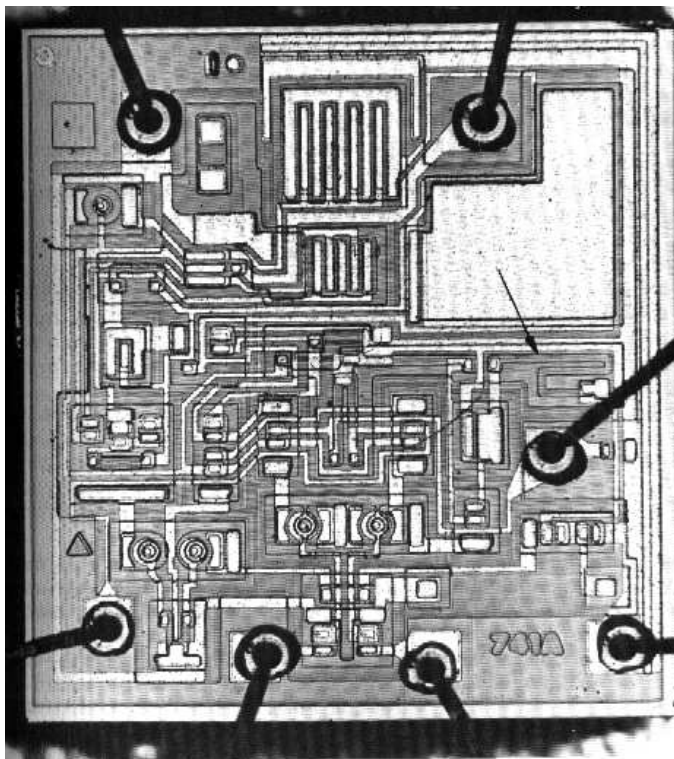
- Fjöldir ferninga sem lýsa yfirborðsvíddum viðnáms er gefinn með  $L/W$

## 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 $\Omega$  viðnám  
 $\Rightarrow$  Dæmi 7.1.

# Heimildir

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