Hálfleiðarar:

Framleiðsla tvista

Kafli 5

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

28. október 1999

Samskeyti

- Flest hálfleiðaratól hafa í það minnsta ein samskeyti milli n- og p-leiðandi hálfleiðara
- Eiginleikar þessara p-n-skeyta eru nýttir í afriðun, mögnun, sem rofar og í aðrar aðgerðir í rafrásum

Framleiðsla p-n-skeyta

- Við sækjumst eftir breytingu frá n-hálfleiðara í p-hálfleiðara innan einkristalls
- Til þessa má
  - breyta um íbótarefni á meðan á ræktun kristallsins stendur
  - innleiða íbót af annarri gerð en upphaflega var íbætt með inn á tiltekin svæði í kristallinum

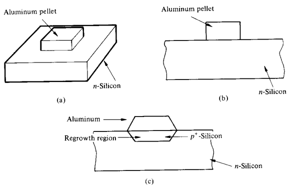
Framleiðsla p-n-skeyta

Lagvöxtur

- Á upphafsdögum hálfleiðaratækninnar var mikið notuð sú aðferð að rækta samskeytin. Þá var skipt skyndilega um íbótarefni í bráðinni þegar kristallinn var ræktaður
- Þessi aðferð er skyld því að rækta með lagvexti lag af einni leiðnigerð ofan á undirlag af annarri leiðnigerð. Þannig fást skörp skeyti
- Lagvöxt má fá fram með því að hita undirlag t.d. n-leiðandi kísil og láta gas sem inniheldur t.d. $SiCl_4$ flæða yfir
- Við hitastig sem eru hærri en 1000 °C leggst kísillag ofan á upphaflega kristallinn með sömu kristalbyggingu
- Íbótarefnum er blandað við burðargasið

Framleiðsla p-n-skeyta

Málmhúðun-melmi



- Skörpustu p-n-skeytin fást með því að leggja íbótarefni á yfirborð hálfleiðarans íbótarefni (sem oft er málmur).
- Það er hitað þar til íbótin víxlverkar við hálfleiðarann
- Dæmi er n-leiðandi kísill sem íbættur er með áli á þennan hátt
- Al er rafþegi í kísli

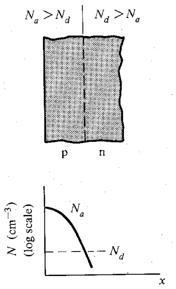
Framleiðsla p-n-skeyta

Málmhúðun-melmi

- Þegar hitað er upp í 580 °C mýkist álið upp og étur sig inn undir yfirborð kísilskífunnar og myndar lausn af Al og Si
- Þegar hitastigið er lækkað rólega, endurgrær kristallurinn. Þó nokkuð af Al atómum verður eftir. Þéttleiki Al er meiri en upphaflegur þéttleiki rafgjafaíbótarinnar
- Endurræktaða svæðið er því háíbætt p-svæði og við köllum slík svæði p^+-svæði
- Mesti fjöldi Al atóma sem er mögulegur í kísli undir eðlilegum kringumstæðum er nefndur **leysnimörk storku** (e. solid solubility limit) og er 3×10^{18} /cm^3 Al atóm í kísli við 580 °C
- Við þetta myndast skörp p^+-skeyti
- Það sem eftir er af álinu situr á yfirborðinu og gefur góð tengi við p^+-lagið

Framleiðsla p-n-skeyta

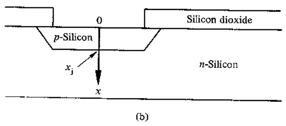
Sveim



- Samskeyti þar sem breytingin frá n- í p-leiðni nær yfir mörg atómlög eru kölluð **aflíðandi samskeyti** (e. graded junction)
- Sveim úr gasfasa inn í hýsikristallinn er mikilvægasta aðferðin til að framkalla aflíðandi p-n-skeyti

Framleiðsla p-n-skeyta

Sveim



- Íbótarþéttleikinn er mestur næst yfirborði og fellur inn í kristallinn samkvæmt

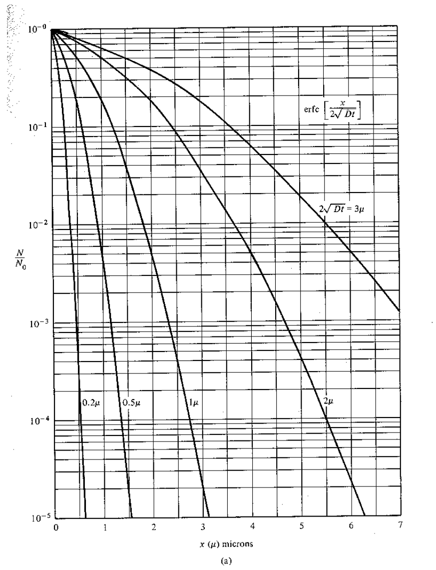
$$N(x,t) = N_0 \mathrm{erfc}\left[\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right]$$

þar sem

- D er sveimstuðull og ræðst af hitastigi
- t er sveimtími
- N_0 er yfirborðsþéttleiki íbótar

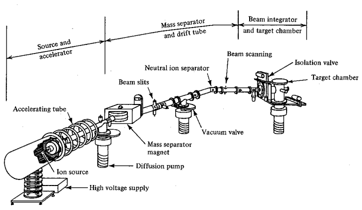
Framleiðsla p-n-skeyta

Sveim



Framleiðsla p-n-skeyta

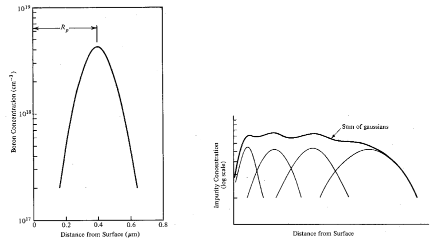
Jónaígræðsla



- Með **jónaígræðslu** (e. ion implantation) má græða íbótaratóm inn í kristallsgrindina með jónahríð
- Íbótaratóm er jónuð og þeim hraðað með háu rafsviði upp í okru á bilinu 1 – 300 keV og skotið inn í kristallsgrindina

Framleiðsla p-n-skeyta

Jónaígræðsla



- Hröðunarorkan ákvarðar hve langt íbótin nær inn í kristallinn og margfeldi straums og tíma ákvarðar fjölda íbótaratóma
- Yfirborð kristallsins skemmist, en með hitameðferð má laga hann aftur
- Kostir við jónaígræðslu
  - nákvæm stjórn á magni og staðsetningu íbótar
  - lágt íbótarhitastig

Heimildir

[1] S. M. Sze, *Semiconductor Devices: Physics and Technology*, John Wiley & Sons, 1985

[2] B. G. Streetman, *Solid State Electronics*, Prentice-Hall, 1980

[3] G. W. Neuseck, *The PN junction diode, Modular series on solid state devices, volume II*, Addison-Wesley, 1983