

# Device physics - Encyclopedia Academia

---

 [tuyaux.winak.be/index.php/Device\\_physics](http://tuyaux.winak.be/index.php/Device_physics)

## Device physics

---

### Device physics

---

Richting Eysica

Jaar MFYS

## Bespreking

---

Mondeling met schriftelijke toelichting ..

## Puntenverdeling

---

1 examen van 4 uur dat op 20/20 punten staat

## Examenvragen

---

**Academiejaar 2017-2018 1<sup>ste</sup> zit**

---

1. Bespreek de planaire, Si MOS-capaciteit, met de interface tussen het SiO<sub>2</sub> en het p-type Si als (x,y)(x,y)-vlak. (Max. 3 paginas.)

De zz-as wijst de kant op van het Si-substraat en de effectieve massabepaling wordt gemaakt. De effectieve massa's langs de hoofdrichtingen van de conductiebandvalleien die zijn gelabeld door  $\alpha_x$  zijn  $m_{\alpha_x}$ ,  $m_{\alpha_y}$  en  $m_{\alpha_z}$ . De dispersierelaties die de energie-eigenwaarden in de aanwezigheid van een potentiaalprofiel  $U(z)$  representeren en de bijbehorende golf functies zijn gegeven door

$$E_{\alpha k} = \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha}} (k_x - k_{0\alpha x})^2 + \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha}} (k_y - k_{0\alpha y})^2 + W_{\alpha l},$$

$$E_{\alpha k} = \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha}} (k_x - k_{0\alpha x})^2 + \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha}} (k_y - k_{0\alpha y})^2 + W_{\alpha l},$$

$$\psi_{\alpha k l}(r, z) = e^{i(k_x x + k_y y)} \phi_{\alpha l}(z), \quad k = (k_x, k_y), \quad r = (x, y), \quad l = 1, 2, 3, \dots$$

$$\psi_{\alpha k l}(r, z) = e^{i(k_x x + k_y y)} \phi_{\alpha l}(z), \quad k = (k_x, k_y), \quad r = (x, y), \quad l = 1, 2, 3, \dots$$

We nemen daarbij aan dat het profiel van  $U(z)$  dat de bodem van de conductieband volgt, het gevolg is van een positieve gate-spanning.

- Schets het profiel van  $U(z)$  vanaf de gate tot in het diepe substraat en verklaar de vorm van het profiel in de drie deelgebieden. Leg i.h.b. uit waarom de helling aan de oxide-kant ( $z \rightarrow 0^-$ ) verschilt van die aan de Si-kant ( $z \rightarrow 0^+$ ).
- Waarom zijn de golfvectoren  $k$  tweedimensionaal en wat is de fysische betekenis van de grootheden  $W_{\alpha l}$ ,  $\phi_{\alpha l}(z)$ ,  $m_{\alpha i}$  en  $k_{0\alpha i}$ ?
- Gebruik de uitdrukking voor de (kwantummechanische) elektronenconcentratie

$$n(r, z) = 2 \sum_{\alpha k l} F(E_{\alpha k l}) |\psi_{\alpha k l}(r, z)|^2, \quad F(E) = \frac{1}{1 + e^{\beta(E - \mu)}}$$

$$n(r, z) = 2 \sum_{\alpha k l} F(E_{\alpha k l}) |\psi_{\alpha k l}(r, z)|^2, \quad F(E) = \frac{1}{1 + e^{\beta(E - \mu)}}$$

om de bezettingsgetallen  $n_{\alpha l}$  te berekenen in

$$n(z) = \sum_{\alpha l} n_{\alpha l} \phi_{\alpha l}^2(z).$$

$$n(z) = \sum_{\alpha l} n_{\alpha l} \phi_{\alpha l}^2(z).$$

- Welke waarde neemt iedere  $\phi_{\alpha l}(z)$  aan op de interface  $z=0$  als we aannemen dat de SiO<sub>2</sub>/Si-potentiaalbarrière oneindig is? Hoe verloopt het asymptotische profiel van  $\phi_{\alpha l}(z)$ , dus voor  $z \rightarrow \infty$ ? (Bedenk dat  $W_{\alpha l} < U_S \equiv \lim_{z \rightarrow \infty} U(z)$  en  $W_{\alpha l} < U_S < \Delta W_{\alpha l} < U_S < \Delta$ .)
- Schets de klassieke en kwantummechanische profielen van  $n(z)$  en verklaar de verschillen.

2. Bespreek beknopt het werkingsprincipe van een cilindrische, junctieloze nanodraadtransistor. (Max. 1 pagina.)

**Academiejahr 2014-2015 1<sup>ste</sup> en 2<sup>e</sup> zit (Wim Magnus en Bart Sorée)**

1. Bespreek de planaire, Si MOS-capaciteit, met de interface tussen het  $\text{SiO}_2$  en het p-type Si als  $(x,y)(x,y)$ -vlak. (Max. 3 paginas.)

De  $z$ -as wijst de kant op van het Si-substraat en de effectieve massabepaling wordt gemaakt. De effectieve massa's langs de hoofdrichtingen van de conductiebandvalleien die zijn gelabeld door  $\alpha$  zijn  $m_{\alpha x}$ ,  $m_{\alpha y}$  en  $m_{\alpha z}$ . De dispersierelaties die de energie-eigenwaarden in de aanwezigheid van een potentiaalprofiel  $U(z)$  representeren en de bijbehorende golf functies zijn gegeven door

$$E_{\alpha k} = \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha x}}(k_x - k_{0x})^2 + \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha y}}(k_y - k_{0y})^2 + W_{\alpha l},$$

$$E_{\alpha k} = \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha x}}(k_x - k_{0x})^2 + \frac{\hbar^2}{2m_{\alpha y}}(k_y - k_{0y})^2 + W_{\alpha l},$$

$$\psi_{\alpha k}(r,z) = e^{i(k_x x + k_y y)} \phi_{\alpha l}(z), \quad k = (k_x, k_y), \quad r = (x, y), \quad l = 1, 2, 3, \dots$$

$$\psi_{\alpha k}(r,z) = e^{i(k_x x + k_y y)} \phi_{\alpha l}(z), \quad k = (k_x, k_y), \quad r = (x, y), \quad l = 1, 2, 3, \dots$$

We nemen daarbij aan dat het profiel van  $U(z)$  dat de bodem van de conductieband volgt, het gevolg is van een positieve gate-spanning.

- Schets het profiel van  $U(z)$  vanaf de gate tot in het diepe substraat en verklaar de vorm van het profiel in de drie deelgebieden. Leg i.h.b. uit waarom de helling aan de oxide-kant ( $z \rightarrow 0^-$ ) verschilt van die aan de Si-kant ( $z \rightarrow 0^+$ ).
- Waarom zijn de golfvectoren  $k$  tweedimensionaal en wat is de fysische betekenis van de grootheden  $W_{\alpha l}$  en  $\phi_{\alpha l}(z)$ ?
- Gebruik de uitdrukking voor de (kwantummechanische) elektronenconcentratie

$$n(r,z) = 2 \sum_{\alpha k} F(E_{\alpha k}) |\psi_{\alpha k}(r,z)|^2, \quad F(E) = \frac{1}{1 + e^{\beta(E - \mu)}}$$

$$n(r,z) = 2 \sum_{\alpha k} F(E_{\alpha k}) |\psi_{\alpha k}(r,z)|^2, \quad F(E) = \frac{1}{1 + e^{\beta(E - \mu)}}$$

om de bezettingsgetallen  $n_{\alpha l}$  te berekenen in

$$n(z) = \sum_{\alpha l} n_{\alpha l} \phi_{\alpha l}^2(z).$$

$$n(z) = \sum_{\alpha l} n_{\alpha l} \phi_{\alpha l}^2(z).$$

- Welke waarde neemt iedere  $\phi_{\alpha l}(z)$  aan op de interface  $z=0$  als we aannemen dat de  $\text{SiO}_2/\text{Si}$ -potentiaalbarrière oneindig is? Hoe verloopt het asymptotische profiel van  $\phi_{\alpha l}(z)$ , dus voor  $z \rightarrow \infty$ ? (Bedenk dat  $W_{\alpha l} < U_S \equiv \lim_{z \rightarrow \infty} U(z)$ .)
- Schets de klassieke en kwantummechanische profielen van  $n(z)$  en verklaar de verschillen.

2. Bespreek beknopt het werkingsprincipe van een cilindrische, junctieloze nanodraadtransistor. (Max. 1 pagina.)

**Academiejahr 2012-2013 1<sup>ste</sup> zit (Wim Magnus en Bart Sorée)**

1. Bespreek hoe de distributie van elektronen en gaten in een oneindig lange, cilindrische Si nanodraad wordt berekend. (max 1 pagina.)
  - Leid een generieke uitdrukking af voor de elektronen- en gatenconcentratie als functie van de potentiële energie die alleen van de radiale coördinaat afhangt. (ga ervan uit dat de effectieve massabepijndering geldig is.)
  - Welke rol speelt de Poissonvergelijking?
  - Wat is het verband tussen de chemische potentiaal (of "Fermi energie") en ladingsneutraliteit?
  - Wat zijn de golf functies van de elektronen en gaten als de banden vlak zijn ?
2. Leg uit hoe een SOI MOSFET met dubbele gate werkt. (max 2 pagina's.)
  - Maak een schets van de transistor en geef aan waar de twee geleidingskanalen zich bevinden waardoor de elektronen zich voortbewegen als er aan beide gates een gemeenschappelijke, positieve poortspanning (gatespanning) wordt aangelegd.
  - De transistor werkt in inversiemodus: Leg uit.
  - Waarom werkt een dubbele gate beter dan een enkelvoudige?
  - Bespreek kort het naast elkaar bestaan van ballistisch en difuus elektronentransport.
3. Ga uit van een planaire MOS-capaciteit om de concepten "vlakkebandspanning (flatband voltage)", "werkfunctie" en "elektronenaffiniteit" uit te leggen en bespreek het verband ertussen (max 1 pagina.)

Categorieën:

- Fysica
- MFYS