

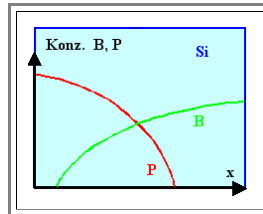
Übung 9.3-1

Schnelle Fragen zu

9.3 Raumladungszonen und Übergänge

Schnelle Fragen zu 9.3.1: Grundsätzliches

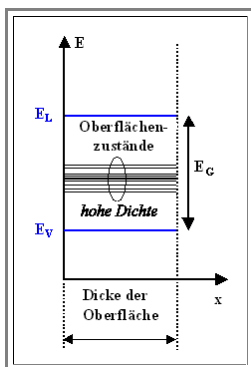
- Das Bild unten zeigt Konzentrationen von Bor (B) und Phosphor (P) in einem Stück Si. Ist ein pn-Übergang vorhanden? Falls, ja, warum und wo? Welche Seite wäre ggf. n-Si, welche p-Si?



- Wie würde man solche Konzentrationsprofile **machen**?
- Was ist ein **Schottky Kontakt** (qualitative **I-U**-Kennlinie angeben). In was unterscheidet er sich von einem **Ohmschen Kontakt** (qualitative **I-U**-Kennlinie angeben)? Welche Materialien sind in beiden Fällen im Kontakt?
- Nenne (im Zweifel "gefühl") einige andere Kontakte mit nicht-linearer Kennlinie (d. h. keine Ohmschen Kontakte).
- Wie macht man elektronisch interessante Kontakte ganz sicher **nicht** - und warum? Wie macht man es, oder könnte es prinzipiell machen?
- Warum sind Diffusion und die Fickschen Diffusionsgesetze die Grundlage **aller** Halbleitertechnologie?

Schnelle Fragen zu 9.3.2: Oberflächenzustände und Bandverbiegung

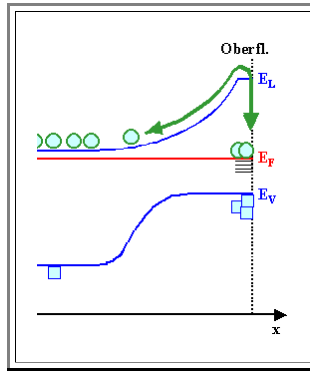
- Wie **dick** ist eine reale Oberfläche mindestens? Wieviele Atome pro **cm²** finden ungefähr Platz auf der Oberfläche für einen Kristall mit Gitterkonstante **a**?
- Warum gibt es für Elektronen an der Oberfläche Zustände in der Energielücke; oder generell **andere** Zustände als für Elektronen im Volumen?



- Wie groß ist in etwa die Zahl der Zustände für die gezeigten Oberflächenzustände in **cm⁻²** und **cm⁻³** (endliche Dicke beachten). Nebenbei: Wie kommt man von der Zustands**dichte** zur Gesamt**zahl**?
- Gegeben sei eine große Zahl von Oberflächenzuständen wie im nebenstehenden Bild angedeutet. Wo kann die Fermienergie nur liegen?
Hinweis: Überwiegend nicht besetzt Zustände liegen immer oberhalb der Fermienergie.
- Wie sieht das Banddiagramm vermutlich an einer Korngrenze in polykristallinen Halbleitern aus?

- Was geschieht, wenn sich ein n-Halbleiter mit seiner Oberfläche "in Kontakt" setzt?
Hinweis: Man versetze sich in die Lage der Elektronen im Leitungsband, die auf der Suche nach Plätzen mit niedrigerer Energie sind.
- Was geschieht, wenn sich ein p-Halbleiter mit seiner Oberfläche "in Kontakt" setzt?
Hinweis: Man versetze sich in die Lage der Löcher im Valenzband, die auf der Suche nach Plätzen mit höherer Energie sind.
- Konstruiere für beide obigen Fälle das Banddiagramm; folge und erläutere dabei das "drei-Stufen-Rezept".
- Was für **Partialströme** fließen über die Raumladungszone? Wie groß sind sie? Was sind die treibenden Kräfte für diesen Stromfluss?
- Wieso ist die Fermienergie im Gleichgewicht überall gleich groß?
- Rutschen die Bänder an Stellen **negativer** Ladung "rauf" oder "runter"? Wie kann man sich das sofort klarmachen?

- Das nachfolgende Bild zeigt ein Banddiagramm, bei dem die Bandverbiegung in Leitungs- und Valenzband verschieden ist - die Löcher könnten ja andere Verhältnisse haben als die Elektronen. Warum ist das **Blödsinn** und komplett falsch?



Schnelle Fragen zu 9.3.3: Bandverbiegung und Raumladungszone

- Warum gibt es in **Raumladungszonen** so gut wie keine freien Ladungsträger? Nenne **zwei** Gründe!

$$\begin{aligned}
 1. \quad C_{RLZ} &= \frac{2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot \epsilon_0 \cdot F}{d_{RLZ}} \\
 2. \quad C_{RLZ} &= \frac{e^2 \cdot (N_D \cdot F \cdot d_{RLZ})}{\Delta E_F} \\
 d_{RLZ} &= \left(\frac{2 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \Delta E_F}{e^2 \cdot N_D} \right)^{1/2}
 \end{aligned}$$

- Wie groß ist in etwa das **elektrische Feld** E_{RLZ} in einer **RLZ**? Formel? Skizziere halbwegs quantitativ d_{RLZ} und E_{RLZ} über N_D .
Hinweis: Die maximale Kontaktspannung hat etwas mit der Bandlücke zu tun
- Skizziere in einem Orstbild die Verteilung der Ladungen und das elektrische Feld im Halbleiter-Oberfläche Kontakt.
- Warum kann man die Kontaktspannung mit einem Voltmeter nicht messen?

- Wie kommt man auf die erste Gleichung zur **Kapazität** einer Raumladungszone? Begründe insbesondere den Faktor **2**.
- Was soll man sich unter der Dielektrizitätskonstanten ϵ_{Si} eines Halbleiters vorstellen? Wie groß ist sie etwa? Welcher **Polarisationsmechanismus** ist beteiligt?
- Welche Definition einer Kapazität **C** steckt hinter der zweiten Gleichung? Was steht im Nenner und was im Zähler? Wo kommt der Ausdruck "**Kontaktspannung**" zum Tragen?
- Wie kommt man auf die Formel für die Weite d_{RLZ} der Raumladungszone (Herleitung).
- Wie ist die d_{RLZ} -Formel zu verändern, wenn man zusätzlich zur Kontaktspannung noch eine **externe Spannung** U_{ex} anlegt?