

Simulationsergebnisse P-N-Übergang

Vincent Kiefer

June 20, 2024

Inhalt

| | | |
|----------|----------------------------------|----------|
| 1 | Dioden-Parameter | 2 |
| 2 | Verläufe von Kenngrößen | 3 |
| 2.1 | Symbolisch | 3 |
| 2.2 | Numerisch | 4 |
| 3 | Strom-Spannungs-Kennlinie | 5 |
| 4 | Anhang | 6 |
| 4.1 | Naturkonstanten | 6 |
| 4.2 | Materialparameter | 6 |

Entstanden im Rahmen des Projekts [PySaar2024](#)

Generiert durch Code von Vincent Kiefer, 7031439. Siehe [GitHub Repository](#)

1 Dioden-Parameter

Die folgenden Parameter wurden zur Simulation verwendet:

Halbleiter Substrat: Si

Durchmesser der Diode: 2.5 mm

Querschnittsfläche der Diode: 19.625 mm^2

Donator Atomsorte: As

Donator Dotierungsdichte: $5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

Akzeptor Atomsorte: B

Akzeptor Dotierungsdichte: $2.5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

Trap Energieniveaus (Halbleiter Verunreinigung): $0.5 \cdot W_g$

Temperatur: 300 K

2 Verläufe von Kenngrößen

Die hier dargestellten Kenngrößen beinhalten die Ortsverläufe der Raumladungsdichte, Feldstärke, des elektr. Potentials und Bandkanten. Im Falle der numerischen Simulation außerdem die (logarithmierten) Ladungsträgerdichten. Die hier dargestellten Verläufe (symbolisch und numerisch) gelten nur im thermodynamischen Gleichgewicht, also ohne externer Spannung!

2.1 Symbolisch

Nach Rechtecknäherung der Raumladungsdichte ergeben sich folgende Verläufe

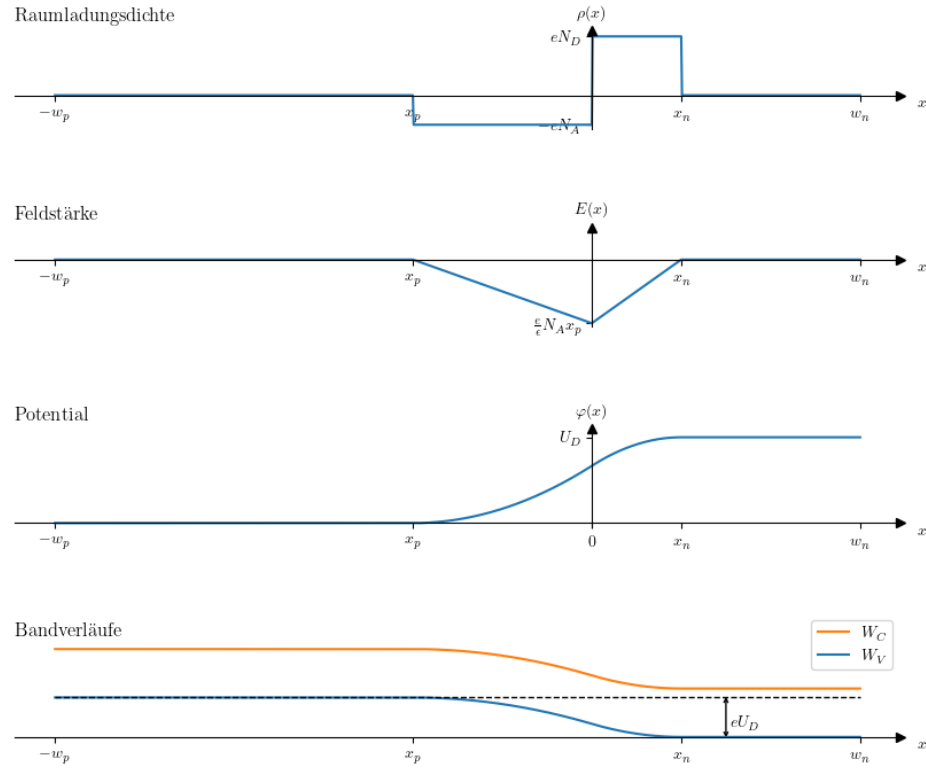


Figure 1: Kenngrößen des pn-Übergangs, symbolisch

2.2 Numerisch

Durch numerisches lösen der Bestimmungsgleichungen des Drift-Diffusions-Modells (DDM) ergeben sich folgende Verläufe

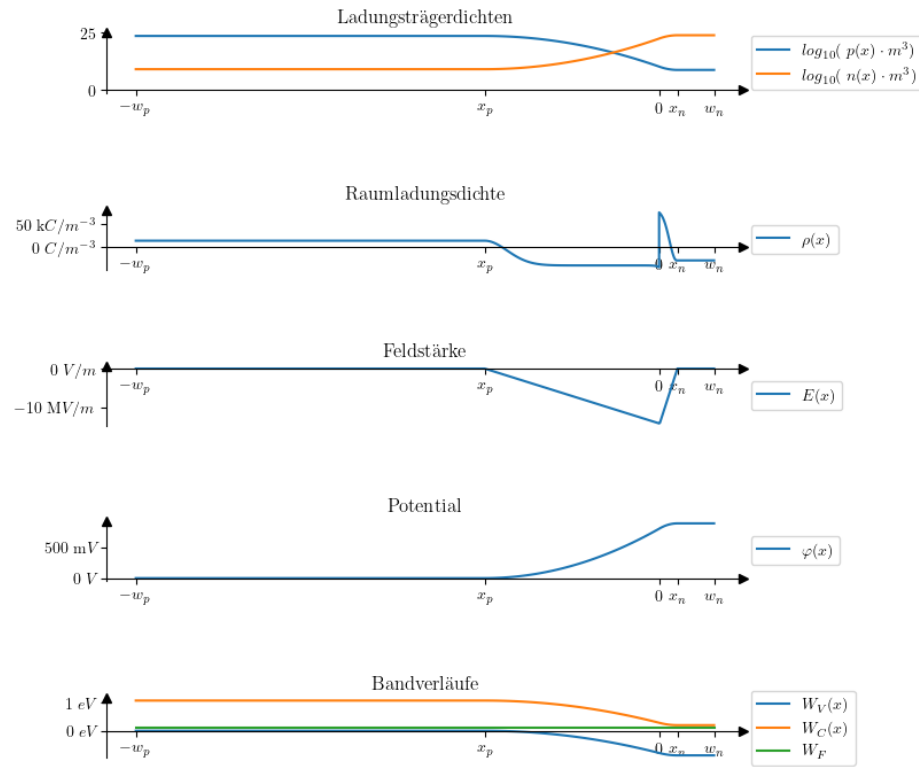


Figure 2: Kenngrößen des pn-Übergangs, numerisch

Mit folgenden (berechneten) Parametern:

$$x_p = -111.7 \text{ nm}$$

$$x_n = 11.7 \text{ nm}$$

$$w_{RLZ} = 123.4 \text{ nm}$$

$$W_F = W_V(-w_p) + 0.1035 \text{ eV}$$

3 Strom-Spannungs-Kennlinie

Die gegebenen Parameter erzeugen die folgende Kennlinie, mit einer Flussspannung von $U_F = 0.6 \text{ V}$

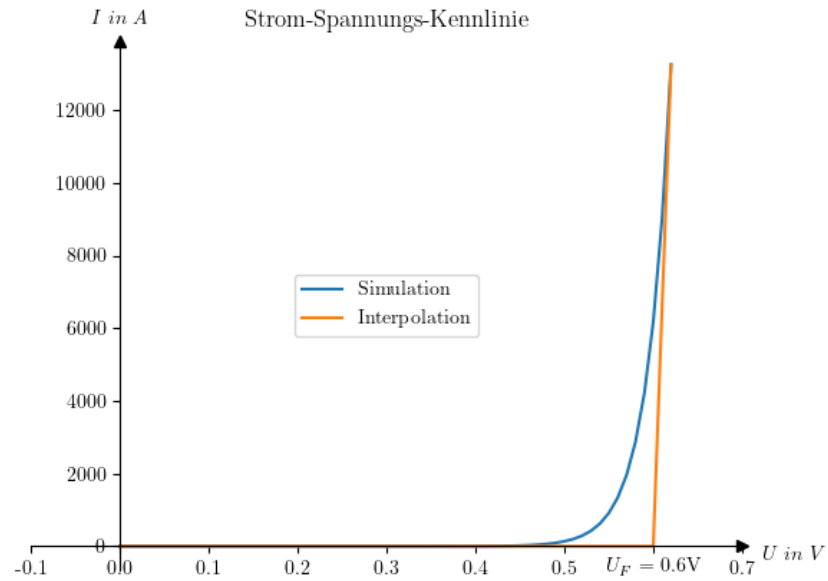


Figure 3: Strom-Spannungs-Kennlinie der Diode

4 Anhang

4.1 Naturkonstanten

Die folgenden Werte wurden für Naturkonstanten substituiert

| Naturkonstanten | Symbol | Koeffizient | Ordnung | Einheit |
|--------------------------------------|--------------|-------------|------------|-----------------|
| Ruhemasse eines Elektrons | m_e | 9.100 | 10^{-31} | kg |
| Elementarladung | e | 1.600 | 10^{-19} | As |
| Dielektrizitätskonstante des Vakuums | ϵ_0 | 8.854 | 10^{-12} | $\frac{As}{Vm}$ |
| Plank'sches Wirkungsquantum | h | 6.626 | 10^{-34} | Js |
| Boltzmann-Konstante | k | 1.380 | 10^{-23} | $\frac{J}{K}$ |

Table 1: Naturkonstanten

4.2 Materialparameter

Die folgenden Werte wurden für Materialparameter substituiert

| Materialparameter Si | Symbol | Koeffizient | Ordnung | Einheit |
|--|----------------|-------------|-----------|-----------|
| Eigenleitungsdichte | n_i | 1.450 | 10^{10} | cm^{-3} |
| Relative Permittivität | ϵ_r | 12.000 | 1 | 1 |
| Bandlücke | W_g | 1.080 | 1 | eV |
| Effektive Ladungsträgerdichte im Leitungsband | N_C | 2.810 | 10^{19} | cm^{-3} |
| Effektive Ladungsträgerdichte im Valenzband | N_V | 1.830 | 10^{19} | cm^{-3} |
| Effektive Zustandsdichte-Massen für Elektronen | m_{ed}^*/m_e | 1.080 | 1 | 1 |
| Effektive Zustandsdichte-Massen für Löcher | m_{hd}^*/m_e | 0.811 | 1 | 1 |
| Effektive Leitfähigkeits-Massen für Elektronen | m_{ec}^*/m_e | 0.260 | 1 | 1 |
| Effektive Leitfähigkeits-Massen für Löcher | m_{hc}^*/m_e | 0.386 | 1 | 1 |

Table 2: Materialparameter Si

Die folgenden Werte wurden, je nach Dotierung, für die Beweglichkeit μ_p bzw. μ_n substituiert, für Si-Halbleiter:

| N/cm^3 | As | P | B |
|-----------|------|------|-----|
| 10^{15} | 1359 | 1362 | 462 |
| 10^{16} | 1177 | 1184 | 429 |
| 10^{17} | 727 | 721 | 317 |
| 10^{18} | 284 | 277 | 153 |
| 10^{19} | 108 | 115 | 71 |

Table 3: Beweglichkeiten von Majoritätsträgern, μ in $\frac{cm^2}{Vs}$

Der Mittelwert folgender Intervalle wurde, je nach Halbleiter Substrat, als Lebensdauer τ_n bzw. τ_p substituiert

| Halbleiter | Von | Bis | Einheit |
|------------|------------|-----------|---------|
| Si | 10^{-10} | 10^{-3} | s |
| Ge | 10^{-6} | 10^{-3} | s |
| GaAs | 10^{-10} | 10^{-8} | s |

Table 4: Lebensdauer Zeitkonstanten der Minoritäten