

# Halbleiterbauelemente

## 1) Einleitung

Elektronische Bauelemente – Definition  
Ziel der Vorlesung  
Geschichtlicher Rückblick  
Empfohlene Literatur  
Schreibweise von Größen  
Maßsysteme  
Naturkonstanten  
Verwendete Formelzeichen und Einheiten

## 2) Ladungsträger im Vakuum

Grundlagen  
Bewegungsgleichungen  
- Kräfte auf Teilchen im Vakuum  
- Lorentzsche Bewegungsgleichung  
- Energiegewinn in statischen Feldern  
Emission von Elektronen

- Allgemeines  
- Glühkathode  
Vakuümrohren  
- Vakuumdiode  
- Triode  
- Pentode

## 3) Ladungsträger im Festkörper

Grundlagen  
Ladungsträgertransport im elektrischen Feld  
- Beweglichkeit  
- Leitfähigkeit und Widerstand  
Entstehung von Energiebändern  
- Elektronen im Potential eines Atoms  
- Elektronen im Festkörper  
- Energiebänder bei Leitern  
- Energiebänder bei Halbleitern und Isolatoren

Literatur

## 4) Ladungsträger im Halbleiter

Grundlagen  
- Freie Weglänge  
- Valenzbindungsmodell des Halbleiters  
- Bändermodelle  
Transporteigenschaften  
- Übersicht  
- Ladungsträgertransport im elektrischen Feld  
- Ladungsträgertransport im magnetischen Feld  
- Ladungsträgerdiffusion  
- Gesamtstromdichte im Halbleiter  
- Ausgleich von Ladungsträgerüberschuss  
- Kontinuitätsgleichung  
Ladungsträgerkonzentrationen  
- Zustandsdichte  
- Fermi-Dirac-Statistik  
- Intrinsische Ladungsträgerkonzentration  
- Ladungsträgerkonzentrationen im dotierten Halbleiter  
- Effekte bei sehr hoher Dotierung  
- Quasi-Fermi-Niveaus  
Eigenschaften ausgewählter Halbleiter

Literatur

## 5) Halbleiterdioden

Grundlagen  
Thermodynamisches Gleichgewicht  
- Allgemeines  
- Diffusionsspannung  
- Raumladung, elektrisches Feld und Potential  
- Bändermodell  
- Weite der Raumladungszone  
Äußere Beschaltung  
- Weite der Raumladungszone  
- Sperrschichtkapazität  
Strom-Spannungs-Beziehung  
- Allgemeines  
- Diffusionsstrom  
- Kleinsignalparameter

- Generations-/Rekombinationsstrom  
- Reale Kennlinie  
- Durchbruch  
Schottkydiode (Metall-Halbleiter-Übergang)  
- Allgemeines  
- Bändermodell  
- Strom-Spannungsbeziehung

Beispiele

- Gleichrichterdiode  
- Schaltiode und Speicherdiode  
- Zenerdiode  
- Rückwärtsdiode  
- Tunneliode  
- Kapazitätsdiode  
- Photodiode -> Optoelektronik  
- pn-Solarzelle -> Optoelektronik

## 6) Feldeffekttransistoren

Grundlagen

- Allgemeines  
- Einteilung von Feldeffekttransistoren

Metall-Isolator-Halbleiter-Kondensator

- Allgemeines  
- Betriebszustände  
- Weite der Raumladungszone  
- Einsatzspannung  
- Kapazitäts-Spannungs-Kennlinie  
- Beispiele

Metall-Oxid-Silicium-Feldeffekttransistor (MOSFET)

- Allgemeines  
- Strom-Spannungs-Beziehung  
- Transistortypen  
- Unterschwellenstrom  
- Substratsteuerfaktor  
- MOS-Inverter  
- Beispiel: Silicium auf Isolator

Sperrschicht-Feldeffekttransistor (JFET) und

Metall-Halbleiter Feldeffekttransistor (MESFET)

- Aufbau  
x Strom-Spannungsbeziehung  
- Kennlinien  
- Transistortypen  
x Beispiele

## 7) Bipolartransistoren

Grundlagen

→ Hinführung (Hilfsfolien)  
- Struktur und Charakteristik  
- Beschaltungskonfigurationen  
- Kennlinienfelder der Emitterschaltung  
- Stromfluss im Normalbetrieb (qualitativ)

Strom-Spannungs-Beziehungen

- Allgemeines  
- Minoritätsladungsträgerdichte im neutralen Bahngebiet der Basis  
- Minoritätsladungsträgerdichten in den neutralen Emitter- und Kollektorgebieten  
- Strom-Spannungsbeziehungen im Normalbetrieb

Transistorparameter

- Allgemeines  
- Definition der Parameter  
- Bestimmung der Transistorparameter im Normalbetrieb  
- Nichtideale Effekte

Grenzfrequenzen

- Laufzeit der Ladungsträger zwischen Emitter und Kollektor  
- Transitfrequenz  $f_T$ ,  $\alpha$ - bzw.  $\beta$ - Grenzfrequenzen  $f_{\alpha}$  bzw.  $f_{\beta}$

Schaltverhalten, Speicherzeit

- Arbeitspunkte in digitalen Schaltungen  
- Speicherladung  
- Transistor mit Schottky-Diode

Beispiele

- Realer planarer npn-Einzeltransistor  
- Integrierter Transistor

X Vertiefende Aspekte

x Qualitative Bänderdiagramme  
x Allgemeine Strom-Spannungsbeziehungen  
x Allgemeine Abhängigkeit des Kollektorstroms von Emitter- bzw. Basisstrom  
x Allgemeine Bestimmung von  $\gamma$ ,  $\alpha_T$ ,  $\alpha$  und  $\beta$  im Normalbetrieb  
x Einfluss des Early-Effektes auf die Strom-Spannungs-Kennlinie  
x I<sup>2</sup>L-Logik

## 8) Leistungsbaulemente

Allgemeines

Leistungsdioden

- Allgemeines  
- pin-Struktur  
- Ausführung von Leistungsgleichrichtern  
- Schottky-Gleichrichterioden

MOSFETs

- Allgemeines  
- Struktur  
- Durchlassverhalten  
- SOA

Bipolartransistoren

- Anforderungen  
- Emittierandverdrängung  
- Thermischer oder Zweiter Durchbruch  
- Stromverstärkung  
- Darlington-Konfiguration  
- Struktur  
- Sicherer Arbeitsbereich (SOA)

Thyristoren

- Allgemeines  
- Wichtige Bauelemente  
- Aufbau und Schaltsymbole  
- Strom-Spannungs-Kennlinie  
- Funktionsprinzip  
- Polung in Durchlassrichtung (Zündverhalten)  
- Polung in Sperrichtung  
- Ausschaltverhalten, Freiwerdezeit  
IGBTs  
- Allgemeines  
- Kennlinie  
- Struktur  
- Weitere Beispiele  
- DIAC  
- TRIAC  
- GTO  
Zusammenfassung/Vergleich

## 9) Optoelektronische Bauelemente

Grundlagen

- Allgemeines  
- Wechselwirkung von Photonen und Halbleiter  
- Absorption von Photonen  
- Emission von Photonen

Strahlungsempfänger

- Einteilung  
- Photowiderstand  
- Photodiode  
- pn-Solarzelle  
- Phototransistor  
x Photothyristor

Strahlungsemitter

- Leuchtdiode (LED)  
- Halbleiterinjektions-Laser

Optokoppler

## 10) Ausblick