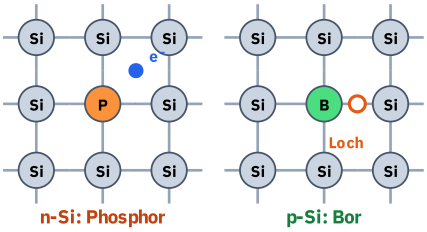
Halbleiter und Spezialdioden

Kristall · Dotierung · Bandlücke · pn-Übergang · −2 mV/K · Kapazitätsdiode · Begrenzer · Fotodiode · Optokoppler

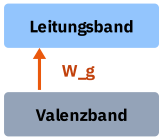
Kristall und Dotierung



Rein (Si, Ge) bei Raumtemperatur fast **Isolator**: alle 4 Außenelektronen gebunden. Leitend durch Wärme (Eigenleitung, Elektron-Loch-Paare) oder **Dotierung** = Einbringen anderswertiger Fremdatome (ca. 1 auf 10^5–10^8 Si-Atome).

n: fünfwertig (P, As), Elektronenüberschuss. **p:** dreiwertig (B), Löcherüberschuss; Loch = bewegliche positive Fehlstelle.

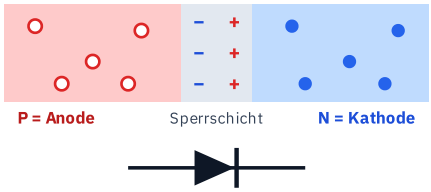
Bändermodell und Materialien



Ge	0,66 eV	Element, deutlich kleiner
Si	1,12 eV	Element, Standard
InP	1,34 eV	Verbindung, etwas größer
GaAs	1,42 eV	Verbindung, etwas größer
GaN	3,4 eV	Verbindung, viel größer
Diamant	5,5 eV	Element (C), sehr groß

Halbleiter = Bandlücke + Dotierbarkeit. Bei tiefer Temperatur isolieren hochreine Halbleiter gut.

pn-Übergang

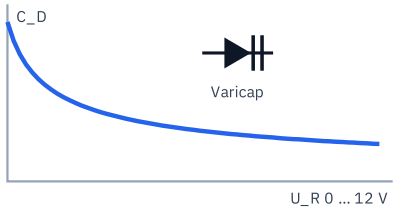


Elektronen diffundieren von N nach P und füllen Löcher; ortsfeste Ionen bleiben: **Sperrschicht** (Verarmungs-, Raumladungszone), isoliert.

Durchlass: P positiver als N, Zone wird abgebaut, **Elektronen fließen von N nach P** (techn. Strom Anode → Kathode). **Sperr:** N positiver, Zone wird **breiter**. Beispiel P 0 V, N +5 V: Zone erweitert sich.

Temperatur und Kapazitätsdiode

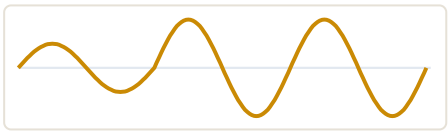
Durchlassspannung **sinkt um ≈ 2 mV/K** (I_S steigt stark, $U_T = k \cdot T / q \approx 25{,}7$ mV bei 25 °C). 0,70 V bei 25 °C → 0,60 V bei 75 °C.



Kapazitätsdiode: in Sperrrichtung, Sperrschicht = Dielektrikum ($C = \varepsilon \cdot A / d$). Mehr U_R → breiter → C kleiner; **C nimmt mit abnehmender Sperrspannung zu**. Abstimmung im VFO: $f = 1 / (2\pi \cdot \sqrt{(L \cdot C)})$.

Begrenzer: zwei antiparallele Dioden

Längswiderstand, dahinter zwei antiparallele Dioden gegen Masse: begrenzt auf **±0,6 V (Si)** bzw. **±0,3 V (Ge)**, schützt Empfängereingänge.



Eingang: 0,5 V, dann 1 V



Si: 1. Schwingung unverändert



Ge: alle bei ±0,3 V flach

Licht und Halbleiter

Bauteil	Spannung nötig?	liefert Strom?
Fotowiderstand	ja	nein, R sinkt
Fotodiode	nein	ja (Licht)
Solarzelle	nein	ja
Kapazitätsdiode	U_R	nein

Fotodiode: Licht erzeugt in der Sperrschicht Elektron-Loch-Paare, das Feld trennt sie: **Strom aus Licht**.

Optokoppler: LED und Fototransistor in einem Gehäuse, Signal per Licht: **galvanische Trennung** zweier Stromkreise, z. B. PTT vom PC zum Funkgerät ohne Masseschleife.

Quellen: Grundlagen der Halbleiterphysik (Bandlücken bei 300 K, Eigenleitung, Shockley-Gleichung, −2 mV/K); Kapazitätsdiode und Begrenzer als vereinfachte Modelle, Schwellspannungen 0,6 V (Si) und 0,3 V (Ge) wie in der Prüfung; Idee nach 50ohm.de (Halbleiter II, Diode II). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/halbleiter/

Stand November 2026

ÜBUNGSBOGEN

Quiz: Halbleiter und Spezialdioden

Name: _____

Kreuzen Sie jeweils die richtige Antwort an. Die Lösungen stehen unten auf der Seite.

Ergebnis: ____ / 12

1. Was trifft auf Halbleiter wie Silizium zu?

- ☐ **A** rein fast Isolatoren, dotiert oder heiß leitend
- ☐ **B** rein gute Leiter, dotiert Isolatoren
- ☐ **C** leiten nur flüssig, als Elektrolyt
- ☐ **D** leiten wie Metalle, egal welche Zusätze

2. Was versteht man unter Dotierung?

- ☐ **A** Aufbringen magnetischer Pole für mehr Induktivität
- ☐ **B** Einbau anderswertiger Fremdatome für freie Träger
- ☐ **C** Entfernen aller Fremdatome für reinen Kristall
- ☐ **D** Herauslösen von Gitteratomen für Lücken

3. Si wird mit Phosphor bzw. mit Bor dotiert. Was stimmt?

- ☐ **A** beide n-leitend, jedes Fremdatom gibt Elektronen ab
- ☐ **B** P: p-leitend (Löcher), B: n-leitend (Elektronen)
- ☐ **C** P: n-leitend (Löcher), B: p-leitend (Elektronen)
- ☐ **D** P: n-leitend (Elektronen), B: p-leitend (Löcher)

4. Wie entsteht die Sperrschicht am pn-Übergang?

- ☐ **A** Elektronen wandern von P nach N: Zone leitet
- ☐ **B** Gitteratome wandern zur Grenze: Zone leitet
- ☐ **C** Zone entsteht erst beim Erwärmen des Kristalls
- ☐ **D** Elektronen von N füllen Löcher in P: Zone isoliert

5. Wie fließen die Elektronen am pn-Übergang in Durchlassrichtung?

- ☐ **A** vom N-Bereich in den P-Bereich
- ☐ **B** sie zerfallen in der Sperrschicht
- ☐ **C** gar nicht, sie bleiben im N-Bereich
- ☐ **D** vom P-Bereich in den N-Bereich

6. P liegt an 0 V, N an +5 V. Was macht die Verarmungszone?

- ☐ **A** Sie wird schmaler.
- ☐ **B** Sie bleibt unverändert.
- ☐ **C** Sie wird breiter.
- ☐ **D** Sie verschwindet.

7. Wie ändert sich die Durchlassspannung einer Si-Diode bei Erwärmung?

- ☐ **A** Sie bleibt bei jeder Temperatur gleich.
- ☐ **B** Sie pendelt um ihren Wert hin und her.
- ☐ **C** Sie sinkt, um etwa 2 mV pro Kelvin.
- ☐ **D** Sie steigt, um etwa 2 mV pro Kelvin.

8. Wann nimmt die Kapazität einer Kapazitätsdiode zu?

- ☐ **A** wenn der Durchlassstrom abnimmt
- ☐ **B** wenn die Sperrspannung zunimmt
- ☐ **C** wenn der Durchlassstrom zunimmt
- ☐ **D** wenn die Sperrspannung abnimmt

9. Zwei antiparallele Si-Dioden begrenzen: erst 0,5 V, dann 1 V Amplitude. Ausgang?

- ☐ **A** nur positive Halbwellen, negative fehlen
- ☐ **B** nur negative Halbwellen, positive fehlen
- ☐ **C** erste Schwingung unverändert, dann bei ±0,6 V flach
- ☐ **D** alle Schwingungen bei ±0,6 V flach

10. Dasselbe mit Germaniumdioden: erst 0,5 V, dann 1 V. Ausgang?

- ☐ **A** nur positive Halbwellen, negative fehlen
- ☐ **B** alle Schwingungen bei ±0,3 V flach
- ☐ **C** erste unverändert, dann bei ±0,3 V flach
- ☐ **D** nur negative Halbwellen, positive fehlen

11. Welches Bauteil erzeugt aus Licht selbst einen Strom?

- ☐ **A** der Fotowiderstand
- ☐ **B** die Z-Diode
- ☐ **C** die Fotodiode
- ☐ **D** die Kapazitätsdiode

12. Wozu dient ein Optokoppler, etwa zwischen PC und Funkgerät?

- ☐ **A** Sender-Hochfrequenz aus Licht erzeugen
- ☐ **B** Signale per Licht übertragen, galvanisch getrennt
- ☐ **C** Gleichstrom aus Licht wie eine Solarzelle
- ☐ **D** Sendebetrieb mit einer LED anzeigen

LÖSUNGEN

1 **A** · Rein fehlen freie Ladungsträger; Bor, Phosphor oder Wärme liefern welche.

2 **B** · Etwa 1 Fremdatom auf 10^5 bis 10^8 Si-Atome.

3 **D** · P fünfwertig: Elektron zu viel; B dreiwertig: Loch.

4 **D** · Rekombination an der Grenze, ortsfeste Ionen bleiben.

5 **A** · Kathode → Anode; technische Stromrichtung umgekehrt.

6 **C** · N positiver als P: Sperrrichtung.

7 **C** · Faustregel −2 mV/K: bei 75 °C rund 0,1 V weniger.

8 **D** · Weniger U_R, schmalere Sperrschicht, mehr C.

9 **C** · 0,5 V < 0,6 V bleibt, 1 V wird gekappt.

10 **B** · Schon 0,5 V > 0,3 V: alles gekappt.

11 **C** · Der Fotowiderstand ändert nur seinen Widerstand.

12 **B** · Keine leitende Verbindung: keine Masseschleife, kein Brumm.

Quellen: Grundlagen der Halbleiterphysik (Bandlücken bei 300 K, Eigenleitung, Shockley-Gleichung, −2 mV/K); Kapazitätsdiode und Begrenzer als vereinfachte Modelle, Schwellspannungen 0,6 V (Si) und 0,3 V (Ge) wie in der Prüfung; Idee nach 50ohm.de (Halbleiter II, Diode II). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/halbleiter/

Stand November 2026