

Technische Universität Berlin

Fachgebiet Hochfrequenztechnik

Rechenübung zur Vorlesung

Einführung in die optische Nachrichtentechnik

Aufgaben zum Vorlesungskapitel

Photodioden**1. Aufgabe: Quantenwirkungsgrad**

Zur Detektion optischer Impulse bei einer Wellenlänge $\lambda = 0.9 \mu\text{m}$ wird eine Si-Photodiode verwendet. Die Dicke des Bahngebietes (p^+ -Schicht) beträgt $d = 1 \mu\text{m}$. Aus dem Diagramm auf Seite PH/2 entnimmt man für Silizium bei der Wellenlänge $\lambda = 0.9 \mu\text{m}$ eine Absorptionskonstante $2\alpha = 3 \cdot 10^2 \text{ cm}^{-1}$, die Verluste im Substrat werden hier vernachlässigt. Reflexionsverlust an der Stirnfläche der Photodiode werden vernachlässigt.

- Berechnen Sie den maximalen Wirkungsgrad η_{max}
- Berechnen Sie für einen Wirkungsgrad $\eta = 0.8$ die Weite w der i-Zone

Lösung: a) $\eta = 97\%$ b) $w = 58 \mu\text{m}$

2. Aufgabe: Dimensionierung eines Empfängereinganges

Eine Empfängerschaltung (Abb.(5) und Abb.(6), S. PH/4) mit einer PIN-Diode soll eine Grenzfrequenz $f_G = 1 \text{ GHz}$ aufweisen. Der Diodenleitwert G_D und der Bahnwiderstand R_D der Diode werden vernachlässigt. Die Sperrschichtkapazität C_D beträgt 1 pF . Der Widerstand R_1 der Schaltung wird so ausgelegt, dass durch ihn ein Gleichstrom von $1 \mu\text{A}$ bei einer maximalen Spannung von 0.1 V am Verstärkereingang fließt.

- Berechnen Sie unter den angegebenen Forderungen die Größe des Eingangswiderstandes R_E des Verstärkers.

Lösung: a) $R_E \approx 159 \Omega$

3. Aufgabe: Grenzfrequenzen

Die Grenzfrequenz einer Empfängerschaltung mit PIN-Diode ist durch die Elemente der Ersatzschaltung und die Driftzeit der Ladungsträger in der i-Zone der PIN-Diode festgelegt. Betrachtet werde eine kreisförmige Photodiode. Gegeben sind folgende Größen:

Durchmesser: $d_F = 200 \mu\text{m}$ $v_n = 100 \mu\text{m/ns}$
 Dielektrizitätszahl der i-Zone: $\varepsilon_r = 11.8$ $R_D + R = 100 \Omega$
 Dielektrizitätskonstante: $\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

- a) Für welche Weite w der i-Zone wird die Grenzfrequenz der Empfängerschaltung maximal?
 b) Berechnen Sie die maximale Grenzfrequenz $f_{g,\text{max}}$ der Empfängerschaltung.

Lösung: a) $w = 9.5 \mu\text{m}$ b) $f_{g,\text{max}} = 2.96 \text{ GHz}$

4. Aufgabe: Dimensionierung einer Photodiode

Es soll eine Photodiode dimensioniert werden, die bei einer Wellenlänge von $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ arbeitet. Die Photodiode soll bei einer optischen Eingangsleistung von $P_0 = 1 \text{ mW}$ einen Photostrom von $I_{ph} = 100 \mu\text{A}$ erzeugen. Die Photodiode besitzt folgende Daten:

Durchmesser: $d_F = 100 \mu\text{m}$ Relative Dielektrizitätszahl der i-Zone: $\varepsilon_r = 12.9$
 $v_n = 100 \mu\text{m/ns}$ Relative Dielektrizitätszahl der n-Zone: $\varepsilon_r = 12.8$
 $R_D = 30 \Omega$ Dielektrizitätskonstante: $\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
 Absorptionskonstante $2\alpha = 1 \cdot 10^4 \frac{1}{\text{cm}}$

- a) Wie groß ist der Quantenwirkungsgrad η ?
 b) Wie lang muss die Weite w der i-Zone sein, damit der Quantenwirkungsgrad erreicht wird? Berechnen Sie dabei die Weite w wenn:
- Die Reflexion an der Stirnfläche vernachlässigt wird.
 - Die Reflexion an der Stirnfläche nicht vernachlässigt wird. Gehen Sie dabei davon aus dass der Einfallswinkel $\theta = 0^\circ$ ist.

Nun soll die Empfangsschaltung in Abbildung 1 so dimensioniert werden, das die Grenzfrequenz $f_g = 1 \text{ GHz}$ beträgt. Gehen Sie dabei wie folgt vor:

- c) Leiten Sie die Übertragungsfunktion der Photodiode mit Verstärker her.
 d) Optimieren Sie die i-Weite so, das f_g maximal wird.
 e) Passen Sie den Widerstand R_f so an, das $f_g = 1 \text{ GHz}$ beträgt.

Gehen Sie davon aus, das wir einen Hochohmigen OPV benutzen der eine Verstärkung von $G = 10$ hat.

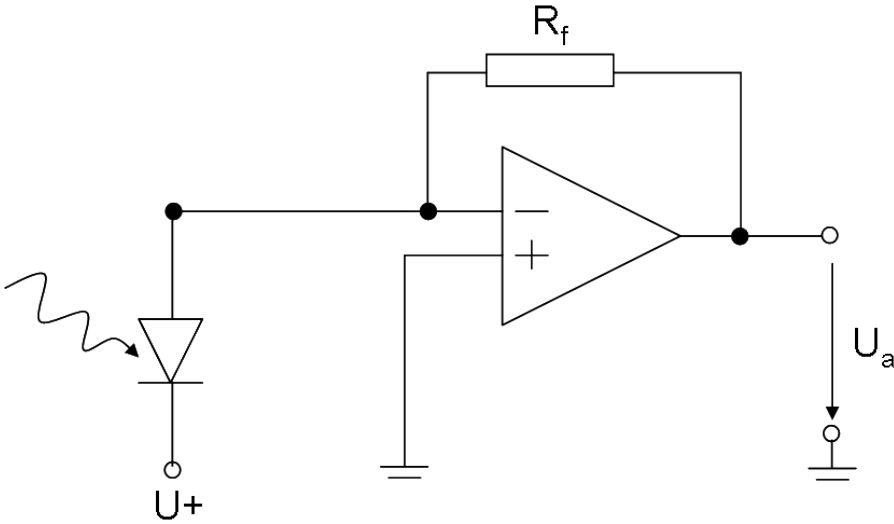


Abbildung 1: Empfangsschaltung für PIN Diode