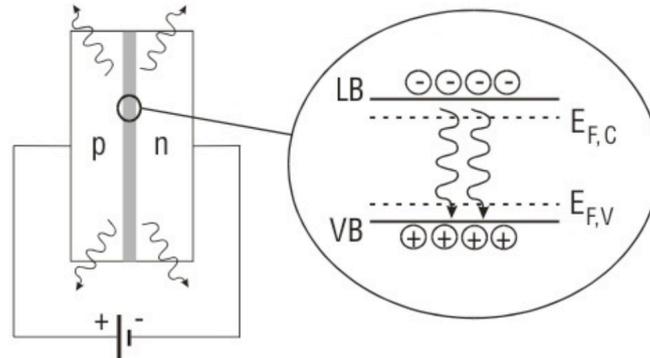


ÜBUNGSBLATT 8

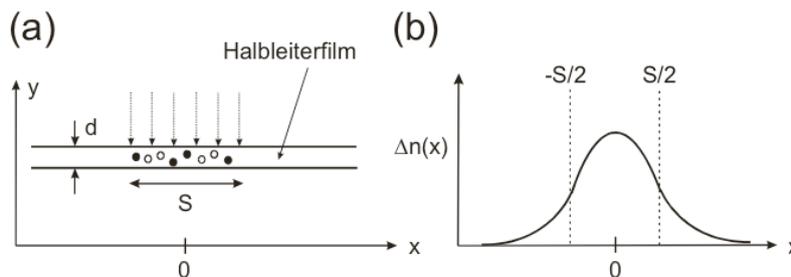
Beispiel 29 (Leuchtdiode, Laser):



Das Funktionsprinzip einer LED besteht darin, in die Raumladungszone eines pn-Überganges Elektronen und Löcher zu injizieren die dann rekombinieren. Die Verteilung von Elektronen im Leitungsband und Löchern im Valenzband wird dann durch getrennte Fermi-niveaus $E_{F,C}$ und $E_{F,V}$ beschrieben (siehe Abbildung). Zeigen Sie, dass man für schwache Anregung folgende Gleichung für das Emissionsspektrum einer LED erhält:

$$r_{sp}(\omega) \propto \sigma_{sp} D \sqrt{\hbar\omega - E_G} \exp\left(-\frac{\hbar\omega - E_G}{kT}\right) \quad ; \quad D = \exp\left(\frac{E_{F,C} - E_{F,V} - E_G}{kT}\right)$$

Beispiel 30 (Diffusion):



In einer dünnen Halbleiterfilm werden auf einer Länge S Ladungsträger injiziert. Die Generationsrate sei $G(x) = G_0$ für $|x| \leq S/2$ und $G(x) = 0$ für $|x| \geq S/2$. Der Film sei so dünn ($d \ll L_n$, $L_n \dots$ Diffusionslänge), sodass Sie in y -Richtung eine homogene Ladungsträgerverteilung annehmen können (d.h. keine Diffusion in y -Richtung). Aufgrund von lateraler Diffusion stellt sich allerdings in x -Richtung eine Elektronenverteilung $\Delta n(x)$ ein wie sie schematisch in Abbildung (b) dargestellt ist.

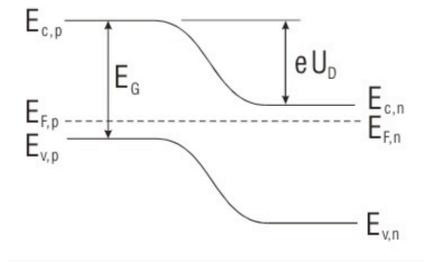
- (a) Leiten Sie aus der Kontinuitätsgleichung und aus der Gleichung für die Diffusionsstromdichte eine Differentialgleichung für den Elektronenüberschuss $\Delta n(x)$ her! Die Lebensdauer der Elektronen sei τ_n .
- (b) Lösen Sie die Differentialgleichung in den Gebieten $|x| \leq S/2$ und $|x| \geq S/2$.
- (c) Zeigen Sie, dass man aus den Rand - bzw. Anschlussbedingungen folgenden Ausdruck für die Elektronendichte erhält ($L_n \dots$ Diffusionslänge):

$$\Delta n(x) = G_0 \tau_n \left[1 - \exp\left(-\frac{S}{2L_n}\right) \cosh\left(\frac{x}{L_n}\right) \right] \quad \text{für } |x| \leq S/2$$

$$\Delta n(x) = G_0 \tau_n \sinh\left(\frac{S}{2L_n}\right) \exp\left(-\frac{|x|}{L_n}\right) \quad \text{für } |x| \geq S/2$$

Beispiel 31 (Diode):

- (a) Erklären Sie die 3 charakteristischen Längen (Formeln!):
- Debye Länge
 - Breite der Verarmungszone
 - Diffusionslänge
- (b) Zeichnen und erklären Sie für die folgenden 4 (abrupten) Halbleiterübergänge im thermodynamischen Gleichgewicht das Energieschema, die Feldverteilung und die Verteilung der Gesamtladungsträgerdichte:
- nn^+
 - n^+p
 - np^+
 - np
- (c) Wo ist in (b) die Breite der Verarmungszone und die Debye-Länge zu finden?

Beispiel 32 (pn-Übergang):

- (a) Obige Abbildung zeigt den Verlauf von Valenz- und Leitungsband an einem pn-Übergang. Im thermodynamischen Gleichgewicht kommt es zu einer “Verbiegung” der Bandkanten, sodass sich ein gemeinsames Fermi-niveau für Elektronen und Löcher einstellt. Zeigen Sie, dass man durch Gleichsetzen der Fermi-niveaus $E_{F,p}$ und $E_{F,n}$ für den p- bzw. n-Halbleiter folgenden Ausdruck für die Diffusionsspannung erhält:
- $$U_D = U_T \ln(N_A N_D / n_i^2)$$
- (b) Berechnen Sie für einen abrupten pn-Übergang die Breite der Raumladungszone und die maximale Feldstärke aus der Diffusionsspannung!