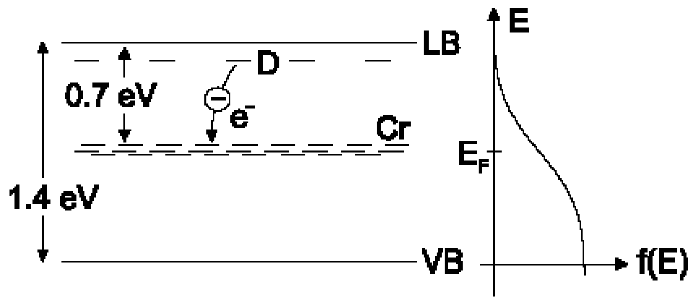
ÜBUNGSBLATT 8

Beispiel 29 (Substrate in der Mikroelektronik):

Halbleitersubstrate in der Mikroelektronik sollen eine möglichst geringe Leitfähigkeit haben, um Leckströme zwischen benachbarten Bauelementen zu minimieren. Verschiedene Dotierungen (in GaAs) verändern die spezifische Leitfähigkeit.



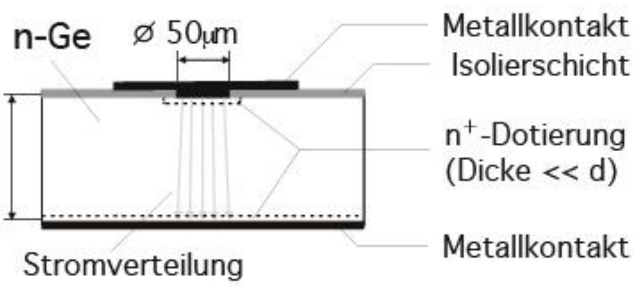
(a) Berechnen sie die spezifische Leitfähigkeit $\sigma = e(\mu_n n + \mu_p p)$ von *reinem* GaAs bei Raumtemperatur (T=300K).

(b) In der Praxis haben aus der Schmelze gezogene GaAs-Kristalle typisch 10^{14} Störstellen/cm^3. Nehmen Sie an, dass es sich dabei um Donatoren (wenige meV unterhalb der Leitungsbandkante) handelt und dass alle Störstellen ionisiert sind. Wie hoch ist dann die spezifische Leitfähigkeit?

(c) In GaAs bringt man daher Cr als tiefe Akzeptoren ein, um die unbeabsichtigt vorhandenen flachen Donatoren zu kompensieren und das Substrat „semi-isolierend" zu machen. Dabei wird Cr so hoch gewählt (~ 10^{18} cm^{-3}), dass alle Elektronen eingefangen werden. Aus der Ladungsneutralität ergibt sich unter Berücksichtigung der Besetzungsstatistik für die Akzeptoren, dass das Ferminiveau aufgrund der hohen Cr-Dichte in der Bandmitte (0,7 eV unter der Leitungsbandkante) „gepinnt" wird. Berechnen Sie die spezifische Leitfähigkeit.

Beispiel 30 (Temperatursensor):

Ein Temperatursensor sei aus n-Ge mit einer Dotierung von $N_D=1.10^{14}$ cm^{-3} hergestellt. Der Bandabstand von Ge ist 0.66 eV, Nc sei $1.10^{19} cm^{-3}$, $Nv=6.10^{18} cm^{-3}$. Bandabstand und Bandgewichte sind näherungsweise temperaturunabhängig. Die Beweglichkeiten bei 300 K sind μ_p = 1900 cm^2/Vs und μ_n = 3900 cm^2/Vs.



(a) Berechnen Sie die Ladungsträgerkonzentrationen und die spezifische Leitfähigkeit des n-Ge bei T = 300 K.

(b) Wie groß sind die Ladungsträgerkonzentrationen und die spezifische Leitfähigkeit bei T = 400 K? Nehmen Sie an, die Beweglichkeiten seien proportional zu T^{-2}.

(d) Berechnen Sie den Widerstand R des Sensors bei 300 K und 400 K. Gehen Sie dazu von einer homogenen Stromverteilung wie oben dargestellt aus.

(e) Optional: Wie sieht der Widerstand R(T) des Sensors von 300-400 K aus? Wo ist die Empfindlichkeit am größten?

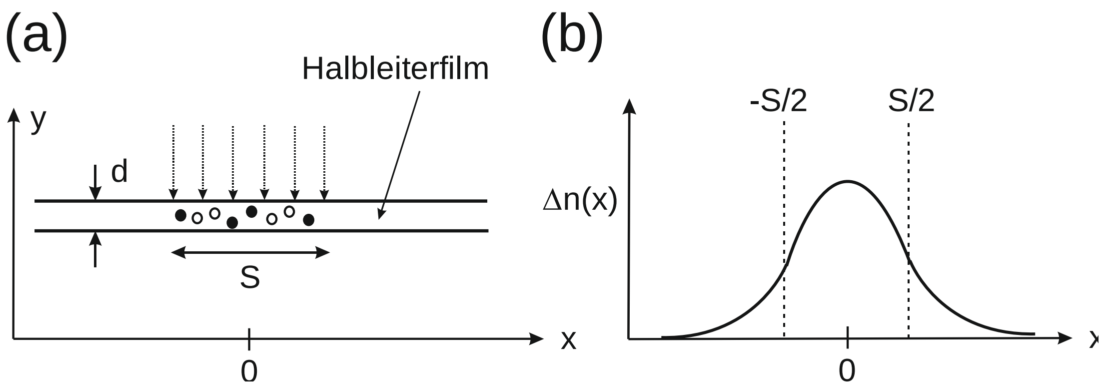
Beispiel 31 (Ladungsträgerkonzentration):

(a) Leiten Sie aus der Bedingung der Ladungsneutralität und dem Massenwirkungsgesetz einen Ausdruck für die Elektronen- bzw. Löcherkonzentration in einem undotierten und einem n-dotierten Halbleiter her.

(b) Eine homogene Indiumantimonid (InSb) Probe ist mit 3.10^{16} cm^{-3} Selenatomen (Donatoren) dotiert. Die Bandgewichte von InSb bei T = 300 K betragen N_c = $4.2.10^{16}$ cm-3 sowie N_v = $7.3.10^{18}$ cm^{-3}. Der Bandabstand bei T = 300 K ist 0.17 eV. Wie groß sind die Elektronen- und Löcherkonzentrationen bei 300 K?

(c) Eine Si-Probe ist mit 5.10^{14} cm^{-3} Boratomen dotiert.
Wie groß ist die Elektronen- und Löcherkonzentration bei T=300K ?
Wie groß ist die Elektronen- und Löcherkontzentration bei T=300°C ?

Beispiel 32 (Diffusion):



In einem 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<<), 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 $\boldsymbol{\tau_n}$.

(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 … Diffusionslänge):

$$\Delta n(x) = \begin{cases} G_0 \tau_n \left[1 - \exp\left(-\frac{S}{2L_n}\right)\cosh\left(\frac{x}{L_n}\right)\right] & |x| \leq \frac{S}{2} \\ G_0 \tau_n \sinh\left(\frac{S}{2L_n}\right)\exp\left(-\frac{|x|}{L_n}\right) & |x| \geq \frac{S}{2} \end{cases}$$