

<b>Semester:</b>	Sommersemester 2011	Seite 1 von 5	
<b>Fakultät:</b>	Informationstechnik	<b>Semester:</b>	IEP2, KTB2, SWB2, TIB2
<b>Prüfungsfach:</b>	Physik 2	<b>Fachnummer:</b>	2 IEP 2032 2 KTB 2032 2 SWB 2032 2 TIB 2032
<b>Hilfsmittel:</b>	Bücher, Skripte, Taschenrechner	<b>Prüfungsdauer:</b>	90 Minuten

*Hinweis: Wichtig ist bei allen Aufgaben, dass klar wird, wie Sie auf ein Ergebnis kommen. Wenn Sie eine Formel aus einem Buch oder einer Formelsammlung übernehmen, schreiben Sie in Stichworten dazu, warum gerade die. Zum Beispiel: "Wegen Energieerhaltung gilt ...". Wenn Sie das Ergebnis einer Teilaufgabe nicht herausbekommen, das in einer späteren Teilaufgabe noch verwendet wird, so schreiben Sie einfach das Formelzeichen dafür anstelle des Zahlenwertes.*

Viel Erfolg!

## Nützliche Angaben

Ladung des Elektrons  $e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Masse des Elektrons  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Plancksches Wirkungsquantum  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Lichtgeschwindigkeit  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Silizium (@ T = 300 K):

Intrinsische Ladungsträgerdichte  $n_i = 1,02 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

Elektronenbeweglichkeit  $\mu_n = 1350 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$

Löcherbeweglichkeit  $\mu_p = 480 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$

Energielücke  $E_g = 1,11 \text{ eV}$

Germanium (@ T = 300 K):

Intrinsische Ladungsträgerdichte  $n_i = 2,33 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$

Elektronenbeweglichkeit  $\mu_n = 3900 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$

Löcherbeweglichkeit  $\mu_p = 1900 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$

Energielücke  $E_g = 0,66 \text{ eV}$

## Aufgabe 1 (10 Punkte)

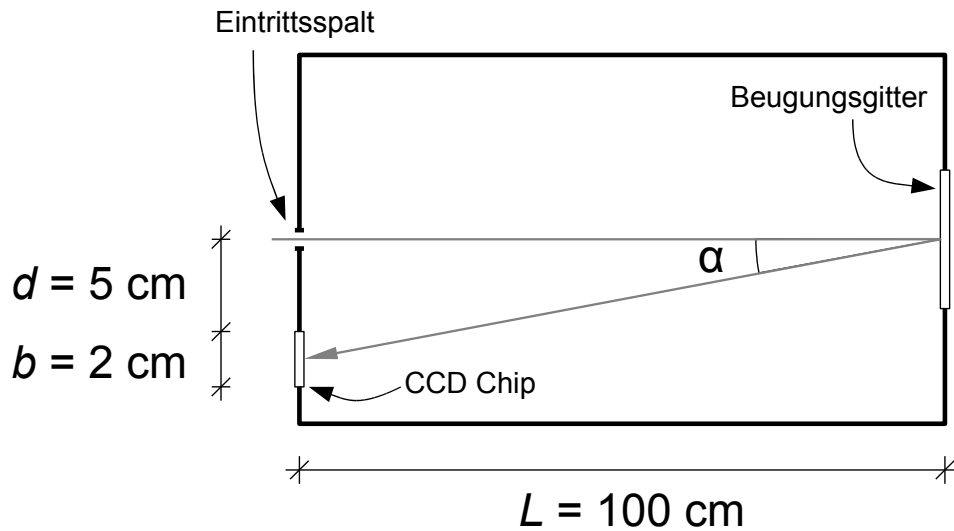
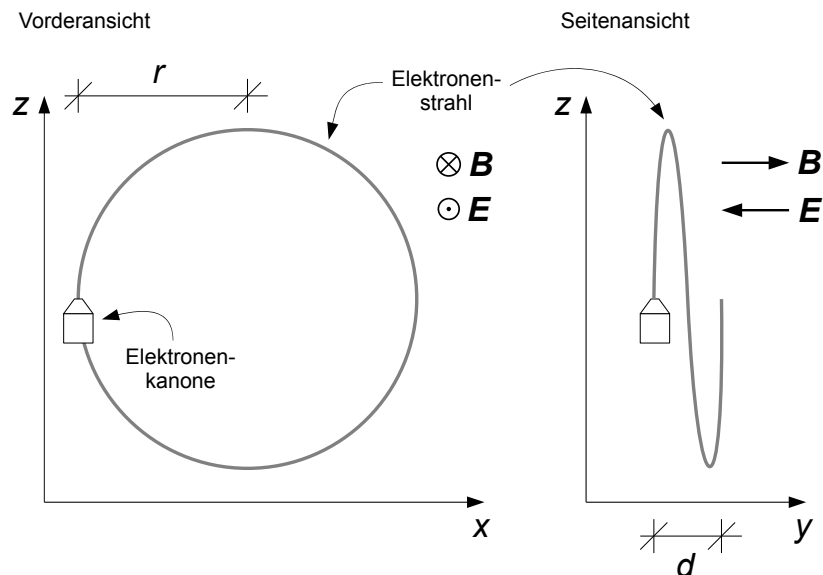


Abbildung 1: Skizze (unmaßstäblich) eines einfachen Gitterspektrometers

In Abbildung 1 ist ein einfaches Gitterspektrometer skizziert. Das zu untersuchende Licht fällt von links durch den Eintrittsspalt in einen lichtdichten Kasten der Länge  $L = 1 \text{ m}$ . An der rechten Seite ist ein Reflexionsgitter mit 100 Linien pro Millimeter montiert, an dem das Licht gebeugt wird. Ein Teil des gebeugten Lichtes wird von einem CCD-Chip detektiert, wie er auch in Digitalkameras verwendet wird. Der Chip hat eine Breite von  $b = 2 \text{ cm}$  und eine Auflösung von 1024 Pixeln in dieser Richtung. Der Chip ist, wie skizziert, in einem Abstand von  $d = 5 \text{ cm}$  von der Mitte des Eintrittsspalts montiert.

- In welchem Wellenlängenbereich kann mit dem beschriebenen Spektrometer in erster Beugungsordnung gemessen werden? **(2 Punkte)**
- Zur Eichung des Spektrometers soll die Natrium D-Doppellinie ( $\lambda_1 = 588,9950 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 589,5924 \text{ nm}$ ) verwendet werden. Wie groß muss der Lichtfleck auf dem Gitter sein, damit diese beiden Linien gerade noch aufgelöst werden können? **(4 Punkte)**
- Wie groß ist der Abstand zwischen den zwei Maxima der Na D-Doppellinie auf dem CCD Chip, gemessen in Pixeln? **(4 Punkte)**

## Aufgabe 2 (15 Punkte)



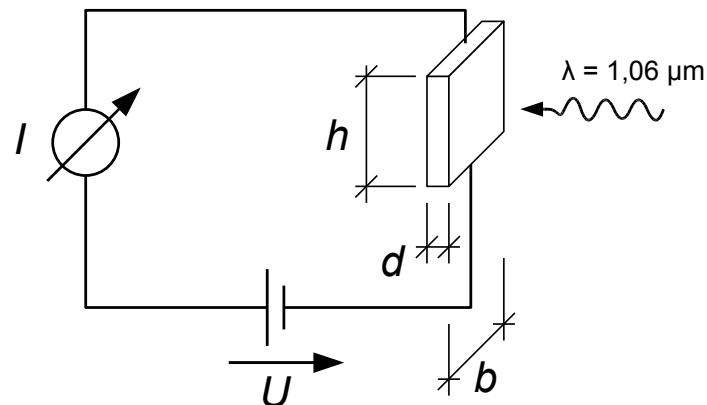
**Abbildung 2:** Schematische Darstellung eines Fadenstrahlrohres von vorne (links) und von der Seite (rechts). Zusätzlich zum üblichen homogenen Magnetfeld  $\mathbf{B}$  ist noch ein homogenes E-Feld  $\mathbf{E}$  angelegt.

In Abbildung 2 sind die schematische Vorder- und Seitenansicht eines Fadenstrahlrohres dargestellt. Die Elektronen werden in der Elektronenkanone mit einer Spannung  $U = 200 \text{ V}$  beschleunigt und verlassen die Kanone in  $z$ -Richtung. Im Gegensatz zu dem in der Vorlesung gezeigten Experiment ist in diesem Fall nicht nur ein homogenes Magnetfeld mit der Flussdichte  $\mathbf{B}$  sondern außerdem noch ein homogenes elektrisches Feld  $\mathbf{E}$  angelegt. Die Feldstärken der beiden Felder sind

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ mT} \quad \text{und} \quad \mathbf{E} = \begin{pmatrix} 0 \\ -100 \\ 0 \end{pmatrix} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

- Welche Kräfte wirken auf die Elektronen, nachdem sie die Kanone verlassen haben? Berechnen Sie deren Beträge. Berechnen Sie auch den Betrag der wirkenden Gewichtskraft. Warum dürfen sie diese im Weiteren getrost vernachlässigen? **(4 Punkte)**
- Wie groß ist der Radius  $r$  der Elektronenbahn, wenn man zunächst die Wirkung des elektrischen Feldes vernachlässigt? **(2 Punkte)**
- Wie lange braucht ein Elektron, um die Kreisbahn einmal zu durchlaufen? **(3 Punkte)**
- Durch das elektrische Feld wird aus der Kreisbahn eine wendelförmige Bahn. Wie groß ist der Versatz  $d$  der Bahn in  $y$ -Richtung nach einem Umlauf? **(4 Punkte)**
- Wie groß ist der Versatz nach zwei bzw. drei Umläufen? **(2 Punkte)**

### Aufgabe 3 (13 Punkte)



**Abbildung 3:** Messaufbau zur Messung des Widerstandes einer Halbleiterprobe mit und ohne Bestrahlung durch Laser.

In Abbildung 3 ist ein Messaufbau skizziert, mit dem der Widerstand eines undotierten Siliziumkristalls mit den Maßen  $b = h = 1 \text{ cm}$  und  $d = 1 \text{ mm}$  gemessen werden kann.

- Berechnen Sie den elektrischen Widerstand  $R_1$  des Siliziumkristalls bei  $T = 300 \text{ K}$  aus den Materialeigenschaften. **(2 Punkte)**
- Nun wird der Kristall mit einem Laser mit der Wellenlänge  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$  und der Leistung  $p = 100 \text{ mW}$  bestrahlt. Zeigen Sie, dass dieses Licht im Silizium absorbiert wird. **(2 Punkte)**
- Wieviele Photonen treffen pro Sekunde auf den Kristall? **(2 Punkte)**
- Nehmen Sie an, dass das Laserlicht vollständig im Silizium absorbiert wird, d.h. jedes Photon zur Erzeugung eines Elektron-Loch-Paares führt. Wie groß ist die stationäre Elektronendichte unter der Annahme, dass die Rekombination von Elektronen und Löchern der Beziehung

$$n(t) = n_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

gehört und  $\tau = 1 \mu\text{s}$  beträgt? (Hinweis: Die Rate, mit der Ladungsträger erzeugt werden, muss im stationären Zustand gleich der Rate sein, mit der die Ladungsträger rekombinieren) **(5 Punkte)**

- Wie groß ist der elektrische Widerstand  $R_2$  des beleuchteten Siliziumkristalls? **(2 Punkte)**

**Aufgabe 4: Kurzaufgaben (10 Punkte)**

- a) Das Signalhorn eines Einsatzfahrzeuges sendet einen Ton mit der Frequenz  $f_0 = 440$  Hz aus. Wie schnell muss das Fahrzeug auf einen Beobachter zufahren, damit dieser den Ton einen Halbton höher wahrnimmt ( $f_1 = 16/15 f_0$ )? Anmerkung: Die Schallgeschwindigkeit beträgt  $c = 344$  m/s. **(2 Punkte)**
- b) Wireless-LAN verwendet eine Trägerfrequenz von 2,4 GHz. Wie lange müssen die entsprechenden Dipolantennen idealerweise sein? **(2 Punkte)**
- c) Wie groß sind Kernladungs-, Neutronen- und Nukleonenzahl von  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ ? **(2 Punkte)**
- d) Welche Energie haben die Photonen, die von einem Helium-Neon Laser ( $\lambda = 632$  nm) ausgesandt werden? **(2 Punkte)**
- e) Ein Germanium-Kristall wird mit  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$  Indiumatomen dotiert. Wie groß sind die Elektrodichte und die Löcherdichte bei Raumtemperatur ( $T = 300$  K)? (Tipp: Indium steht in der dritten Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente) **(2 Punkte)**