

Übungsblatt 2 zu Bauelemente der Elektrotechnik

Hinweis:

Verwenden Sie zur Lösung der Aufgabe die Gleichungen, Tabellen und Graphen aus der Formelsammlung.

Aufgabe 1

Skizzieren Sie die Anordnung der magnetischen Momente sowie die Magnetisierungskurve einer ferro- bzw. ferrimagnetischen Substanz. Markieren Sie in der Magnetisierungskurve die Koerzitivfeldstärke H_c , die Remanenzinduktion B_r und die Sättigungsinduktion B_s .

Aufgabe 2

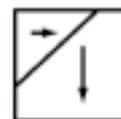
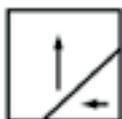
Wie verläuft die Magnetisierungskurve für

- weichmagnetische Werkstoffe,
- hartmagnetische Werkstoffe und
- Werkstoffe, die als magnetische Speicher geeignet sind?

Aufgabe 3

Ordnen Sie die nachfolgend dargestellten Domänen geeigneten Positionen der Magnetisierungskurve aus Aufgabe 1 zu.

Annahme: Die Richtung des äußeren Magnetfeldes im 1. Quadranten ($B > 0, H > 0$) entspricht der Domäne nach Bild (a) und im 3. Quadranten ($B < 0, H < 0$) der Domäne nach Bild (b).



(a)

(b)

Aufgabe 4

Eine paramagnetische Probe wird als Thermometer bei Temperaturen unterhalb 4,2 K verwendet. Die Probe (zylindrisch, $1 \times 1 \text{ mm}^2$) besteht aus Gold mit einer Erbiumdotierung von $c = 1000 \text{ ppm}$. Die Probe wird mit einem konstanten externen Magnetfeld der Größe $B = 10 \text{ mT}$ magnetisiert, während die Magnetisierung M mit Hilfe eines Magnetometers gemessen wird. Sie können annehmen, dass die Erbiumionen nicht miteinander wechselwirken, d.h. es handelt sich um isolierte, wechselwirkungsfreie magnetische Momente. Für niedrige Temperaturen kann die Gold-Erbium Probe durch den Landé – Faktor $g = 6,8$ und dem Gesamtdrehimpuls $J = 0,5$ beschrieben werden. Es gilt weiterhin $M_{\text{Au}} = 197 \text{ u}$, $\rho_{\text{Au}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$, Taylorreihenentwicklung um 0: $\coth(x) \approx \frac{1}{x} + \frac{x}{3} - \frac{x^3}{45} + \dots$

- Skizzieren Sie die Magnetisierung als Funktion von $x = g\mu_B B J / k_B T$. Bestimmen Sie den Temperaturverlauf der Magnetisierung im Grenzfall hoher Temperaturen ($x \ll 1$) und sehr geringer Temperaturen ($x \gg 1$). Verwenden Sie hierzu die Taylorreihenentwicklung der Brillouin-Funktion.
- Um die Temperatur aus der gemessenen Magnetisierung der Gold-Erbium Probe zu bestimmen, wird das Curie-Gesetz zur Kalibrierung verwendet. Welche minimale Temperatur T_{min} kann gemessen werden, bei der die relative Abweichung zwischen gemessener Magnetisierung und Curie-Gesetz 1 % beträgt? Wie kann T_{min} weiter reduziert werden?

Aufgabe 5

Welche physikalische Bedeutung besitzt die Fermi-Energie. Was ist der Unterschied zum chemischen Potential, das in der Literatur sehr häufig mit der Fermi-Energie gleichgesetzt wird. Warum ist diese Annahme zulässig?

Aufgabe 6

Skizzieren Sie die Lage des Valenz- und Leitungsband bei Isolatoren, Halbleitern und Metallen im vereinfachten Bandmodell. Zeichnen Sie die Lage der Fermi-Energie ein und markieren Sie die besetzten Bänder bei $T = 0 \text{ K}$.

Aufgabe 7

Berechnen Sie die erforderliche Wellenlänge für den Fall einer optischen Anregung von Si ($E_g = 1,12 \text{ eV}$), Ge ($E_g = 0,6 \text{ eV}$) und GaAs ($E_g = 1,424 \text{ eV}$).

Aufgabe 8

Erklären Sie den Unterschied zwischen direkten und indirekten Halbleitern.

Aufgabe 9

Berechnen Sie die effektive Zustandsdichte im Leitungsband für Silizium bei Raumtemperatur.

Aufgabe 10

Berechnen Sie die Lage der Fermi-Energie E_F in phosphordotiertem Silizium bei 30 K (Bindungsenergie 45 meV). Die Donatorenkonzentration betrage $N_D = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Zeichnen Sie qualitativ die Lage des Phosphor-Niveaus und die von E_F in das Bandschema ein.

Aufgabe 11

In einem Schaltkreis soll die Länge einer Silizium-Halbleiterschicht (Querschnittsfläche $2 \mu\text{m}^2$, Dotierungskonzentration $N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$) so gewählt werden, dass ein Widerstand von 100 k Ω entsteht. Welche Länge muss der Streifen haben? Annahme: Zimmertemperatur, daher seien alle Störstellen ionisiert.