

平成26年度 山梨大学 大学院医学工学総合教育部 博士課程 工学領域

入 学 試 験 問 題

No. 1/4

専攻等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試験科目	専門科目（電子物性）
-----	----------------------------	------	------------

問1 以下の問に答えよ。

- (1) 伝導帯中の電子密度
- n
- は

$$\int_{E_c}^{\infty} Z_c(E) f(E) dE \quad (1)$$

で求めることができる。ここで、 $Z_c(E)$ は伝導帯の状態密度、 $f(E)$ はフェルミ・ディラック分布関数、 E_c は伝導帯の最下端のエネルギーである。なぜ(1)式で電子密度を求めることができるのか説明せよ。

- (2) 同様に価電子帯中の正孔密度 p を求めたい。(1)式に対応する式を書け。また、その式に現れる記号の意味も書け。
- (3) フェルミ・ディラック分布関数をマックスウェル・ボルツマン分布に近似し、(1)式の計算結果が、

$$n = N_c \exp\left(-\frac{E_c - E_F}{kT}\right) \quad (2)$$

となることを導け。ただし、 E_F はフェルミエネルギー、

$$N_c \equiv 2(2\pi m_{dc} kT / h^2)^{3/2} \quad (3)$$

であり、伝導帯の状態密度 $Z_c(E)$ は、次式で与えられる。

$$Z_c = \frac{4\pi}{h^3} (2m_{dc})^{3/2} (E - E_c)^{1/2} \quad (4)$$

さらに、次の積分公式は用いてよい。

$$\int_0^{\infty} x^{1/2} \exp(-x) dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \quad (5)$$

- (4) 電子密度と同様に正孔密度
- p
- は

$$p = N_v \exp\left(-\frac{E_F - E_v}{kT}\right) \quad (6)$$

$$N_v \equiv 2(2\pi m_{dv} kT / h^2)^{3/2} \quad (7)$$

で与えられる。(2)および(6)式を用いて、真性半導体の電子密度と正孔密度の積 np が禁制帯幅 ($E_G = E_c - E_v$)に依存することを示せ。

平成26年度 山梨大学 大学院医学工学総合教育部 博士課程 工学領域

入 学 試 験 問 題

No. 2/4

専 攻 等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試 験 科 目	専門科目（電子物性）
-------	----------------------------	---------	------------

問2 代表的な酸化物半導体である酸化亜鉛（ZnO）について以下の問いに答えよ。

- (1) 価電子帯と伝導帯を主に構成しているのは Zn もしくは O のどの軌道か。それぞれについて答えよ。
- (2) ZnO は不純物添加をしなくても n 型の電気伝導性を示す。その理由を簡潔に答えよ。
- (3) 不純物添加によりキャリア密度を増加させることで縮退半導体になると光学ギャップは増加するか、減少するか。その理由と共に答えよ。

平成26年度 山梨大学 大学院医学工学総合教育部 博士課程 工学領域

入 学 試 験 問 題

No. 3/4

専 攻 等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試 験 科 目	専門科目 (電子物性)
-------	----------------------------	---------	-------------

問3 図に示すように、板状の試料を xy 平面に配置し、 x 軸方向に電流密度 \vec{j} で電流を流し、磁場を z 軸方向に印加した。

- (1) この時起こるホール効果について、図を用いて説明せよ。
- (2) 電子に働くローレンツ力 \vec{F} 、ホール起電力 V_H 、ホール抵抗 R_H を示せ。
必要なパラメータは定義して使うこと。
- (3) ホール効果の測定で何がわかるか。
- (4) ホール効果の応用例としてガウスメータの原理を説明せよ。

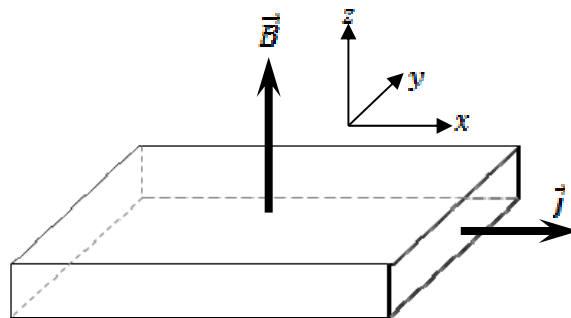


図 ホール効果測定の設定

平成 2 6 年 度 山 梨 大 学 大 学 院 医 学 工 学 総 合 教 育 部 博 士 課 程 工 学 領 域

入 学 試 験 問 題

No. 4/4

専 攻 等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試 験 科 目	専門科目 (電子物性)
-------	----------------------------	---------	-------------

問 4 誘電体について以下の問いに答えよ。

- (1) 電気双極子を発現する誘電分極には、4 種類の機構が存在する。誘電分極が発現する周波数が高い順から、4 種類の誘電分極の名称を答えよ。
- (2) 誘電体はその結晶構造より、常誘電体、圧電体、焦電体 (強誘電体) に分類される。そこで、常誘電体、圧電体、強誘電体における典型的な電気歪み-電場曲線を以下の図に記入せよ。

