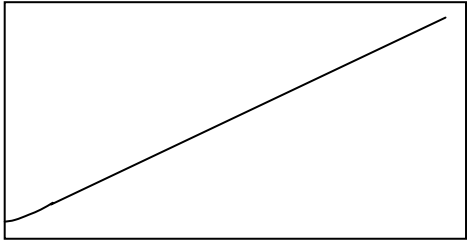


## 物性工学概論ミニテスト標準回答

### 問題 1 金属の性質を表す用語(20 点)

番号	問題要約	配点	解答
(1)	金を叩いて金箔に引きのばすことができる性質	4	展性
(2)	鉄の円柱を線状に引きのばすことができる性質	4	延性
(3)	割れの急速な進展によって破壊する現象	4	脆性破壊
(4)	繰り返し応力が加わって破壊がおきる現象	4	疲労破壊
(5)	弾性変形と塑性変形の境界点	4	降伏点 (弾性限界)

### 問題 2 金属 K(カリウム)の電気伝導 (20 点)

番号	問題要約	配点	解答 (単位の未記入・間違いは 2 点減点)
(1)	K のキャリア密度	5	$n=2/(0.52 \times 10^{-9})^3=1.4 \times 10^{28} [\text{m}^{-3}]=1.4 \times 10^{22} [\text{cm}^{-3}]$
(2)	K の電子移動度	5	$\mu=e\tau/m=3 \times 10^{-14}/9.1 \times 10^{-31}$ $=5 \times 10^{-3} [\text{m}^2/\text{Vs}]=50 [\text{cm}^2/\text{Vs}]=5 \times 10^{-3} [\text{Cs/kg}]$ (有効数字は $\tau$ の有効数字によって決まるので 1 桁、2 桁以上でも正解とします)
(3)	K の抵抗率	5	$\rho=1/\sigma=1/ne\mu=1/(1.4 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-3})=8 \times 10^{-8} [\Omega\text{m}]$ $=8 \times 10^{-6} [\Omega\text{cm}]$
(4)	K の抵抗率の温度依存性のグラフ	5	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); margin-right: 5px;">抵抗率[リニア目盛]</div>  </div> <p style="color: red; margin-top: 10px;">(縦軸、横軸が記入され、曲線が<math>\rho=\rho_i+aT</math>のように直線と残留抵抗成分の和として描かれておれば 5 点。直線部分が描かれていなければ 1 点減点。縦軸横軸が明快でないとい 1 点減点)</p>

### 問題 3 金属がプラズマ角振動数以下の光子エネルギーの光に対し高い反射率を示す原因。(10 点)

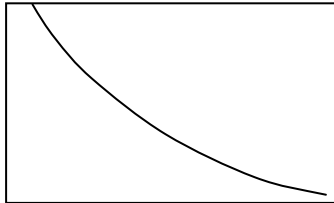
プラズマ角振動数以下の光子エネルギーの光に対しては、自由電子の集団運動によるドルーデの法則が成り立ち、誘電率の実数部が負の値をとる。誘電率の実数部 $\epsilon_r$ が負の時、光の電界 $E$ と電束密度 $D$ とは逆向きとなり、光の電界が物質中に侵入できなくなる。このため、光は境界面で反射され、高い反射率となる。

(式を使って書いても正解です。「自由電子」、「負の誘電率」、「電界が侵入できない」などのキーワードが適切に入っておれば正解とします。)

問題4 Siについて (20点)

番号	問題要約	配点	解答
(1)	Siの純度を上げる方法	5	シリコンの多結晶インゴットを帯状に部分的に加熱し融解したのち、融解部分を移動させると、冷却し固体になる際に偏析現象により不純物が融液に残り固体には取り込まれないので、固体は高純度になる。このプロセスを繰り返すことにより純度を上げることができる。これを帯域精製法(zone refining)という。 (「部分的に融解し、不純物を液体に残す」という意味のことがあれば正解とします。)
5	Si単結晶の成長法	5	石英のろつぼに入れたシリコンを融解し、融液に種結晶を浸けることによって種結晶に習って結晶が成長する。種結晶を回転しながら引き上げることによって単結晶を育成する。この方法をチョクラルスキー法またはCZ法という。(融液に種結晶を浸し引き上げるといふ意味のことがあれば正解とします。)
(3)	Siをn形にするために添加する元素	2	周期表でV属の元素(P, Asなど) (Pまたはリンと書いてあれば正解とします。)
	n形になる理由	3	Si結晶においてSiの位置にPなどのV属元素が置換すると、5個の外殻電子のうち4個が結合に使われ、1個の電子が余る。この電子が伝導帯に供給されるのでn形になる。 (結合に使われない外殻電子が伝導に寄与することが書いてあれば正解とします。)
(4)	Siをp形にするために添加する元素	2	周期表でIII属の元素(B, Al*, Gaなど) (Bまたはホウ素と書いてあれば正解とします。) [*注: 実際のプロセスではAlはほとんど使われない]
	p形になる理由	3	Si結晶においてSiの位置にBなどのIII属元素が置換すると、結合に3個の外殻電子では足りないため、周りから1個の電子を借りて結合ができる。このためにできた電子の抜け穴(ホール)が価電子帯に供給されるのでp形になる。 (結合を作るためにできた電子の抜け穴が伝導に寄与することが書いてあれば正解とします。)
(5)	p形とn形の接合を作ったとき、拡散電位差(内蔵電位差)が生じる理由	5	n形半導体においては伝導帯に供給された電子の負電荷とイオン化ドナーの正電荷が釣り合って電氣的に中性になっている。一方、p形では、価電子帯のホールの正電荷とイオン化アクセプターの負電荷が釣り合って電氣的に中性になっている。 n形とp形の接合を作ると界面を通してn形側から電子がp形側からホールが相手の領域に流れ込み、電子とホールが再結合してキャリアのない「空乏層」という領域が出現する。この結果空乏層のn形側には正の空間電荷が、p形側には負の空間電荷が残され、界面付近に電位差が生じる。この電位差に阻まれて、これ以上のキャリアの移動は起きなくなる。この電位差を拡散電位差という。(「空乏層ができ、そこに残された電荷のために電位差が生じる」ことが書かれてあれば正解とします。)

問題5 半導体の性質について (10点)

番号	問題要約	配点	解答
(1)	CdSの透過光が黄色に見える理由	5	バンドギャップが2.42eVであることは、吸収端の波長が512nm(青緑)であることを意味する。これより波長の長い光は透過するので、赤から緑の色が合成されて黄色に見える。 (吸収される光は青でありその補色が黄色という答えもOK)
(2)	真性半導体を室温から77Kに温度低下したとき電気抵抗率のグラフ	5	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); margin-right: 5px;">抵抗率(対数目盛)</div>  </div> <p style="text-align: center;">温度 [リニア目盛]</p> <p>(温度に対して指数関数的に抵抗率が大きく低下することがわかるならば正解とする。)</p>

問題6 発光デバイスについて (10点)

番号	問題要約	配点	解答
(1)	蛍光灯が光る原理	5	<p>蛍光灯では、水銀・アルゴン気体中の放電によって生じた紫外線が管壁の蛍光体を励起し、基底状態に戻るときに可視光線を出すフォトルミネセンスの現象を用いている。</p> <p>(放電→紫外線→蛍光体→可視光線の流れがわかれば正解)</p>
(2)	LED (発光ダイオード) が光る仕組みを簡単に説明せよ。	5	<p>半導体 pn 接合を順バイアスして、電子とホールを pn 境界付近に導き再結合させ、その際にバンドギャップまたはバンドと不純物準位間のエネルギーに相当する波長の光を発光する。</p> <p>(順バイアスで、電子・ホールの再結合が起きること、そのエネルギー差を光として放出することが書かれてあれば正解)</p>

問題7 周期表について (10点) 各欄の左に記号、右に名称

(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
B	ホウ素	N	窒素	Si	ケイ素	Ga	ガリウム	As	ヒ素