

# 物性工学概論期末テスト標準解答

## 問題1 磁性の基礎 (25点)

番号	配点	解答
(1)	(a)	2 $t=2\pi a/v$
	(b)	2 $i=-ev/2\pi a$
	(c)	2 $\mu=-eav/2$
	(d)	2 $\mu=-(e/2m)\Gamma$
	(e)	2 $\mu_B=e\hbar/2m$
(2)	(a)	2 $l=2$
	(b)	3 3d 状態の数 10
(3)	(a)	5 磁気秩序をもたらす相互作用 交換相互作用 (遍歴電子系では、up spin と down spin の電子帯のエネルギーが分裂するため、フェルミ準位をそろえると up spin と down spin の電子数にアンバランスが生じ磁気秩序が生じる。この場合もバンドの分裂は電子間交換相互作用によって生じるので、回答は「交換相互作用」でよい)
	(b)	5 強磁性体が Tc 以上で磁気秩序を失う理由 磁気モーメントをバラバラにしようとする熱擾乱の作用が、磁気モーメントをそろえようとする交換相互作用に打ち勝つと、磁気秩序が失われ常磁性になる。 (熱擾乱がそろえ合う力に打ち勝つと磁気秩序を失うことが書かれてあれば OK)

## 問題2 磁気ヒステリシス (25点)

番号	配点	解答
(1)	4	(a) H 印加磁場 (磁界)、外部磁場 (磁界)、磁場 (磁界) いずれも正解 (b) M 磁化、磁気分極、いずれも OK
(2)	6	(a) Ms 飽和磁化 (b) Mr 残留磁化 (c) Hc 保磁力
(3)	5	初磁化状態で磁区が形成され、M がなくなる理由 (文章と図で説明すること。図のみでは2点) 磁化の両端には正負の磁極が現れ、正極から負極へと磁束線が生じる。この磁束線は磁性体中を貫いており磁化とは逆向きなので反磁界と呼ばれ、静磁エネルギーを高くし、磁化を不安定にする。この反磁界の影響を下げるために全体が縞状または環流する磁区に分かれる。これにより全体の磁化は打ち消される。(磁区に分かれることが書いてあれば3点、磁区に分かれる理由まで書いてあれば5点)
(4)	5	初磁化曲線で、H を増加すると M は一定値に近づきそれ以上は増えない理由 初磁化状態では全体が磁区に分かれて磁化が打ち消されている。磁界を印加すると、磁壁移動がおき磁界方向の磁化をもつ磁区が広がる。ついで磁化回転が起き、すべての磁気モーメントが磁界方向にそろい単磁区となる。いったん単磁区になると、これ以上磁界を印加しても磁化は変化せず飽和する。(単磁区になることが書かれていれば4点。磁壁移動・磁化回転などのプロセスまで書いてあれば5点)
(5)	5	磁気ヒステリシス曲線が囲む面積の表す物理量 磁性体が蓄えている磁気エネルギー (静磁エネルギー) (高周波に対しては磁気損失を与える) (磁気エネルギーであることが書かれてあれば OK)

問題3 磁気記録 (20点)

番号	配点	解答
(1)	5	音声、映像、デジタル情報を磁気的に記録することができる理由と記録の仕組み 媒体に近接して配置した磁気ヘッドのコイルに信号電流を流し、信号に対応した強さと向きをもつ磁束を発生し、媒体に加える。媒体は、ヘッドからの磁束を受けて磁化され、信号に対応する残留磁化の向きと強度をもつ磁区が形成される。(残留磁化ということが書いてなければ-2)
(2)	(a)	磁気ヘッドとは何か 磁気記録において、電気信号と磁気の間の変換をするデバイス。(記録においてはコイルを用いて電流を磁束に変換し媒体の磁気状態を変化する。再生においては、コイルを用いて電磁誘導で電気信号に変換する場合と、MR (磁気抵抗) 素子を用いて、磁束の変化を電流の変化に変換する場合がある。) 電気信号と磁気信号の間の変換という趣旨が書いてあれば OK
	(b)	GMR ヘッドを用いたことで なぜ高密度化が可能になったのか 高密度に記録すると、記録磁区からの漏洩磁束が減少するので、誘導型では十分な電圧出力が得られないが、MR 型では弱い磁束密度であっても大きな電気信号が得られるからである。(記録磁区が微小になることで磁束が弱くなるので、高感度な磁気ヘッドが必要という趣旨が書いてあれば OK)
(3)	5	1Tbit/in <sup>2</sup> の面記録密度における 1bitの寸法 1 ビットあたりの面積は 10 <sup>-12</sup> 平方インチである。従って、正方形の 1 辺は 10 <sup>-6</sup> インチ。これをSI系に変換すると 2.54×10 <sup>-6</sup> cm=25.4nm (この数値以外は×)

問題4 磁気抵抗効果 (15点)

番号	配点	解答
(1)	5	上下の磁化が平行か反平行かで電気抵抗が異なる理由 2つの強磁性金属層で非磁性金属層を挟んだ構造を有し、両層の磁化の向きがそろっていると、電子のスピンス散乱が少ないが、磁化が逆向きであると界面での散乱が大きく抵抗が高くなる (反平行の時スピンス散乱が増えることが書かれてなければ-2点)
(2)	10	MRAM の記録・読出しの仕組み 記録は、直交する 2 本のアドレス線に流した電流による磁界が TMR 素子のフリー層の反転磁界を超えれば磁化反転が起き記録される。読み出しは、TMR 素子に流れる電流の大小を CMOS で検出して電気信号として読み出す。 (記録のことが書かれていれば 5 点。読み出し方で書かれていれば 10 点)

問題5 磁気光学効果 (15点)

番号	配点	解答
(1)	5	MD の記録原理 レーザー光をレンズで集め磁性体を加熱することによりキュリー温度以上になると磁化を消失するので冷却時にコイルからの磁界を受けて記録する。室温付近に補償温度があるため、いったん記録された情報は安定に保持される。 (キュリー温度記録であることが書かれてあれば OK)
(2)	5	MD の再生原理 記録に使うより出力の弱いレーザー光を媒体に照射する。媒体から反射された光の偏光状態が、磁気光学効果のため記録磁化の向きに応じて正負に回転するので、これを差動検出系で検出し電気信号に変換する。(磁気光学効果またはファラデー効果による偏光の回転を用いていることが書いてあれば OK)
(3)	5	光アイソレーター 光通信に用いられている半導体レーザー(LD)や光アンプは、光学部品からの戻り光により不安定な動作を起こすので、光を一方通行にするデバイスが必要である。これを光アイソレーターという。光アイソレーターは互いに 45 度傾いた偏光子で、45 度のファラデー回転角をもつ磁性体を挟んだ構造をもつ。往路においては、偏光子から出た偏光は、ファラデー回転を受け 45 度回転し、45 度傾いた偏光子を透過するが、戻り光は、さらに 45 度回って、入射側の偏光子の向きと直角になるため、偏光子を透過できないので戻り光をカットできる (互いに 45 度傾けた偏光子の間にファラデー回転子を置き、光を一方通行にすることが書かれておれば OK)