

問題 1: 磁性の基礎に関する下の質問に答えよ。(25 点)

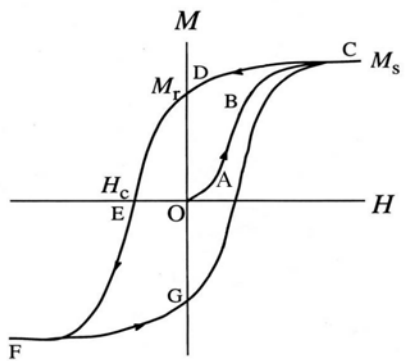
- (1) 電子の軌道がもたらす磁気モーメント(10 点)  
 電子の周回運動は環状電流をもたらす。  
 $-e[C]$ の電荷が半径 $a[m]$ の円周上を線速度 $v[m/s]$ で周回  
 →1周の時間は  $t = \boxed{(a)}$   
 →電流は  $i = \boxed{(b)}$   
 磁気モーメント $\mu$ は、電流値 $i$ に円の面積 $S = \pi a^2$ をかけることにより求められ、  
 $\mu = iS = \boxed{(c)}$   
 となる。  
 一方、角運動量は $I = mav$ であるから、これを使うと磁気モーメントは  
 $\mu = \boxed{(d)}$  となる。

量子論によると角運動量は  $\hbar$  を単位とするとびとびの値をとり、電子軌道の角運動量は  $I = \hbar L$  である。 $L$  は整数値をとる  
 (d) に代入すると  
 軌道磁気モーメントは次式で与えられる。

$\mu_i = -\mu_B L$   
 ここに  $\mu_B = \boxed{(e)}$

- (2) 磁性体のほとんどは 3d 遷移金属を含んでいる。  
 (a) 3d 電子軌道の軌道量子数  $l$  はいくらか。(2 点)  
 (b) 3d 軌道にはスピンも含めいくつの電子状態が属しているか。(3 点)  
 (3) 原子の磁気モーメントがそろえあっていることを磁気秩序という。(a) 強磁性体において磁気秩序をもたらす相互作用は何か。(5 点) (b) キュリー温度  $T_c$  以上の温度で磁気秩序を失うのはなぜか。(5 点)

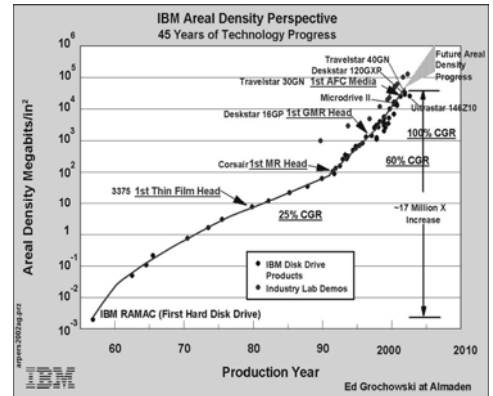
問題 2: 下図の磁気ヒステリシス曲線に関する質問に答えよ。(25 点)



- (1) (a) 横軸  $H$ 、(b) 縦軸  $M$  はそれぞれ何を表しているか。(4 点)  
 (2)  $M_s$ 、 $M_r$ 、 $H_c$  はそれぞれ何と呼ばれているか。(6 点)  
 (3) 図示した曲線において初磁化状態で  $M$  が消滅している理由は磁区の形成による。なぜ磁区が形成され、 $M$  がなくなるのか、理由を図と文章で説明せよ。(5 点)  
 (4) 初磁化曲線(O-A-B-C)において  $H$  を増加したとき  $M$  は一定値  $M_s$  に近づきそれ以上増えない理由を説明せよ。(5 点)  
 (5) 磁気ヒステリシス曲線が囲む面積は、どのような物理量を表しているか。(5 点)

問題 3: 磁気記録に関する下の質問に答えよ。(20 点)

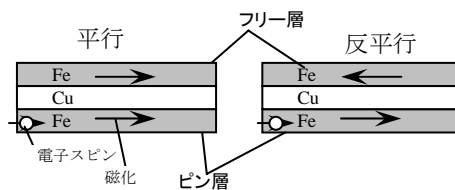
- (1) 磁気テープや磁気ディスクに音声や映像やデジタル情報を磁気的に記録することができる理由と記録の仕組みを述べよ。(5 点)  
 (2) 下図は、磁気記録の面記録密度の変遷を示すグラフである。高密度化のトレンドが 1990 年代中頃から急速になったのは、磁気ヘッドとして誘導型ヘッドに代わって GMR ヘッドが搭載されたことによる。(a) 磁気ヘッドとは何か、(b) GMR ヘッドになったことでなぜ高密度化が可能になったのか。(10 点)



- (3) 2010 年には、磁気記録の面密度は 1 平方インチあたり 1 テラビット ( $10^{12} \text{bit/in}^2$ ) になると言われている。もし正方形の磁区に 1 ビット記録するとすれば、その正方形の一辺の寸法は何 nm になるか。ただし、1 インチ = 2.54 cm である。また、 $1 \text{nm} = 10^{-9} \text{m} = 10^{-7} \text{cm}$  である。(5 点)

問題 4: 磁気抵抗効果に関する下の質問に答えよ。(15 点)

- (1) 図のような Fe/Cu/Fe の人工格子において、上下の磁化が平行か反平行かで電気抵抗が異なる理由を述べよ。(5 点)



- (2) MRAM(磁気ランダムアクセスメモリ)とは、磁性体と半導体を組み合わせた次世代のメモリである。MRAM の記録、読み出しの仕組みを説明せよ (10 点)

問題 5: 磁気光学効果に関する下の質問に答えよ。(15 点)

- (1) MD においては、レーザーを用いて磁気記録する。どのような原理で記録できるのか (5 点)  
 (2) MD においては、どのような原理で磁気を光で読み出すことができるのか (5 点)  
 (3) 光アイソレーターの動作原理を述べよ (5 点)

物性工学概論ミニテスト解答用紙 (p1) (スペースが足りないときは裏に書いて下さい)

学科 (略号可)	学年	学籍番号	氏名

問題1 磁性の基礎 (25点)

番号	配点	解答	
(1)	(a)	2	$t=$
	(b)	2	$i=$
	(c)	2	$\mu=$
	(d)	2	$\mu=$
	(e)	2	$\mu_B=$
(2)	(a)	2	$l=$
	(b)	3	3d 状態の数
(3)	(a)	5	磁気秩序をもたらす相互作用
	(b)	5	強磁性体が $T_c$ 以上で磁気秩序を失う理由

問題2 磁気ヒステリシス (25点)

番号	配点	解答
(1)	4	(a) H (b) M
(2)	6	(a) $M_s$ (b) $M_r$ (c) $H_c$
(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)
(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
(5)	5	磁気ヒステリシス曲線が囲む面積の表す物理量

物性工学概論ミニテスト解答用紙 (p2) (スペースが足りないときは裏に書いて下さい)

学科 (略号可)	学年	学籍番号	氏名

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
(2)	(a)	5 磁気ヘッドとは何か
	(b)	5 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
(3)	5	1Tbit/in <sup>2</sup> の面記録密度における1bitの寸法

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)	10	MRAMの記録・読出しの仕組み

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
(2)	5	MDの再生原理
(3)	5	光アイソレータ