

高密度磁気記録媒体材料の研究と放射光

朝日 透

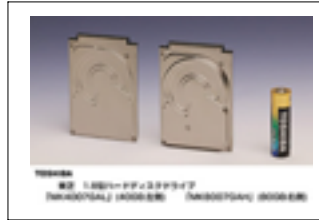
早稲田大学 科健機構(ASMeW)生命医療工学研究所
早稲田大学 大学院理工学研究科ナノ理工学専攻

本講演の概要

1. はじめに
2. 垂直磁気記録媒体の概要
3. Co/Pd垂直磁気記録媒体の軟X線MCDの研究

世界初、垂直磁気記録方式を用いた磁気ハードディスク装置が商品化されると発表される！

(2004年12月14日東芝のHP http://www.toshiba.co.jp/about/press/2004_12/pr_j1401.htm
および日本経済新聞より抜粋)



◆40ギガバイトの容量で本体の厚さを5mmに抑えた1.8型磁気ディスクを2005年度4月－6月期、本体の厚さを8mmで80ギガバイト仕様を2005年度7月－9月期から量産開始。

◆垂直磁気記録方式を採用することで、世界最高面記録密度133ギガビット／平方インチを実現。

◆世界初の垂直磁気記録用ヘッドとディスクを搭載のハードディスクであり、垂直記録の性能を十分に引き出すためのヘッド・ディスク統合設計技術により安定した高密度記録を実現。

高密度磁気記録

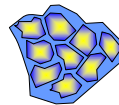
1. 面記録密度は年率60~100%の増加率で上昇

精緻な薄膜成長制御で成膜される記録媒体と高感度GMRヘッドの開発により実現

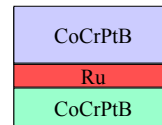
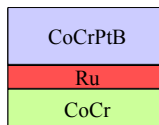
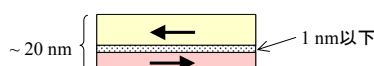
2. 実用に供されているのは、CoCr系グラニュー層を用いた面内磁気記録方式

Cr偏析と下地層の最適化により、結晶粒子の微細化、孤立化を促進

- (例) ・ 85.2 Gb/in² : 2.5 inch (Fujitsu)
・ 99.8 Gb/in² : 1.8 inch (HGST)
・ 108 Gb/in² : 1.0 inch (Seagate)



SFM (Synthetic Ferrimagnetic Media) あるいはAFC (Antiferromagnetically Coupled Media)

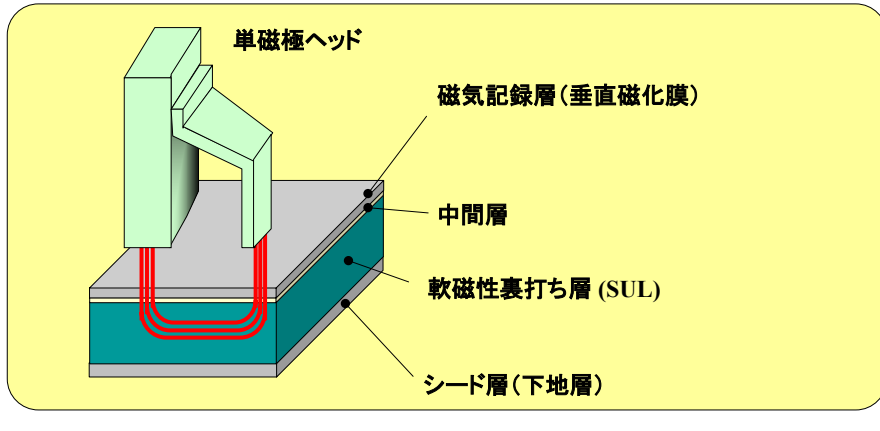


3. 磁気記録層は直径が8nm程度の柱状結晶粒子から構成される

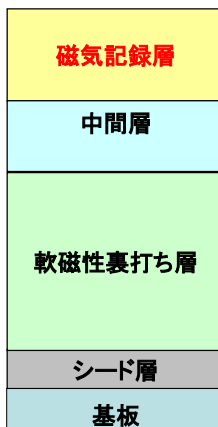
結晶粒子が強磁性交換結合によりクラスター化(磁気クラスター)するが、超高密度化には結晶粒子のみならず、Cr偏析制御による磁気クラスター微細化も必須

垂直磁気記録方式

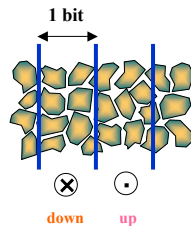
A double-layered perpendicular magnetic recording medium which consists of a **perpendicular magnetization film with strong magnetic anisotropy** and a soft magnetic underlayer (SUL) is a promising magnetic recording medium for realizing an ultra high recording density.



磁気記録層に求められる微細構造



- (1) Fine crystal grains with weak intergranular exchange coupling, *i.e.*, small magnetic clusters, are necessary for avoiding the occurrence of zigzag transitions between recorded bits. → **ノイズの抑制**

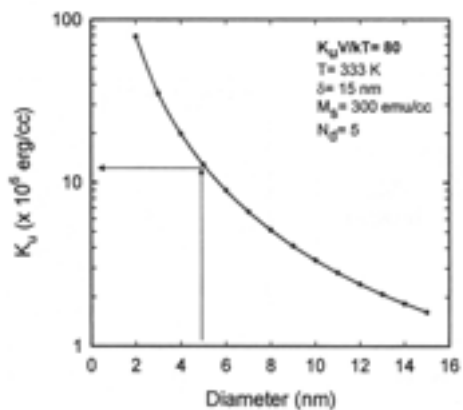


- (2) High magnetic anisotropy energy is necessary for suppressing thermal fluctuation of magnetization recorded at ultra high density. → **超常磁性発現の抑制**

$K_u \cdot v / k \cdot T$ が大きいことが必要

K_u : 垂直磁気異方性エネルギー, v : 体積

k : ボルツマン定数, T : 温度



村岡裕明 「原子界面設計による超高密度磁気記録デバイスの研究開発」講演概要集, 59 (2002).

1 Tb/in² の面記録密度を実現するための条件

- ・ 結晶粒子径は 5 nm 以下
- ・ $K_u = 1.2 \times 10^7$ erg/cm³ 以上

高密度垂直磁気媒体材料の候補

1. (Co_xCr_{1-x})_yPt_{1-y} - SiO₂ グラニューラー膜
 例えば、T. Shimatsu, *et al.*, *IEEE Trans. Magn.* **40**, 2483 (2004).
2. FePt 規則合金
 例えば、T. Suzuki, *et al.*, *IEEE Trans. Magn.* **39**, 691 (2003).
4. Co/Pd、Co/Pt人工格子膜
 例えば、S. Matsunuma, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **91**, 8073 (2002).
5. TbFeCoアモルファス膜
 例えば、K. Matsumoto, *Jpn. J. Appl. Phys.* **39**, L1161 (2000).
6. SmCo永久磁石
 例えば、J. Sayama *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **85**, 5640 (2004).

Co/Pd 人工格子膜垂直磁気記録媒体

Co/Pd人工格子膜

P. F. Carcia, A. D. Meinhardt, and A. Suna, *Appl. Phys. Lett.* **47**, 178 (1985).
B. M. Lairson, J. Perez, and C. Baldwin, *IEEE Trans. Magn.* **30**, 4014 (1994).

Advantages

- High perpendicular magnetic anisotropy.
- Prepared at room temperature.
- Magnetic properties easily controlled by changing the thickness ratio of Co and Pd layers, the kind of seedlayer, and sputtering conditions.

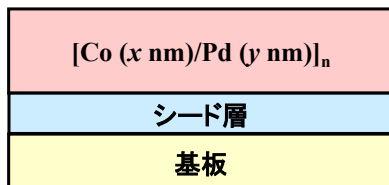
Disadvantage

- Strong intergranular exchange coupling in the lateral direction leading to the formation of large magnetic clusters.



Development of seedlayers to reduce the intergranular exchange coupling

これまでのCo/Pd垂直磁気記録媒体のシード層の開発



• C or Si seedlayer

T. Asahi, *et al.*, *JMMM*. **235**, 87 (2001).
T. Onoue, *et al.*, *JMMM*. **235**, 82 (2001).
T. Onoue, *et al.*, *JMMM*. **235**, 40 (2001).
T. Onoue, *et al.*, *JAP*. **92**, 4545 (2002).

• Pd/Si dual seedlayer

J. Kawaji, *et al.*, *JMMM*. **251**, 220 (2002).
J. Kawaji, *et al.*, *Trans. Magn. Soc. Jpn.* **3**, 1 (2003).
J. Kawaji, *et al.*, *JAP* **95**, 8023 (2004).
J. Kawaji, *et al.*, *Trans. Magn. Soc. Jpn.* **4**, 78 (2004).

• Pd seed deposited with electrochemical processes

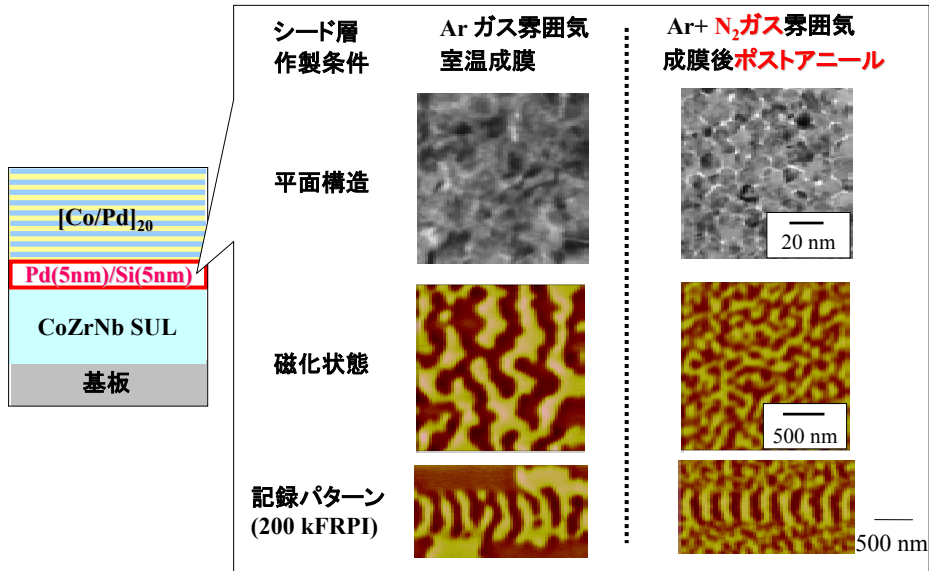
J. Kawaji, *et al.*, *IEEE Trans. Magn.* **40**, 2473 (2004).

• Suppression of the intergranular exchange coupling and reduction of deteriorated Initial layer in the Co/Pd film

• Thickness as thin as possible

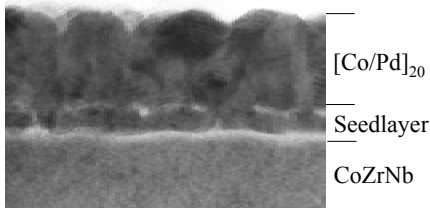
- ITO : W. Peng, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **87**, 6358 (2000).
- CoCrRu : Y. Kubota, *et al.*, *J. Magn. Magn. Mater.* **242-245**, 297 (2002).
- Pd-SiN : S. Matsunuma, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **91**, 8073 (2002).
- NiAl : L. Wu, *et al.*, *IEEE Trans. Magn.* **38**, 2021 (2002).
- Pd-SiO_x : H. Domon, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **93**, 8164 (2003).

Co/Pd垂直磁気記録媒体のシード層の開発例

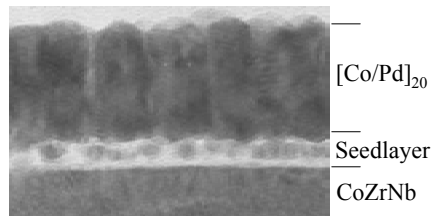


J. Kawaji, et al., *Trans. Magn. Soc. Jpn.* 3, 1 (2003).

Ar ガス雰囲気, 室温作製



N₂添加, ポストアニール



シード層中での微細なPdクラスタの形成

Co/Pd多層膜の結晶成長場として, 微細かつ孤立化した結晶構造の形成に寄与

Co/Pd垂直磁気記録媒体の軟X線MCDの研究

SPring8/BL23SU

APPLE2-type undulator

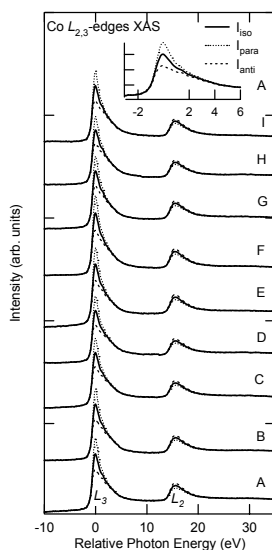
$E/\Delta E > 7000$ の分解能

TY mode による測定

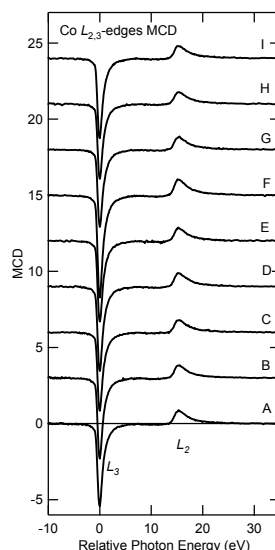
TABLE I. Magnetic properties of $[\text{Co/Pd}]_{20}$ films with various seedlayers.

Film	Thickness (nm)	Seedlayer & Thickness (nm)	M_s (emu/cm ³)	H_c (kOe)	α (-)	K_u (erg/cm ³)
A	20	C (5)	410	2.1	11.9	4.6
B	20	C (30)	390	4.6	9.9	4.2
C	20	C (60)	390	4.3	5.6	4.1
D	20	Si (5)	420	2.5	10.5	5.7
E	20	Si (30)	380	6.5	4.7	4.2
F	20	Si (100)	340	5.7	2.2	2.9
G	20	Pd(3)/Si (100)	360	7.1	2.9	4.3
H	10	Si (100)	250	2.8	2.0	2.3
I	10	Pd(3)/Si (100)	280	5.5	2.4	4.0

A. Agui, M. Mizumaki and T. Matsushita, T. Asahi, J. Kawaji, J. Sayama and T. Osaka, *J. Appl. Phys.* 95, 7825 (2004).

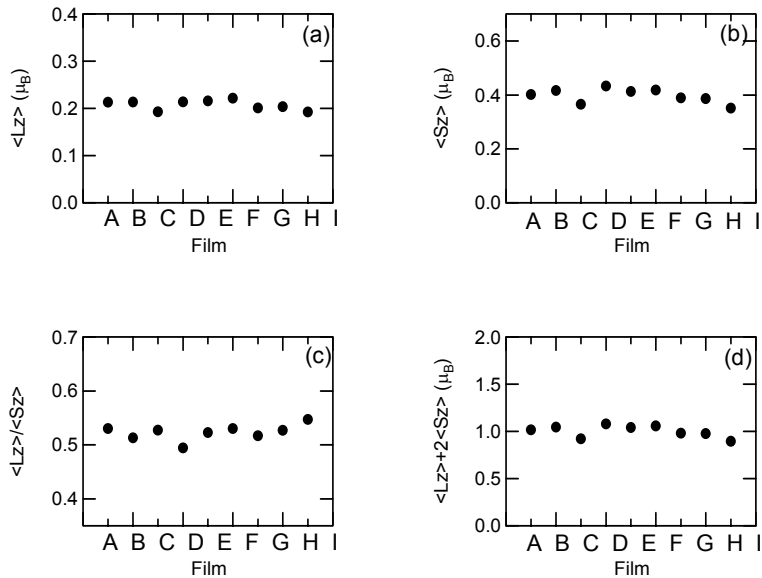


XAS



MCD

A. Agui, M. Mizumaki and T. Matsushita, T. Asahi, J. Kawaji, J. Sayama and T. Osaka, *J. Appl. Phys.* 95, 7825 (2004).



A. Agui, M. Mizumaki and T. Matsushita, T. Asahi, J. Kawaji, J. Sayama and T. Osaka,
J. Appl. Phys. 95, 7825 (2004).

放射光を用いた垂直磁気記録材料の研究に期待すること

1. 結晶粒子が微細化とともにKuが減少することが多いのは何故か？
2. Co/Pd、Co/Pt人工格子膜の垂直磁気異方性の起源は？
3. 希土類-遷移金属合金系アモルファス膜の垂直磁気異方性の起源は？
4. 磁気クラスタの直接観察(磁気クラスターサイズの評価、偏析構造の観察)
5. シード層によって変化する磁気特性と電子・スピン状態の関係
6. 垂直磁気異方性と電子・スピン状態の関係
7. 高飽和磁束密度を有するCoFe(Ni)系合金膜のBsの起源: L_z と S_z の定量的評価
8. 軟磁性膜裏打ち層の磁区構造および磁壁観察

謝 辞

本講演は文部科学省 21COEプログラム「実践的ナノ化学教育研究拠点」、科学技術振興調整費 先導的研究等の推進「ナノ界面制御による磁気記録材料の創製」、科学技術振興調整費 戦略的研究拠点育成「先端科学と健康医療の融合研究拠点の形成」の援助を受けて行われた研究であり、その一部はSPring8 課題番号2002B0642-NS1-np 「[Co/Pd] ならびに [CoB/Pd] 垂直磁化多層膜を用いた垂直二層膜磁気記録媒体の軟X線磁気円二色性の研究」において実施された研究成果である。

共同研究者の原研 安居院あかね氏、JASRI 水牧仁一朗氏、松下智裕氏、早稲田大学 逢坂哲彌教授、田中真人助手、川治純氏、佐山淳一氏の有意義な議論と多大な研究協力に感謝する。