

垂直磁気記録媒体における Pt キャップ層の磁気異方性の決定

村岡裕明¹, 鈴木基寛², 圓山裕³, 宮川勇人², 島津武仁¹, 園部義明⁴, 石松直樹³, 稲葉祐樹¹, 磯濱陽一³, 河村直己², 中村直道³

¹ 東北大学電気通信研究所, ² 高輝度光科学研究センター, ³ 広島大学大学院理学研究科,

⁴ 日立グローバルストレージテクノロジーズ

背景と目的

ハードディスク装置などの高密度情報ストレージ技術は早いテンポの記録密度の増加が続く、最近では研究レベルで 150Gbits/inch² 前後の高面密度に達している。この密度では、1 ビットは約 65 nm 四方の面積を占有することに相当する微細なもので、ナノテクノロジーを駆使した総合的な先端技術が要求される。ここで、特に重要な性能指標が記録ビットの熱緩和効果による減磁であり、これを回避するために大きな磁気異方性を持つ材料の検討が続いている。

今後の更なる高密度化のために期待されているのが垂直磁気記録方式である。このためのディスク媒体として多く検討がされているが、中でもサブナノメータの膜厚制御により作製される人工格子型 Co/Pt 積層型高磁気異方性媒体は 8×10^6 erg/cm³ ほどにも達する大きな垂直異方性によって記録ビットの熱的安定性が確保できる利点が確かめられている。さらに、積層構造を持たない通常の CoCr 系の合金でも Pt 添加による磁気異方性の増加が顕著であり、Pt はほぼすべてのハードディスクに用いられている重要元素となっている。

しかし、元素・原子レベルでの Pt の磁性の検討に当たっては十分な感度を有する適切な測定手段がないため十分でなかった。本研究では、Co/Pt 積層薄膜における知見を得るために選択的に Pt に着目した XMCD 測定により異方性など



図1 用いた薄膜試料の積層構造。

表1 用いた試料の緒元

Pt thickness	Co thickness	$\Delta\theta_{50}$ of Co
0.2 nm	14.3 nm	13.4 deg
0.5 nm	15.1 nm	9.5 deg
1.0 nm	15.0 nm	10.8 deg
2.0 nm	14.6 nm	9.04 deg

の磁気特性を明らかにすることを目的とした。

サンプルの試作

薄膜サンプルは図1に模式的に示すような膜構造である。ガラス基板にシード層として Ti を 10nm 成膜した上に Co を約 15nm 堆積させ、その上に厚みを変えて Pt を成膜した。いずれも DC マグネトロンスパッタを用いた。Pt 膜厚は 0.2nm, 0.5nm, 1nm, 2nm の4種で、成膜レートから割り出したスパッタ放電時間を制御して決定した。なお、参照試料として Co 膜だけで Pt を被覆しないものも用意した。

膜構造、結晶構造、及びヒステリシス曲線

サンプルの諸元を表1に示す。ここで $\Delta\theta_{50}$ は X 線回折のロッキング曲線の半値幅で定義した。図2は最大磁界を 30kOe 印加して VSM (振動試料型磁束計) で測定した Co 膜だけの試料のヒステリシス曲線である。ここでは示さないが、Pt を被覆したサンプルも同等のヒステリシスを示した。これらのヒステリシスは保磁力が極めて小さく、膜面内で強く交換結合した磁壁移動型の磁化機構を持つことが推定される。また、垂直方向には $4\pi M$ に相当する強い反磁界の影響のために膜を飽和磁化させるには 1.8T~2T 程度の磁界が必要なことが分かる。

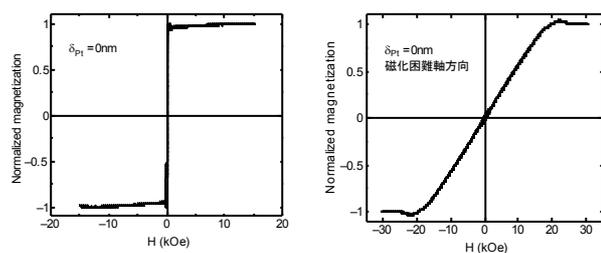


図2 VSMにより測定したCo膜のヒステリシス曲線。(左)膜面内方向、(右)膜面垂直成分

MCD 測定

BL39XUにおいて、PtのL₂, L₃吸収端でのXMCD測定を蛍光法で行った。Coの磁化方向によるPtの磁気モーメントの差異を知るために、試料膜面内と膜面垂直の両方に、試料を飽和させるのに十分な20kOeの磁界を印加した状態で、単色X線を入射した。図2に示すVSMで得られるヒステリシス曲線から分かるように、この磁界強度では強い反磁界が働く垂直方向でも膜中の磁化を飽和させることができる。蛍光X線強度の検出にはシリコンドリフトチェンバー検出器を用いた。この検出器は最大 10^5 cpsという高い計数率での測定が可能で、しかも300 eV程度のエネルギー分解能により、Pt L_{α1}, L_{β1} 蛍光線を基板の弾性散乱からうまく分離することができる。

図3には、0.2 nm, 0.5 nm, 1 nm, 2 nmのPt膜厚を持つ4種のCo/Pt膜に対して得られたXMCDスペクトルを示す。比較のため同試料のX線蛍光スペクトル(XAS)も各図の下段に示す。なお、XMCD, XASスペクトルともその強度をPt厚さに対して規格化して示している。磁界印加方向によらずほとんど同じスペクトルを示しており、PtにはCoの磁化方向による異方性が認められない。

また、同図より、最もPt膜厚が薄い0.2nmの試料でXMCD強度は最大を示すことが分かった。このXMCD強度はPt膜厚が増加するにつれて減少しており、Co膜との界面からの距離に従ってPtの自発磁化が減少していることを意味している。

これらのデータに磁気光学総和則を適用した解析を行い、図4に示す界面からの距離に対するモーメント値を得た。Co膜に隣接するPt原子の5d電子の磁気モーメントは厚さ0.2nmのときには $0.4\mu_B/\text{hole}$ であることが明らかになった。0.2nmの均一な膜厚であれば、ほぼCoに最隣接するPt原子の値と考えると良く、それはかなり大きいモーメント値である。また、上述したPt膜厚の異なる試料についての検討から、Coとの界面に近いほど急速に大きくなる指数関数で磁気モーメントが近似できることも分かった。また、このPtモーメントにおいて、軌道磁気モーメントは小さく、80%強がスピン磁気モーメントで占められることも明らかになった。

さらに、Ptの元素別の磁化曲線を測定した。得られたPtの磁化曲線は、Co膜のみの磁化曲線と形状、および飽和に必要な磁場とも比較的よく一致した。なお、Pt磁化曲線のPt厚による変化は見られなかった。この結果から、Co膜上に製膜したPtの磁化は、母材のCoの磁化に比例して軟磁性的に振る舞い、Pt自身の自発的な異

方性は大きくないといえる。

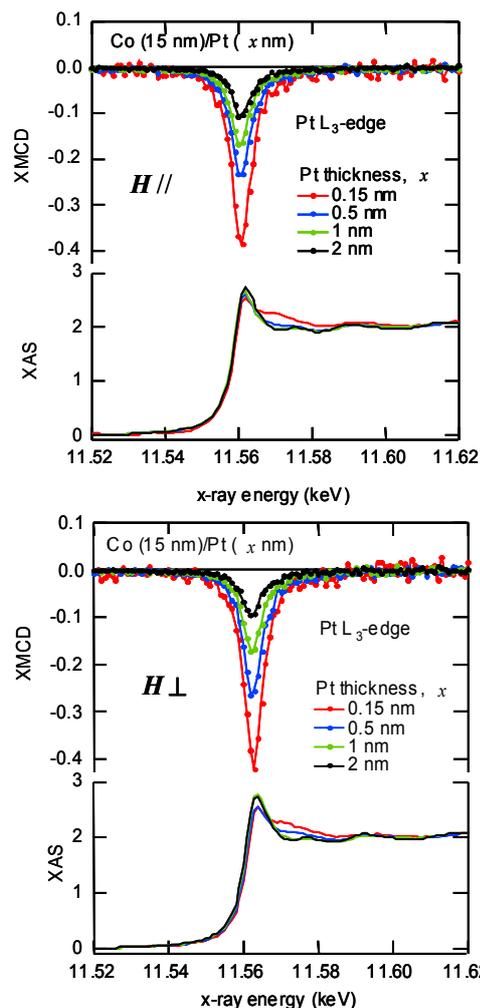


図3 PtのL₃端で観測したXASとXMCDのスペクトラム。Pt膜厚に規格化して示す。印加磁界は上段が面内、下段が垂直である。

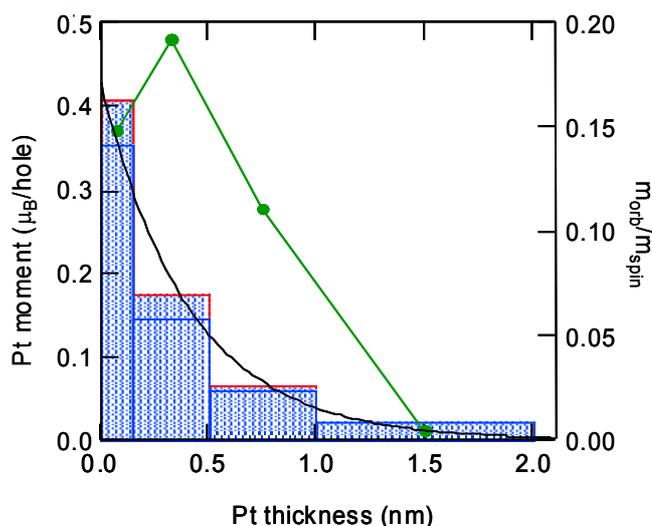


図4 Coの界面からプロットしたPtの磁気モーメント量。最隣接と思われる0.2nm厚のPtでは1ホール当たり $0.4\mu_B$ とく大きな値を示した。