

垂直磁気記録媒体における Pt の自発磁化量の測定、 およびその分極メカニズムの解明

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,
⁴IBM Almaden Research Center

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ITテクノロジーの進展を担って早いテンポの記録密度の増加が続き、100 Gbits/inch²の面密度に達している。この密度では、1ビットは約80nm四方の面積を占有することに相当する極めて微細なもので、ナノテクノロジーを駆使した高密度記録が行われる。

今後の更なる高記録密度は、従来方式では困難で垂直磁気記録による効果的な高性能化が期待されてその工業的な利用が始まろうとしている。しかし、垂直磁気異方性を有して、ナノ微細磁気構造を制御して作製される垂直磁気ディスク媒体の磁気物性は不明な点が少なくない。例えば、Co基薄膜の垂直磁気異方性を補強するために用いられるPtは記録膜中での磁気的な物性がよく知られていない。また、次世代垂直磁気記録媒体としてサブナノメートル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の元素別の磁気物性など、興味ある知見が期待されながらその性質は十分に明らかでなかった。従来の測定法では膜全体としての磁気物性を知ることができても、元素・原子レベルの検討を行うために十分な感度を有する適切な測定手段がないことが障害であった。

本研究では、高密度垂直磁気記録媒体、特にCo/Pt積層型の人工格子膜、におけるPtに着目したXMCD測定により選択的にPtに着目した磁気特性の測定を行って磁化量を明らかにすることを目的とした。

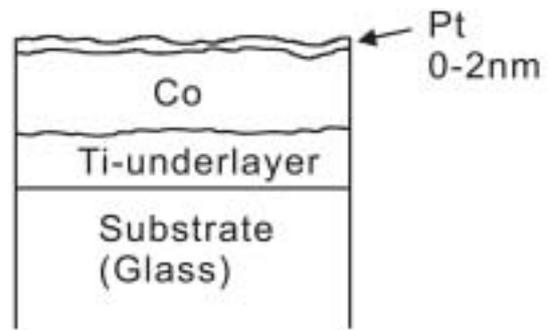


図1 用いた試料のCoとPtを積層構造。

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

サンプルの試作

サンプルはガラス基板にシード層としてTiを成膜した上にCoを約15nm堆積させ、その上にPtを厚みを変えて成膜した。いずれもDCマグネトロンスパッタによる成膜である。Pt膜厚は0.2nm、0.5nm、1 nm、2 nm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。これらの膜構造を模式的に図1に示す。なお、Ptは化学的に安定であるのでPt膜を覆うパッシベーションは施さなかった。

膜構造、結晶構造、およ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にはX線回折プロファイルを示す。Ptの回折ピークは膜厚2 nmでわずかに観測されたが

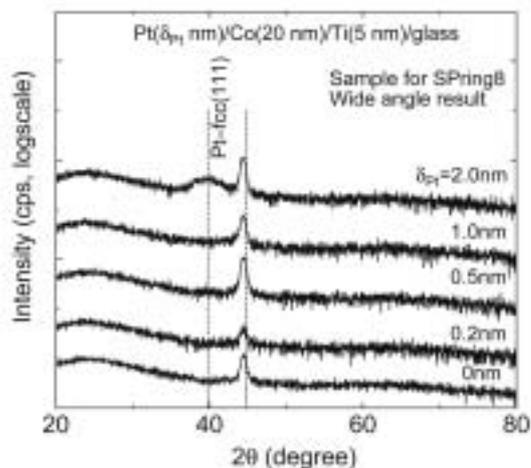


図2 Co/Pt積層膜のX線回折プロファイル。上からPt膜厚は、2nm, 1nm, 0.5nm, 0.2nm, 0nm (Co膜のみ)

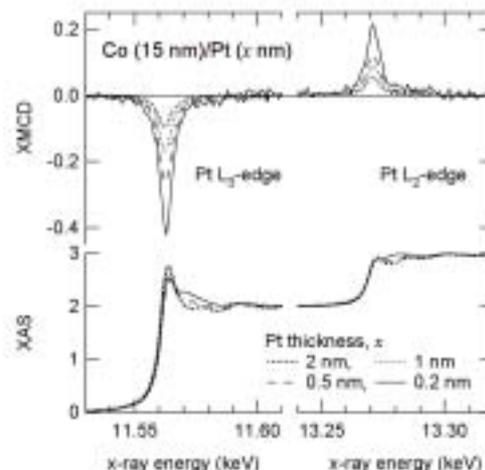


図4 PtのL2およびL3吸収端でのXMCDとXASスペクトル。

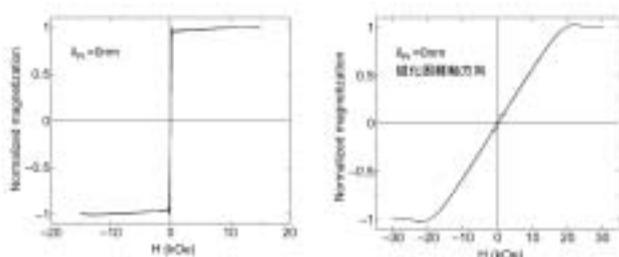


図3 VSMにより測定したCo膜のヒステリシス曲線。(左)膜面内方向, (右)膜面垂直成分

それより薄い領域ではここで用いた装置の感度では明瞭なピークが認められなかった。

図3は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。最大磁界は30kOe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。これはPtが2nm以下と極めて薄いためにVSM測定ではほとんど差異を検出できないことによると思われる。これらのヒステリシスは保磁力が極めて小さく、また、 $4\pi M$ に相当する強い反磁界の影響のために膜を垂直方向に飽和磁化させるには1.8T~2T程度の磁界が必要なが分かる。

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。単色X線をCo/Pt試料膜面に垂直に入射し、20kOeの磁場を同じく膜面と垂直に印加した。図3に示したように、

この磁界強度で膜中の磁化ベクトルを垂直に向けて飽和させることができる。蛍光X線強度の検出にはシリ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 $L\alpha_1$ 、 $L\beta_1$ 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4には0.2nm、0.5nm、1nm、2nmのPt膜厚の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)も示す。XMCD、XASスペクトルとも強度をPt厚さに対して規格化して示している。最もPt膜厚が薄い0.2nmの試料でXMCD強度は最大で、XASのエッジジャンプに対して20%に相当するものであった。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応じてPtの自発磁化が減少していることを示している。これらのデータに磁気光学総和則を適用した解析から、Co膜に隣接するPt原子の5d電子の磁気モーメントは $0.4\mu_B/\text{hole}$ であることが明らかになった。また、上述した4つの異なるPt膜厚の試料についての検討から、Co層との界面に存在する厚さxのPt膜中の原子の磁気モーメント $m(x)$ は、指数関数によく従い、

$$m(x) = m_0 \cdot \exp\left[-\frac{x}{d}\right]$$

としてよく近似できた。ここで、 d は0.4nmであり、Co膜とPt膜間の界面での磁気的な相互作用はこの程度の距離まで及んでいることが分かった。

入射X線のエネルギーをPt L3吸収端でのXMCDが最大となるエネルギー（11.562 keV）に固定し、印加磁場に対するXMCD信号の変化をプロットすることにより、Ptの元素別磁化曲線を測定した。得られたPtの磁化曲線は、Co膜のみの全磁化曲線（図3（右））と形状、および飽和に必要な磁場ともよく一致した。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示さないといえる。