

強磁性層状規則合金FePt薄膜のナノメーター膜厚領域における磁性

今田 真^a, 鴻池光一朗^a, 山崎 篤志^a, 東谷 篤志^a, 石田 祥之^a,
関山 明^a, 菅 滋正^a, 嶋 敏之^b, 高梨 弘毅^b
^a大阪大学大学院基礎工学研究科, ^b東北大学金属材料研究所

はじめに

層状規則合金FePtの薄膜ならびに微粒子は、高密度記録媒体に応用可能な磁性ナノ材料として有望視されている。実用化のためには磁氣的性質を制御することが不可欠であるので、磁氣的性質を支配している電子状態の観点からの研究が現在急務となっている。

FePtはFeとPtが1原子層ずつ積層した規則合金であり、結晶構造はL1₀構造、即ち体心正方格子の頂点にPtが、体心にFeがおかれた構造をとる。磁氣的には強磁性体で、磁化容易方向は積層面に垂直である（垂直磁気異方性）ため、高密度記録媒体の候補と考えられている。分子線エピタキシー（MBE）法を用いてFeとPtを1原子層ずつ交互に蒸着することで、積層面が基板に平行な単結晶FePt薄膜を作製できるようになっている。さらに実用化に向けて、自己組織化などを用いてFePt微粒子を作製する手法や、微粒子の示す磁性の研究が進められている。

このような研究において材料の持つ磁性を制御するためには、磁性を支配している電子状態の情報が必要不可欠である。即ち本研究の中期目標は、FePtの薄膜や微粒子について内殻磁気円二色性（XMCD）を用いて元素ごとの磁性を明らかにするとともに、光電子分光（PES）を用いて電子構造を解明することである。

本研究課題の目的は次のとおりである。まず、Fe 2p→3d XMCDを測定し磁気光学総則を適用することで、まずFe 3d電子の磁気モーメントのFePt膜厚依存性を解明する。さらにスピンと軌道磁気モーメントを分離し、

磁気異方性の一因であるスピン軌道相互作用の膜厚依存性を議論する。

実験

試料は、図1のような単結晶薄膜であり、MBE法を用いて次のように作製した。へき開したMgO単結晶基板上にまずseed層としてFeを、続いてbuffer層としてPtを蒸着した。これを基板として、FeとPtをそれぞれ1原子層ずつ交互にn周期蒸着し、最後に保護層としてPtをX nm蒸着した。今回は、n = 17, 10, 5; X = 0.5, 1.0, 2.0を作製し、そのうちのいくつかを選択して測定した。

実験はBL25SUの永久磁石駆動型XMCD測定装置を用いて行った。実験配置を図2に示す。測定手法は次のとおりである。永久磁石の磁場（磁場強度1.4 T）中においた試料に単色円偏光軟X線を当て、試料からの光電子全収量を測定することで、光吸収スペクトル（XAS）を得る。各光エネルギーにおいて

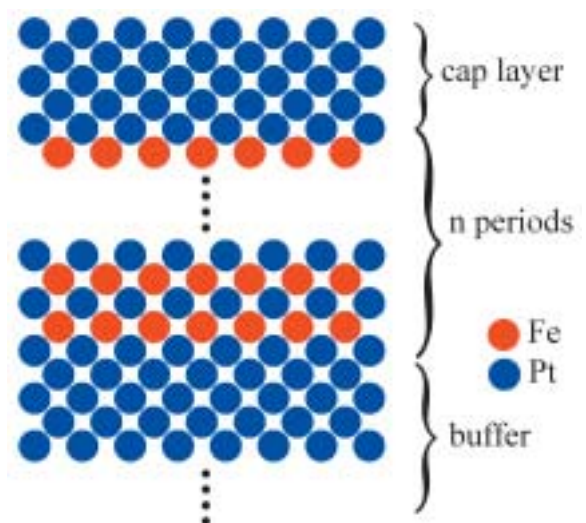


図1 試料としたFePt単結晶薄膜の構造の模式図。

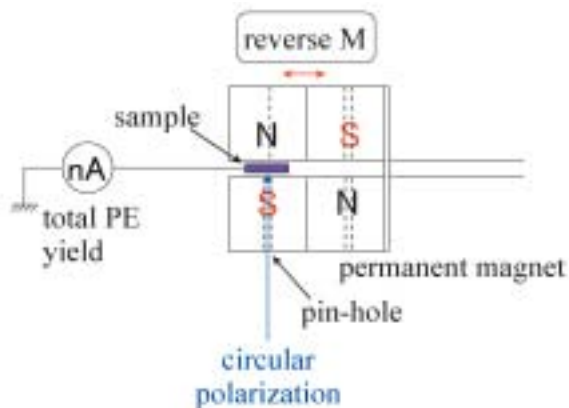


図2 永久磁石駆動型XMCD測定装置の概要

試料の磁化を反転することで、円偏光のスピ
ンと磁化の向きが同じ時の光吸収 (I_+) と逆
の時の光吸収 (I_-) の差、すなわちXMCDを
高精度で測定する。さらに、装置の非対称性
を取り除くために、円偏光の極性を反転して
測定を繰り返し、両極性のスペクトルの平均
を取る。

結果

はじめに、最適なPt保護層の膜厚 X (nm) を
見積もるため、 $X = 0.5, 1.0, 2.0$ のスペクトル
を比較したところ、これらの中でほとんど
差が見られなかった。最も薄い $X = 0.5$ にお
いても、Feが酸化した際に見られるような
スペクトルは見られなかった。従って、
 $0.5 < X < 2.0$ の保護膜は酸化防止に十分であ
り且つ光電子 (2次電子) が十分脱出できる
ことが分かった。そこで、以降、中間の厚さ
である $X = 1.0$ (nm) を採用する。

次に、室温におけるFePt膜厚 $n = 5, 10$ 周
期 (ML) のXMCDスペクトルを図3に示す。
上段がXASスペクトルの平均 ($I_+ + I_-$) / 2、
下段がXMCDすなわち $I_+ - I_-$ である。これ
らのスペクトルに磁気光学総和則を適用した
ところ、Fe 3dの平均電子数が一定であると
仮定し、 n 周期のときの磁気モーメントを

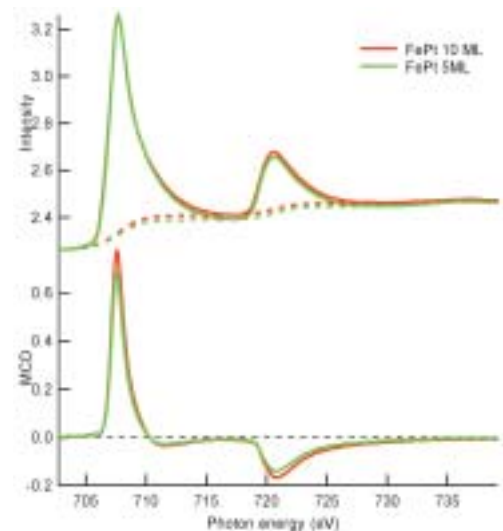


図3 FePt単結晶薄膜のXASおよびXMCDス
ペクトルの膜厚変化。下段のXMCDスペク
トルは3倍に拡大されている。

$M(n)$ と示すことにすれば、磁気モーメントの変
化は $M(5)/M(10) = 0.86$ と減少しており。
Fe 3d磁気モーメントに対する軌道角運動量
の寄与は $n = 10$ のときの6%から $n = 5$ の
ときは7%と微増していることが分かる。

まとめ

本研究を通して明らかになったことは、
(1) FePt膜厚を10周期から5周期に減少さ
せても、室温で強磁性であることは変わら
ないが、(2) 磁気モーメントが若干減少し、軌
道磁気モーメントの寄与が若干増加してい
ることである。今後の課題は、(1) に関連し
ては更に膜厚を薄くしていったとき、いず
れ強磁性を示さなくなると予想されるが、
強磁性を示す限界の膜厚がいくらかという
ことである。一方(2) に関連しては、磁気
モーメントならびに軌道磁気モーメントの
寄与の周期数依存性を系統的に明らかにす
る必要がある。これらの課題は、今後の利
用研究課題において詳しく研究する予定
である。