

層状規則合金 FePt は何原子層から強磁性になるか

今田 真^a, 井口祐介^a, 山崎 篤志^a, 石田祥之^a, P. Ernst^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。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 $L1_0$ 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。磁気的には強磁性体で、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。

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。

これまでの研究(2002B0321-NS1-np)で、MBEを用いて 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 1.0 nm 蒸着した系において、 $n=5$ 周期以上のときは室温で強磁性であることがわかっている。

強磁性を含め、相転移は系の次元性に大きく依存し、一般に次元が低くなると相転移が起こりにくくなる。このことを FePt に当てはめると、膜厚を薄くしていったときにあるところで

強磁性を示さなくなる可能性がある。そこで本研究では FePt の強磁性消失が起きるのか、また起きるとすればどの膜厚で起きるのかを明らかにすることを目的とする。

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 1.0 nm 蒸着した。今回は、 $n=1$ 及び 3 について測定を行った。

実験は BL25SU の永久磁石駆動型 XMCD 測定装置(図 3)を用い、従来の磁場変調測定ではなく偏光変調測定を用いた。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

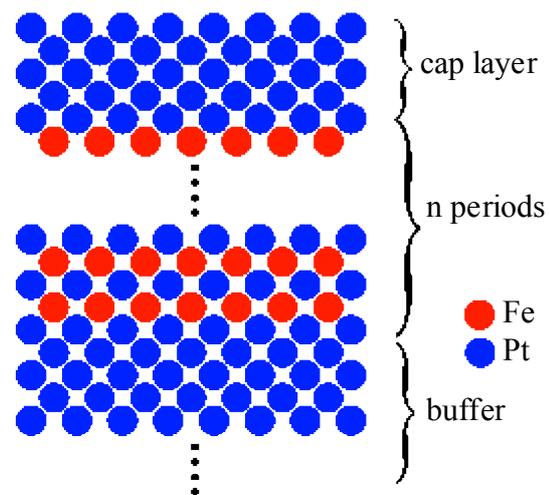


図 1 試料とした FePt 単結晶薄膜の構造の模式図。

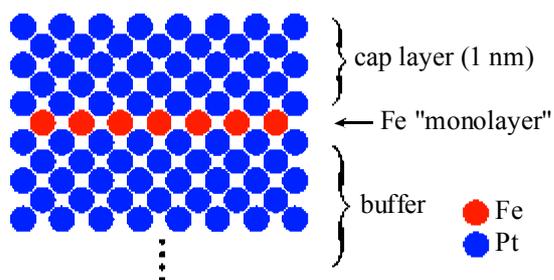


図2 上下をPt層で挟まれた単原子Fe層

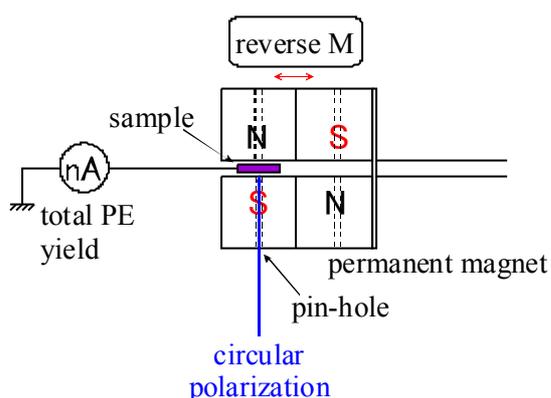


図3 永久磁石型 XMCD 測定装置の概要(上面図)

定することで、光吸収スペクトル(XAS)を得る。偏光変調測定では、光源である2台のヘリカルアンジュレータを互いに逆の円偏光に設定し、アンジュレータ前後に装備された電子軌道キッカーを制御することで試料に正負の極性の円偏光を交互に照射する。偏光変調測定の利点は、試料に磁場をかけた状態で測定すること(磁場中測定)も、試料にいったん磁場をかけた後、試料を永久磁石の磁気回路から上に引き抜く(図3参照)ことで、残留磁化状態での測定(残留磁化測定)もできることである。

上部Pt層の下にある一原子層の磁気モーメントを測定する必要があるため、表面から測った深度方向の感度が10 nm程度あつてかつ微量分析が可能なXMCDは最適な測定手法といつてよい。

結果: $n=3$ すなわち3周期のFePt超薄膜においては、 $T=300\text{ K}$ で磁場中測定したところ、

$n \geq 5$ と同程度のXMCDが観測された。このことより、 $n=3$ においては $T_c > 300\text{ K}$ であることがわかる。

つぎに、薄い極限である $n=1$ の系について測定を行った。まず磁場中のXMCD強度は、 $T=300\text{ K}$ で $n \geq 3$ の1/3程度、 $T=40\text{ K}$ で $n \geq 3$ と同程度であった。これは $T=300\text{ K}$ ではゼロ磁場では強磁性でなく磁場によって磁気モーメントが誘起されていることを示唆する。

そこでゼロ磁場下での測定すなわち残留磁化測定を、温度を変えながら行った。残留磁化下でのXMCD強度の温度依存性は、 $T \sim 160\text{ K}$ で昇温とともに急激な減少を示し、 $T \geq 170\text{ K}$ ではほぼゼロとなる。このことから、 $n=1$ の系、すなわち上下をPt層で挟まれた単原子Fe層は $T_c \sim 160\text{ K}$ の強磁性体であることが強く示唆される。

まとめ: 本研究を通して明らかになったことは、(1) FeとPtを単原子層ずつ交互蒸着したFePt単結晶超薄膜は、FePt周期数が3以上では室温以上のキュリー温度を持つこと。(2) 周期数1、言い換えると上下をPtではさまれた単原子Fe層は、キュリー温度が160 K前後の強磁性体であることである。

今後の課題は、(a) 周期数2の場合の振る舞いを解明することと、(b) 上記の単原子Fe層の強磁性の発現機構を解明することである。