

## 単原子層制御された磁性薄膜の蛍光 X線ホログラフィー

高橋 幸生<sup>a</sup>、林 好一<sup>b</sup>、松原 英一郎<sup>b</sup>、嶋 敏之<sup>b</sup>、高梨 弘毅<sup>b</sup>

<sup>a</sup>東北大学大学院工学研究科、<sup>b</sup>東北大学金属材料研究所

### [はじめに]

蛍光 X線ホログラフィー(XFH)法は特定元素周りの3次元原子配置を決定できる構造解析技術として注目を集めている。これまで、XFH法を用いた応用研究として半導体中のドーパント元素の置換サイトの決定<sup>1)</sup>やAIPdMn単準結晶の構造評価<sup>2)</sup>が報告されている。原子構造の3次元配列を実験的に直接決定できるこの方法の特徴を活かして、現在我々は人工格子の構造解析を試みている。

最近、次世代の超高密度磁気記録媒体材料としてL1<sub>0</sub>構造を有するFePtが注目を集めており、実用化へ向けた薄膜の低温合成が報告されている<sup>3)</sup>。このような人工薄膜の構造は、主にX線回折法によって格子定数や長範囲規則度などが評価されているが、結晶磁気異方性を大きく左右する特定元素周りの局所的な原子配置や短範囲規則度についてはほとんど報告がない。XFH法は、薄膜の局所構造の面内、面直方向を独立して評価できるため、より詳細な薄膜の構造評価を行うことができる。本研究では、XFH法を単原子層制御法で作製されたFePt薄膜の構造評価に適用した。

### [実験方法]

図1に試料に使用したFePt薄膜の模式図を示す。単結晶のMgO(001)基板上にシード層としてFeを1.0nm、続けてバッファ層としてPtを40nm成膜した。その後、単原子層のFeおよびPtを交互に繰り返し50回積層した。このFePt薄膜は基板温度120°C以上で、L1<sub>0</sub>型規則構造をとることが報告されており、本実験では基板温度230°C、120°Cで成膜したFePt薄膜を使用した。X線回折測定の結果、この2つの薄膜の長範囲規則度を示す値Sはそれぞれ0.8±0.1、0.3±0.1であった<sup>1)</sup>。

このFePt薄膜のホログラム測定をBL37XUにて行った。図2に実験配置を示す。 $\theta$ は試料表面と入

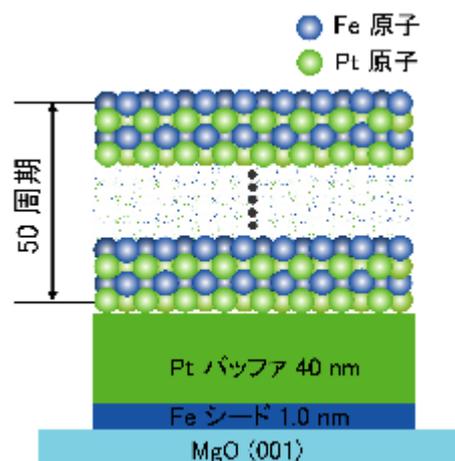


図1 FePt薄膜の模式図。

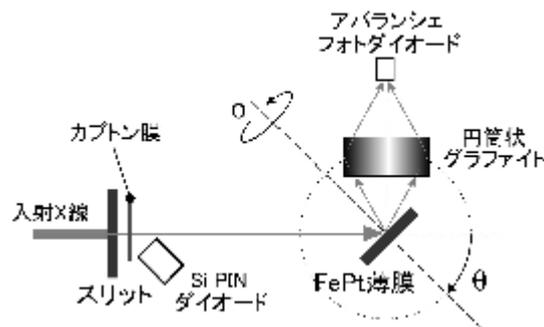


図2 ホログラム測定の実験配置。

射X線のなす角であり、 $\phi$ は試料垂直軸まわりの方位角である。入射X線のエネルギーは、PtのL線によるFeのK線の二次的な励起を避けるためにFeのK吸収端(7.112keV)とPtのL<sub>III</sub>吸収端(11.564keV)の間を、9.5keVから11.5keVまで0.25keVステップで9つの異なる入射X線エネルギーでFePt薄膜中のFeの蛍光X線ホログラムを測定した。入射X線のビームサイズは4象限スリットで縦0.5mm横0.3mmにし、ポリイミドフィルムをX線が透過する際に発生する散乱X線の強度をSi PIN photodiodeにて測定しI<sub>0</sub>強度をモニターした。試料から発するFeのK<sub>α</sub>線は円筒状グラファイトアナ

レーザーで分光した後、アバランシェ・フォトダイオードにて検出した。1つのエネルギーのホログラムを測定するのに約2.5時間を要した。2試料に対してそれぞれ測定された9つのホログラムパターンはバートのアルゴリズムを用いて原子像が再生された。

### [結果および考察]

図3にL<sub>10</sub>型のFePt合金の模式図を示す。また、図4にFePt薄膜のPt層の再生像を示す。白丸で示しているのはバルクのL<sub>10</sub>型FePtの格子定数から予想されるPt原子の位置である。図3(a)に比べて図3(b)の再生像はアーティファクトが少なく中心から1.3nm程度遠方のPt原子まで明瞭に再生されているのが分かる。2つの再生像の違いは、おそらくL<sub>10</sub>構造に規則化されているドメインのサイズによるもので、この場合、120°Cの成膜条件で作製された薄膜は230°Cで成膜されたものよりL<sub>10</sub>のドメインサイズが小さいと考えられる。これは、磁気力顕微鏡による磁区構造からの考察<sup>4)</sup>と一致している。今後は、薄膜面内のX線回折測定およびX線全反射法による薄膜表面のラフネスの評価を行うことにより、FePt薄膜の構造評価をより詳細まで行うことを考えている。

### [参考文献]

- 1) K. Hayashi, M. Matsui, Y. Awakura, T. Kaneyoshi, H. Tanida and M. Ishii, Phys. Rev. B **63**(2000), 410201-1.
- 2) S. Marchesini, F. Schmithubsen, M. Tegze, G. Faigel, Y. Calvayrac, M. Belakhovsky, J. Chevrier and A. S. Simionovici, Phys. Rev. Lett. **85**(2000), 4723.
- 3) T. Shima, T. Moriguchi, S. Mitani and K. Takanashi, Appl. Phys. Lett. **80**(2002), 288.
- 4) 嶋敏之, 高梨弘毅, まてりあ **42**(2003), 481.

### [研究成果]

- [1] 林好一, 高橋幸生, 松原英一郎, 応用物理 **72**(2003), 865.

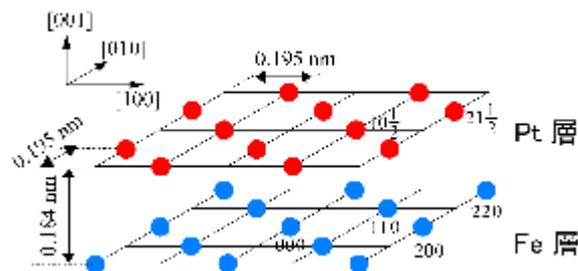


図3 FePtのL<sub>10</sub>型構造の模式図。

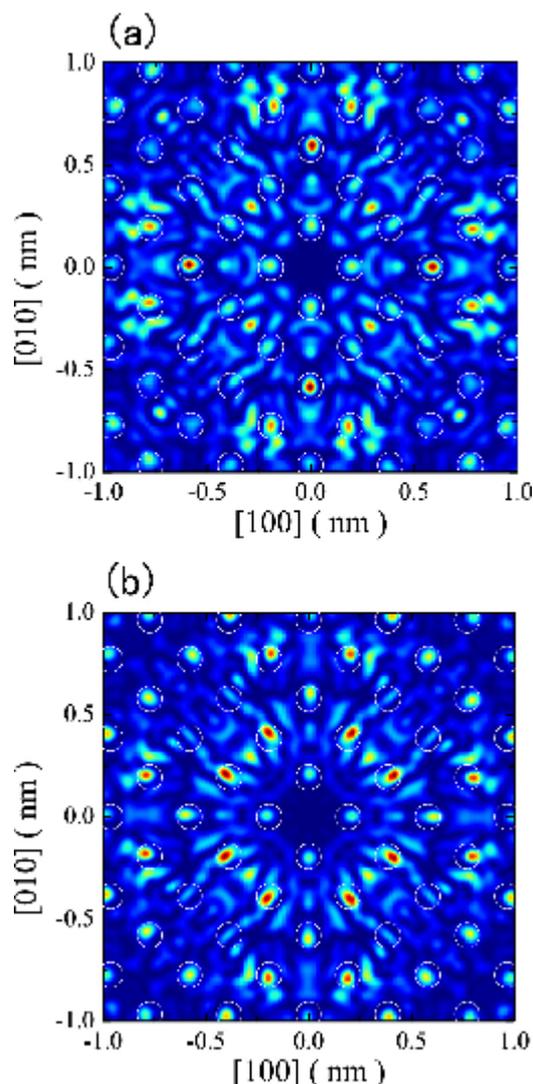


図4 FePt薄膜中のPt層の再生像。(a)基板温度120°C。(b)基板温度230°C。