

## X線回折によるL<sub>1</sub><sub>0</sub>型FeNi超格子の構造評価 Analysis on crystal structures of L<sub>1</sub><sub>0</sub> type FeNi films by X-ray diffraction

水口 将輝<sup>a</sup>, 小嶋 隆幸<sup>a</sup>, 櫻田 俊<sup>a</sup>, 高梨 弘毅<sup>a</sup>, 小嗣 真人<sup>b</sup>, 大坂 恵一<sup>b</sup>, 小金澤 智之<sup>b</sup>  
Masaki Mizuguchi<sup>a</sup>, Takayuki Kojima<sup>a</sup>, Takashi Sakurada<sup>a</sup>, Koki Takanashi<sup>a</sup>,  
Masato Kotsugi<sup>b</sup>, Keiichi Osaka<sup>b</sup>, Tomoyuki Koganezawa<sup>b</sup>,

<sup>a</sup>東北大学 金属材料研究所, <sup>b</sup>(財)高輝度光科学研究センター  
<sup>a</sup>IMR-Tohoku Univ., <sup>b</sup>JASRI

放射光を用いたX線回折により、次世代磁気記録材料の一つとして期待されるL<sub>1</sub><sub>0</sub>型規則合金であるFeNi薄膜の結晶構造評価を行った。分子線エピタキシー法により作製したFeNi薄膜の微小角入射X線回折スペクトルを測定したところ、試料の超格子スペクトルのピーク強度が、FeNi層の積層回数に依存して変化することが分かった。また、規則度は積層回数20回以上で飽和することが分かった。これらの結果から、高規則度のL<sub>1</sub><sub>0</sub>-FeNi薄膜を作製するためには概ね20回以上の交互積層が必要であることが分かった。

キーワード： X線回折、結晶構造、規則合金

### 背景と研究目的：

近年、高速インターネット通信の普及、デジタルハイビジョン放送の開始などを背景に、取り扱うデータ量は加速度的に上昇している。その大量データを保存活用するために、高速性やコストに優れた磁気記録媒体がストレージ機器の主力として研究開発されている。次世代磁気記録材料の一つとしてL<sub>1</sub><sub>0</sub>型のFePtおよびCoPt規則合金が盛んに研究されているが、Ptは価格が高騰しており、代替素材の登場が望まれている。我々は、そのようなレアメタルフリーの記録媒体として、材料が潤沢で安価なFeとNiを用いて、L<sub>1</sub><sub>0</sub>型FeNi規則合金の作製を推進してきた。最近、分子線エピタキシーの技術を活用することで、L<sub>1</sub><sub>0</sub>型的人工格子を作製するに至った[1]。通常のFeNiは不規則相として知られており、磁気特性もL<sub>1</sub><sub>0</sub>-FeNiのそれとは大きく異なる。格子の規則度や格子歪みに強く依存して、磁気記録媒体の機能性の指標の一つである磁気異方性は急激に変化することが知られている。磁気異方性の起源は一般的にはスピン軌道相互作用に寄るものであり、格子状態と磁気特性が密接に関連して生じる。FeとPtの場合では原子半径には大きな差があるが、FeとNiのそれはほぼ等しく、これが規則化を困難にしている一因と予想される。つまり、安価で環境に優しい大容量磁気記録媒体を実現させるためには、FeNiの結晶構造をこれまで以上に詳細に研究する必要がある。そこで、我々は、放射光XRDを用いて試料の結晶構造を高い精度で評価することにより、優れた機能性を呈する人工格子の構造特性を明らかにする事を目的として、研究を進めた。特に今回は、FeNi層の積層回数に依存してL<sub>1</sub><sub>0</sub>規則度がどの様に変化するのかを調べた。

### 実験：

試料の作製は、分子線エピタキシー法により行った。MgO基板上にシードレイヤーとしてFeを1nm蒸着し、Auを20nm、Cuを50nm蒸着した後、Au、CuおよびNiを同時に蒸着しAu-Cu-Ni合金バッファ層を作製した。その後、FeとNiを単原子層毎に交互に積層させて薄膜作製を行った。基板温度および成長レートを精密に制御し、単原子交互積層を行った。放射光を用いたX線回折実験は、BL46XUでアンジュレータ光源からのX線により行った。多軸X線回折計を用い、数種類の成膜条件で作製した試料の微小角入射X線回折を行った。X線の入射エネルギーは、6.90 eV~7.14 eVの範囲で行った。

### 結果および考察：

図1に積層回数が異なるFeNi薄膜の(110)L<sub>1</sub><sub>0</sub>-FeNi超格子回折ピークを示す。強度は(200)基本ピークの積分強度で規格化している。FeおよびNiの積層回数が5回および10回の試料では、積層回数が20回および40回の試料に比べて超格子ピーク強度が著しく小さくなっている。

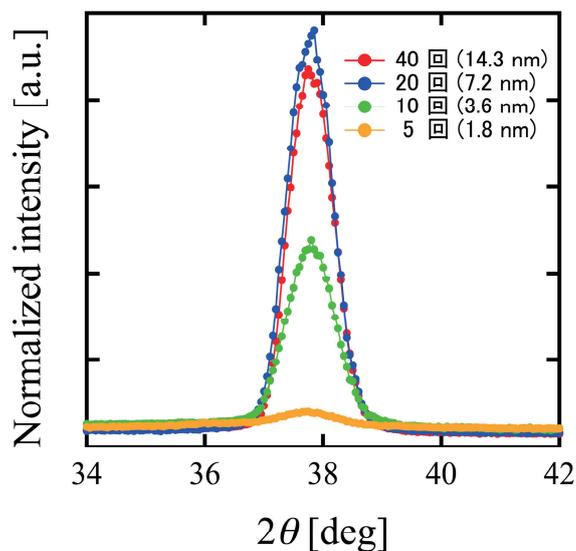


図 1. L<sub>10</sub>型 FeNi 薄膜の(110)超格子 X 線回折スペクトルの積層回数依存性。

これらの試料について超格子ピークと基本ピークの積分強度比から規則度を見積もった(図 2)。積層回数が少なく膜厚が薄い場合は規則度が小さく、高規則度の L<sub>10</sub>-FeNi 薄膜を作製するためには 20 回以上の交互積層が必要であることがわかった。

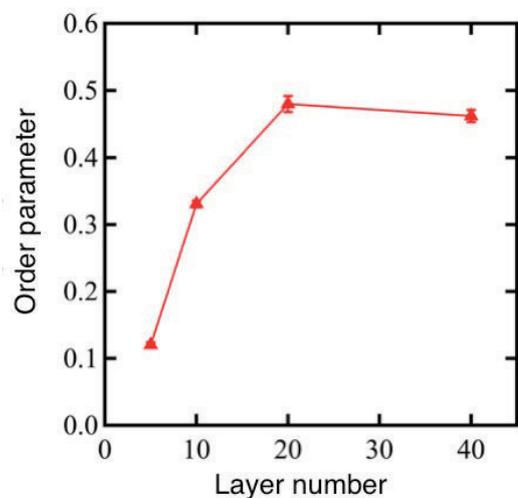


図 2. L<sub>10</sub>型 FeNi 薄膜の規則度の積層回数依存性。

今後の課題：

今後は、バッファ層の最適化と L<sub>10</sub>-FeNi 層の結晶構造との相関を探っていく必要がある。また、規則度と結晶磁気異方性に加え、格子不整合と歪みの影響の見積もりも進め、それらの関係についても明らかにしていく予定である。

参考文献：

[1]M. Mizuguchi *et al.*, J. Appl. Phys., **107**, 09A716 (2010).