

NdFe<sub>12</sub>、NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub> 薄膜の作製とその磁気特性評価

平山悠介、高橋有紀子、宝野和博  
(物質・材料研究機構)

Preparation and magnetic properties of NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub> thin film

Y.Hirayama, YK.Takahashi, K.Hono

(The Elements Strategy of Initiative Center for Magnetic Materials, National Institute for Materials Science)

## はじめに

R-Fe 系化合物 (R: 希土類元素) には多くの相が存在するが、ThMn<sub>12</sub> 相は鉄の含有量が最大であるために、大きな磁化が期待される。また、希土類元素の含有量が少なく、資源の観点からも非常に有用な材料である。薄膜では SmFe<sub>12</sub> の合成に成功した例があるが<sup>1)</sup>、バルクで ThMn<sub>12</sub> 構造を有する材料は、R(Fe, M)<sub>12</sub> のように Fe の一部を第三元素 M (Ti, Mo, V, W 等) に置換することで ThMn<sub>12</sub> 構造を保持できる<sup>2)</sup>。NdFe<sub>11</sub>Ti は窒素を導入することで一軸異方性を示し、磁化は 1.38 T、異方性磁界は 8.0 T (@300K)、キュリー温度は 740 K であり<sup>3)</sup>、高温では Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 磁石に匹敵する可能性を持つ。しかしながら、室温において保磁力は 1 T 以下に留まり、異方性磁界の約 1/10 程度である。高い保磁力を得るためには、保磁力機構の解明が必要不可欠であり、薄膜でのモデル磁石を用いた系統的な実験が求められる。そこで、本研究ではまず第三元素を添加せず、エピタキシャル NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub> 膜形成を目的として MgO(100) 単結晶基板の上に NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub> 膜の形成を試み、その結晶構造と磁気特性を評価した。

## 実験方法

試料作製には DC マグネトロン同時スパッタ法を用いた。600°C に加熱した MgO(100) 基板の上に下地層として W(001) をエピタキシャル成長させ、その上に約 70 nm の NdFe<sub>12</sub> (at. %) 膜を形成した。その後、15 mtorr の N<sub>2</sub> 雰囲気下、400°C において 1 時間窒化処理を行うことで NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub> 膜を得た。構造評価には XRD (RIGAKU, SmartLab)、TEM (FEI, TitanG2) を、磁化曲線測定には VSM (Quantum Design, Inc. MPMS SQUID VSM) を用いた。

## 実験結果

Fig.1(a) に作製した試料の XRD 結果を示す。Fig.1(b) には chi, phi を適切に設定することにより得られた面からの回折ピークを示した。これらのことより、両試料で多少の α-Fe の析出は確認できるものの、c 軸が MgO(001) 面に垂直であるエピタキシャル NdFe<sub>12</sub>(N) の作製に成功した。さらに、これらの回折パターンより、格子定数はそれぞれ a = 0.852 nm、c = 0.480 nm (NdFe<sub>12</sub>)、a = 0.849 nm、c = 0.492 nm (NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub>) と算出され、窒素を導入することで体積が約 1.8% 膨張したことがわかる。磁化測定結果より窒素を導入することにより、容易軸が ab 面から c 軸に変化し、一軸異方性を有する材料であることが確認できた。本発表では、詳細な磁化測定結果、TEM 観察結果も含めて報告する。

## 参考文献

- 1) Eric E. Fullerton *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **69** (1996) 2438.
- 2) K H. J. Buschow, *J. Appl. Phys.* **63** (1988) 3130.
- 3) Ying-chang Yang *et al.*, *Solid State Commun.* **78** (1991) 317.

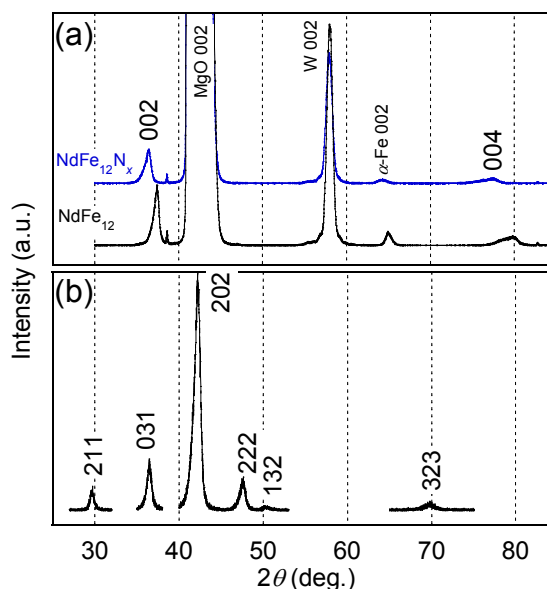


Fig.1 XRD spectra of NdFe<sub>12</sub> and NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub> (a) and obtained by setting the chi and phi appropriately in each plane of NdFe<sub>12</sub> film (b).