

## PLD厚膜磁石の磁区構造と磁化過程

堀裕貴 中村昶 竹澤昌晃\* 韓旭\*\* 近藤秀俊\*\* 清水大\*\* 柳井武志\*\* 中野正基\*\* 福永博俊\*\*  
(九州工業大学 大学院工学府 \*大学院工学研究院) (\*\*長崎大学 大学院工学研究科)

### 1 はじめに

近年、電気自動車向け駆動モータ用磁性材料として高トルク化・小型化が可能とされるネオジム磁石が使用されている[1]。しかし、ネオジム磁石はキュリー温度と異方性磁界が低いため駆動モータに使用する環境温度では保磁力の減少が問題になる。その解決策の一つとして重希土類元素を使用した高保磁力化があるが、高価であり資源問題をかかえている。そのため、重希土類を使用することなくネオジム磁石を代替でき、高耐熱性・高磁束密度・高保磁力を実現できる磁石材料としてSm-Co/ $\alpha$ -Fe系ナノコンポジット磁石が期待されている[2]。モータとして使用するためのバルク化には、最適な構造や寸法を知る必要があり、Sm-Co/ $\alpha$ -Fe系ナノコンポジット厚膜磁石の磁化過程を明らかにする必要がある。そこで、本研究では磁気Kerr効果顕微鏡を用いてPLD厚膜磁石断面の磁区観察を行ったので、その結果について報告する。

### 2 実験方法

観察試料はPLD法で作製されたSm-Co厚膜磁石であり、エポキシ樹脂による埋込後、耐水研磨紙、ダイヤモンドペーストによる機械研磨、アルミナ・コロイダルシリカによる化学研磨を行った。その後、磁区コントラストを強調するために反射防止膜としてSiO蒸着を行った。観察面はSm-Co厚膜磁石断面であり、試料の保磁力はFig.1に示すように面内方向で280 kA/m程度である。観察にはKerr効果顕微鏡と電磁石を組み合わせた磁区観察システムを用いた。観察試料の面内方向に沿って1600 kA/mまで磁界を印加し、厚膜断面の磁区構造変化を観察した。観察後、磁化反転箇所を容易に把握できるように画像処理ソフトウェアを用いてコントラストの強調を行った。

### 3 実験結果と考察

Fig.2にSm-Co厚膜磁石の磁区観察結果を示す。図中赤四角で囲った部分を画像処理ソフトウェアによりコントラスト強調した画像をFig.3に示す。磁区コントラストに注目すると、Fig.3(a)に示す磁界印加前では磁化の右向き成分を示す暗いコントラストだったのに対して、同図(b)に示す左向きに400 kA/mの磁界を印加した際には、明るいコントラストに変化しており、この領域で磁界印加方向に磁化反転が発生する様子を観察できた。この磁化反転領域は約5  $\mu\text{m}$ であり、結晶粒径がnm寸法であることを考えると、多数の結晶粒が集団で磁化反転していると考えられることができる。焼結磁石でも同様の磁化機構が報告されているが、結晶粒間の相互作用によって低保磁力の結晶粒の磁化反転が周辺の結晶粒に伝搬したものだと考えられる。これは磁石試料の保磁力を低減させる原因となるため、高保磁力を得るにはより均一な結晶組織を作製する必要があると考えられる。

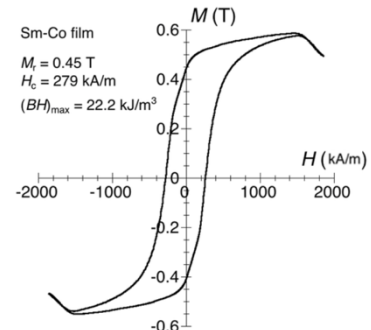


Fig.1 Sm-Co厚膜磁石の磁化曲線

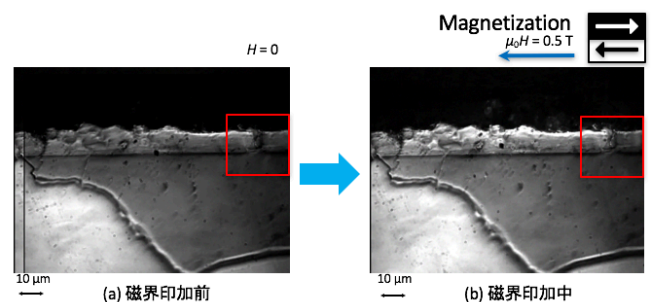


Fig. 2 Sm-Co厚膜磁石の磁区構造変化

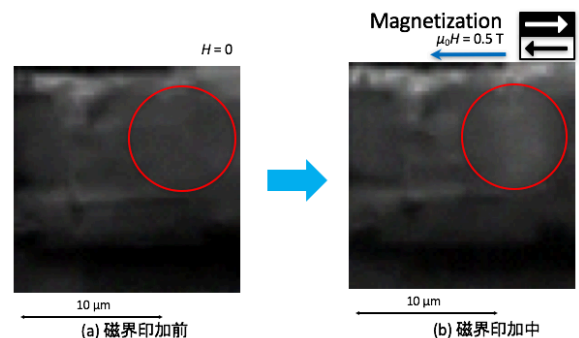


Fig. 3 Sm-Co厚膜磁石の磁区構造変化(拡大図)

### 謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものです。

### 参考文献

- [1] S. Sugimoto, "Current status and recent topics of rare-earth permanent magnets," *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **44**, 064001 (2011).
- [2] A. Tou, T. Morimura, M. Nakano, T. Yamai, and H. Fukunaga, "Magnetic properties and microstructure of Sm-Co/ $\alpha$ -Fe nanocomposite thick film-magnets composed of multi-layers over 700 layers," *J. Appl. Phys.*, **115**, 17A748 (2014).