

(1-1)

論文内容の要旨

No. 1

専攻名	電気情報工学専攻	氏名	堤卓
題名	Nd-Fe-B (-Ga) 異方性厚膜磁石の磁気特性に関する研究		
論文内容の要旨			
<p>電子情報機器の小型・薄型化の進展に伴い、それらの機器内部における駆動用モータ等に使用される永久磁石においても小型化が所望されている。具体的には、(1) 機械的な切削加工等によるバルク磁石の薄手化ならびに (2) 成膜プロセスを用いた厚膜磁石の作製などが盛んに報告されている。「外部へ供給する磁界」や「熱等の影響に対する安定性」を鑑みると、高残留磁化ならびに高保磁力を同時に実現可能なNd-Fe-B系小型磁石が最も有望視されている。中でも代表的なボトムアップ手法であるスパッタリング法を用いたNd-Fe-B系異方性厚膜磁石の研究は、「TaやTb等の他の金属との多層化に関する内容」も含め数多くなされており、優れた硬磁気特性が報告されてきた。しかしながら、Nd, Fe, B以外の第4元素となる添加物を用いた厚膜磁石の磁気特性の向上に関する検討課題は残されている。本研究では、高いレーザーエネルギーを合金ターゲットに照射し堆積させる手法であるPLD(Pulsed Laser Deposition)法を用い、添加物を施した際の磁気特性ならびに異方化に及ぼす基板加熱の条件ならびにNd含有量の影響等を検討し、磁気特性の向上を図った。</p> <p>本実験では、Nd-Fe-B系合金ターゲットに紫外線波長の高エネルギーYAGレーザーを照射し、数μm径以上の固相ドロレットを中心とした微粒子を基板上に堆積させることにより、数$10\mu\text{m}$厚以上の厚膜磁石を作製した。その際、基板ならびに成膜雰囲気を選択したうえで高温に基板を加熱すると、堆積される金属間化合物の原子の最密面が優先的に成長する現象を利用し、Nd-Fe-B系異方性厚膜磁石を作製した。具体的には、ターゲットと基板間に通電式の抵抗加熱ヒータを設置し、$10\mu\text{m/h}$以上の高速成膜のもと、電流値を制御することにより、基板温度を$500\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$の間で制御し異方化を図った。以下に得られた知見を示す。</p>			

(1-2)

論文内容の要旨

No. 2

専攻名	電気情報工学専攻	氏名	堤 卓
<p>(1) 添加物として、Zr, Nb, Gaを検討したところ、Gaが異方性ならびに磁気特性の向上に最も有効であった。その際の磁気特性に対する最適な基板加熱電流値は22 A程度であり、基板温度として600 °C程度であることを確認した。</p> <p>(2) $\text{Nd}_{2.4}\text{Fe}_{14}\text{B} + \text{Ga}_{0.5\text{at.}\%}$合金ターゲットを用い、基板加熱成膜により異方性磁石膜を作製したところ、添加物なし$\text{Nd}_{2.4}\text{Fe}_{14}\text{B}$ターゲットにより作製した異方性厚膜磁石に比べ、残留磁化が0.1 T、保磁力が200 kA/m、$(\text{BH})_{\text{max}}$が25 kJ/m³程度向上した。加えて、結晶構造を観察したところ、垂直異方化に起因する(008)面と、ランダム配向において最大の強度を示す(410)面との反射強度比が3倍以上になり、結晶学的にも配向性の向上を確認した。これらの結果は、0.5 at%程度の微量なGa添加が磁気特性ならびに配向性の向上に有効であることを示唆するものである。</p> <p>(3) Ga添加量を0.5 at%に固定し、Nd含有量を変化させ作製したターゲットを利用し異方性厚膜磁石を作製したところ、$\text{Nd}_{2.6}\text{Fe}_{14}\text{B} + \text{Ga}_{0.5\text{at.}\%}$ターゲットを用いた際、残留磁化：0.95 T、保磁力：876 kA/m、$(\text{BH})_{\text{max}}$：146 kJ/m³の値を実現した。</p> <p>(4) 上記の試料において成膜を終了した後、更に基板加熱のみをチャンバー内で継続し異方性厚膜磁石を作製したところ、継続時間を最適化することで角型性ならびに残留磁化、$(\text{BH})_{\text{max}}$をより一層向上できることが明らかとなった。そのひとつの結果として、加熱継続時間を15分の条件で作製した際、残留磁化：1.05 T、保磁力：617 kA/m、$(\text{BH})_{\text{max}}$：183 kJ/m³の値が得られており、本研究室で開発してきたNd-Fe-B系異方性厚膜磁石の磁気特性の中で最も優れた硬磁気特性の発現に至った。</p>			