

(1-1)

論文内容の要旨

No. 1

専攻名	電気情報工学専攻	氏名	山脇一生
題名	真空アーク蒸着法を用い作製したNd-Fe-B系磁石膜の諸特性に関する研究		
論文内容の要旨			
<p>モータの小型化における希土類系磁石の貢献は多大であり、今後も優れた硬磁気特性を有する小型・薄肉化された希土類系磁石の開発が強く望まれている。現状においては、小型磁石を磁界発生源として利用することを鑑みると、少なくとも数 μm もしくは数10 μm 程度の厚みが必要と考えられる。ここ数年、数 μm 以上の径を有する微粒子を高速で堆積させ厚膜磁石を形成する手法が注目されており、例えばプラズマ放射やエアロゾルデポジション法による希土類系厚膜磁石の作製が報告されてきた。しかしながら、上記の手法は 10^4 Pa 以下の高真空中での成膜は現在のところ困難であり、厚膜磁石形成時の酸化に伴う残留磁化の低下は免れない状況にある。一方、上記の手法に比べ成膜速度は劣るものの、高真空中での微粒子堆積を可能とした成膜手法としてPLD(Pulsed Laser Deposition)法が知られている。具体的には、高真空中において、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レーザを照射し、数 μm 径以上の固相ドロップ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 μm 厚以上の等方性厚膜磁石を作製可能とした。</p> <p>本研究では、同様なアイデアのもと、比較的簡便な手法である真空アーク蒸着法に着目した。これは、Nd-Fe-B合金ターゲットをカソードとし、アノードとの間でパルス状の真空アーク放電を発生させ、ターゲット表面から材料を蒸発、飛散させることでNd-Fe-B系磁石膜を基板上に堆積させる手法である。一般的に、真空アーク蒸着法に用いるパルス幅はマイクロ秒オーダーであり、PLD法のナノ秒オーダーに比べ著しく大きいため、合金ターゲットより飛び出す微粒子は、液相ドロップレット（液滴）になることが知られている。そこで本研究では、高真空中での液相ドロップレットを利用したNd-Fe-B系磁石膜の作製の可能性を検討した。具体的な実験手法として、コンデンサー容量：8800 μF、充電電圧：100 Vならびに放電周波数：1 Hzの条件のもと、ターゲット内のNd含有量($\text{Nd}_x\text{Fe}_{14}\text{B}$：$x = 1.6 \sim 2.6$)、放電回数ならびに熱処理条件等を制御し、その表面状態、膜厚分布、組成分布、</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	山脇一生
<p>磁気特性ならびに結晶構造等の諸特性を検討した。以下に得られた知見を示す。</p> <p>(1) 5 mm角のTa基板上に、ターゲット - 基板間距離を30 mmとしNd-Fe-B膜を堆積させた際、数 10 μm程度まで剥離することなく厚膜化できることを確認した。その際の成膜速度は約 10 $\mu\text{m}/\text{h}$であった。一部の実験において、放電回数を15000 shots以上に著しく増加させた際、平均の成膜速度が20 $\mu\text{m}/\text{h}$程度まで増加し、膜厚も100 μm程度に達した。これは、後述する固相ドロプレットの発生と関連するものと考えられる。</p> <p>(2) 上記と同様な実験を通じて、Nd-Fe-B系磁石膜に含有するNd量とターゲットのものを比較すると、いずれの試料も1~2 at%程度のずれの範囲内に抑まることを確認した。すなわちNdとFeの含有比の転写は、比較的良好であることを確認した。</p> <p>(3) 放電回数10000 shots以内の堆積においては、液相のドロプレットが主に観測されたものの、15000 shots以上の放電回数においては、固相のドロプレットが混在するものもしくは固相のドロプレットを中心に堆積する様子が観測された。ドロプレットの形態ならびに相変化が形成される一つの原因として、成膜に伴うターゲットの形状変化により、ドロプレットが形成されるメカニズムが変化したものと考えられるが、今後詳細な検討を進める必要がある。</p> <p>(4) 放電回数20000 shots程度の堆積、すなわち液相ならびに固相微粒子が混在した30~40 μm厚程度の試料を成膜した後、パルス熱処理を施したところ、試料に含まれるNd量の増加に伴い保磁力ならびに残留磁化は比例ならびに反比例する傾向が得られた。加えて、$(BH)_{\text{max}}$の最大値は化学量論組成付近で得られることを確認した。</p> <p>(5) 上記の試料において、化学量論組成に対しNdリッチなものは、残留磁化付近で二段化する様子が多く観察されたのに対し、化学量論組成付近の試料のM-Hループでは二段化が抑制する様子が観察された。詳細な原因は不明であるものの、化学量論組成付近の試料においては、静磁気相互作用と共に粒間の交換結合も働き、二段化の抑制が図られたものと考えられる。</p> <p>(6) ほぼ化学量論組成を有する等方性厚膜磁石の磁気特性として、残留磁化：0.69 T、保磁力：620 T、$(BH)_{\text{max}}$：56 kJ/m^3の値を実現した。</p>			