

金属層で拘束した Nd₂Fe₁₄B 膜の保磁力の温度係数

佐藤 岳、金子 裕治
(豊田中央研究所)

Temperature coefficient of coercivity of Nd₂Fe₁₄B film improved by covering metal layer

T. Sato and Y. Kaneko
(Toyota Central R&D Labs., Inc.)

はじめに

ハイブリッド車(HV)・電気自動車(EV)モータ用の Nd-Fe-B 系磁石には、耐熱性を確保するためにジスプロシウム(Dy)が使用されている。しかし、希少元素である Dy の使用量の低減が強く要求され、これまでに微粒子化や粒界改質などにより保磁力を向上させる Dy 代替技術が検討されている。本研究では、Nd-Fe-B 系磁石の耐熱性を改善する手法として保磁力の温度依存性に着目した。Nd-Fe-B 系磁石は温度上昇に伴い保磁力が減少するため、保磁力の温度変化を抑制すれば耐熱性の向上が可能と考えられる。

保磁力の温度変化の要因の 1 つは、温度上昇による Nd₂Fe₁₄B 合金の異方性磁界の減少¹⁾である。その異方性磁界の起源である Nd₂Fe₁₄B の結晶格子は温度変化によって熱膨張する²⁾。そのため、Nd₂Fe₁₄B の結晶格子を拘束することで異方性磁界の温度変化を抑制できる可能性がある。本研究では、Nd₂Fe₁₄B 結晶格子の熱膨張の抑制による異方性磁界の温度変化の低減を期待して、Nd₂Fe₁₄B 膜を線膨張率の異なる金属層で被覆した場合の保磁力の温度係数を検討した。

実験方法

試料は、超高真空スパッタ装置(到達真空度 5×10^{-8} Pa 以下)にて作製し、膜構成は MgO(100)単結晶基板/ Ta 10 nm/ Nd₂Fe₈₁B₇ 100 nm/ 被覆層 X 100 nm とした。Nd-Fe-B 層の成膜時には 650°C の基板加熱を行い、被覆層 X は 50°C 以下に冷却した後に Nd-Fe-B 層上に成膜した。作製した Nd-Fe-B 層の表面は負の線膨張率を持つ Nd₂Fe₁₄B 相の c 面であるため、その被覆層 X には正の線膨張率を持つ Mo、Ta、Cr、Cu、Al を用いて熱膨張の低減を図った。磁気特性の評価には、SQUID 磁束計(最大印加磁場 50 kOe)、VSM(最大印加磁場 18 kOe)および磁気トルク計を用いた。また、構造解析は XRD(Cu K α 線源)、微細組織の解析は STEM/EDX にて行った。

実験結果

試料の室温での保磁力はいずれも約 8 kOe であったが、高温の保磁力では被覆層 X により差異が見られた。Fig.1 に、被覆層 X に用いた金属の線膨張率に対する保磁力の温度係数を示す。線膨張率の小さい Mo の場合には、温度係数は -0.43 %/°C であったが、線膨張率の増加と共に -0.30 %/°C まで向上した。この被覆金属による温度係数の変化は、被覆層 X の線膨張率の増加により Nd₂Fe₁₄B 結晶格子の拘束がより強くなったためと推察される。

金属被覆により保磁力の温度係数が変化した要因を明らかにするため、200°C での異方性磁界の評価を行った。温度係数への効果が小さい Mo では 22 kOe であったが、改善が見られた Cu では 30 kOe と約 1.5 倍の値を示し、保磁力の温度係数への金属被覆の効果が高温での異方性磁界の向上に起因することがわかった。

以上のように、Nd₂Fe₁₄B 結晶粒に熱膨張差の大きい金属を被覆することで保磁力の温度係数の向上が確認された。

参考文献

- 1) S. Hirose et al., *J. Appl. Phys.*, **59**, 873(1986).
- 2) A.V. Andreev et al., *Sov. Phys. Solid State*, **27**, 987 (1985).

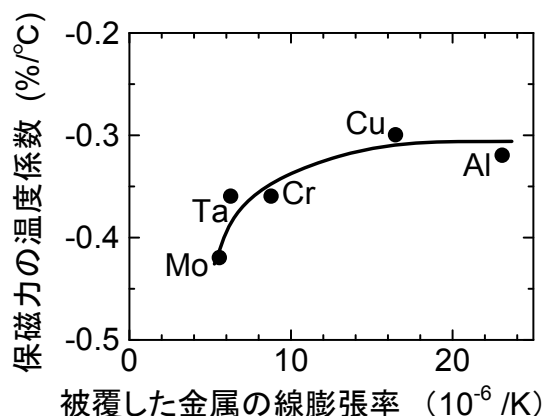


Fig.1 Nd-Fe-B/X(= Mo, Ta, Cr, Cu, Al)膜の被覆した金属 X の線膨張率(27°Cにおける値)に対する保磁力の温度係数の変化.