

超音速フリージェット PVD による Fe 基磁性膜の開発

○湯本 敦史^{*1)}、中村 勲^{*2)}

1. はじめに

現在、構造材料・機能材料を問わず、コーティング技術が材料の特性の向上・高機能化において重要な材料技術の一つであるとの位置付けが認知されつつある。近年、種々の優れた成膜法が開発され、さまざまな分野で実用化が進んでいる。しかし、数十 μm 以上の膜厚を有する良好な皮膜特性を持つ皮膜を高い成膜速度で成膜するプロセスに関しては、未だ確立された技術がなく、新規成膜法の開発が模索されている。

本研究では、高い成膜速度で緻密な皮膜形成を達成する新しいコーティング技術として、超音速フリージェット PVD を提案・開発している。本法は、不活性ガス雰囲気中で皮膜となる原料を加熱蒸発させることにより生成される nm サイズの粒子（ナノ粒子）を、超音速のガス流により加速させ、基板上にナノ粒子を堆積させることにより皮膜形成させる新しい原理による技術である。磁気特性は微細構造に敏感に変化し、優れた磁気特性を有する材料を開発するためには、微細構造の制御を可能とする製造法の開発が必要とされている。本発表では、超音速フリージェット PVD によりナノ結晶 Fe 基軟磁性膜および NdFeB 系硬磁性膜を成膜し、成膜条件が及ぼす磁気特性への影響を評価検討した結果を報告する。

2. 実験方法 超音速フリージェット PVD (Supersonic Free-Jet PVD; SFJ-PVD)

SFJ-PVD 装置の概略図を図 1 に示す。本装置は、ナノ粒子生成室と膜形成室、および真空排気系で構成されている。生成室と膜形成室は搬送管により連結されており、搬送管の先端には超音速ノズルが取り付けられている。真空排気系により両チャンバを減圧し、生成室側から不活性ガスを導入すると、両チャンバ間の差圧により生成室側から膜形成室側へのガス流が発生する。不活性ガス雰囲気としたナノ粒子生成室で、膜材料を加熱蒸発させ、蒸発した材料原子が不活性ガス原子との衝突により冷却・凝集し、ナノ粒子となる。生成させたナノ粒子は、ガス流により搬送管を通して膜形成室に搬送され、搬送管先端の超音速ガス流によりナノ粒子が高速に加速され、基板に衝突・堆積して膜を形成する。

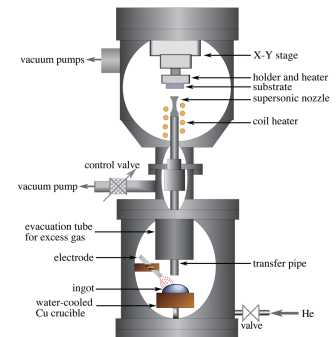


図 1. SFJ-PVD 装置概略図

3. 結果・考察

膜断面の SEM 写真を図 2 に示す。図 2 により、Fe 膜、NdFeB 膜ともに、膜中および基板界面にき裂などの欠陥は観察されず、緻密な皮膜が形成されていることが確認された。また、TEM 観察および X 線回折結果から、Fe 膜の結晶粒径が $\sim 20\text{nm}$ 程度の等軸 α 相で構成されていること、配向性の無い多結晶膜であることが確認された。

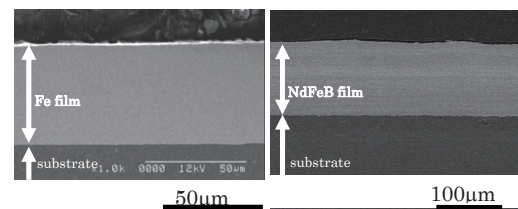


図 2. 膜断面 SEM 写真

(a) Fe 膜、(b) NdFeB 膜

4. まとめ

本研究は、超音速フリージェット PVD により Fe 基軟磁性膜および NdFeB 硬磁性膜の形成を試み、膜性状および磁気特性を評価検討した。形成させた Fe 膜および NdFeB 膜ともに緻密であり、Fe 膜は成膜条件により H_c が $72\text{A/m} \sim 875\text{A/m}$ と大きく変化すること、本研究で用いた実験条件では、NdFeB 膜の磁気特性は保磁力 1453.6A/m 、残留磁化 24.6T であることが明らかとなった。

*1)芝浦工業大学、*2)機械技術グループ