

超音速フリージェット PVD による Fe 厚膜の成膜と軟磁気特性

湯本敦史, 鷹野一朗*, 丹羽直毅*
(芝浦工大, *工学院大)

Formation and soft-magnetic properties of thick Fe film deposited by Supersonic Free-Jet PVD

A.Yumoto, I.Takano, N.Niwa
(Shibaura Inst. of Tech., *Kogakuin Univ.)

はじめに

超音速フリージェット PVD 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、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成膜技術である。これまでの研究成果により、ナノ粒子の堆積によって成膜される本法の皮膜はナノ結晶組織を呈し、また、高い成膜速度で膜厚数十 μm 以上の緻密な厚膜を形成させることが可能であることが既に明らかとなっている。軟磁性材料は、結晶粒をナノオーダーまで微細化していくと、保磁力が結晶サイズに比例して減少することがよく知られている。本研究は、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することを目的とする。

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 Fig.1 に示す。本装置は、ナノ粒子生成室 (Fig.1 下のチャンバ) と膜形成室 (Fig.1 上のチャンバ)、及び真空排気系で構成されている。ナノ粒子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、ナノ粒子生成室に不活性ガス (本研究では He を使用) 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り膜形成室に搬送、超音速ノズルによりガス流はマッハ 4.2 の超音速ガス流に加速され、ガス流と共に加速させたナノ粒子を基板上に堆積、膜を形成させる。

実験条件

基板には、 $\phi 5 \times 1.0(\text{mm})$ の A1050 アルミニウムを用い、膜原料には純鉄 (4N) を使用した。膜原料の加熱源にはアーク加熱を用い電力 0.6kW、基板は無加熱とし、超音速ノズルの形状差異による膜特性への影響を検討した。成膜した Fe 膜は、SEM, TEM, XRD, ビッカース硬さ試験, VSM により評価を行った。

実験結果

膜断面の SEM 写真を Fig.2 に示す。Fig.2 により膜中及び基板界面にき裂などの欠陥は観察されず、緻密な Fe 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。以上の結果は、本研究で検討した全条件において同じ結果であった。保磁力及びビッカース硬さは、成膜に用いるノズルの形状により異なり、 H_c が $32.6\text{A/m} \sim 132\text{A/m}$, H_v が $937 \sim 1190$ であった。

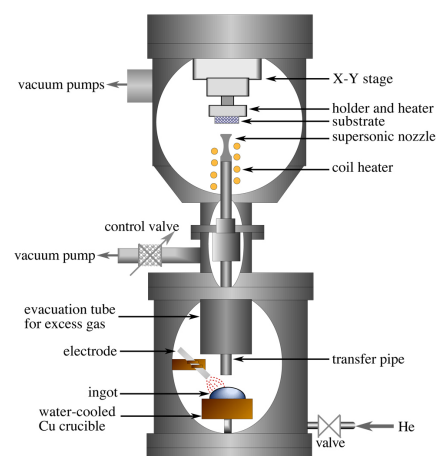


Fig.1 Schematic diagram of SFJ-PVD apparatus.

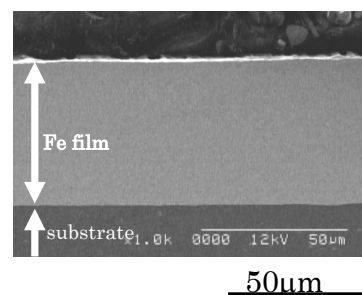


Fig.2 Cross-sectional SEM image of Fe film on A1050 substrate.