日大生産工(院)		〇山本	浩司
日大生産工	新妻	清純・移川	欣男

<u>1.はじめに</u>

一般に磁性体は、磁界に引き寄せられる性質を示し、 我々の日常生活の広い分野で利用されています。さら に磁性体には磁場の印加により長さあるいは体積が変 化するという現象があり,これが磁歪現象である。多く の磁性体では、磁歪の大きさは非常に小さく、Fe,Co,Ni などの強磁性体では、元の形状に対して約 0.0001%の 割合で変化する。従来,フェライト系などの磁歪材料は 振動子として魚群探知機や超音波発生器などに用いら れている。一方,磁歪現象を用い交流磁界を印加し,磁 歪を外部から非接触制御することも可能であり,ロボ ットの駆動部などのアクチュエータにも応用が期待さ れている。さらに,近年では,Feと希土類元素(Tb、Dy 等)の組成から成る物質は0.1%程度の巨大な磁歪量 を示すことが発見され,超磁歪材料として実用されて いる。そこで,本研究室では, Fe を中心とし,60%Co-40Fe 及び超磁歪材料として知られているTbFe2において 種々の成膜条件によってFe系薄膜を作製し磁歪現象 と諸物性を明確にすることを目的とした。

2.実験方法

2.1 作製方法

試料の作製方法として純度 99.95%の棒状Fe,純度 99.9%のチップ状Tb,純度 99.99%の粒状Coを蒸着源と し用い,次の方法で成膜した。EB蒸着法として,チャン バー内の真空度を 4.0×10⁻⁴Paとし,投入電圧 4kV,目 的膜厚 200nmとして薄膜を作製した。また,イオンプ レーティング法においては真空度 3.0×10⁻³Pa一定と し,シャッター開放時にプラズマを発生させ陰極の負 電圧により粒子を加速させ薄膜を作製した。基板には ソーダライムガラス及びポリミド基板を用いた。





試料の評価方法として,磁気特性には振動試料型磁 力計(VSM),結晶解析にはCu-K_αを線源とするX線回 折装置(XRD),組成分析には電子線マイクロアナライ ザ(EPMA),磁歪特性には歪ゲージをそれぞれ用いた。

3.実験結果及び考察

3.1X 線回折による結晶解析

得られたFe及びCo-Fe薄膜の 2 θ =40~90°における X線回折図形をFig.1に示す。図より, α -Feとして 2 θ =44.67°において α -Fe(110),2 θ =82.33°に α -Fe(211)からの回折線が確認された。さらに,Co-Feと してのCoからの回折線が確認されなかった。このこと からCo膜は,アモルファス化していると考えられる。次 に,Tbターゲット及びTb-Fe薄膜のX線回折図形を Fig.2に示す。図よりTbにおいては 2 θ =32.77°及び 2 θ =60.94°にTb(10·1),Tb(11·2)からの回折線が確認 され六方格子であることが確認された。なお,2 θ =21.84及び 26.18付近における回折線はポリミド基板 のものである。また,2 θ =29.06°にTb₂O₃(002)からの 回折線が確認されTbは酸化されていた。また,Tb-Feに

Fundamental Study on Magnetostriction Phenomenon of a Fe System Magnetic Thin Film Koji YAMAMOTO,Kiyozumi NIZUMA and Yoshio UTSUSHIKAWA おいては蒸着法において比較した結果,イオンプレー テイング法により作製した試料では鋭利な回折図形で あるため結晶性が良いことが確認された。さらに 2 θ =44.67°において α -Fe(110)からの回折線が認められ たがTbFe₂としての回折線は確認されなかった。



Fig.2 X-ray diffraction patterns of Tb and Tb-Fe thin films.

Table1 Ms and Hc of Fe thin films,Co-Fe thin films and Tb-Fe thin films prepared by each methods.

	Fe	Co-Fe	Tb-Fe
Ms [×10 ^{−4} Wb•m/kg]	2.61	2.69	2.72
Hc [KA/m]	7.61	5.92	2.34

3.2 VSMによる磁気特性

EB蒸着法により作製した試料Fe,Co-Fe及びTb-Fe の磁気特性をTable1に示す。表より,Feの飽和磁化MQ) は 2.61[Wb・m/kg]と標準値 2.74×10⁻⁴[Wb・m/kg] に近い値を示し保磁力Hcにおいては 7.61[kA/m]と大 きな値を示した。これは蒸着の際にFeが酸化したもの と考えられる。

<u>3.3 EPMAによる組成分析</u>

加速電圧 15[kV], プローブ径 10[μ m]で分析した Co-Fe, Tb-Fe 薄膜及び Tb-Fe ターゲットの組成分析結 果を Table2 に示す。表より,各試料において酸化が確 認された。Co-Fe においては, 60%Co-40%Fe になるよ う調整したが, ビームの集中度ずれが組成に影響した と考えられる。Tb-Fe においては 66%Tb-33%Fe にな るよう配合したが蒸着により薄膜化した結果, 差が生 じたが, 合金化された TbFe においては 60% Fe-40% Tb となる結果になった。以上の結果より, 成膜条件を変化 Table2 Chemical composition of Co-Fe thin films, Tb-Fe thin films and an alloy of Tb-Fe prepared by each methods by means of EPMA

	Co-Fe	Tb-Fe	Tb-Fe (target)
Fe(wt%)	42.19	70.90	58.47
Co(wt%)	30.55		
Tb(wt%)		9.76	38.43
O(wt%)	27.26	19.34	3.10

Table3 A magnetostriction characteristic in magnetic field 79.58[KA/m] of Fe,Co-Fe and Tb-Fe that a film changed into it to a polyimide film base

	Fe	Co-Fe	Tb-Fe
Comparison of displacement	-1	16	50

させ各諸物性を評価する必要がある。

<u>3.4 歪ゲージによる磁歪特性</u>

印加磁界 79.58[kA/m]における作製した Fe 薄膜の 変位量を-1 として各試料に対する比率を Table3 に 示す。表より,Fe 薄膜と Co-Fe 薄膜とを比較した結果 16 倍であり,Tb-Fe 薄膜では 50 倍と大きな値を示した。 4.まとめ

Fe,Co-Fe,Tb-Fe を材料とし真空蒸着法及びイオン プレーティング法により薄膜を作製し,得られた試料 の結晶構造,磁気特性及び磁歪特性を検討した。その結 果をまとめると以下の通りである。

- (1) 作製した Fe 及び Co-Fe での X 線回折において Fe からの回折線は確認された。Tb-Fe においては Tb からの回折線が確認されなかった。
- (2) VSM による磁気特性において各試料とも飽和磁 化 Ms は純 Fe に近い値を示し,保磁力 Hc では Fe 及び Co-Fe においては大きな値を示し,これは酸 化が原因と考えられる。
- (3) EPMA による組成分析の結果から Co,Tb が定量 的に解析されたこと,及び X 線回折図形に回折線 が見れなかったことから成膜状態のCo,Tb ではア モルファス化していると考えられる。

参考文献

島田 實・山田 興治:「磁性材料」講談社

- A.E.クラーク 江田 弘:「超磁歪材料」日刊工業
- 近角 聰信:「強磁性体の物理(下)」裳華房