

真空蒸着法による Fe-Co 系薄膜の軟磁気特性

日大生産工 (院) ○小野里 誠
日大生産工 新妻 清純・移川 欣男

1 はじめに

鉄(Fe)は金属元素の一つであり、遷移元素である。純鉄 α -Fe の結晶構造は体心立方格子である。Fe は強磁性体の一つであり、飽和磁化値 $M_s=2.15[\text{T}]^1)$ である。

また、コバルト(Co)は鉄と同じ遷移金属であり、安定した結晶構造は六方最密充填構造で、Fe と同様に強磁性元素の一つであり、飽和磁化値 $M_s = 1.81[\text{T}]^1)$ である。合金としてコバルトを添加することにより磁性やキュリー温度が上昇するなど磁気材料としての性能が高まるとされている。

さらに、Fe と Co の合金であるパーメンジュール合金の特徴として実用化されている磁性材料の中で 50[wt%]Co-Fe の組成の時、最も大きい飽和磁化値 $M_s=2.45[\text{T}]^{1)2)3)}$ を持つことが挙げられる。一方 Fe-Co 合金の薄膜化による磁氣的諸特性を明らかにすることを試みた。

薄膜化の一つに真空蒸着法がある。その真空蒸着法は被蒸着基板に熱と応力が加わらなく、膜厚が比較的薄いという特徴がある。

そこで、本研究では飽和磁化値の高い Fe-Co 系薄膜について真空蒸着法を用いて作製し、その磁気特性について検討を行った。

2 実験方法

2.1 作製方法

本研究では真空蒸着法により Fe および Co をソーダライムガラス基板および無酸素銅基板にそれぞれ蒸着した。Fe および Co 元素の純度はそれぞれ 99.9[%]である。薄膜作成時には、真空蒸着装置のチャンバー内を $1.0 \times 10^{-4}[\text{Pa}]$ の高真空状態にした後、フィラメントに電流を流して電子ビームを発生させ

試料を蒸着した。本研究では Fe 単体(純鉄)と Fe-Co 合金の Co 組成比が約 22~38[wt%]の薄膜を作製し磁気特性の測定を行った。

2.2 物性評価方法

作製した薄膜の物性評価方法として、膜厚の測定については繰り返し反射干渉計、結晶構造解析については X 線回折装置(XRD)を用い、測定条件は Cu- K_α (波長 $\lambda=0.154[\text{nm}]$)線を線源とし、測定角度 $2\theta=20\sim 100[\text{deg.}]$ 、サンプリング間隔を $0.01[\text{deg.}]$ 、スキャン速度を $0.5[\text{deg./min}]$ とした。組成分析については電子線マイクロアナライザ(EPMA)、磁気特性の測定については振動試料型磁力計(VSM)をそれぞれ用いて評価を行った。

なお、作製した薄膜の膜厚は約 200[nm]である。また、本研究において磁化 M の単位は薄膜であり、薄膜の質量評価が困難なことから [T]を用いた。

3 実験結果

3.1 結晶構造解析

蒸着した Fe-Co 系薄膜の成膜状態での X 線回折図形を Fig.1 に示す。回折角 $2\theta=44.73^\circ$ および 82.58° 付近に α -Fe(110)および(211)面の回折線が認められたが、Co のピークは認められなかった。これは α -Fe の結晶構造である体心立方格子の構造の一部に Co 原子が置換されるような結晶構造を形成し、Fe-Co の結晶を構成していると考えられる。

3.2 磁気特性の測定

成膜状態での薄膜の飽和磁化値 M_s を明らかにするために磁界 $H=800[\text{kA/m}]$ を印加したときの測定結果を Fig.2 に示す。

Soft Magnetic Properties of Iron Cobalt System Thin Film by Vacuum Deposition Method
Makoto ONOZATO, Kiyozumi NIIZUMA and Yoshio UTSUSHIKAWA

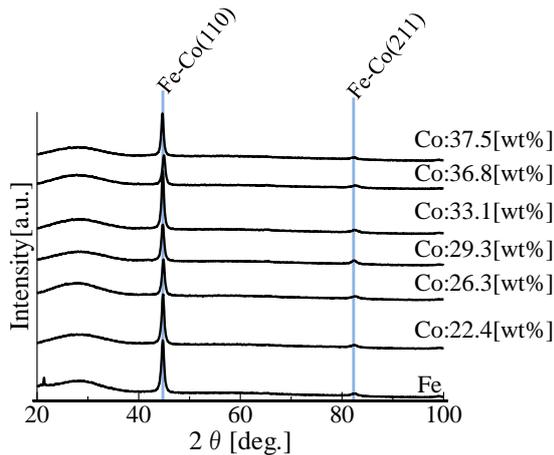


Fig.1 X-ray diffraction patterns of Fe-Co system thin films.

Fe 薄膜では飽和磁化値 $M_s=1.62$ [T]を示し、Fe-Co 薄膜では Co:37.5[wt%]においては最大値 $M_s=2.03$ [T]が得られ、Co:29.3[wt%]においては最小値 $M_s=1.23$ [T]を示した。また、成膜状態での薄膜の保磁力 H_c を明らかにするために磁界 $H=40$ [kA/m]を印加したときの測定結果を Fig.3 に示す。Fe 薄膜では保磁力 $H_c=7.77$ [kA/m]を示し、Fe-Co 薄膜では Co:37.5[wt%] においては保磁力 $H_c=9.99$ [kA/m]が得られ、Co:29.3[wt%]において $H_c=11.55$ [kA/m]がそれぞれ得られ、本蒸着膜は比較的保磁力が大きいことが明らかになった。

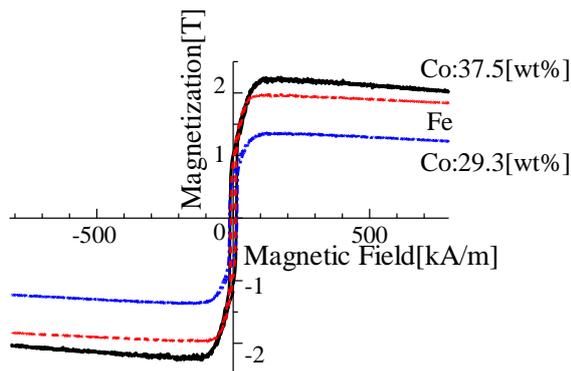


Fig.2 M-H Loops applied magnetic field 800[kA/m] of Fe-Co system thin films.

Table.1 Saturated Magnetization of Fe-Co system thin films.

Co 混合比[wt%]	飽和磁化値 M_s [T]
22.4	1.30
26.3	1.37
29.3	1.23
33.1	1.61
36.8	1.85
37.5	2.03

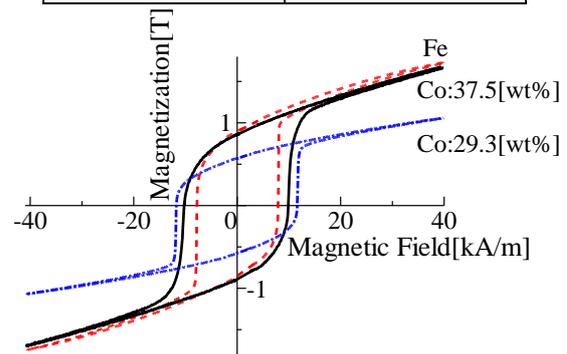


Fig.3 M-H Loops applied magnetic field 40[kA/m] of Fe-Co system thin films.

4 まとめ

Fe-Co 系薄膜を真空蒸着法により作製し、検討した結果は次の通りである。

- 1) 作製した Fe-Co 系薄膜の成膜状態での結晶構造解析より回折角 $2\theta=44.73^\circ$ および 82.58° 付近に Fe-Co 系の体心立方晶(110)および(211)面の回折線がそれぞれ認められた。
- 2) 作製した Fe-Co 系薄膜の成膜状態での磁気特性の測定より、Fe 薄膜について飽和磁化値 $M_s=1.62$ [T]、保磁力 $H_c=7.77$ [kA/m]が得られ、Fe-Co 薄膜系について 37.5[wt%]Co 組成において飽和磁化値 $M_s=2.03$ [T]、保磁力 $H_c=9.99$ [kA/m]が得られた。

5 参考文献

- 1) 高梨弘毅, 磁気工学入門, 日本磁気学会, 共立出版, (2008), p110.
- 2) 近角聰信, 強磁性体の物理(下), 裳華房, (1984), p372
- 3) Richard M. Bozorth, "Ferromagnetism", IEEE Press, (1993), pp.190-199