

(2) 新規金属人工格子材料の創製と評価

研究代表者 工学部 中山 則 昭

研究目的

金属人工格子は金属のナノ超薄膜を交互に積み重ねた人工的周期構造を有する多層膜であり、垂直磁気異方性や磁気抵抗効果など、次世代の高密度磁気記録用薄膜材料として有用な特性を示すことが知られている。本研究では、多様な物性を示す合金・金属間化合物からなる金属人工格子について、作製技術、構造および物性に関する基礎的研究を行うとともに、新規金属人工格子磁性材料の創製を目指している。

合金または化合物からなる人工格子磁性材料の作製法として、現時点ではスパッタリング法が一般に用いられている。本研究ではまず高周波マグネトロンスパッタ法により製膜した合金人工格子について検討した。界面構造の制御が特性発現に重要となる人工格子材料においては、できるだけ清浄な真空中での製膜が必要である。スパッタ法においても、製膜時の真空度をできるだけ高める方向で作製技術の改良が進められているが、スパッタ成膜中の真空度には限界がある。本研究では、超高真空下での単原子層交互蒸着法などによる合金人工格子の作製も目的としている。

本年度は、強磁性パーマロイと反強磁性 NiMn からなる合金人工格子をスパッタ法により作製し、層間磁気結合と交換磁気異方性に関する研究を行った。また、VBL に設置されている超高真空蒸着装置を用いて、垂直磁気異方性を示す Au/Co 人工格子の作製を行い、磁化測定と構造評価を行なった。

研究成果

Permalloy/NiMn 人工格子：強磁性金属と反強磁性金属からなる多層膜の磁気的性質については、界面における直接的な交換磁気相互作用(近接効果)による一方向異方性など、特異な磁気異方性の発現が期待される。これまでの研究では、反強磁性体金属クロムまたはマンガンを含む多層膜に関する研究がほとんどであるが、本研究では反強磁性合金 fccNiMn を含む多層膜を作製した。NiMn は、スピンバルブ磁気抵抗センサーにおいて磁化方向を固定するために用いられる反強磁性体として検討されて

いる合金の1つである。

強磁性パーマロイ層の厚さを5nm一定、反強磁性 NiMn 層の膜厚 t_{AF} を $0.5 \leq t_{AF} \leq 10\text{nm}$ とした一連の fcc[111]一軸配向人工格子膜を作製し、磁性の反強磁性層厚依存性を調べた。室温における磁化曲線は、反強磁性層厚により大きく変化する。 t_{AF} の減少とともに、磁化が飽和する磁場の値が増大し、 $t_{AF}=2\text{nm}$ 近傍では3kOeとなるが、 $t_{AF}<1.7\text{nm}$ の領域では単層膜と同様な100Oe以下まで急激に減少する。 $t_{AF}=2\text{nm}$ 近傍の試料では、強磁性パーマロイ層間に強い反強磁性的相互作用が働いているのに対し、 $t_{AF} \leq 1\text{nm}$ 以下では相互作用が強磁性的になっているとみることが出来るが、磁気構造の詳細については今後の検討課題である。低温における磁化測定を行った結果、5KではNiMn層の膜厚が0.8nmの試料でも、NiMn層の反強磁性磁気秩序に由来する一方向磁気異方性がみられ、 $1 \leq t_{AF} \leq 2\text{nm}$ の領域における磁性の大きな変化はみられなかった。一方向異方性は200K以上で消失することなどから、室温における飽和磁場の増大がNiMn層の反強磁性磁気秩序に直接的に由来するものではないことが判明した。今後は、NiMn/Co人工格子などを作製し、NiMn層の寄与について検討する計画である。

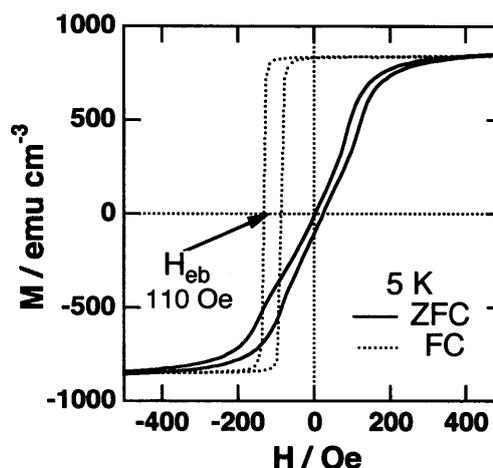


図1 [NiMn(2.3nm)/Permalloy(5.0nm)]₃₅人工格子膜の一方向磁気異方性(5K)

Au/Co 人工格子：貴金属(Pt, Pd, Au など)と Co からなる人工格子膜は、垂直磁気異方性を示し、しかも優れた磁気光学定数を有するため、次世代の光磁気記録材料として検討されている。本研究で取り上げた Au/Co 人工格子についても既に多数の研究が報告されているが、人工周期2nm 以下の良質な試料は作製されていない。超高真空蒸着装置の性能確認も兼ねて、Au 層および Co 層の厚さが2.0nm 以下の短周期 Au/Co 人工格子を作製した。基板には Si を用い、[111]配向 Au バッファ層を製膜後、基板温度50°C 以下で多層膜を作製した。Au 層の膜厚を Co 層より厚くした試料では、図2のように、X線回折パターンに人工的な周期構造に由来する衛星反射が現われている。Co 層の膜厚が0.4nm (2原子層)の試料でも試料でも、衛星反射がみられる。

Au 層の膜厚が Co 層より厚く、Co 層の膜厚が1.0 nm 以下の試料は、図3の磁化曲線のように、垂直磁気異方性を示した。但し、異方性磁界の値は約10KOe

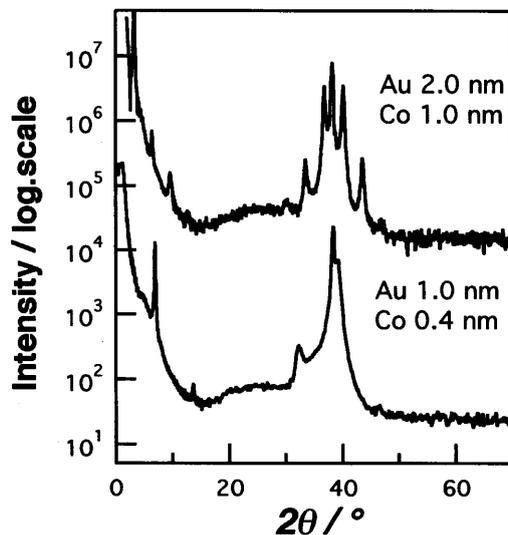


図2 Au/Co 人工格子の XRD パターン

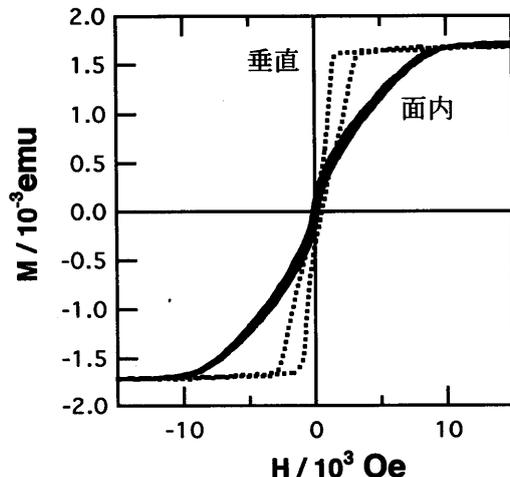


図3 [Au(2.0nm)/Co(1.0nm)]₂₀ 人工格子の磁化曲線

であるが、抗磁力がかなり小さく、磁氣的不均一性の存在も認められる。今後、不均一性の原因を明らかにするとともに、製膜条件の最適化を図る必要がある。

産業技術への貢献

NiMn/パーマロイ多層膜の室温における特異的な磁化曲線は、低温で反強磁性となる NiMn 合金の特異性に由来すると言える。今後、NiMn 合金膜と他の強磁性金属または合金からなる人工格子について検討を進めることにより、新規物性を示す磁性材料の開発に貢献できると考える。また、Au/Co 人工格子などの光磁気記録材料について、良質な人工格子の作製技術の検討と詳細な構造評価を行うことにより、短周期人工格子の特性を明らかにしていく予定である。

研究発表

- 1) 中山則昭、蓮尾裕介、岡原宗敏、溝田忠人、上田寛：MnNi/Permalloy 人工格子膜の構造と磁性：日本物理学会講演概要集、第52巻第2号第3分冊 P.542, 1997.10.8
- 2) 中山則昭、伊藤茂樹、姫野忠浩、溝田忠人、山口貞衛：CrN/TiN および CrN/NbN 多層膜の作製と構造：日本金属学会第121回大会講演概要 p697, 1997.9.26
- 3) 中山則昭、蓮尾裕介、溝田忠人、上田寛：反強磁性 MnNi/強磁性 Permalloy 人工格子膜の磁性：日本物理学会、発表予定、1998.4.2

グループメンバー

氏名	所属	職(学年)
中山 則昭	工・機能材料	助教授
溝田 忠	工・機能材料	教授
小柳 剛	工・電気電子	助教授
末岡 修	工・共通講座	教授
蓮尾 裕介	理工・機能材料	M2
藤井 豊	理工・機能材料	M1
渡辺 晃久	理工・機能材料	M1

連絡先

TEL: 0836-35-9960 FAX: 0836-35-9965

E-mail: nakayamn@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp