

報告番号 ※ 甲第 993 号

主論文の要旨

題名 Relaxation Phenomena of Magnetic Anisotropy
and Magnetization Ripple in Vacuum-Deposited
Permalloy Films

(パーマロイ蒸着膜における磁気異方性の緩和現象)
および磁化リップルの研究

氏名 網島 洋

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 993 号 氏名 綱島 滋

本論文はパーマロイ蒸着膜における誘導一軸磁気異方性の緩和現象及び磁化リップル現象についてこれらの機構を研究したものである。パーマロイ蒸着膜は 1955 年頃から、電子計算機の記憶素子として有望視され、本格的な研究が開始された。その後、パーマロイ蒸着膜は、電着膜磁性線記憶素子として一部実用に供せられるようになった。また最近では、磁気バブルを用いた記憶装置の読出し用の磁気抵抗効果素子、或いは磁気テープ記録の読出しヘッドとして、パーマロイ蒸着膜が注目されている。これら素子の実用化にあたって、パーマロイ蒸着膜の磁気的なふるまいを決定する磁気異方性をいかに制御するかという事は、常に重要な問題となる。本論文では、パーマロイ蒸着膜の磁気特性の経時変化の原因となる誘導磁気異方性の緩和現象及び磁気異方性の非一様性に関連した磁化リップル現象の二つの問題を論じる。

主論文は 7 章からなり、その要旨は下記の通りである。

第 1 章 序論

パーマロイ蒸着膜の記憶素子としての応用例とその原理となる単磁区理論を概説する。また誘導磁気異方性および磁化リップルに関するこれまでの研究成果の概略と、これら二つの現象についての未解決の問題を示し、本研究の立場を明らかにする。

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 細島 滋

第2章 誘導磁気異方性の緩和過程

この章では、原子対の方向性規則配列による誘導磁気異方性の緩和現象を理論的に取扱った。強磁性二元合金において、その構成原子が空孔子点を介して移動し原子配列状態を変える場合を考える。構成原子はその最近接原子と相互作用をし、その大きさは対を構成する原子の種類および対の結合方向と磁化の方向の間の角度に依存すると仮定する。このモデルのもとに、等方的な短距離規則配列過程の問題で Radelaar が用いた手法を、異方的な問題に適用して計算した。平衡状態に関しては、Néelの理論と同一の結果が得られた。緩和過程は、一定磁場或いは回転磁場のもとにある、立方結晶について計算された。反応速度方程式は一般に非線形連立微分方程式になるが、希土合金の場合は線形微分方程式となり、一次反応に対応した解が得られる。この反応は、面心立方格子では、特定の方向にある同種原子の対の総数が、対の発生、消滅、方向転換を通じて変化することによって、進行する。対の方向転換のみを考慮した 岩田 - Hagedorn の計算は、特別の場合にのみ有効であることが指摘された。また一定温度のもとでの、空孔子点濃度と異方性緩和速度の関係を求めた。これは次章において使用される。さらに異方性の緩和過程の様子は、異方性自体の平衡値からのずれだけでなく、合金の短距離規則度に強く依存していることが示された。

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 網島 滋

第3章 異方性緩和と電気抵抗の回復

パーマロイ蒸着膜の異方性緩和(磁気焼鈍)過程は、従来多数の一次反応の和を用いて説明されていた。しかし、その一次反応の中には、著しく小さい活性化エネルギーを示すプロセスが含まれており、その起源が不明確であった。この現象を説明する為に過去に提唱されたモデルは大きく二種類に分けられる。一つは空孔対などのように、構成原子の方向性配列以外にも異方性の起源を求めるモデル、他の一つは松散しやすい格子欠陥を媒介として構成原子の対が再配列するというモデルである。本章では、格子欠陥が異方性にどのように関与しているかを調べる為に、欠陥のアニールアウトに対応した電気抵抗の変化と、異方性の緩和過程を同時に測定した。蒸着直後の膜を困難方向磁場中で等時焼鈍した結果、以下のことが認められた。1) 欠陥を多量に含む膜を作るように、蒸着時の下地温度を下げると、異方性緩和の微分曲線のピークの表れる温度は低下するが、蒸着時に誘導される異方性の大きさは余り変化しない。2) 異方性緩和と電気抵抗回復の両過程は、 300°C 以上では再結晶によると思われる。3) 300°C 以下の温度での異方性緩和は、格子欠陥を介しての原子対の再配列によるものと思われるが、過剰空孔子実の移動・消滅だけでは説明しきれない。従って、過剰空孔子実以外にも粒界などが異方性緩和に寄与していると考えられる。

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

綱島 滋

第4章 異方性緩和に対する粒界の影響

パーマロイ蒸着膜は 100 \AA 程度の径の微結晶からなっているので、特に低温では粒界拡散によって原子対の再配列が起る可能性が考えられる。粒界拡散の異方性緩和への寄与についての知見を得る為に、種々の粒径の微結晶を持つ膜を用いて前章と同様の実験を行った。極く薄い膜では、粒径が小さくなることを利用して、膜厚を変えることによって種々の粒径の膜を得た。等時焼鈍の結果、膜厚 100 \AA 程度以下の膜では、蒸着時に誘導される異方性の大きさは厚い膜と同一であるが、低温での (100°C 以下) 異方性緩和量が多くなることが認められた。このことは、低温では表面拡散または粒界拡散が原子対の再配列に寄与していることを物語っている。

前章の結果と総合して考えると、蒸着直後のパーマロイ膜に見られる異方性緩和は、蒸着膜中の欠陥を介しての原子対の再配列が原因であると推定される。しかし、この原子対再配列は、過剰空孔・子実のみによるのではなく、粒界等を含めた多様な格子欠陥によって起っていると考えられる。

第5章 マイクロマグネティック リップル理論の実験的検証

これまで研究によって、磁化リップルは無秩序に配向した微結晶が持つ結晶磁気異方性と磁歪異方性に起因することが、ほぼ明らか

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 綱島 滋

かになっている。磁化リップル現象の詳細な理解の為には、結晶粒の持つ異方性と、異方性分散・帯磁率等のマクロな量とを関係づける理論を確立する必要がある。この章では、Hoffmannによって導出されたマイクロマグネティックな方法による磁化リップル理論を実験的に検証する。この目的で、Ni-Fe合金膜の縦バイアス帯磁率と異方性分散を測定した。ここでは、磁気光学効果によって膜の一部領域のみの特性を検出した。この実験からHoffmannのリップル理論を支持する結果が得られた。

第6章 結晶粒の実効異方性

磁化リップルの源となる結晶粒の実効異方性の起源について、従来直感的な表式が用いられてきたが、それに変わるべき明確なモデルがDoyle-Finneganによって提出された。この章では、Doyle-Finneganのモデルと前章で検証されたHoffmannのリップル理論を用いて、異方性分散の組成および焼鈍温度依存の実験結果を解析した。実験結果はDoyle-FinneganのモデルおよびHoffmannのリップル理論を用いてよく説明された。

第7章 要約

本論文の主要な結論を述べた。