

報告番号



第

1480号

主論文の要旨

題名

磁性ガーネット膜におけるバブルおよび
ストライプ磁区の動特性に関する研究

氏名 岩田 聡

主 論 文 の 要 旨

報告番号	※甲第	号	氏名	岩	山	聡
------	-----	---	----	---	---	---

本研究は、バブルメモリ素子用の磁性ガーネット膜におけるストライプ磁区およびバブル磁区の動特性を詳細に調べた結果をまとめたものである。本論文は、8章から成っている。第1章は磁気バブルのこれまでの研究を概説し、本研究の目的を明らかにした。第2章ではバブル材料の磁壁動特性を調べるのに適した孤立ストライプ磁区転送法を提案し、第3章ではストライプ磁区転送法で得られた実験結果を水平ブロッホライン理論で解析する方法を検討した。第4章では組成の異なる3種類の磁性ガーネット膜における磁壁動特性をストライプ磁区転送法で詳細に調べ、3章で得られた解析結果と比較した。第5章ではイオン打ち込みガーネット膜におけるストライプ磁区の動特性を調べた。第6章ではより高速のバブル材料を得ることを目的として膜法線が〔111〕軸より傾いたガーネット膜を作製し、その磁壁動特性を測定した。第7章ではバブル格子メモリに利用できる可能性をもつ高速オートモーションをするバブルについて筆者の行なった研究の成果を示した。第8章は本論文の総括となっている。以下に各章別の概要を示す。

第1章 序 論

ここでは、バブル磁区のメモリへの応用の提案から今日までの発展の歴史を示し、つづいて本論文と関係の深い磁壁およびバブル磁区の静的、動的理論の概要を示した。

第2章 実験方法

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	岩田 聡
------	-----	---	----	------

磁性ガーネット膜における磁壁動特性は、バブルコラプス法やバブル転送法などで測定されているが、その測定結果はかならずしも磁壁の動的理論と一致していない。この一因は、バブル磁区の磁壁面が円筒状であるため動的な磁壁の構造が非常に複雑となることにある。したがって、磁壁の動特性を物理的に明らかにしようとする目的のためには、より単純な磁壁の動特性を調べるのが望ましい。本章では、孤立した直線状のストライプ磁区を磁界勾配によって転送するという新しい磁壁動特性の測定法を提案し、その実験手法を示した。次に従来のバブル転送法とストライプ磁区転送法によって動特性を測定し、両者を比較した結果、ストライプ磁区転送法は、高駆動磁界領域における磁壁動特性や、動特性に対する静的な面内磁界の効果を調べる上でバブル転送法よりすぐれていることが分かった。また、ストライプ磁区転送法の場合には、磁壁面が平面であるため理論との比較が容易となる。

第3章 水平プロットホラインモデルによる磁壁動特性の解析

ここでは、ストライプ磁区転送法で得られた結果を理論と定量的に比較するために、平面磁壁に駆動磁界パルスを加えたときの磁壁の運動を水平プロットホラインモデルに基づいて解析した。その結果、駆動磁界パルスが加えられている間の磁壁の移動距離と共に駆動パルスが切れた後の磁壁の行き過ぎ距離を与える関係式が導出された。さらに磁壁に平行あるいは垂直に面内磁界を加えた場合にも理論を拡張し、磁壁に平行に面内磁界を加えた場合には磁壁のピーク速度

主論文の要旨

報告番号 第 100 号 氏名 岩田 聡

およびピーク速度を与える臨界駆動磁界が上昇するが、垂直に面内磁界を加えた場合には磁壁の運動はほとんど影響を受けないことが示された。

第4章 磁性ガーネット膜におけるストライプ磁区の動特性

ここでは、3章で得られた理論と比較するために組成の異なる3種類の試料、すなわち $(\text{YSm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ 、 $(\text{YEuYbCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ および $(\text{YEuLuCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ 膜の磁壁動特性をストライプ磁区伝送法で詳しく調べた。これらの試料は、磁壁動特性を決める最重要パラメータである Gilbert のダンピング定数 α が異なっており、 α の値は $(\text{YEuLuCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ 、 $(\text{YEuYbCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ 、 $(\text{YSm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ の順に約3倍ずつ大きい値となっている。本章で得られた結果を以下に列記する。

- 1) 面内磁界を加えない場合には、3つの試料共にストライプ磁区の伝送速度は、駆動磁界を増すと共に増加してピーク値に達した後、不連続的に減少するという水平プロッホライン理論から予想された特性を示す。定量的にもピーク速度やピーク速度を与える臨界磁界は、理論値とはほぼ一致する。ただし、駆動磁界が大きくなった場合には理論との不一致が目立つようになる。
- 2) 磁壁に平行に面内磁界 $H_{//}$ を加えた場合には、ダンピング定数が最大の $(\text{YSm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ 膜についてはピーク速度、ピーク速度を与える臨界磁界共に $H_{//}$ を増すと共に著しく増加し、理論と良く一致する。しかし、 α の値が小さい試料ほど水平プロッホ

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 岩 田 聡

ライン理論との不一致が目立つようになり、 α が中間の値の $(\text{YEuYbCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ 膜では $H_{//}$ が低い範囲でのみピーク速度は理論値と一致し、 α が最小の $(\text{YEuLuCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ 膜では $H_{//}$ がかなり大きくなるまでピーク速度はほとんど増加せず、その動特性は既存の理論では説明できない。

- 3) 磁壁に垂直に面内磁界 H_{\perp} を加えた場合には、3つの試料共にストライプ磁区の転送特性はほとんど変化せず、3章で行なった理論的考察と一致する。

第5章 イオン打ち込みガーネット膜におけるストライプ磁区の動特性

磁性ガーネット膜をバブルメモリ素子に使用する場合には、ハードバブル抑制のためにガーネット膜表面に H^+ 、 Ne^+ 等のイオンが打ち込まれる。ここでは、膜表面に Ne^+ イオンを打ち込んだ $(\text{YEuYbCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ 膜の磁壁動特性をストライプ磁区転送法で調べた。その結果、ストライプ磁区の磁壁内の磁化の方向および転送方向によって、その動特性が異なることが見いだされた。このような違いは、イオン打ち込みの施されていない成長したままの膜では観察されなかったもので、同じ組成の成長したままの膜の動特性との比較から、イオン打ち込み層が水平ブロッホラインの突き抜けを妨げるためにこのような差が生ずることが分かった。

第6章 (111)面から傾いたガーネット膜におけるバブルおよびストライプ磁区の動特性

主論文の要旨

報告番号 第 号 氏名 岩田 聡

ガーネット膜の膜面内に誘導された面内磁気異方性が磁壁の臨界速度を向上させることが Schlömann によって理論的に指摘されている。ここでは、磁区転送ピーク速度を向上させることを目的として、面内磁気異方性を有するガーネット膜を作製し、その磁壁動特性を調べた。まず面法線が(111)軸からわずかに傾いた $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ 基板上に液相エピタキシャル成長法により、 $(\text{YSm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ 、 $(\text{YSmLu})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ 、 $(\text{YEu})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ および $(\text{YEuLu})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ の4種類の組成のガーネット膜を作製し、その磁気異方性をトルク計によって測定した。その結果、得られたガーネット膜は、すべて一軸異方性の容易軸が膜法線から(111)軸方向に傾くと共に面内磁気異方性をもつというオルソロンビックな異方性を示した。また、一軸異方性の容易軸の傾き角および面内異方性の大きさが、(111)軸の傾き角に比例する点などは、成長誘導磁気異方性の理論と定性的に一致した。次にバブルおよびストライプ磁区転送法により、磁壁動特性を測定した。その結果、(111)軸の傾き角が最大の試料は、(111)軸が傾いていない試料に比べてバブル磁区の転送飽和速度で1.4～3倍、ストライプ磁区の転送ピーク速度で2～3倍の向上が得られた。しかし、理論からはこの値よりさらに5～6倍大きい臨界速度が予想されており、この不一致の原因については不明であった。

第7章 無勾配磁界によるバブル磁区の転送

バブル磁区は通常磁界勾配によって転送されるが、一様なバイア

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 岩田 聡

ス磁界パルスを加えることによってバブルが転送される現象，すなわちバブルのオートモーションがArgyleらによって見いだされた。筆者はさらに詳しい測定を行なった結果，オートモーションを起こすバブルに2種類あることを見だし，2種類のバブルを σ_f および σ_s バブルと名づけた。このうち σ_s バブルはその性質からArgyleらの見いだしたバブルと同じ磁壁構造をもつことが分かった。一方， σ_f バブルは，同じ駆動条件のもとでは常に σ_s バブルより移動速度が大きく，バブルメモリへの応用を考えた場合，従来の σ_s バブルより有利であると言える。次に σ_f バブルをより単純な磁壁構造をもつバブルから生成する方法を検討した。その結果，面内磁界のもとでは最も安定な，磁化の回転数 S が0で垂直ブロッホライン L を2本もつ($S=0, L=2$)バブルを高い駆動磁界で転送した後に一定方向に面内磁界を加えることによって σ_f バブルを生成することができた。また， σ_f バブルは($S=0, L=4$)という磁壁構造をもつと考えられ，この磁壁構造モデルによって σ_f バブルの性質や生成過程を定性的に説明することができる。

第8章 総括

ここでは，本研究全般にわたる総括を行ない，各章の主要な成果を列記した。