

報告番号

※ 甲 第 1739 号

# 主論文の要旨

題名

希土類-鉄族非晶質合金薄膜およびその複合膜の  
磁性と磁気光学効果に関する研究

氏名 小 林 正

# 主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 小林 正

本研究は、光磁気メモリ用媒体としての希土類-鉄族非晶質合金 (RE-TM) 薄膜の読み出し特性の改善に関する問題点に検討を加えたものである。本論文は6章からなり、第2章、第3章では、磁性薄膜の多層化、第4章では、磁性媒体の改善、第5章では、光の干渉あるいは反射効果の利用について調べた。以下に各章別に結論をまとめて示す。

## 第1章 概論

ここでは、光磁気メモリの原理について簡単に説明したのち、第2章以降と関連のあるハーフバブルと異常ヒステリシスループ、RE-TM薄膜の磁性と磁気光学効果、Kerr効果エンハンスメントについて概略を示し、本研究の目的を明らかにした。

## 第2章 交換結合および静磁結合二層膜の磁化過程

光磁気メモリの読み出し特性を改善する1つの方法として、磁性薄膜の多層化の提案がある。そこで、まずはじめに垂直磁気異方性を持ち磁氣的に結合したフェリ磁性二層膜の磁化過程について調べたのが本章である。

磁氣的な結合が交換相互作用である場合について、まず磁化過程の理論的計算を行った。この中には、いままで異常ヒステリシスループあるいは逆ループと呼ばれていたものが含まれ、これらの異常ループが二層膜構造においてエネルギー的に実現可能であることを示した。さらに、これらのヒステリシスループの中には、残留磁化が負となるものも予想された。これらの各種の異常ループは、Gd-FeとTb-Feの二層膜を用いた実験において、すべて実際に現れることを確かめた。

Gd-Fe/Tb-Fe二層膜の実験では、Gd-Fe層の磁化反転磁界はGd-Fe層の単独の保磁力には無関係で、交換相互作用による実効的バイアス磁界 $H_V$ によってほぼ決まった。この $H_V$ の値は、数kOe程度となり、交換相互作用が有効に働いていることが明らかとされた。

# 主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	小林正
------	-----	---	----	-----

磁気的な結合が静磁的相互作用である場合には、磁区を作る浮遊磁界が相互作用の原因となるので、まず、円筒状磁区が他の層を作る浮遊磁界の計算を行った。そして、Gd-Fe層とTb-Fe層の間に約100ÅのSiO層を設けた静磁結合二層膜を作製し、光磁気記録を行った。

その結果、静磁結合二層膜では交換結合二層膜とは異なり、Tb-Fe層に光磁気書き込みをしても、この情報はそのままではGd-Fe層には転写されず、適当な外部磁界による転写という操作が必要となることがわかった。また、読み出し層の記録磁区の外部磁界に対する安定性はGd-Fe単層膜と変わらない。

以上より、静磁的相互作用は交換相互作用よりもかなり弱く、磁区の転写という操作が必要となり、外部磁界に対する記録磁区の安定性も悪いので、光磁気メモリ用媒体として二層膜を考えた場合、層間の結合方法としては交換結合が有効であると結論された。

## 第3章 交換結合二層膜の記録・消去特性

ここでは、第2章で考えたGd-Fe/Tb-Fe交換結合二層膜について、光磁気メモリ用媒体としての記録・消去特性とその過程について調べた。

読み出し層であるGd-Fe層の磁化反転磁界は交換力によって非常に大きくなっているため、Gd-Fe単層膜では保持できないような1~2μm程度の微小磁区も両層に同一径で安定に保持できることを確認した。また、外部磁界に対する安定性も、Gd-Fe層の磁化反転磁界程度と大きく、温度変化に対してもほぼ問題はない。

交換結合二層膜への記録過程は、外部磁界が比較的小さいときには、レーザー光の熱により記録層の磁化が消失し、読み出し層の磁化が外部磁界と浮遊磁界により反転し、レーザー光の照射終了後の冷却の過程で、読み出し層の磁区が記録層に転写されるという機構でほぼ説明される。したがって、記録・消去を容易に行うために、読み出し層の単独の保磁力は小さくなくてはならないことがわかった。

# 主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

小林

正

## 第4章 非晶質Gd-Fe-CoおよびGd-Fe-Co-Bi膜の磁性

交換結合二層膜の読み出し層として提案されているGd-Fe-Co, およびGd-Fe-Co-Bi膜をとりあげ, FeのCoによる置換, あるいはBiの添加によるFeとCoの平均の磁気モーメントの変化と温度特性の変化を調べ, 磁気光学効果に及ぼす影響を調べたのが本章である.

Gd-(Fe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>)膜については, まず4.2KにおけるFeとCoの平均の磁気モーメント $\mu_{TM}$ の測定を行なった. この結果は, 以前に報告されているものと傾向は同じであるが, 値はやや小さいものとなった. Gd-FeではFeの副格子中に反平行のFe磁気モーメントが存在し, FeをCoで置換していくと, Fe-Co間の強い交換エネルギーによって平行に変わると説明されていた. そこで, Mössbauer効果により4.2Kにおける<sup>57</sup>Feの内部磁界の大きさ $H_{hf}$ の測定を行った. その結果, Feの磁気モーメントの大きさはCoの置換によっては変化しないと考えることができ, 従来の考えをさらに肯定する結果を得た.

次に, 磁化の温度変化とCurie温度の測定を行い, Curie温度はyの0.01の増加に対して約6Kの上昇があることがわかった. そしてこれらの結果を使って, 分子場近似による解析を行い, 有限温度におけるFeとCoの副格子磁化 $M_{TM}$ のCo濃度依存性を計算により推定した.

この結果と, 波長600nm付近でのRE-TM膜の磁気光学効果は, ほぼTM原子によるものといわれていることなどを考え合わせると, FeをCoで置換していったときの室温におけるKerr回転角の増加は, Curie温度の上昇による磁気モーメントの増加によると考えられる.

(Gd-(Fe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>))<sub>1-z</sub>Bi<sub>z</sub>膜(z=0.08~0.09)については, 4.2Kにおける $\mu_{TM}$ は, Co濃度yが $0 \leq y \leq 0.15$ ではほぼ一定(約 $2.1 \mu_B$ )であり,  $0.15 \leq y \leq 1$ で直線的に減少し, y=1では $\mu_{TM} \approx 1.6 \mu_B$ となり,  $0 \leq y \leq 1$ でBiの添加による $\mu_{TM}$ の増加が見られた. Gd-Fe-Bi膜の4.2Kにおける $H_{hf}$ のBiに対する増加の割合は, 磁化測定から求めた $\mu_{Fe}$ のBiに対する増加の割合とよく対応している. したがって, Biの添加による $\mu_{Fe}$ の増加の原因としては, 原子半径の大

# 主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	小林	正
------	-----	---	----	----	---

きなBiの添加によりFe-Fe間の原子間距離が広がり、Feの磁気モーメントそのものが増加したと推定される。

Gd-Fe-CoにBiを添加すると $\mu_{TM}$ は増加するが、Coの組成がかなり多いところ以外では、 $M_{TM}$ は減少することがわかった。さらにBiを添加するとCurie温度が低下する。したがって、Coの組成の少ないGd-Fe-Co-Biでは、Biの添加によりTM原子数が減少するとともに、0KからCurie温度まで $M_{TM}$ は減少する。一方、Gd-FeあるいはGd-Fe-CoにBiを添加すると、Kerr回転角が増加し、その増加の割合には大きな波長依存性があることが報告されている。したがって、Biの添加による磁気光学効果の増加は磁性の変化ではなく他の原因によると考えられるが、詳細についてはさらに検討を要する。ただ、Biの添加による磁気モーメントの増加は、Biの稀釈効果による磁性の低下を妨げている。

## 第5章 複合膜の磁気光学効果

ここでは、光の干渉あるいは反射効果の利用による読み出し特性の改善(Kerr効果エンハンスメント)について検討を行なった。まず、干渉層によるKerr効果エンハンスメントについて詳しく調べたのち、干渉層のみを用いる場合、反射層のみを用いる場合、および干渉層と反射層の両方を用いる場合の3つを比較し、最適な構成について考えた。さらに、交換結合二層膜の読み出し層の膜厚の問題とKerr効果エンハンスメントの交換結合二層膜への適用についても触れた。

光磁気メモリでは透明基板を通して再生が行なわれるので、干渉層は基板と磁性層の間に入れられる。このとき、基板の屈折率の影響で、干渉層の屈折率は2.5程度とかなり大きなものを用いないと効果が小さいことがわかった。ところが、干渉層を適当に固定し基板の屈折率を変えると、Kerr回転角とKerr楕円率は基板の屈折率に対して共鳴的なふるまいを示し、そこでかなり大きなKerr回転角が得られることがわかった。したがって、基板の見かけの屈折率を変え

# 主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	小林	正
------	-----	---	----	----	---

て大きな干渉効果を得ることも1つの方法と考えられる。なお、基板の屈折率は、適当な $\lambda/4$ 膜をコートすることによって見かけ上変化させることが可能である。

反射率 $R$ が極端に低くなると実用には向かなくなるので、エンハンスメントによる $R$ の低下を0.1までと限定し、磁性層にはGd-Fe膜を用いると、干渉層のみを用いる場合には、Gd-Fe層の膜厚が約800Å以上で再生性能指数 $\sqrt{R}\theta_K$  ( $\theta_K$ :Kerr回転角)の最大値は約24minとなった。一方、反射層のみを用いる場合には、 $\sqrt{R}\theta_K$ の最大値はGd-Fe層の膜厚が約100Åで約30minと大きくなる。干渉層と反射層の両方を用いる場合には、Gd-Fe層の膜厚が約200~300Åで $\sqrt{R}\theta_K$ の最大値は約30minとなった。この場合には $\sqrt{R}\theta_K$ の最大値は反射層のみの場合と同じであるが、Gd-Fe層の膜厚が2~3倍になっている。したがって、信頼性の点から磁性層の膜厚は厚い方が良いので、干渉層と反射層の両方を用いた構成の方がより望ましいと結論された。

Gd-Fe/Tb-Fe交換結合二層膜の膜厚の問題では、Gd-Fe読み出し層の膜厚を磁気光学効果が低下しないような厚さにしても、その実効的バイアス磁界はそれほど小さくならないことがわかった。さらに、最適な構成である干渉層と反射層によるKerr効果エンハンスメントを交換結合二層膜に適用できることもわかった。

## 第6章 結論

ここでは、本研究のまとめを行ない、各章の結果と今後の課題を示した。