

# 第 1 章 序論

コンピュータのファイル記録，音楽用テープ，ビデオテープ，キャッシュカード，テレホンカード等のカード類，鉄道のキップを始めとする，各種の入場券にまでおよぶ磁気記録技術は，優れた書き換え可能型情報記録技術である．磁気記録の歴史は古く，1898年まで遡る．デンマークのポールセンが鋼線を使って磁気記録実験を行ったのが最初である．その後，音声記録，映像記録，そして，コンピュータ用デジタル記録と発展し，現在では代表的な情報記録技術となった．順次新しい技術革新を繰り返し，現在でも活発な研究が行われ，日常的に技術的限界が突破されている<sup>1-4)</sup>．

近年，記録デバイスシステムに関連する技術は，大容量，小型化の際限の無い革新の時代にある．

磁性媒体と磁気ヘッドを組み合わせた磁気記録システムは，容易に書き換えが可能であり，極めて安定に，また，安価に利用可能な代表的記録システムである．近年の微細加工技術の進展により，大容量が達成されているが，基本的に可動する機械的要素を持つため，基本特性に限界が予想される．

これに対して，光を利用した記録システムも研究されている．光はレンズ系により極めて微小サイズまで絞る事が可能であり非接触であることから，高密度記録を実現する技術の一つとして利用が進んでいる<sup>5)</sup>．しかし，相変化を利用した光記録では，くり返し記録特性を考慮に入れてシステムを評価した場合，磁気記録には及んでいない．

磁気記録の容易に書き換えができる点と，光記録の高密度記録・高速再生が可能であるという両者の長所をあわせ持つ記録技術として，磁気光学効果を利用した光磁気記録技術がある<sup>6-7)</sup>．光磁気記録システムの最初の試作は，世界にさきがけて我が国で1981年に今村らによって行われ，最初の製品は，1988年にTbFeCo媒体を使って構成され我が国で発売された<sup>8)</sup>．さらに1991年には現在の主流である3.5インチMOディスクがISO規格として設定され，1992年には製品化された<sup>9)</sup>．MOディスクは，次世代の大容量フォーマットもISO規格として設定されており，広く普及しつつある<sup>10)</sup>．1996年には640MBフォー

マットの製品が発表され、実際に市場に投入された<sup>10)</sup>。音楽用のミニディスクシステム<sup>11)</sup>や、新たな HS ディスク<sup>12)</sup>なども急速に進んでいる。

磁気光学材料は記録メディアだけでなく光通信デバイス用材料としても使われている。近年、通信、ネットワークに関する分野でも大容量化が進展している。いずれ光ファイバを利用した高密度、大容量の通信システムが広く利用されるようになるであろうし、幹線だけではなく各家庭へ向けて大容量光ファイバが伸びていくであろう。この光ファイバシステムに必要な不可欠な部品の一つとして、光スイッチ、ローテータ、光アイソレータがある。これらの部品は、鉄ガーネット系磁性体 (Yttrium Iron Garnet : YIG) を用いて実現されており、すでに製品として生産販売されている<sup>13)</sup>。将来においても、極めて大きな市場が見込まれている<sup>14)</sup>。また次世代を見すえた研究も活発である<sup>14,15)</sup>。

磁気光学効果を光の制御に利用する試みもある。1978 年にはフィリップスの Hill らにより、偏光板とファラデー材料を組合せたディスプレイが報告された<sup>16)</sup>。光磁気ディスプレイは、完全に固体材料により構成することが可能であり、磁気記録であるから画像記録機能を併せ持ち、液晶等の従来のディスプレイとは全く異なる特性を持つ。

光磁気記録、光通信、そしてディスプレイのいずれにおいてもファラデー効果を利用しており、効果の大きな材料が重要である。古くから知られている材料であるが、ガーネット系材料は重要な位置を占めている<sup>17)</sup>。それは、高い光透過性、酸化物であるがゆえの安定性による。

Bi を置換した 希土類鉄ガーネット (Bi-YIG) は極めて大きなファラデー特性を示す<sup>18, 19)</sup>。特に、可視短波長領域では大きなファラデー効果を示し、大きな優位性を持っている<sup>20)</sup>。

ガ - ネット結晶において、各サイトに存在する陽イオンは、様々な他の種類の陽イオンで置換することが可能である。そして、置換する陽イオンの種類、および、量により同材料の特性を多様に制御することが可能である。

しかし，現在陽イオン置換の効果に関する正確な知識と，明確な開発指針が無いいため，様々なイオンを置換し，その結果生ずる特性変化を調べ考察しているのが現状である．しかし，この点は，また逆に明確な指針が無いがゆえに，まったく新規な特性が見出される可能性を残している．

極めて魅力的な特性を持つ Bi 置換鉄ガーネットであるが，薄膜媒体として作製する過程で，高温熱処理による結晶化工程を必要とする．セラミックス一般に言えることであるが，合成にあたり高温処理過程を経る制約から，安価なプラスチック基材を利用した薄膜媒体を得ることは困難である．現在使われている磁性フェライトテープは，微粒子状態のフェライトを塗布することにより，この重要な問題を克服している．Bi 置換磁性ガーネットも粉末状態で利用することができれば，利用可能な分野は大きく広がると思われる<sup>21, 22)</sup>．

本研究では，印刷・塗布技術を応用することを念頭に置き，各種組成の Bi 置換鉄ガーネット磁性微粒子を合成し，粉碎・分散を施して極めて良質な同微粒子サスペンション，すなわち，光磁気インキの作製を試みた．光磁気インキは全く新しい塗布用の資材であり，磁気光学効果を利用したデバイス全般に応用が可能であると思われる．

また，本研究では，各種の塗布技術を使って，鉄ガーネット微粒子塗布膜を作製した．塗布膜において，微粒子のサイズを可視光波長の 1/10 以下まで微細化できれば，光の散乱などの影響を十分排除することができる．本研究では，実際に塗布型の光磁気薄膜を作製し，磁氣的，磁気光学的特性を検討し，印刷および塗布条件に関連する，デバイス応用に必要な特性を検討した．

ファラデー効果を持つ薄膜が塗布法で作製できることは，様々な応用を可能にする．たとえば，曲面への直接薄膜形成など射出成型部品に応用可能であり，半導体デバイスとのハイブリッド化，センサへの応用，カード等の印刷媒体とのハイブリッド化，光磁気ディスク媒体への応用，ファラデー効果を示す磁性流体，磁区観察，など極めて広範囲におよぶ．

さらに、塗布技術は薄膜媒体を極めて安価かつ大量に製造可能であるという、大きな特長を有している。工業的観点に立てば、従来の単結晶から切り出し、研磨あるいはスパッタや CVD による透明セラミックス基板上への成膜と比べて、塗布技術や印刷技術を利用した薄膜やそのパターン製造工程が大きな魅力を有していることは論を待たない。

本研究に示す、印刷・塗布技術を利用した磁気光学薄膜は、新たな情報関連技術分野を開拓するであろう。

本論文は7章から構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的及び本論文の構成について述べる。

第2章「磁気光学効果とデバイスへの応用」では、鉄ガーネット系磁性体のファラデー効果について、概説し、各種の応用分野の現状について述べる。

第3章「Bi-YIG インキおよび塗布膜の作製」では、本研究で作製した Bi-YIG インキの詳細を述べ、さらに、塗布法による薄膜合成プロセスについて述べる。塗布膜を合成するために以下に述べるの3つの工程を用いた。

まず第一は、大きなファラデー効果を発現するガーネット微粒子を合成する工程である。

第二は、合成した微粒子を粉碎・分散して Bi-YIG インキを作製する工程である。

そして、第三は、各種のコーターを使って塗布を行い、成膜を行う工程である。

それぞれについて、各種条件を検討し、最適な条件を見出した。これらの各工程の詳細を述べる。

第4章「Bi-YIG 微粒子の合成と磁気光学特性」では、各種の組成をもつBi-YIG 微粒子および塗布膜を合成し、その磁気特性および磁気光学特性について検討した結果を述べる。

性能指数は、ファラデー回転と光透過性の比で表し、作製した膜を評価する指針として用いた。性能指数と Bi 置換量の影響、Al 置換 Bi-YIG 微粒子における Al 置換量の影響を論じる。

つぎに、情報記録特性と関連して保磁力の高い膜を合成するため、各種希土類元素を導入した Bi-RIG 微粒子を合成し、その塗布膜の特性について論じる。

第5章「Bi-YIG 微粒子塗布膜の最適化」では、様々な構成の塗布膜を合成し、その磁気光学特性について調べた結果を述べる。本研究で合成した塗布膜は、ナノサイズのセラミックス微粒子が有機バインダ中に分散している構造を持つ。このような非連続磁性材料の磁気光学特性において、微粒子のサイズ、および、微粒子の濃度は特性に大きな影響を与えると思われる。

第6章「磁化パターンの可視化観察とその応用」では、デバイス応用に関する情報を得るために、合成した塗布膜を用いて、磁界パターンの可視化を行った結果について述べる。作製した磁気光学塗布膜により、磁界パターンを光のコントラストに変換し、得られた光学像の評価を行う。

また、本研究で開発した塗布膜を応用した様々なデバイスへの応用例を述べる。まず、磁気光学コントラストによる画像表示の可能性を示す。次に、磁気カードのセキュリティへの応用を考え、ホログラムと組合せた。そして、フレキシブルな光磁気塗布膜の応用として転写箔を試作した。

第7章「総括」では、本研究を総括する。

## 参考文献

- 1) I. S. Jacobs, *J. Appl. Phys.*, Vol.**50**(11), pp.7294-7306 (1979).
- 2) 明石五郎, *日本応用磁気学会誌*, Vol.**7**(3), pp.185-189 (1983).
- 3) Mark H Kryder, *J. Magn. Magn. Materials*, Vol.**83**, pp. 1-5 (1990).
- 4) P Hansen, *J. Magn. Magn. Materials*, Vol.**83**, pp. 6-12 (1990).
- 5) 三橋慶善, *画像電子学会誌*, Vol.**24**(6), pp.675-681 (1995).
- 6) 鈴木孝雄, *応用物理*, Vol.**64**(3), pp.208-219 (1995).
- 7) 西村直樹, *画像電子学会誌*, Vol.**24**(6), pp.689-697 (1995).
- 8) *日経エレクトロニクス*, No.**466**, pp.195 (1989).
- 9) *MacPower*, Jun.92, pp.1-32 (1992).
- 10) *MacPower*, May.96, pp.255-267 (1996).
- 11) 吉田忠雄, 日本応用磁気学会第73回研究会, Vol.**73-6** (1992): 日経産業新聞, 1992/1/29: 日本経済新聞, 1992/5/27 (13面).
- 12) SONY Co., <http://www.sony.co.jp/TechnoGarage/HS/index-j.html>: 新製品レポート, *NIKKEI BYTE*, 第**148**号, pp.268-269 (1996).
- 13) 三菱ガス化学(株)企業広告, *OPTRONICS*, Apr.1996, No.172 (1996).
- 14) 前田育生, “磁気光学デバイスの現状”, “粉体粉末冶金協会フェライト委員会研究会”, 1992/2/25.
- 15) 腰塚直己, 奥田高士, *日本応用磁気学会誌*, Vol.**9**(5), pp.397-403 (1985).
- 16) B. Hill and K. P. Schmidt, *Philips J. Res.*, Vol.**33**(5/6), pp.211-225 (1978).
- 17) 光産業技術振興協会, “光エレクトロニクス材料マニュアル”, pp.430-442 (1984).
- 18) C. F. Buhner, *J. Appl. Phys.*, Vol.**40**(11), pp.4500-4502 (1969).
- 19) P. Hansen, K. Witter and W. Tolksdorf, *Phys. Rev. B*, Vol.**27**(11), pp.6608-6625 (1983).
- 20) 黒田純夫, 庄野敬二, *応用物理*, Vol.**64**(3), pp.236-240 (1995).
- 21) 久村祐史, 藤本徹也, 五味学, 阿部正紀, 第14回日本応用磁気学会学術講演概要集, pp.209-211 (1990).
- 22) 河野孝史, 久村祐史, 五味学, 阿部正紀, 第16回日本応用磁気学会学術講演概要集, pp.421-423 (1992).