

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 渡辺 哲

光ディスク記録は1982年のコンパクトディスク(CD)の実用化以来、デジタル情報の大容量記録媒体として普及発展してきた。その研究開発は大容量化・高密度化を至上命令として進められてきた。高密度化を可能にする技術としては、レーザーの短波長化、レンズの高開口数化、スポット径より小さいスケールでの記録を可能にする超解像技術の導入などが挙げられる。また、高密度化により信号レベルが低下し読み取りエラーの確率が増える。これに対処するエラー訂正符号の導入も不可欠となる。著者は光ディスク製造企業の研究開発部門で以上の問題に取り組んで、成果を上げてきた。最近では、単体部品としてはおそらく最小の対物レンズの作成に成功している。本論文は著者の永年にわたる研究開発の成果をまとめたものである。

第1章「序章」では、研究の背景と概要、および、本論文の構成がまとめられている。

第2章「光ディスクの原理と高密度記録技術」では、光ディスクの原理、各種記録方式の特徴、高密度化の原理と問題点が述べられている。本章の後半では、高密度化において必須となる信号処理によるエラー訂正符号法についてまとめられている。

第3章「ビームスポット径小型化による高密度化研究」では、スポット径を小さくするために光源を短波長化し、かつ、開口数(NA)を大きくしたときの問題点について論じられている。光ディスクでは記録面に上り適当な厚さのカバー層を設け、記録面を保護している。このカバー層に起因する球面収差とコマ収差を解析し、波長とNAが与えられたときのカバー厚に対する制約条件を導いた。この結果はCDの規格を基準にして得られたが、一般性がある結果であり、その後のDVDやブルーレイディスクの基本的な特許の一つとなっている。著者は、実用的には重要となるカバー層の上面に付着した塵埃の効果を実験的、理論的に解析し、カバー厚が与えられたときの塵埃の大きさと読み取りエラーの関係を導いた。一方、標準的な環境における塵埃分布を調べ、現行の光ディスクにおける塵埃対策の基礎を確立した。

第4章「光磁気記録再生における高密度化技術」では、光磁気記録に固有の高密度化技術について著者の研究成果が述べられている。光磁気記録は、レーザー光で局所的に媒体をキューリー点以上まで加熱し、磁界を加え、磁化の方向でデータを記録する方式である。従来の記録方式ではレーザー光を連続的に照射し、磁界をパルス的に変調する方式が用いられていた。著者はレーザー光をパルス的に照射する方式を考案し、その実用化を行った。この方式では、円形のレーザースポットを部分的に重ねて照射することにより、1ビットの情報が円形スポット全面ではなく、円形スポットをずらすことによって生じる三日月型の部分に記録される。これにより、円周方向に円形スポットの直径よりずっと短いピッチ

で情報を記録することを可能にした。

第5章「磁氣的超解像再生と磁区拡大再生技術」では、前章の結果を踏まえ、さらに高密度化を実現する磁氣的超解像再生、および、磁区拡大再生技術について述べられている。前章でスポットサイズ以下の高密度記録が可能となったが、再生段階では、近接する情報を読み出さないように工夫が必要になる。本章では、光磁気記録媒体を、記録層と再生層に分け、記録層の1ビット分を再生層に拡大して転写することにより光学的な解像度以下の細かい情報の再生が可能になることを示した。パルスレーザー光照射による温度分布変化の詳しい解析に基づき、本方式の基本特性を明らかにした。著者の開発した記録方式は、光磁気記録として実用化された。

第6章「光ディスクにおける新記録方式の研究」では、超小型ピックアップレンズの製作とその光学特性について述べられている。現行の非球面ピックアップレンズはプラスチックまたはガラスのモールド技術を用いて製作される。凸レンズを作るための金型は凹型である。金型は機械加工で作られるが、切削バイトをむやみに小さくできないため、微小な凹面の切削には限度がある。そこで著者は発想を転換し、凸型の金型で凹型のガラス製品を作ることを思いついた。製品の凹みの部分に高屈折率材料を充填し、平面研磨することにより、凸レンズとすることができる。この方法で、直径0.3 mmでNA = 0.9の対物レンズの作成に成功した。これは、レーウエンフックの球レンズよりずっと小さく、おそらく最小の対物レンズであると思われる。著者はさらに、レンズを保護するために下にフロント基板を接着したが、レンズの光学特性が基板厚に依存することを見出した。最適設計を行うと、媒体のカバー厚のむらによって生じる球面収差、および媒体のチルトによるコマ収差の両方を著しく軽減できることを発見し、従来のピックアップレンズを超える性能を有することを明らかにした。

第7章「総括」は本論文のまとめである。

以上に述べた通り、本論文は光ディスク記録の高密度化に関する著者の永年の成果をまとめたものである。媒体のカバー厚とチルトによるコマ収差発生の関係から、レーザー波長およびピックアップレンズのNAとカバー厚の関係を逸早く解明し、その後の光ディスクの規格を予言したことは、著者の先見性を示すものであろう。カバー厚に関連し、表面に付着した塵埃の効果の定量化も行った。光磁気記録ではレーザーパルス発光方式を提案し、実用化した。この方式は光磁気記録の主流となった。その後、おそらく世界最小のピックアップ用対物レンズを作成し、その特性を明らかにした。以上を要するに、著者の研究は光ディスク記録の高密度化に大きく寄与し、その一部は実際に製品化されたことは特筆に値する。よって、本論文は物理工学に対し寄与するところ大であり、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。