

論文審査の結果の要旨

氏名 田中 健二

本論文は「近接場光ヘッドの高出力・高分解能化に関する研究」と題し、全 10 章から構成される。光記憶の記録密度が回折限界による物理的な限界に達しつつある中、この限界を打破するブレイクスルーの 1 つとして期待されているのが近接場光記憶である。本方式は従来技術を遥かに超えるポテンシャルを有するものの、実用化には近接場光ヘッドの高出力・高分解能化や高精度トラッキング技術に代表される各要素技術の確立が必須である。本論文は、これらの達成に向けて新規の光ヘッド構造を提案すると共に、数値解析を軸とした理論検討と実験評価により、その有効性を実証したものである。

第 1 章「序論」では、次世代の高密度光記憶技術が必要とされる背景について詳述し、本論文で扱う近接場光記憶技術の特徴や技術課題を明らかにしている。

第 2 章「Finite-Difference Time-Domain 法に基づく解析コードの構築」では、Finite-Difference Time-Domain (FDTD) 法に基づいて独自に構築した近接場光解析コードについて概説し、さらに、解析解および近接場光学実験との比較検証によりその基本的な有効性を示している。

第 3 章「微小散乱体光ヘッドの提案と理論解析評価」では、高出力・高分解能化を実現する光ヘッドとして、開口内に金属微小散乱体を配置した構造である「微小散乱体光ヘッド」を新規に提案している。さらに、FDTD コードを用いた理論解析を行い、本ヘッドが高出力と高分解能の両立を可能にすることを明らかにしている。

第 4 章「微小散乱体光ヘッドの実験評価」では、第 3 章で提案した微小散乱体光ヘッドについて、コレクションモード SNOM (Scanning Near-Field Optical Microscope) を用いた実験評価を行い、本構造が高出力・高分解能化を実現することを実証している。さらに、実験結果と解析結果とを比較し、本 FDTD コードが金属微小体を含む複雑な構造の光学評価においても有効であることを示している。

第 5 章「理論解析による微小散乱体光ヘッドの高性能化」では、微小散乱体光ヘッドのさらなる高性能化に向けて、FDTD コードを用いた理論解析により各パラメータの影響を詳細に検討し、高性能化を可能にする条件を明らかにしている。

第 6 章「三角開口型光ヘッドの提案と理論解析評価」では、高出力・高分解能化を実現するもう一つの有力な光ヘッド構造として、開口を三角形状にした「三角開口型光ヘッド」を新規に提案している。さらに、FDTD コードを用いた理論解析によりその特性を解明し、本ヘッドが高出力・高分解能化を可能にすることを明らかにしている。

第 7 章「三角開口型光ヘッドの実験評価」では、第 6 章で提案した三角開口型光ヘッドについて、イルミネーションモード SNOM を利用した実験評価を行い、本ヘッドの有効性を実証している。さらに、実験結果と解析結果とを比較し、本 FDTD コードがテーパ形状や三角形状を含む複雑な構造の光学評価においても有効であることを示している。

第 8 章「トラッキングヘッドの提案と理論解析評価」では、高精度トラッキングの実現に向けて、T

字型の開口構成を成す「トラッキングヘッド」を新規に提案している。さらに、FDTD コードを用いた特性評価により、本ヘッドが高精度トラッキングに有効であることを明らかにしている。

第 9 章「高性能光ヘッド技術への展望」では、各章で得られた成果を基に総合的な考察を行い、高性能光ヘッド技術への展望を示している。

第 10 章「結論」では、結論を述べ、本論文を総括している。

以上のように、本論文では、高性能化を実現する複数の近接場光ヘッド構造を提案し、その有効性を理論検討と実験評価によって実証している。中でも、微小散乱体光ヘッドおよび三角開口型光ヘッドにより近接場光ヘッドの高出力化と高分解能化の両立を果たしたことは、近接場光記憶のみならず近接場光学全般に共通する原理的な課題を解決するものであり、その意義は非常に大きいものと認められる。さらに、本研究は理論解析結果と実験結果との比較検討により、FDTD 法による数値解析手法が近接場光学の解析評価に極めて有効であることを示しており、近接場光学の理論解析分野において貴重な一例となるものである。したがって、本研究は、近接場光記憶はもとより、近接場光学顕微鏡や近接場露光などの近接場光学関連技術、および、近接場光学そのものの発展に大きく貢献するものと認められる。

なお、本論文は、板生清氏、保坂寛氏、大久保俊文氏、中島邦雄氏、光岡靖幸氏、大海学氏、新輪隆氏、市原進氏、宮谷竜也氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断される。

よって、本論文は博士（環境学）の学位を授与できるものと認められる。