氏 名（本 籍 地）	小島 直人
学 位 の 種 類	博 士（ 工学 ）
学 位 記 番 号	博 甲 第 7239 号
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審 査 研 究 科	数理物質科学研究科
学 位 論 文 題 目	**浮上スライダー・近接場光技術による 光ディスク高記録密度化の研究**

主 査	筑波大学教授	工学博士	山田啓作
副 査	筑波大学教授	博士(学術)	都倉康弘
副 査	筑波大学教授	博士(工学)	大野祐三
副 査	筑波大学客員教授	博士(工学)	浅川 潔
副 査	筑波大学客員教授	理学博士	太田憲雄

論 文 の 要 旨

ICT 技術、クラウドの加速度的成長により、ビッグデータ社会が到来し、アーカイブ・ストレージへの要求も、大容量化、データ入出力の高速化、低消費電力化、データ長寿命化などの面がより求められている。これに応えるには、さらなる光ディスクの高記録密度化が必要となるが、光回折限界の壁により、ディスク面上での光スポット径を使用波長の数分の 1 以下、すなわち 10nm オーダーのスポット径を実現することは難しい。そこで、近接場光学を用いて、ソリッドイマージョンレンズ（SIL）、さらにはプラズモン・アンテナによる回折限界を越えた光超解像記録再生の研究が活発に行われている。 本研究は 1 インチ□あたり 1 テラビットを超える記録密度を光ディスクにおいて実現しようとする研究である。

本研究は大きく二つのセクションに分けられる。 第一はピックアップの浮上スライダーの研究である。 浮上スライダーは既にハードディスク等で実現されているが、本研究は書き込み用ヘッドまたは読み出しヘッドを波長の 10 分の 1 程度の距離で基板に衝突することなく浮上させなければならず、より高度の制御技術が要求される。 それに対し本研究では浮上スライダーの浮上姿勢（静的・動的）に関し、修正レイノルズ方程式を有限要素法を用いて解き、浮上ヘッド構造で必要とするスライダーの空気潤滑面の最適形状を求める。それに基づき、実際に SIL を搭載した光ヘッドを試作、スピンスタンド上で相変化記録膜を用いて、記録・再生実験を行った。試作した光ヘッド構造において、SIL の実効開口数 NA が 1.24（回折光学系では、NA ＜ 1）であることを確認し、相変化記録媒体を用いた記録再生評価を行い、使用波長の回折限界以下のマーク長 0.2□m において、ジッター、CN 比とも実用範囲の信号品質が得られることを実証した。

次に光の回折限界を超える、1 テラビット／平方インチ以上の高面記録密度を光ディスクでも実現

するために、サイズ 10 nm 程度のビットの光記録再生手法を検討した。具体的には、局所表面プラズモン共鳴を応用したプラズモン・アンテナと相変化ナノドット媒体との組み合わせを考え、プラズモン・アンテナ先端で発生する近接場と相変化ナノドットとの近接場相互作用を、有限時間差分領域法（FDTD）による数値計算で解析した。その結果、パラメーターの最適化により、個々の相変化ナノドットに選択的に近接場増強を発生させ、加熱することが可能であることを明らかにした。さらに、アンテナと相変化ナノドットの組み合わせにおいて、Write-Once 型光記録方式を可能にする、記録及び再生過程が成り立ちうることが明らかになした。

本研究により、浮上スライダー上にソリッドイマージョンレンズ（SIL）等の近接場光素子を搭載する具体的な光ヘッド構造の提案を行った。さらに、本研究では、ナノ金属構造で発生する近接場増強により、光の回折限界を越えた光超解像再生が可能であることを、実験及び計算から明らかにし、面記録密度１テラビット／平方インチを越える光記録再生技術が実現可能であることを明らかにした。

審　査　の　要　旨

〔批評〕

光ディスクの分野において、現状そして現在開発中の技術の先、すなわち 1 テラビット/インチ□が可能であることを示した、優れた研究である。 現在の生産技術ではないが、最先端の技術を使い、書き込み読みヘッドを流体力学計算により最適化を行い実際に試作して、1 テラビット/インチ□時代に必要とされるスペックの製品が実現可能であることが示されている。 一方、回折限界を超えた光の取り扱いにおいてはシュミレーションにより、研究を行った。 現在の微細加工技術の元ではこれの試作実証は不可能であるが、過去の微細加工の延長線上にあり、近い将来十分に実現が可能なレベルである。 このようの小島君は実証が可能なところでは試作実験でこれを証し、実験が現在の技術レベルで困難な時には計算によりこれを証すように柔軟な考えと学位にふさわしい能力を併せ持っていると確認された。 またこれらの研究は、学会誌にも投稿　採択済みであり、広く優位性が示されている。

〔最終試験結果〕

平成 27 年 2 月 16 日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（ 工学　 ）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。