

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 田中 富士

CD、DVD、Blu-ray と順調に記録容量を伸ばしてきた光ディスクは、光源の波長とレンズの NA が限界に達し、現在の記録再生方式では記録容量の限界に達している。このような状況で、3次元記録方式の一つであるホログラフィックメモリーが再度脚光を浴び、実用化を視野に入れた研究開発が行われつつある。ホログラフィックメモリーは、基本的に厚い回折格子のブラッグ回折を用いているが、温度変化等による膨張収縮が起きると、ブラッグ条件が変化し、正しい記録の再生が行われなくなるという問題を持っている。本研究は、記録材料の非等方的な膨張収縮に対して、光源の波長と参照光の角度を同時に調節することにより、2次元ページデータを全面にわたって正しく再生する方法に関して、理論的な解析を行い、最適な再生波長と角度の組み合わせの定式化を行った。またこの解析から、実際のホログラフィックメモリーシステムにおいて、使用可能な温度範囲をみつもり、最適化を行った。また、記録再生に使用する高コヒーレンスな波長可変光源を、外部共振器付 GaN 系青紫色半導体レーザーにより実現し、温度補償が実際に可能であることを示した。

本論文は以下の 8 章からなる。以下に各章の内容を要約する。

第 1 章では本論文の序論として、光ディスクの発展と記録容量の限界、ホログラフィックメモリーシステムの概説、記録材料となるフォトポリマーの温度特性、外部共振器付 GaN 系半導体レーザーのこれまでの研究状況に関して紹介している。次に、本研究の目的を述べ、本論文の構成を示している。

第 2 章ではホログラフィックメモリーについて概説している。まず、これまでの研究の歴史を述べ、その後現在主流となっている 2 方式である、2 光束方式とコアキシャル方式に関して解説している。

第 3 章では、著者が製作した外部共振器付半導体レーザーの構造と発振モード特性に関する実験結果について述べている。特に、動作温度の変化に伴うモードの変化に関して実験と共に理論的解析を行っている。また本論文で採用した Littrow 型の構成と、他で用いられている Littman 型の得失に関して検討が行われている。

第 4 章では、第 3 章に述べられた外部共振器付半導体レーザーがホログラフィックメモリーのシステムに使用可能であることの検証を行っている。2 光束方式とコアキシャル方式のそれぞれで、許される発振縦モード数の上限を評価し、後者の方が短いコヒーレンス長で書き込みが行える、という理論的予測を実験的に裏付けた。

第 5 章では、波長可変型外部共振器付半導体レーザーの製作とその性能評価について述べられている。波長モニターとモードホップモニターによりホログラフィックメモリーの書き込みに必要な縦モードの状態が発振しているかの、実時間での検証機構が付加されている。第 6 章以降の非等方的膨張収縮の補償実験にはここで製作されたレーザーが使用さ

れている。

第6章が本論文での中心となる章で、記録媒体の非等方的膨張収縮の補償に関して述べられている。まず、計算のモデルが説明されている。膨張収縮の原因には、記録時と再生時の温度が異なること、およびホログラムの書き込みに伴う媒体の収縮、の2つが考慮されている。ついで、単一平面波回折格子の非等方的膨張収縮に伴うブラッグ条件の変化、およびデジタルデータを表現した2次元ページデータをホログラムとして記録した場合の全画面に対するブラッグ条件の変化を求めている。さらに再生照明光の波長と角度の両者を同時に変化させて、非等方的膨張収縮の最適補償条件を求めている。これによりページ全面で良好な再生像が得られる条件が明らかになった。具体例として25°Cで波長405 nmで記録した場合について再生照明光の最適波長と最適角度をもとめ、種々の材質の基板、記録フォトリソグラフィを用いた場合の補償について考察した。また、補償が可能な温度範囲を、実際の材料の熱膨張率、屈折率等から求め、最終的には膨張収縮補償を考慮した記録ディスクとホログラフィックメモリードライブの設計指針を与えている。最後に実験により、温度補償が可能であることを検証している。

第7章では本研究の結果をまとめると同時に、課題と今後の展望を述べている。

この他、本論文を理解する上で参考となる知識や計算の詳細について、付録A-Cを設けて説明している。

以上のように本研究は、次世代光メモリーシステムとして有望なホログラフィックメモリーシステムにおける、記録媒体の非等方的膨張収縮の補償に関して、理論的解析を行うとともに、その解析結果から実用システムにおける動作可能温度範囲を見積もることが可能であることを示したものである。この成果はホログラフィックメモリーシステムの設計に関して、温度補償に関する一般性の高い設計指針を与えるものであり、今後の研究者、設計者に対して、幅広く活用できるツールを与えるものである。これらは今後の物理工学の発展に大きく寄与することが期待される。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。