

Department 電気・電子情報工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 071003 号	Supervisors 指導教員	中村 雄一
Applicant's name 氏名	磯谷 亮介			高木 宏幸

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士學位論文名	人工磁気格子を用いた光磁気体積ホログラフィに関する研究 (Magneto-optical volumetric holography with artificial magnetic lattices)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

書き換えが可能なホログラムの候補として、磁化の向きで情報を記録する磁気ホログラムがある。磁性酸化物を記録媒体として用いた磁気ホログラムは、材料としての長期安定性に優れ、遮光も不要であるといった利点を有する。これまでに磁気ホログラムの記録・再生には成功しているが、回折効率が低いため、再生像が暗く、不明瞭であった。磁気ホログラムの回折効率は、媒体の磁気光学 (MO) 効果の1つである偏光面回転角の大きさおよびホログラムの書き込み深さに依存する。本研究では、回折効率を向上し明瞭な像を得ることを目的とし、人工的な磁気構造を導入した記録媒体を提案し、明瞭な磁気ホログラムを記録する手法について検討した。

1. 光マイクロキャビティを装荷した磁気ホログラムメディア

磁性フォトニック結晶 (MPC) はフォトニック結晶の欠陥層として磁性層を導入した構造で、光共振器の原理で光が磁性層に局在することでMO効果を増大できる。このMPCを磁気ホログラムの記録媒体として使い、MPC構造を適切に設計することで、回折効率を単層膜の2倍以上に向上できることを計算により示した。このときの磁気プリンジの形状を詳細に調べた結果、ホログラムの書き込み深さも増加しており、光の局在による偏光面回転角の向上と書き込み深さの増大が回折効率向上に寄与していることが分かった。また実験的にも、MPC媒体を用いることで、同じ厚さの単層膜よりも明瞭な磁気ホログラムの再生像が得られることを示した。

2. 多層膜構造による磁気プリンジ形状の制御と明瞭化

従来の記録媒体は、熱磁気記録時における表面近傍の熱拡散の結果、隣接する磁気プリンジが繋がるため、磁気プリンジの実効的な書き込み深さが制限されていた。実効的な書き込み深さを増大させる手法として、熱拡散層を挿入し、過度な熱を拡散させる多層膜構造を提案し、本来の干渉縞形状を維持できる構造の設計指針を明らかにした。本構造を用いることで磁気ホログラムの書き込み深さを大幅に向上でき、回折効率を2倍以上向上できることを数値計算により示した。さらに、前述したMPC構造と組み合わせることで、MO効果の増大と書き込み深さの増加を両立させることができ、回折効率が一桁向上可能であることを計算により示した。

3. ハイブリッド方式による磁気ホログラム計算手法

これまでの検討で、高い回折効率を得るための記録媒体の構造を明らかにした。次のステップとして、計算により変調像をコリニア光学系で記録・再生し、明瞭な像を得る条件を検討するために、回折理論と有限要素法を融合させたハイブリッド計算手法を提案した。本手法を用いることで、従来、巨大なメモリ空間が必要なため実現困難であった、計算機上での変調光を用いた磁気ホログラムの記録・再生に成功し、記録パターンを与えたときの磁気ホログラムの挙動を知ることができるようになった。

本論文で述べたナノ構造を導入したホログラフィック媒体およびその解析手法は、磁気ホログラムのデータストレージ技術などへの応用に大きく貢献するものと考えられる。

Date of Submission:

September 25th, 2015

Department of Electrical and Electronic Information Engineering	Student ID Number	071003
Applicant's name	Ryosuke Isogai	

Supervisors	Yuichi Nakamura Hiroyuki Takagi
-------------	------------------------------------

Abstract

Title of Thesis	Magneto-optical volumetric holography with artificial magnetic lattices
-----------------	---

Magnetic hologram is a candidate of rewritable hologram, where holograms consist of magnetization directions. Magnetic holograms with stable magnetic oxides have advantages of such as long-term stability of the materials and unnecessary of light shielding. We have successfully demonstrated writing and reconstructing magnetic hologram, while the observed reconstructed image was dark and unclear because of its low diffraction efficiency. The diffraction efficiency of magnetic holograms depends on the magneto-optic (MO) effect and the depth of recorded hologram. In this study, nano-structured holographic media with artificial magnetic lattices were proposed to record clear magnetic fringes and to improve the diffraction efficiency of magnetic holograms for bright and clear reconstructed images.

1. Magnetic holographic media with optical microcavities

A magneto-photon crystal (MPC) is an artificial magnetic lattice where a magnetic film is sandwiched between two Bragg mirrors and acts as an optical cavity to enhance the MO effect. The diffraction efficiency of MPC holographic media was twice as high as that of a monolayer magnetic film. Through the investigations on the calculated shapes of magnetic fringes, the depth of recorded hologram was found to be increased and contributes to achieve high diffraction efficiency in MPC media in addition to the enhancement of the MO effect. I also demonstrated experimentally a bright reconstruction image of the magnetic hologram recorded in MPC media in comparison with the monolayer film.

2. Achievement of well-defined magnetic fringes with multilayered structures

In usual magnetic holographic media, the effective depth of recorded hologram is limited because of connections of magnetic fringes near the medium surface by thermal diffusion in writing process. In order to increase the effective hologram depth, the multilayered structure composed of magnetic garnet and thermal diffusive layers was proposed, and the principle for designing the multilayered structure which can maintain original shapes of fringes was established. The improvement of effective depth of recorded hologram with this multilayered structure resulted in high diffraction efficiency more than double compared to the usual monolayer film. Finally, the diffraction efficiency of the multilayered structure combined with aforementioned MPC media was improved to one order larger than that of the monolayer film in consequence of the enhanced MO effect and the deep magnetic fringes

3. Hybrid calculation with the combination of diffraction theory and finite element method

As a next step following the improving of diffraction efficiency, the conditions to achieve clear reconstruction images of magnetic holograms should be clarified for collinear interference system. However, an extremely large number of meshes required to describe the collinear holography is a crucial issue to perform such the simulation. Therefore, I proposed a hybrid calculation method by combining diffraction theory and finite element method. The recording and reconstruction process of magnetic hologram was successfully performed on a computer, and this method enables us to predict the behavior of collinear magnetic holography

The magnetic holographic media with magnetic artificial lattices and the analytical technique mentioned in this thesis are expected to contribute the development in the field of magnetic holography.