

Department 電気・電子情報工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 103328 号	Supervisors 指導教員	高木 宏幸
Applicant's name 氏名	中 村 和 樹			中村 雄一

## Abstract

## 論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	Magneto-optic holographic three-dimensional display with artificial magnetic lattice (人工磁気格子を用いた磁気光学ホログラフィック3次元ディスプレイ)
----------------------------	---

(要旨 1,200字程度)

自然な立体像を表示できる3次元(3D)表示技術にホログラフィックディスプレイがある。本ディスプレイを実現するには、光の波長レベルの周期構造であるホログラムを高速かつ高密度に表示できるディスプレイの開発が重要である。

本論文では、ホログラムの表示に必要な高密度の情報を高速に記録し表示できる磁性体を用いた磁気光学ホログラフィック3Dディスプレイの開発を行った。特に人工磁気格子構造を用いることで、高輝度かつ低エネルギー記録の磁性体、磁気ホログラムのノイズ低減を実現した。また、複雑な3D像のホログラムの計算方法、3D像を動画速度で表示させる光学系、再生像の画質向上について検討した結果を報告する。

## 1. 人工磁気格子を用いた磁気ホログラムメディア

磁気ホログラムをディスプレイに応用する際に、磁性体の材料で決まる記録および再生時の光効率が課題となる。本論文では、人工磁気格子構造である磁性フォトニック結晶(MPC)をディスプレイに用いることで、記録効率および回折効率を向上し、輝度100 cd/m<sup>2</sup>の画像の表示に必要な照明光の強度を従来の24 W/cm<sup>2</sup>から10 W/cm<sup>2</sup>まで低減できることを示した。さらに、記録エネルギーに優れる希土類遷移系金属合金膜と、回折効率に優れる磁性ガーネット系薄膜を組み合わせた構造を作製することで、低記録エネルギーかつ高回折効率を実現した。

## 2. 磁気ホログラムディスプレイのための計算機合成ホログラム

複雑な3D像のホログラムを計算するために2次元面間の光伝搬を基本としたホログラム計算手法を用いた。本手法は多数の点光源から構成される複雑な物体のホログラムの生成に適した方法である。さらに、先行研究の磁気ピクセルは、光照射の有無によるバイナリホログラムであった。2値化の際に生じるノイズの低減手法として、機械的なピクセル構造を必要としないという本ディスプレイの特徴に着目し、磁気ピクセルの位置を制御することでノイズ低減を行った。

## 3. 動画表示のための光学系構築

磁気ホログラムを用いた動画表示のために、連続的な磁気ホログラムの記録再生を行った。外部磁界印加による磁気ピクセルの初期化と熱磁気書き込みを繰り返すことで10 Hzでの動画再生を実現した。しかし、光学系の関係から低視野角にとどまっていたため、広視野角の動画再生を目的にマイクロレンズアレイを用いた新たな記録光学系を作製し、その原理実証を行った。

## 4. 表示像のカラー化および多値化

本章までの研究は、モノクロの立体像表示を実現することを目的としたが、応用を考える上でホログラムの多階調表示および、カラー表示は重要である。磁気ホログラムを用いたカラー像表示の原理実証として、空間分割方式を用いることで、白色を含むsRGB規格の色調表現を実現した。また、書き込み光のエネルギー密度を制御することで1ピクセル中の磁気光学効果の大きさを制御し、4値のグレー表現を実現した。

本研究で確立した手法を組み合わせることで、ホログラフィックディスプレイを実現できるだけでなく、光アドレス型空間光変調器の開発や磁気光学効果を用いた情報記録技術にも大きく貢献できるものと考えている。

Department 電気・電子情報工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 103328 号	Supervisors 指導教員	高木 宏幸
Applicant's name 氏名	中 村 和 樹			中村 雄一

## Abstract

## 論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	Magneto-optic holographic three-dimensional display with artificial magnetic lattice (人工磁気格子を用いた磁気光学ホログラフィック 3次元ディスプレイ)
----------------------------	--

(要旨 1,200 字程度)

Holographic display is expected as an attractive technique to visualize three-dimensional (3D) images with high presence. For practical use, a high speed display, which can represent holograms with order of light wavelength, is required. The magneto-optic holographic three-dimensional display expected to solve this problem by using magnetic media which is excellent in recording speed and recording density. In particular, by using artificial magnetic lattice, a media had high brightness and could be recorded by low energy, and reduction of noise of magnetic hologram was realized. In addition, calculation methods of computer generated holograms for complex 3D object, optical systems to represent holographic video, and quality improvement of reconstructed images were discussed.

**1. Magnetic holographic media with artificial magnetic lattice**

To applicate magnetic hologram for holographic display, light efficiencies of recording and reconstructing of hologram were regarded as a problem, and these efficiencies dominated by media material. In this thesis, by using the magnetophotonic crystal (MPC), recording and reconstructing light efficiencies were improved. The diffraction efficiency of MPC was  $2.1 \times 10^{-2}\%$ , and required illumination light to represent  $100 \text{ cd/m}^2$  brightness reduced from  $24 \text{ mW/cm}^2$  to  $10.8 \text{ mW/cm}^2$  compared to a case of amorphous terbium iron ( $\alpha$ -TbFe) film. In addition, a multilayer structure which comprised two different magnetic materials as magnetic hologram media showing high diffraction efficiency and low writing energy was proposed.

**2. Computer generated holograms for magneto-optic holographic three dimensional display**

To calculate complex object with surface, two-dimensional image based method was adopted. This method was suitable for generating complicated hologram composed of many point light sources. Holograms on magneto-optic holographic three-dimensional display were binary hologram and, usual reconstructed images with binary holograms included binarization errors. I focused on that pixel position of magnetic hologram wasn't fixed mechanically. To reduce binarization errors, pixels position of holograms was considered by simulated annealing (SA) method, and error value included in simulated reconstruction images were reduced.

**3. Optical systems for holographic video**

The holographic video system consisted of three elements; hologram recording system, hologram reconstruction system and erasure system of magnetic hologram. To demonstrate holographic video, synchronization of recording and erasure systems were constructed. By using the optical system, a holographic video, rotating wireframe cube, was displayed with the optical system: framerate was 10 fps,  $13.6 \mu\text{m}/\text{pixel}$ ,  $367 \times 367$  pixels. In addition, the new hologram recording system used micro lens array matching to DMD pixels to reduce scanning length.

**4. Representing method of color and gray scale holograms**

In previous chapters, the magneto-optic holographic three-dimensional display has developed to represent holographic video with monochrome. However, in order to put it into practical use, colorization and multilevel gradations of reconstruction images are important. To proof principle of colorization, the optical space division method was adopted. By using the thickness designed BiDyYFeAlG films, the synthesized reconstructed image covered standard RGB color region included white color.

By effectively combining these elements of technologies, magneto-optic holographic display could be expected more realistic and natural 3D images. In addition, each element technologies can be applied to other optical addressed spatial light modulator and storages using magneto-optic effect.