

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ホログラフィックディスプレイの実現に向けた磁気光学デバイス開発および再生像評価に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	東田 諒
Author(English)	Ryo Higashida
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12711号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 雅浩,金子 寛彦,中村 健太郎,渡辺 義浩,ファム ナムハイ
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12711号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	東田 諒	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	山口 雅浩	教授	Pham Nam Hai	准教授
	審査員	金子 寛彦	教授		
		中村 健太郎	教授		
	渡辺 義浩	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「ホログラフィックディスプレイの実現に向けた磁気光学デバイス開発および再生像評価に関する研究」と題し、5章から構成されている。

第1章「序論」では、自然な3D映像を提示可能な映像表示技術の中で、ホログラフィックディスプレイは実物が目の前にあるかのような臨場感・没入感の高い究極の映像体験を提供できる技術であるが、その実現に向けては表示デバイスとしての空間光変調器(SLM)の開発が不可欠であると述べている。そして本研究の目的は、新規 SLM の開発と、SLM の要求性能を明らかにするための再生像評価技術を構築することであるとしている。

第2章「ホログラフィーの3次元映像再生システムへの応用」では、ホログラフィーによる3D映像表示システムに関連する基本的な技術として、ホログラムによる光波の変調方式や計算機合成ホログラム(CGH)の数学的モデルを概説するとともに、SLMに関して画素間隔と画素数に関する基本要件を提示し、新たなデバイス・システム開発の必要性を述べている。

第3章「磁気光学式空間光変調器の研究」では、SLMの狭画素ピッチ化・多画素化を目指して、磁気光学(MO)効果を用いたSLMの開発を行った内容について述べている。開発したデバイスは、各画素の磁化方向を電流誘起磁壁移動によって制御するもので、光を変調する磁性細線(NW)と、NWに磁壁を導入する2つのハードマグネット(HM)、HM下部に設置された画素選択トランジスターから構成されている。画素選択トランジスターからの電流注入によってNWの磁壁が移動して磁化方向が反転し、MO効果により光の偏光状態が変化する。

はじめに、このデバイスの狭画素ピッチ化の可能性を示すため、サブミクロンスケールの微小な磁壁移動型光変調素子を作製している。ここで2種類のHMを形成する必要があるため、本研究ではHMの長さを変えることで保磁力を制御し、2種類のHMの同時形成を可能とする技術を提案している。これにより $0.5 \times 2.0 \mu\text{m}$ の微小な素子の作製に成功し、パルス電流注入による磁化反転および光変調動作を確認している。

次に、微小な素子を狭画素ピッチで配置するため、HMの保磁力制御技術をアレイ構造に拡張し、さらに高開口率で配置可能な構造を提案している。そして提案構造による画素ピッチ $1.0 \times 2.0 \mu\text{m}$ の検証用アレイ素子を作製し、外部からの磁界印加によって固定のパターンを表示する方法で、このSLM構造による光変調性能を検証するとともに、波長633nmのレーザー光で水平視域角 36° のホログラム再生を実証している。また、このSLMの回折効率を改善するため、NW上部の絶縁体層の厚みや光の入射角を変えて磁性体付近の多重反射条件を調整し、検証用素子を用いて回折特性を評価している。その結果、今回のデバイス構造において、回折効率の改善には多重反射条件の調整が有効であること、また入射光の偏光依存性があることを明らかにしている。

さらに、これらの成果に基づいて、画素ピッチ $1.0 \times 2.0 \mu\text{m}$ 、画素数 $10,000 \times 5,000$ のSLMを開発し、波長532nmのレーザーを用いて水平視域 30° の広い視域をもった書き換え可能ホログラムの再生を実証している。

第4章「CGH再生像の評価技術に関する研究」では、SLMに対する要求性能の導出に向けて、ホログラムの再生像評価を行う技術についての研究成果について報告している。

まず、計算機上で様々な性能のデバイスを想定したホログラムの再生をシミュレーションし、その再生像を評価する方法を提案している。従来、立体像を表示するホログラムの再生像をシミュレーションにより評価する手法が未確立であったのに対して、提案手法では、立体像観察における観察者の網膜像を算出することとし、放射輝度が既知の物体の再生像を用いて再生像の明るさの正規

化を行い、インコヒーレント照明下の実世界で物体を観察した場合を理想像として定義することで、再生像品質を数値的に評価することを可能としている。

さらに、既存の SLM では表示が困難な狭画素ピッチ多画素のホログラムをハードコピーとして出力して光学的な再生像を評価するため、微細なパターンを大面積に形成するプロセスを提案し、これによって視域や画面サイズなどの実験的な評価を可能としている。

第 5 章「結論」では、本研究の成果をまとめ、学術的な意義や発展性を議論するとともに、ホログラフィーによる 3 次元映像システムの実現に向けた今後の課題や展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、深い奥行きを有する 3D 映像を高い臨場感・没入感で提示可能なホログラフィーによる 3D 映像表示システムの実現に向けて、新たな磁気光学式 SLM を開発してホログラム再生を実証するとともに、将来のデバイス要件を明らかにするための再生像評価技術を開発したもので、工学上・工業上寄与するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分に価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。