

平成25年度「革新的な三次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」 「課題ア 革新的三次元映像表示のためのデバイス技術」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 日本放送協会(代表研究者)、長岡技術科学大学
- ◆研究開発期間 平成21年度から平成27年度(7年間)
- ◆研究開発予算 総額473百万円(平成25年度 63百万円)

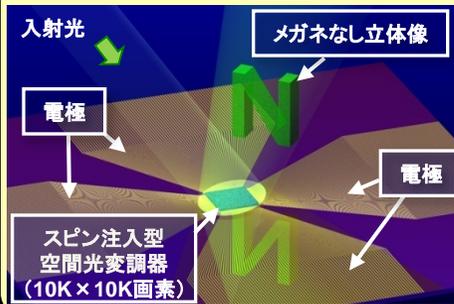
2. 研究開発の目標

超高精細な空間光変調器(画素ピッチ:1 μ m、画素数:10K \times 10K)による動画ホログラフィー表示実験に必要なデバイス設計・プロセス技術、評価技術や映像表示技術を開発し、平成27年度までに単色での広視域立体像表示を実証する。

3. 研究開発の成果

① 超高精細空間光変調器の作製技術(課題ア-1) ③ 立体映像表示技術(課題ア-3)

動画ホログラフィーの広視域化 画素ピッチ < 1 μ m \rightarrow 視域角 > 30度



超多画素・狭画素ピッチのスピ
ン注入型空間光変調器(スピ
ンSLM)の開発

広視域立体映像表示技術の
開発

研究開発成果: 超高精細空間光変調器の作製技術

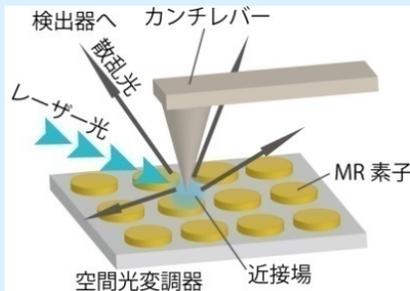
- 超多画素スピンSLM開発に向けて、アクティブマトリクス(AM: Active-Matrix)駆動方式の新奇デバイスを開発した。画素ピッチ5 μ m の単結晶シリコンMOS-FET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)搭載AM駆動回路上に光変調素子を形成するため、位置合わせ精度20nm以下の超微細プロセス技術を構築した。本技術により、トンネル磁気抵抗(TMR: Tunnel Magnetoresistance)磁性多層膜を用いた光変調素子を2次元アレイに高精度で配置したAM駆動方式スピンSLMの開発に成功した。
- 最終モデルとなる超高精細スピンSLM開発に向けて、1 μ m狭画素ピッチからなるAM駆動回路搭載シリコンバックプレーンを設計・作製した。

研究開発成果: 立体映像表示技術

- CGH (Computer Generated Hologram) 計算手法を最適化し、最大回折角での広視域の立体像表示可能な高精細(画素数:4K \times 2K、画素ピッチ:1 μ m)パターンを設計・作成した。このデータを基に、巨大磁気抵抗(GMR: Giant Magnetoresistance)膜と参照磁性膜をパターンニングしたGMRホログラムを作製した。
- 広視域の立体像再生を可能とするGMRホログラムの表示光学系を構築し、外部磁場制御の下での磁気光学効果による明瞭なON/OFF動作、視域角37度の大きな運動視差を伴う立体像再生に成功した。
- 超多画素のAM駆動方式スピンSLMの外部駆動技術を構築するため、クロック信号を基準に入力データを並列信号処理して出力する外部駆動装置を設計・作製し、多画素スピンSLMの駆動を可能とした。

② 超高精細空間光変調素子の評価技術(課題ア-2)

サブミクロンサイズの微小画素とその配列構造の磁気
光学特性の計測技術およびシミュレーション技術



磁性体周期配列構造の磁気
光学特性の理論構築

ナノ領域の偏光計測技術

研究開発成果: 超高精細空間光変調器の評価技術

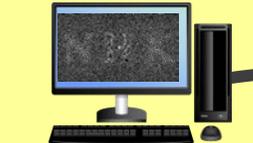
- 磁性体と非磁性体の一次元周期構造で発生する回折光における偏光面の回転角および回折効率を算出する理論式を明らかにした。
- 13nmの高空間分解能を有するアパーチャーレス走査型光学顕微鏡を開発し、試料からの散乱光と背景光の分離手法を構築することで、ナノ領域における偏光特性の計測に成功した。
- 15度/ μ mを超えるファラデー回転角と垂直磁気異方性を両立した新奇磁性ガーネット薄膜の開発に成功した。

①超高精細空間光変調器の作製技術, ③立体映像表示技術の主な成果

①超高精細空間光変調器の作製技術 ③立体映像表示技術

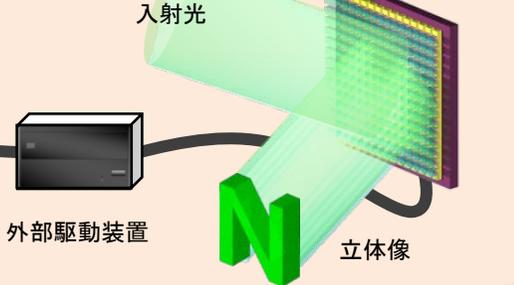
超高精細空間光変調器(スピンSLM)の作製技術を開発
広視域ホログラフィ立体像表示技術の開発

入力系



- 計算機合成ホログラム (CGH)
- インテグラル (IP) 立体 - ホログラフィー変換

表示系

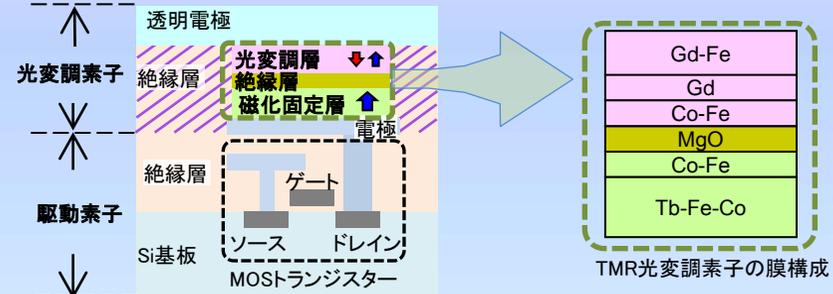


- A. アクティブマトリクス (AM) 駆動方式スピンSLMの開発
- B. 立体像入力信号および立体像表示技術の開発
- C. AM駆動方式スピンSLMの外部駆動装置の開発

アクティブマトリクス駆動方式スピンSLMの開発

超多画素・超高密度のスピンSLMを実現するために、アクティブマトリクス (AM: Active-Matrix) 駆動方式の2次元スピンSLMを開発した。

- MOSTトランジスタからなるAMシリコンバックプレーン上にトンネル磁気抵抗 (TMR: Tunnel Magnetic Resistance) 磁性膜を用いた光変調素子を画素として形成し、二次元アレイのスピンSLMを作製し、その基本動作を実証した。

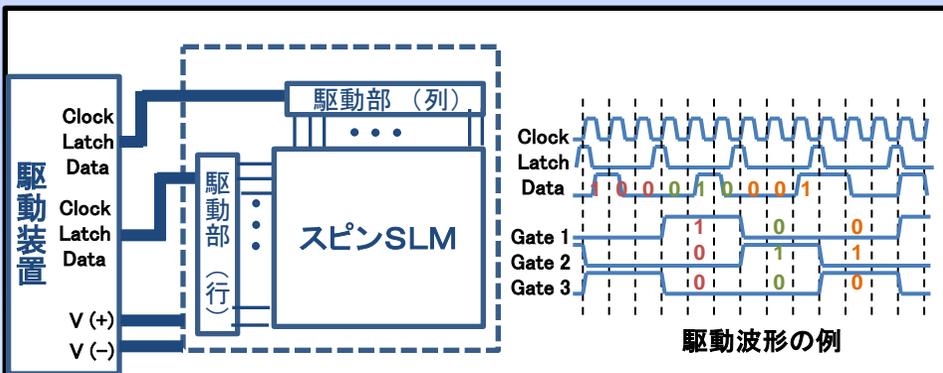


アクティブマトリクス駆動方式スピンSLMの構造

AM駆動方式スピンSLMの外部駆動装置の開発

超多画素のスピンSLMを駆動するための外部駆動装置を設計・開発した。

- 超多画素のAM駆動方式スピンSLMを動作させるため、クロック信号を基準に入力データを並列信号処理して出力する回路基板を設計・作製し、スピンSLMの駆動を可能とした。

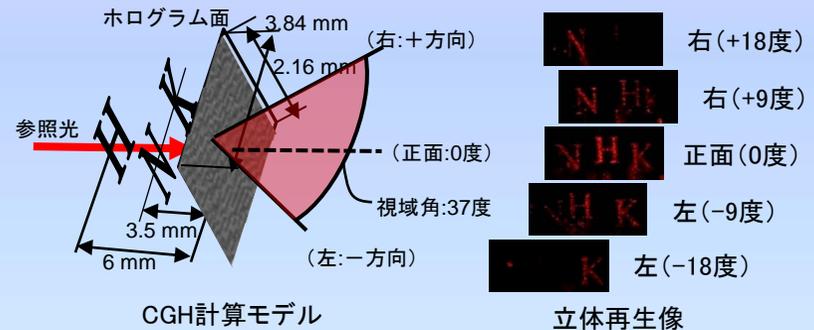


スピンSLM用外部駆動装置の基本構成

立体像入力信号・立体像表示技術の開発

CGH (Computer Generated Hologram) による立体映像入力信号の生成技術の構築と磁気光学効果による広視域立体像表示を実証した。

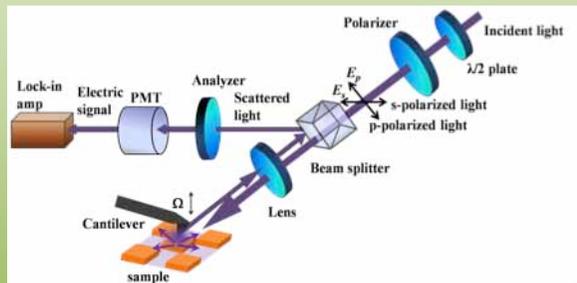
- フレネルキルヒホッフ回折積分のフレネル領域での近似式を用いてCGH計算手法を最適化し、高精細 (画素数: 4K × 2K、画素ピッチ: 1μm) パターンを作成した。本データに基づきGMR (Giant Magnetic Resistance) ホログラムを作製し、理論値通りの37度の大きな運動視差を伴う広視域立体像再生に成功した。



②超高精細空間変調器の評価技術の主な成果

②超高精細空間変調器の評価技術

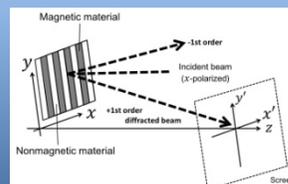
磁気光学効果を利用した超高精細空間光変調器の評価技術を開発



- A. スピンSLMの回折理論
- B. 新奇磁気光学材料の開発
- C. ナノ領域の偏光特性評価技術

スピンSLMの偏光特性および回折効率の理論構築

- スピンSLMでは、画素として複数の微細な磁気抵抗効果素子(磁性体)が二次元平面上に周期的に並び、各画素の間に絶縁体(非磁性体)が形成される。本研究では、磁性体と非磁性体の一次元周期構造で発生する回折光における偏光面の回転角および回折効率を算出する理論式を明らかにした。



偏光面の
回転角

$$\phi = \tan^{-1} \frac{r_m \Phi_K}{r_m - r_i}$$

回折効率

$$\eta_{MO} = \frac{1}{64} r_m |\Phi_K|^2$$

Φ_K : 複素カー一回転角
 r_m : 磁性体の複素反射率
 r_i : 非磁性体の複素反射率

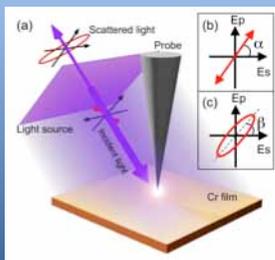
磁気光学効果による
回折のモデル図

回折光における偏光面の回転角および
回折効率の理論式

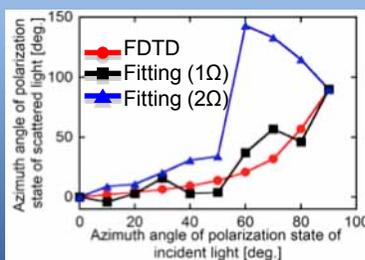
【JEMS 2012年8月】他

ナノ領域の偏光特性評価技術の開発

- 超高精細空間光変調器を構成する素子の磁気光学特性を評価するためには、光の回折限界を超えた高分解能の評価装置の開発が必要である。本研究では、13nmの高空間分解能を有するアパーチャーレス走査型光学顕微鏡を開発し、試料からの散乱光(信号成分)と背景光(ノイズ成分)の分離手法を新たに構築することで、ナノ領域の偏光特性を計測することに成功した。



散乱型プローブにおける
偏光特性の概念図

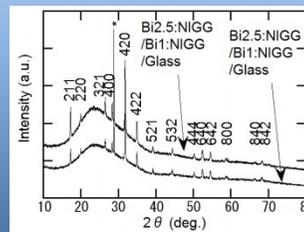


近接場光信号の方位角の入射光方位角依存性(シミュレーションと実験結果(1Ω、2Ω))

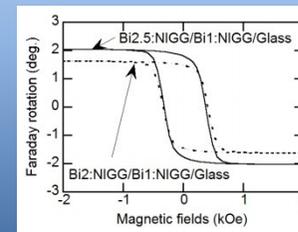
【MORIS 2013年12月】他

新奇磁気光学材料の開発

- 磁性材料を用いたホログラムの回折効率の向上には、大きな磁気光学効果を有する材料開発が重要である。本研究では、15度/μmを超える大きなファラデー回転角と高い垂直磁気異方性を示す新奇磁性ガーネット薄膜の開発に成功した。



X線回折パターン



ファラデーヒステリシス曲線

【JEMS 2013年8月】他

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

| | 国内出願 | 外国出願 | 研究論文 | その他研究発表 | プレスリリース・報道 | 展示会 | 標準化提案 |
|------------------------------|-----------|----------|-----------|-------------|------------|----------|----------|
| 革新的三次元映像表示のためのデバイス技術に関する研究開発 | 31 (5) | 0 (0) | 15 (3) | 114 (28) | 3 (1) | 7 (1) | 0 (0) |

(1)表彰・受賞: 4件

映像情報メディア学会 第43回鈴木記念奨励賞 (2010年8月30日)

日本光学会 第3回HODIC鈴木・岡田記念賞 技術部門賞 (2013年5月31日)

映像情報メディア学会 第46回鈴木記念奨励賞 (2013年8月29日)

国際会議MORIS2013 Best Poster Awards (2013年12月5日)

5. 研究成果発表会等の開催について

(1)展示会等での発表

| | |
|---------------------|--|
| 平成21年8月26日 | NICT超臨場感コミュニケーションシンポジウム (東京・富士ソフト アキバプラザ) ・「革新的三次元映像表示のためのデバイス技術」, ・「磁性体を用いた3次元映像表示用素子の評価技術の開発」 |
| 平成22年5月27日 ~30日 | NHK技研公開2010 (東京・世田谷、NHK放送技術研究所) ・ポスター展示:「スピン注入型光変調素子」, ・研究発表:「超高精細空間光変調素子」 |
| 平成23年5月26日 ~29日 | NHK技研公開2011(東京・世田谷、NHK放送技術研究所) ・ポスター展示:「スピン注入型超高精細空間光変調器」 |
| 平成24年5月24日 ~27日 | NHK技研公開2011(東京・世田谷、NHK放送技術研究所) ・研究展示:「超高精細空間光変調器」 |
| 平成24年7月4日 | NICT産学連携フォーラム (東京・ベルサール九段) [研究発表、パネル・静態・動態展示、映像上映] ・革新的三次元映像表示のためのデバイス技術「スピン注入磁化反転を利用した超高精細空間光変調器の研究開発」 |
| 平成25年5月30日 ~6月2日 | NHK技研公開2013(東京・世田谷、NHK放送技術研究所) ・ポスター展示「トンネル効果を用いたスピン注入型空間光変調器」 |

展示概要: 革新的三次元映像表示のためのデバイス技術に関する研究開発成果を放送技術の専門家および一般の方々に広く紹介した。

6. 今後の研究開発計画

超多画素・超高密度の空間光変調器(画素数:10K×10K、画素ピッチ:1μm)の設計・加工技術、デバイス評価技術、超多画素駆動回路の設計・作製技術、超高精細な空間光変調器の入力信号技術の各種要素技術の研究開発を推進し、平成27年度に スピンSLMによる動画ホログラフィー表示の総合実証実験を行う。