

平成24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(幹事者)、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)
- ◆研究開発費 総額 474.638182百万円(平成24年度 67.299999百万円)

2. 研究開発の目標

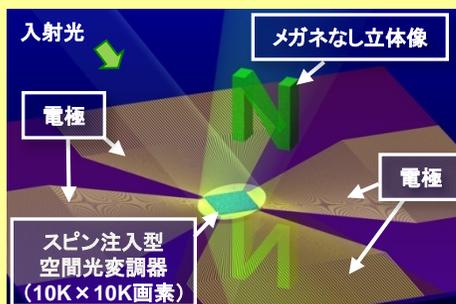
超高精細な空間光変調器(画素ピッチ:1 μ m、画素数:10K \times 10K)による動画ホログラフィー表示実験に必要なデバイス設計・プロセス技術、評価技術や映像表示技術を開発し、平成27年度までに単色での広視域立体像表示を実証する。

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°



1 μ m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: スピン注入型空間光変調器の作製技術

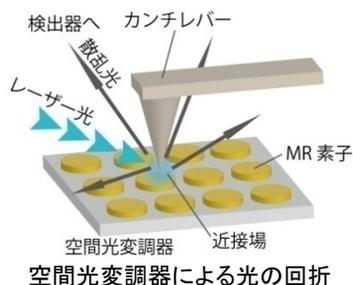
- 微細化プロセス技術を構築することで、巨大磁気抵抗効果(GMR)磁性多層膜を用いた狭画素ピッチ1 μ mの一次元スピンSLM(画素数:1 \times 10)を作製し、ナノスケールレベルでの良好なアレイ形状と均一な多層膜構造が形成されていることを明らかにした。同時に、SLMの画素毎でのスピン注入磁化反転動作を実証した。
- トンネル磁気抵抗効果(TMR)磁性多層膜を用いた新構造の光変調素子を設計・作製し、カー回転角の大きな垂直磁化のTMR型光変調素子を開発した。
- アクティブマトリクス駆動方式のスピンSLMとして、MOS-FET搭載のシリコンバックプレーンを設計・作製した。

研究開発成果: スピン注入型空間光変調器による立体映像表示技術

- 立体映像入力信号として、計算機合成ホログラム(CGH)を回折積分の近似式を用いて計算し、超高精細CGHパターン(画素数:4K \times 2K、画素ピッチ:1 μ m)を作成した。
- 計算したCGHデータを基に、電子線リソグラフィ技術によりGMR膜と参照磁性膜をパターンニングした超高精細磁気光学(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表示光学系を構築した。GMRホログラムによる再生実験により、外部磁場制御での磁気光学効果でのON/OFF動作、および19°の広視域角での立体再生像を実証した。

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の磁気光学特性は未知。そのため、計測技術およびシミュレーション技術の開発が必須。



画素サイズが光の波長と同程度!
回折光の磁気光学特性は未知!

- 磁気光学顕微鏡を用いた超高精細空間光変調器の評価技術
- 磁性体積層構造の磁気光学特性シミュレーション技術

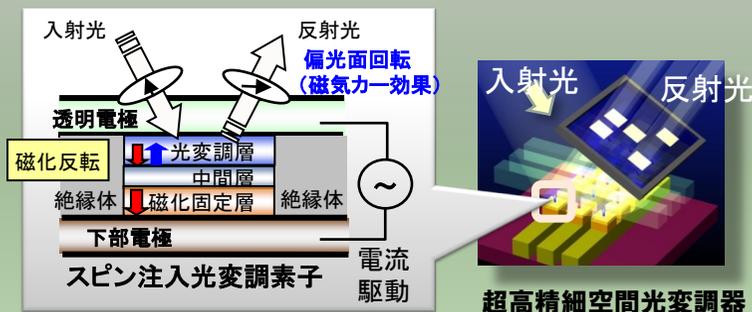
研究開発成果: スピン注入型空間光変調器の評価技術

- 広回折角に対応した磁気光学特性評価技術を開発し、一次元スピンSLMによる回折光の観察と回折光強度の外部磁場依存性の測定に成功した。
- ナノ領域アパーチャーレス走査型近接場顕微鏡技術を開発し、13nmの高空間分解能観察に成功した。
- アパーチャーレス近接場顕微鏡においてFDTD法によるシミュレーション技術を構築し、プローブに対する入射角依存性、偏光依存性を明らかにした。
- スピン注入型光変調素子のための磁気光学スペクトル評価技術を開発し、非磁性金属のプラズモン共鳴効果を明らかにした。

①超高精細空間光変調器の作製技術の主な成果

①超高精細空間光変調器の作製技術

スピン注入磁化反転技術と磁気光学効果を利用した超高精細空間光変調器(スピンSLM)の作製技術を開発

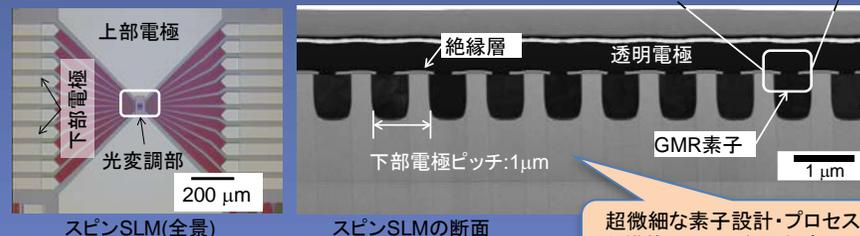


- A. 微細化プロセス技術の構築とスピンSLMの開発
- B. スピンSLMの電気特性評価
- C. トンネル磁気抵抗効果型光変調素子の開発

微細化プロセス技術の構築とスピンSLMの開発

超高精細スピンSLMの開発に向けて、巨大磁気抵抗効果抗(GMR: Giant Magnetoresistance)磁性多層膜を用いた1 μ m狭画素ピッチの一次元デバイスを開発した。

●超高精細デバイス開発に向けた設計・プロセス技術検証のため、走査イオン顕微鏡および走査型透過電子顕微鏡による断面構造観察を行い、設計通りのナノスケールレベルでの良好なアレイ形状と均一なGMR多層膜構造を確認した。



超微細な素子設計・プロセス技術を構築し、1 μ m狭画素ピッチの一次元デバイスを開発。

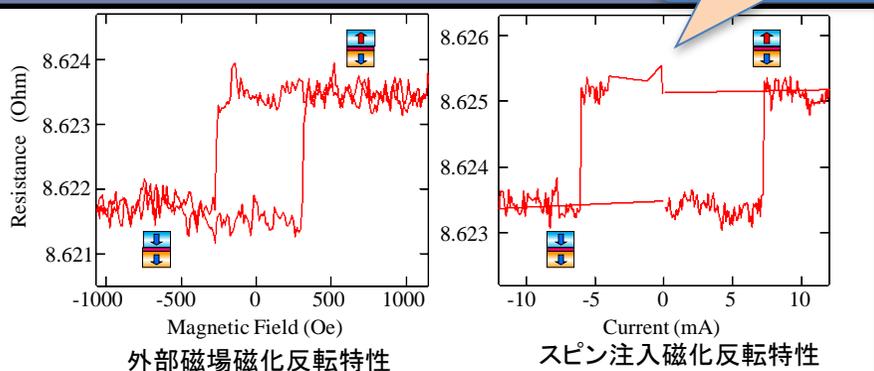
【MMM/InterMagn2013】他

スピンSLMの電気特性評価

一次元GMR型スピンSLMの外部磁場磁化反転特性およびスピン注入磁化反転特性を評価した。

●スピンSLMの画素毎に同一条件でスピン注入磁化反転動作し、それぞれ独立に駆動できることを確認した。

スピンSLMでのスピン注入磁化反転動作に成功。

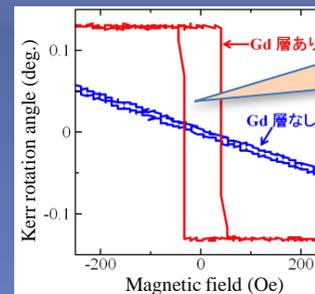
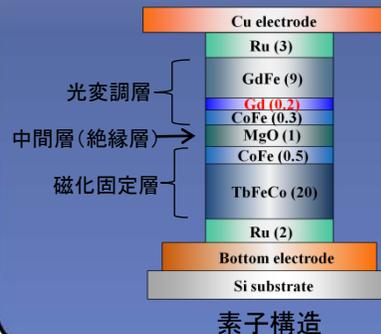


【応用物理学会 2012年9月】他

トンネル磁気抵抗効果型光変調素子の開発

超高精細スピンSLM開発で最大の課題となっている駆動電流の低減化技術を開発した。

●中間層にMgO絶縁層を用い、トンネル電流による効率的なスピン注入磁化反転が期待できるトンネル磁気抵抗効果(TMR)型光変調素子を作製した。磁気光学材料(Gd-Fe)とトンネル接合膜(Co-Fe/MgO/Co-Fe)の間に、Gdを挿入することで、磁気光学効果の大きな垂直磁化TMR素子を開発した。



Gdを挿入することで、カー回転角の大きな垂直磁化膜の作製に成功。

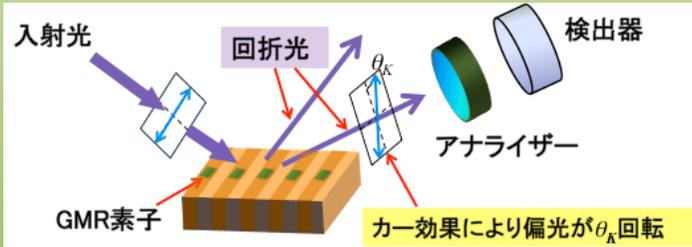
磁気光学特性

【応用物理学会 2013年3月】

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

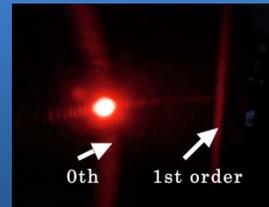


- A. 広回折角-空間光変調器の評価技術
- B. 磁性体積層構造の磁気光学特性シミュレーション技術
- C. ナノ領域の偏光特性評価技術

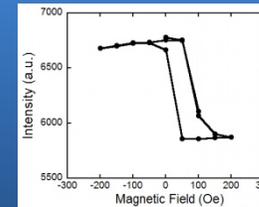
広回折角-空間光変調器の評価技術を開発

広視野角を実現可能な超高精細空間光変調器の特性を評価するため、広範囲で磁気光学特性を評価する技術の構築を図った。

●本研究では、広回折角に対応した磁気光学特性評価技術を開発し、1 μ m周期でGMR素子を配列させ超高精細空間光変調素子による回折光の特性を明らかにした。



1 μ m周期のGMR周期配列からの回折パターン



回折光(左図)強度の磁場依存性

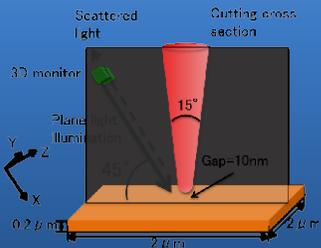
サブミクロンサイズのGMR素子を周期的に並べた2次元配列構造の磁気光学(MO)像およびその磁気特性評価技術を構築。

【応用物理学会2012年9月】他

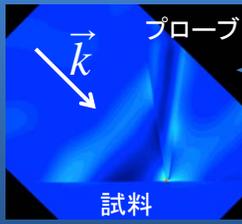
ナノ領域の偏光特性評価技術を開発

超高精細空間光変調器を構成するサブミクロンサイズの素子の磁気特性を評価するため、光の回折限界を超えた分解能を有する評価装置を開発した。

●ナノ領域アパーチャーレス走査型近接場顕微鏡技術を開発した。また、磁気光学信号を計測するために十分な偏光特性を得ることに成功した。



近接場顕微鏡の原理図



クロムパターンの近接場顕微鏡像

13nmの空間分解能を有する走査型光学顕微鏡の開発に成功。磁気イメージを計測するための偏光特性を有することを確認。

【ICM 2012年5月】他

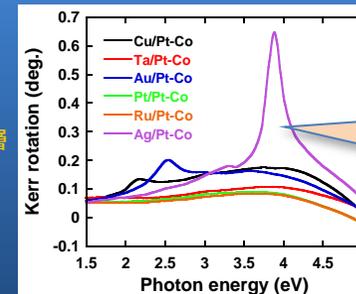
磁性体積層構造の磁気光学特性シミュレーション技術を開発

光変調素子に用いるための巨大磁気抵抗素子は、大きな磁気光学効果を得るために、最適な構造設計が求められる。また、金属のプラズモン共鳴などを利用した磁気光学効果のエンハンスメントについて基礎検討を行った。

●スピン注入型光変調素子のための磁気光学スペクトル評価技術を開発し、非磁性金属のプラズモン共鳴の効果を明らかにした。



計算に用いたモデル



カー回転角スペクトル

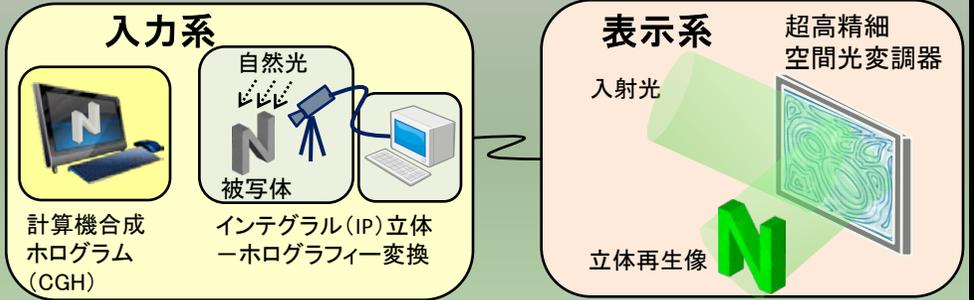
磁性層の上に用いる金属のプラズモン共鳴による磁気光学効果のエンハンス現象を説明。

【JEMS 2012年9月】他

③立体映像表示技術の主な成果

③立体映像表示技術

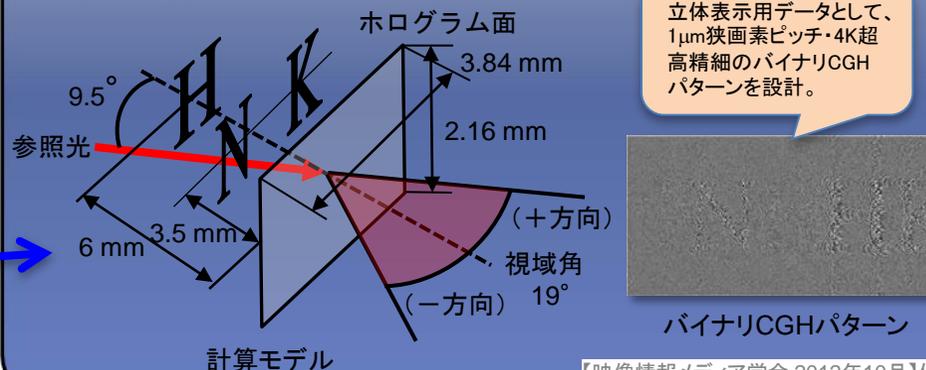
超高精細空間光変調器の入力信号の作成技術、
立体再生像の評価技術を開発



- A. 計算機合成ホログラム (CGH) の作成
- B. 超高精細磁気光学ホログラムの作製
- C. 広視域立体像の再生実験

計算機合成ホログラム (CGH) の作成

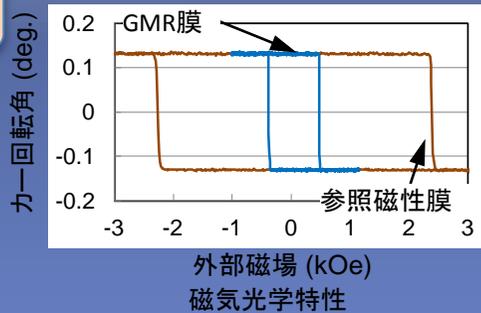
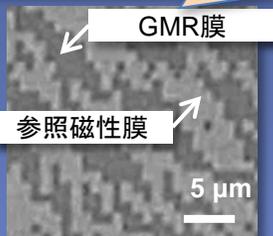
電気信号入力系として、CGHによる立体映像入力信号の作成技術を検討した。
●フレネルキルヒホッフの回折積分のフレネル領域における近似式を用いて、立体配置した被写体について、超高精細 (画素数: 4K × 2K、画素ピッチ: 1μm) CGHパターンを計算した。



超高精細磁気光学ホログラムの作製

磁気光学効果による立体像再生の評価が必要である。
●計算したCGHパターンを基に、GMR膜と参照磁性膜をパターンニングした超高精細磁気光学 (GMR) ホログラムを作製した。最終モデルと同様のバイナリ磁化分布を形成するため、GMR膜と参照磁性膜が同程度のカー回転角を有するように調整し、磁気光学効果による立体像再生の評価を可能にした。

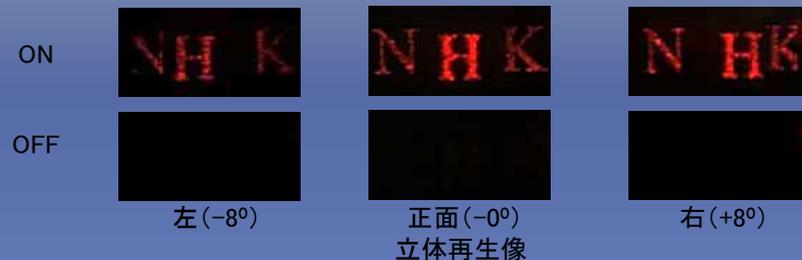
広視域・高コントラスト表示可能な超高精細GMRホログラム (画素ピッチ: 1μm、画素数: 4K × 2K) を設計・作製。



【JEMS 2012年9月】他

広視域立体像の再生実験

広視域な立体像表示における技術的課題を整理した。
●超高精細GMRホログラムによる、広視域な立体像の再生・評価を行うための光学系を構築した。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、大きな運動視差を伴う立体再生像の表示が可能であることを確認した。



GMRホログラムにより、視域角19°の大きな運動視差を伴う立体再生像を実証。

【映像情報メディア学会 2012年12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	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	26 (6)	0 (0)	12 (2)	81 (36)	1 (1)	6 (2)	0 (0)

(1) 表彰・受賞

映像情報メディア学会で鈴木記念奨励賞(2010年8月30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
 ・革新的な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(研究発表、パネル・静態・動態展示、映像上映)
 ・革新的な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」
- 展示概要: 革新的な三次元映像表示のためのデバイス技術の研究動向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。