

## 1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆課題名 : 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に関する研究開発
- ◆個別課題名 : 課題ア 革新的三次元映像表示のためのデバイス技術の開発
- ◆実施機関 : 日本放送協会(代表研究者)、国立大学法人長岡技術科学大学
- ◆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27年度56百万円)

## 2. 研究開発の目標

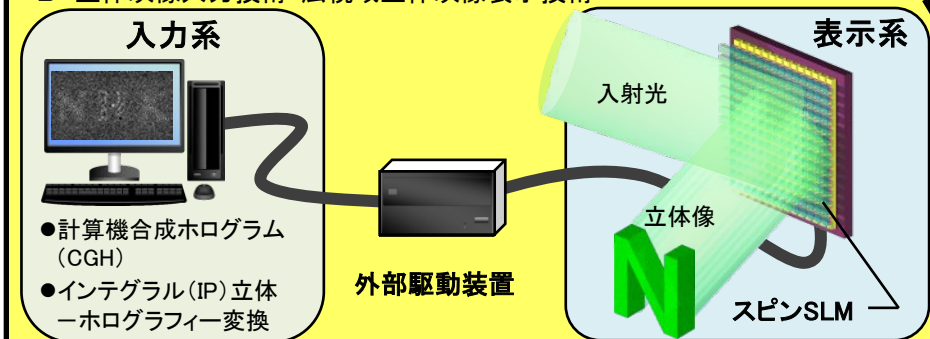
超高精細な空間光変調器(画素ピッチ:1 $\mu$ m、画素数:10K $\times$ 10K相当)による動画ホログラフィー表示実験に必要なデバイス設計・プロセス技術、評価技術や映像表示技術を開発し、平成27年度までに単色での広視域立体像表示を実証する。

## 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)

### 研究開発目標

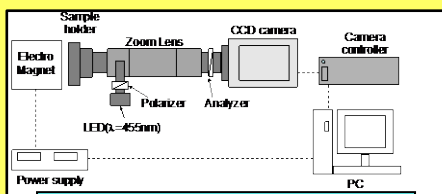
- A 超多画素・狭画素ピッチのスピ注入型空間光変調器(スピンSLM)作製技術
- B 立体映像入力技術・広視域立体映像表示技術



### ② 超高精細空間光変調素子の評価技術 (課題ア-2)

### 研究開発目標

- A 磁気光学顕微鏡を用いた評価技術
- B スピンSLMの光学特性の理論構築



磁気光学顕微鏡システム



計算によるスピンSLMの再生像

### 研究開発成果: A 超高精細空間光変調器の作製技術

- ホログラフィーを広視域で表示するには、空間光変調器の狭画素ピッチ化が不可欠。
- 一次元アレイ構造からなる世界最小画素ピッチ1 $\mu$ mのスピンSLMを作製し、画素毎のスピ注入磁化反転動作と一次回折光の変調動作に成功した。
- アクティブ・マトリクス(AM: Active-Matrix)駆動方式のシリコンバックプレーンを開発。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バックプレーン上に高精度で配置したAM駆動スピンSLM(第一次モデル:画素ピッチ5 $\mu$ m)を開発し、スピ注入磁化反転による光変調動作に成功した。
- 画素ピッチ2 $\mu$ mのAM駆動スピンSLM(第二次モデル)を作製し、基本動作を確認した。さらに、最終モデルの10K $\times$ 10K超多画素AM駆動シリコンバックプレーン(画素ピッチ:1 $\mu$ m)と、世界トップレベルの低電流動作が可能な光変調素子を開発した。

### 研究開発成果: B 立体映像入力技術・広視域立体映像表示技術

- インテグラルフォトグラフィ(IP)で撮影した実写映像から、IP-ホログラム変換技術を用いてパターンデータ(画素ピッチ:1 $\mu$ m、画素数:10K $\times$ 10K)を生成した。巨大磁気抵抗(GMR: Giant Magnetoresistance)膜と参照磁性膜のパターンからなる超高密度磁性薄膜ホログラムを作製した。
- 広視域立体ホログラフィーに適したシンプルな表示光学系を構築し、外部磁場制御の下で磁気光学効果による明瞭なON/OFF動作と視域角36 $^\circ$ の大きな運動視差を伴う実写ベースの広視域立体像の再生に成功した。

### 研究開発成果: A 磁気光学顕微鏡を用いた評価技術

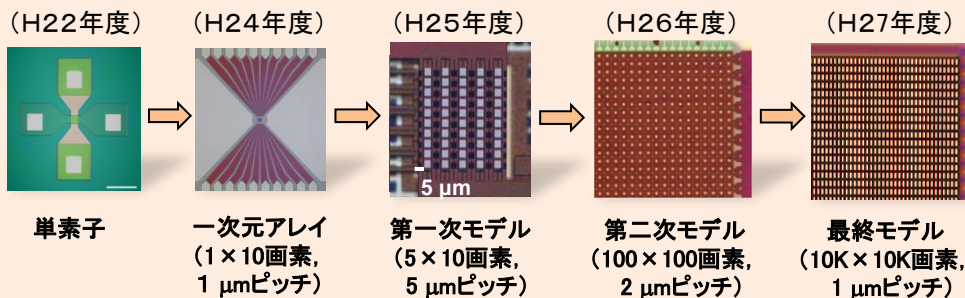
- 世界最高クラスの空間分解能を有する高分解能磁気光学顕微鏡を開発し、超高精細空間光変調器の評価技術を構築した。
- 走査型近接場光学顕微鏡を用いたナノ領域での偏光特性計測技術を開発した。
- ナノレベルで磁気光学効果計測に必要なナノ円偏光生成技術を提案した。

### 研究開発成果: B スピンSLMのシミュレーション技術

- スピンSLMの光学特性のシミュレーション技術を世界で初めて開発することに成功し、磁気光学特性、回折効率、再生像を計算によって求めることを可能にした。

# ① 超高精細空間光変調器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 (課題A-1)



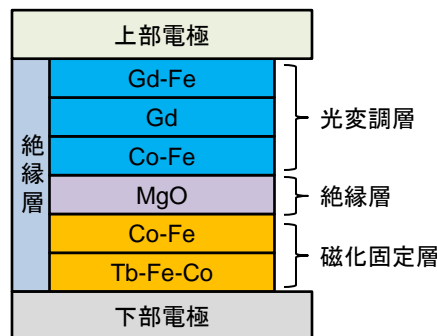
単純マトリクス駆動  
GMR(巨大磁気抵抗)型

アクティブ・マトリクス(AM)駆動  
TMR(トンネル磁気抵抗)型

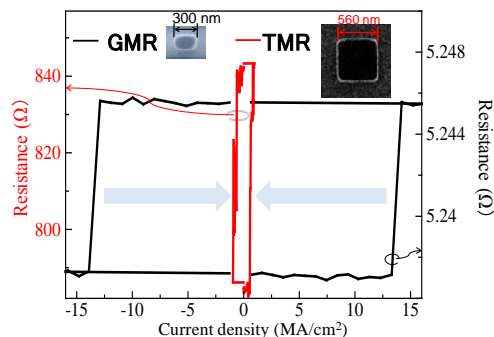
### 光変調素子の低電流化技術

スピンSLMの低消費電力化およびアクティブ・マトリクス(AM: Active-Matrix)駆動方式に適した低電流化技術を開発した。

- TMR型光変調素子の開発により、駆動電流密度 $1.0 \times 10^6$  A/cm<sup>2</sup>以下を達成した。
- 磁界アシストにより、AM駆動スピンSLMに適用可能な駆動電流を実現した。



TMR型素子の断面構造



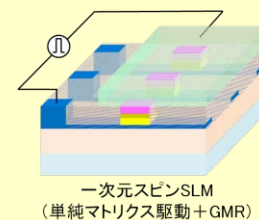
GMR型およびTMR型素子のスピン注入磁化反転特性

【MMM 2014年11月】ほか

### 狭画素ピッチ 一次元スピンSLMの開発

GMR素子を用いた単純マトリクス駆動方式による画素ピッチ 1 μmの一次元スピンSLMを開発した。

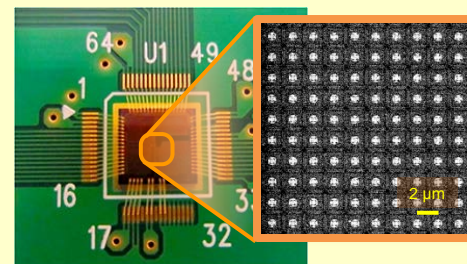
- 微細な素子設計・プロセス技術を構築し、設計通りの良好なアレイ形状と均一なGMR多層膜構造を実現した。
- 任意画素のスピン注入磁化反転動作と一次回折光の変調動作に成功した。



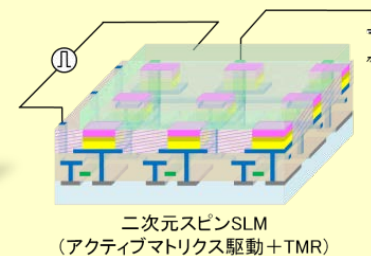
### アクティブ・マトリクス(AM)駆動方式スピンSLMの開発

超多画素・狭画素ピッチのスピンSLMを実現するため、AM駆動方式の二次元スピンSLM(画素ピッチ2 μm、100×100画素)を開発した。

- 2 μmピッチのMOSTランジスタからなる駆動素子アレイ上に、TMR型光変調素子を高い精度で形成する作製プロセス技術を構築した。
- 任意画素のスピン注入磁化反転動作と磁気光学像取得に成功した。



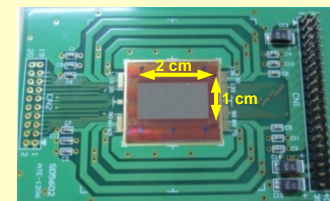
作製したAM駆動二次元スピンSLM  
(画素ピッチ:2 μm)



### 超多画素・狭画素ピッチAM駆動シリコンバックプレーンの開発

10K×10K超多画素、画素ピッチ1 μmのAM駆動シリコン(Si)バックプレーンを開発した。

- 複数個の画素を並列に書き込むことが可能な多段シフトレジスタ回路とデコーダ回路を内蔵したSiバックプレーンを設計・作製した。
- 10K×10K超多画素AM駆動スピンSLMの複数画素を並列駆動できる外部駆動回路を開発し、Siバックプレーンの動作を検証した。



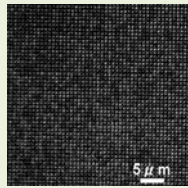
10K×10K超多画素AM駆動  
シリコンバックプレーン

# ② 超高精細空間光変調素子の評価技術、③ 立体映像表示技術の主な成果

## ② 超高精細空間光変調素子の評価技術 (課題A-2)

### 磁気光学顕微鏡を用いた評価技術を開発

- 世界最高クラスの高空間分解能(200 nm以下)を有する磁気光学顕微鏡を開発した。
- サブミクロンサイズの画素の磁気光学像を鮮明に表示し、光学的な評価を可能とする技術を開発した。



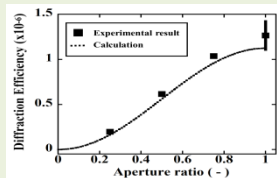
300 nm角のGMR配列の磁気光学像

### スピンSLMのシミュレーション技術の開発

- スピンSLMのデバイス構造と磁気光学特性をすべて考慮に入れた立体ホログラフィ表示のシミュレーション技術を開発した。
- スピンSLMの回折効率に関する理論を明らかにした。



シミュレーションによるスピンSLMの再生像



回折効率の開口率依存性

### ナノ領域の偏光特性評価技術の開発

- 散乱型プローブの偏光特性を明らかにし、光の回折限界を超えたナノ領域の磁気光学特性を評価できる近接場磁気光学顕微鏡を開発した。
- ナノサイズの円偏光を生成可能な散乱型ナノ円偏光プローブを世界で初めて提案した。

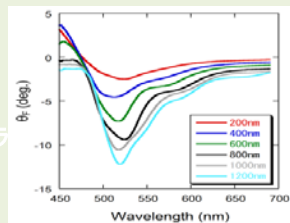


ナノ円偏光プローブ

### 新奇磁気光学材料の開発

超高精細SLMにおける回折効率の向上に向けて、新奇磁気光学材料を開発した。

- 10度/μmを超える大きなファラデー回転角を示す新奇磁性ガーネット薄膜の作製に成功した。
- ガラス基板上への作製と磁気異方性の制御に成功した。

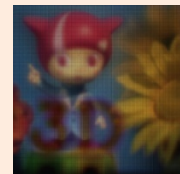


ファラデー回転スペクトル

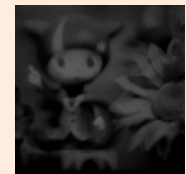
## ③ 立体映像表示技術 (課題A-3)

### 立体映像入力技術の開発

- インテグラルフोटクラフィ(IP)で撮影した実写像から、IP-ホログラム変換技術を用いてスピンSLMに適したホログラムデータ生成技術を開発した。(画素ピッチ: 1 μm、画素数: 10K × 10K)



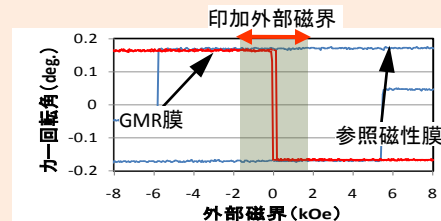
IP画像(実写)



ホログラム

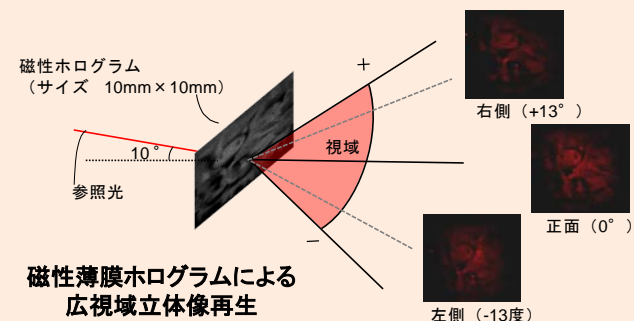
### 広視域立体映像表示技術の開発

- 生成したホログラムデータを基に、GMR膜と参照磁性膜をパターニングした超高密度磁性薄膜ホログラムを作製した。



磁性薄膜ホログラムの磁気光学特性

- 作製した磁性薄膜ホログラムを用いて、理論値通りの大きな運動視差(36度)を伴う、実写立体像の再生と外部磁界制御によるON/OFF表示に成功した。



磁性薄膜ホログラムによる広視域立体像再生



#### 4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	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	36 ( 3 )	0 ( 0 )	27 ( 8 )	181 ( 34 )	8 ( 1 )	9 ( 1 )	0 ( 0 )

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

##### (1) 受賞: 7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) 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)
- 映像情報メディア学会 第46回鈴木記念奨励賞 (2013年8月) 国際会議MORIS2013 Best Poster Awards (2013年12月)
- IEEE IAS The First Prize Paper, Technical Committee Prize Paper Award (2014年10月) ほか

##### (2) 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、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2012(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」
- 平成26年5月29日～6月1日 NHK技研公開2014(東京・世田谷、NHK放送技術研究所) ・研究展示:「立体像表示のためのスピン注入型空間光変調器」
- 平成27年5月28日～31日 NHK技研公開2015(東京・世田谷、NHK放送技術研究所) ・研究展示「立体像表示のための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映像技術の専門家および一般の方々に広く紹介した。

#### 5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

- 本委託研究で開発した基盤技術を軸に、材料・デバイスなどの外部研究機関との連携を強化し、電子ホログラフィー用デバイスの研究開発を推進する。
- 超高精細空間光変調器の高性能化に向けて、低電流化技術の向上および高い磁気光学効果の材料開発を推進し、実用的なデバイスに発展させる。
- リアルタイムIP-ホログラム変換技術、立体映像符号化技術など応用展開に不可欠な周辺技術を構築し、ホログラフィー研究分野での先導役を果たして行く。
- 将来的に、フルカラー化、スペックルノイズ低減化が可能な実用的な動画ホログラフィーへの展開・普及を図る。