

# 平成23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23年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額 228.7116百万円(平成23年度 71.5716百万円)

## 2. 研究開発の目標

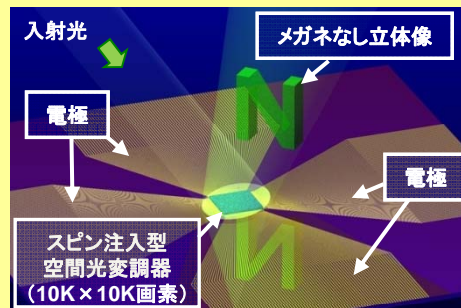
平成23年度までに第一次中間モデルとして画素ピッチ $1\mu\text{m}$ 以下で $10\times 10$ 画素程度の空間光変調器を作製し、動画ホログラフィー表示実験に向けた動的光回折基礎実験を行い、動作を検証する。又平成27年度までに画素ピッチ $1\mu\text{m}$ 以下で $10\text{K}\times 10\text{K}$ 画素程度の超高精細空間光変調器を開発する。

## 3. 研究開発の成果

### ① 超高精細空間光変調器の作製技術

#### 狭画素ピッチのスピ注入型空間光変調器の開発

動画ホログラフィーの広視域化 画素ピッチ  $< 1\mu\text{m}$   $\rightarrow$  視域角  $> 30^\circ$



- A.  $1\mu\text{m}$ ピッチのスピ注入型空間光変調器作製技術
- B. 空間光変調器用新材料・素子の開発

#### 研究開発成果: スピ注入型空間光変調器作製技術

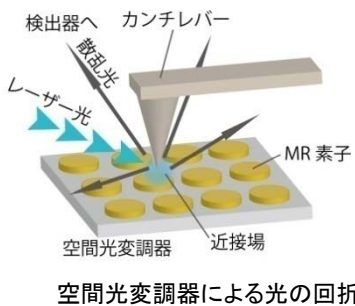
- 世界最小画素ピッチとなる $1\mu\text{m}$ のスピ注入型空間光変調器の作製プロセス技術を構築し、画素数 $1\times 10$ の一次元アレイ構造の空間光変調器を作製するとともに、画素毎でのスピ注入磁化反転動作に成功した。

#### 研究開発成果: 空間光変調器用新材料・素子の開発

- Gd-Fe合金系での組成制御およびAg中間層からなる素子を開発し、スピ注入電流を約 $1/10$ と大幅に低減するとともに磁気光学効果を10%改善した。
- 高抵抗の透明電極が不要で磁気光学エンハンスメントが容易な新奇素子構造を考案し、バッファ層にSi-N薄膜を用いることでカー回折角を約4倍に改善した。
- Gd-Fe系スピ注入型光変調素子において、一方向の電流のみで磁化反転を制御するユニポーラ電流駆動に成功した。

### ② 超高精細空間光変調器の評価技術

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！

- A. 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
- 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

#### 研究開発成果: スピ注入型空間光変調器によるホログラフィー表示の原理検証

- 一次元空間光変調器および磁性光学材料(MO)固定パターンでの外部磁場制御による動的回折現象を検証し、回折角 $30$ 度以上の広視域特性を得ることに成功した。
- MO固定パターンからなるホログラムを設計・作製し、外部磁場制御によるホログラフィー表示のスイッチング動作に成功した。

#### 研究開発成果: スピ注入型空間光変調器評価技術

- 外部磁場とスピ注入を同時に制御できる高分解能磁気光学顕微鏡を開発し、 $300\mu\text{m}$ 角の2次元配列構造からなるMO固定パターンの外部磁場制御による光変調動作の光学像観察に成功した。
- アパーチャーレス近接場光学顕微鏡を開発し、 $13\text{nm}$ の空間分解能で光学像を得ることに成功した。
- 回折パターン評価技術を開発し、GdFe固定パターンでの外部磁場制御による回折光強度のダイナミック動作を実証した。

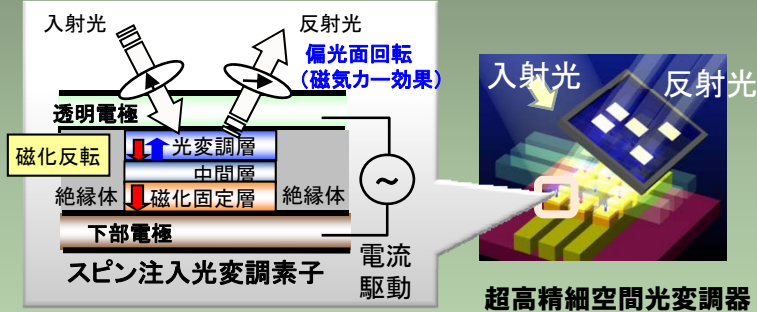
#### 研究開発成果: スピ注入型空間光変調器のシミュレーション技術

- 磁性体/非磁性体/透明電極の多層膜構造における磁気光学スペクトルを解析した。
- 非磁性体に用いる材料を変えたときの多層膜構造の磁気光学性能指数を明らかにした。

# 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の作製技術を開発

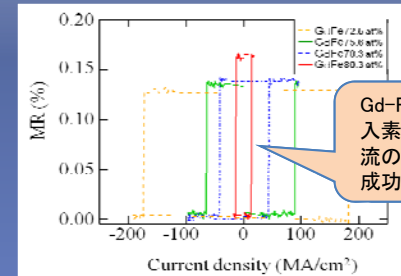
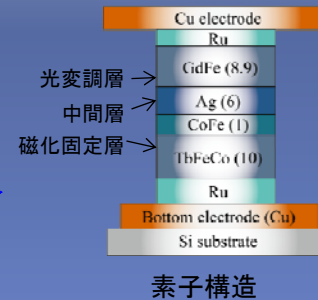


- A. スピン注入型アレイ素子の開発
- B. サブミクロン画素の高密度アレイ化と光変調度改善
- C. ユニポーラ電流駆動方式の開発

## Gd-Fe系スピン注入型素子のアレイ化技術の開発

多画素構造のアレイ素子では高磁気光学材料に適した微細アレイ化プロセスの開発が必須である。

- 磁気光学材料としてGd-Fe合金に着目し、組成制御を行うことで、**スピン注入電流を1/10に大幅に低減するとともに磁気光学特性を10%向上した。**
- Gd-Fe合金系での微細化アレイ化プロセス技術を構築し、周期固定パターン素子および**スピン注入型アレイ素子**を設計・作製した。



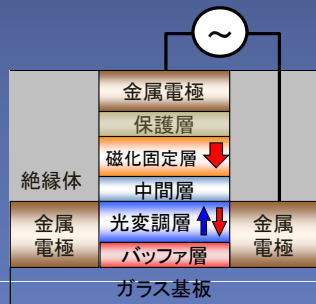
Gd-Fe系スピン注入素子での反転電流の大幅な低減に成功。

【JAP 2012年3月】他

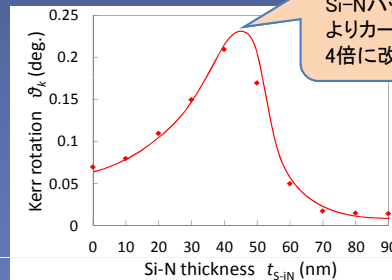
## サブミクロン画素の高密度アレイ化と光変調度改善

サブミクロン画素の高密度アレイ化には、素子抵抗の低減が必要である。

- 高抵抗の透明電極が不要で、かつバッファ層の**多重反射効果による磁気光学エンハンスメント**が期待できる**新奇素子構造**を考案した。
- バッファ層にSi-N薄膜を用いて、適切な膜厚を選択することにより、**カー回転角を約4倍に改善**できることが分かった。



新奇の素子断面構造



Si-N/バッファ層によりカー回転角を4倍に改善

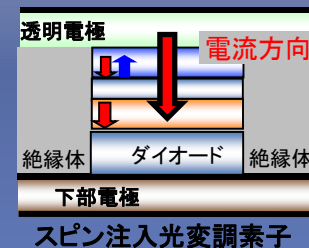
カー回転角 $\theta_k$ のSi-N膜厚依存性

【応用物理学会 2012年3月】

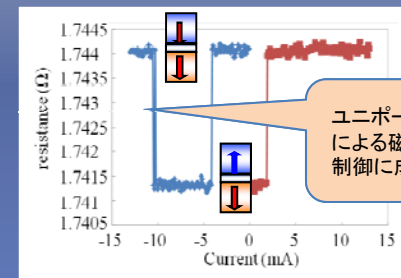
## ユニポーラ電流駆動方式の開発

デバイスの高開口率が可能なダイオードを用いた素子選択デバイス実現にはユニポーラ電流による磁化反転制御が必要となる。

- Gd-Feを光変調層に用いた光変調素子において、一方向の電流のみで光変調層の磁化方向を反転をさせる**ユニポーラ電流駆動に成功した。**



一方向の電流だけで磁化反転制御



ユニポーラ電流による磁化反転制御に成功。

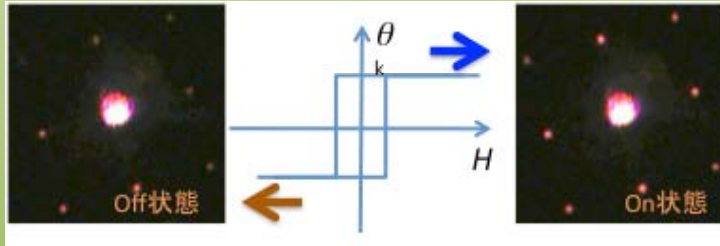
素子抵抗の電流依存性

【応用物理学会 2012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

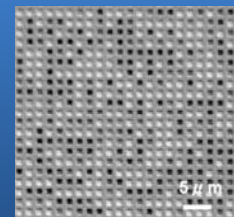


- A. 磁気光学顕微鏡を用いた超高精細空間光変調器の評価技術
- B. ナノメートルレベルのイメージング技術
- C. 磁性体積層構造の磁気光学特性シミュレーション技術

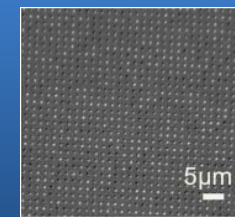
### 磁気光学顕微鏡を用いた超高精細空間光変調器の評価技術を開発

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画素の動作を評価するためには、サブミクロンの空間分解能を持つ磁気光学顕微鏡による評価技術が必要である。

- 本研究開発では、高空間分解能の磁気光学顕微鏡を開発し、サブミクロンサイズの分解能を有する超高精細空間光変調器の評価技術を開発した。



1μm角のGMR周期配列パターンのMO像



0.3μm角のGMR周期配列パターンの画素のMO像

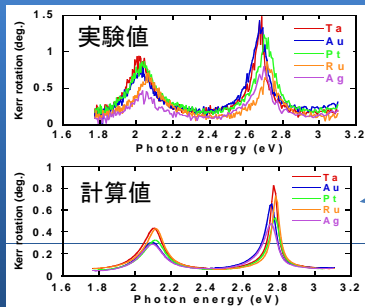
サブミクロンサイズのGMR素子を周期的に並べた2次元配列構造の磁気光学(MO)像およびその磁気特性の測定を可能にした。

【日本磁気学会2011年9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、複雑な多層構造を持つため、各層が磁気光学特性に及ぼす影響を明らかにするだけでなく、最適な構造設計が求められる。

- 本研究開発では、**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、素子構造の磁気光学特性を明らかにした。



磁気カー回転角スペクトル

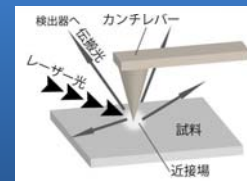
磁性層の上にキャップ層と透明導電膜を積層した構造の磁気光学特性を計算し、磁気光学特性がキャップ層の材料に依存することを明らかにした。

【応用物理学会2012年3月】他

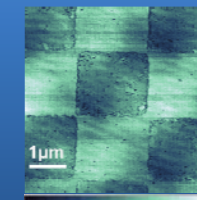
### ナノメートルレベルのイメージング技術を開発

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には、光の回折限界を超えた分解能を有する評価装置が必要である。

- 近接場を利用した**空間分解能13nmを有する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した。また、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した。

【応用物理学会2012年3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	20 (12)	0 (0)	22 (9)	31 (15)	0 (0)	5 (1)	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」

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

平成24年度: 画素ピッチ1 $\mu$ m 画素数100 $\times$ 100の空間光変調器の設計・作製

- ・高速高精度な磁気光学デバイス特性評価技術の開発
- ・空間光変調器の光利用効率を向上させる技術の開発

平成25年度: 画素数100 $\times$ 100の空間光変調器の試作とホログラフィー表示基礎実験

- ・画素数10K $\times$ 10Kの空間光変調器の設計
- ・多画素駆動回路の作製、空間光変調器の入力信号設計

平成26年度: 画素数10K $\times$ 10Kの空間光変調器の第一次作製および駆動回路の開発

- ・超高精細な空間光変調器の入力信号技術の開発

平成27年度: 画素数10K $\times$ 10Kの空間光変調器の第二次作製、および動画ホログラフィー表示の総合実証実験