

## NEMS 可変メタサーフェスによる空間光位相変調器

### [1] 組織

代表者：岩見 健太郎  
 (東京農工大学・大学院工学研究院)  
 対応者：居波 渉  
 (静岡大学電子工学研究所)  
 分担者：志村崇  
 (東京農工大学・大学院工学府)

### [2] 研究経過

本研究では、ナノ金属パターンを用いた新たな位相変調素子を開発する。近年、微細加工技術を用いて作製したナノスケールの構造における光の振る舞いが関心を寄せている。そして、これらを用いた応用研究が活発に進められている。ナノ金属パターンからなる金属メタサーフェスは、光の位相・振幅・偏光方向などの状態を構造によって自在に変換できることから注目を集めている。しかし、メタサーフェスには利用できる波長や光学特性が固定されるという問題がある。本研究では、極薄の金属構造で巨大な光学異方性が得られるナノスリット型金属メタサーフェスと、大きな変形を可能にする熱バイモルフ型アクチュエータを組み合わせた新規な光位相変調器を開発する。これにより、メタサーフェスに可変性を持たせる。従来の変調器では不可能であった微小なピクセルからなる高速駆動変調器アレイデバイスの実現にむけて、面外駆動アクチュエータによる大変位・高光透過率変調素子の開発に取り組む。

本研究で製作するマイクロ光位相変調器を図 1 に示す。変調器は金/シリコンの 2 層両持ち梁を複数配列した構造になっている。梁と梁の間のギャップ部分が金属スリットとして  $\Delta n \approx 0.6$  に達する巨大な複屈折を持ち、光学位相差を発生させる役割を持つ。これまでの予備的な電磁場解析によって、両持ち梁に変位を与えると光学位相差を大きく変調できることが明らかとなっている。平成 26 年度は、高アスペクト金属構造の製作と金膜応力制御による梁構造のリリースに取り組んだ。電磁場解析結果に基づいてこの空間光位相変調器の 1 次試作を行った。試作したデバイスの加熱状態における変位特性・および光学特性を測定した。

### [3] 成果

#### (3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

まず第 1 に電磁場解析によって、変調器の位相特性を計算し、デバイスの設計値を得た。図 1 に示すような金・SiO<sub>2</sub>二層構造に対し、有限差分時間領域 (Finite Difference Time Domain, FDTD) 法による電磁場解析を行い、梁の変位に対する TE 偏光 (梁に平行) と TM 偏光 (梁に垂直) との位相差および透過率を計算した。結果を図 2 に示す。梁を 600 nm 駆動させることにより、位相差を最大で 70° から 25° まで変調できることが確認された。

この電磁場解析を行う計算機は、本プロジェクト経費で購入した。

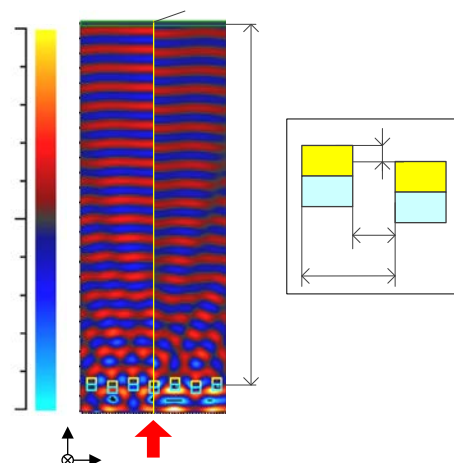


図 1 FDTD 法による構造の電磁場解析

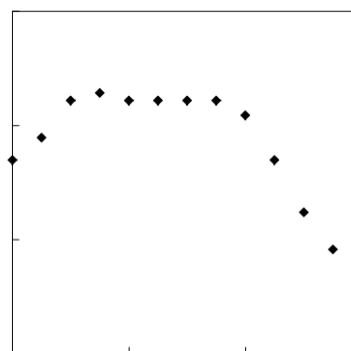


図 2 電磁場解析による変位一位相特性

第2に、実際に位相変調器の製作・評価を行った。図3に製作プロセス図を示す。表面マイクロマシニング技術を用いて構造を製作した。製作にもちいる電子線描画装置は、ナノテクノロジープラットフォーム東京大学微細加工拠点の装置を利用した。この利用料に本プロジェクト経費を充当した。

製作された構造の電子顕微鏡像を図4に示す。フッ化キセノンエッチング時におけるオーバーエッチにより剥離している梁が見られ歩留まりは悪いものの、構造の作成に成功したと言える。

製作した位相変調器構造の構造的複屈折スペクトルを偏光顕微鏡と分光器を用いて回転検光子法で測定した。

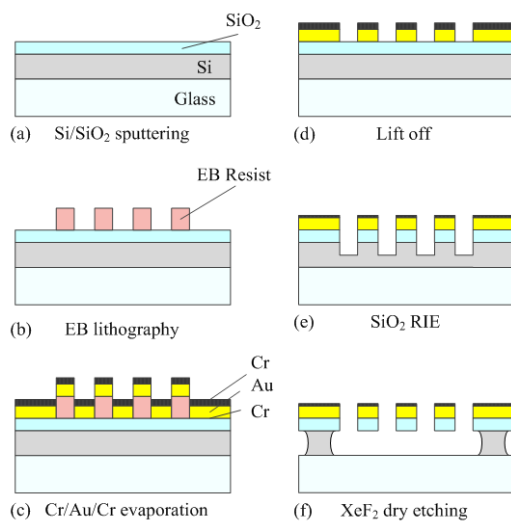


図3 製作プロセス

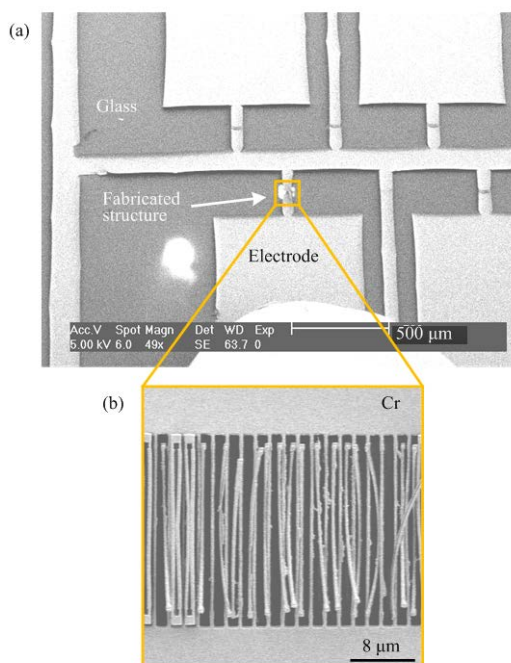


図4 製作された位相変調器構造

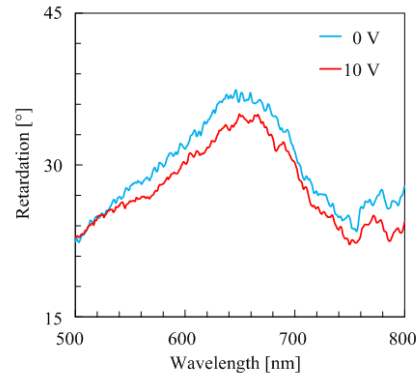


図5 電圧印加による位相変調スペクトルの変化

電圧印加の有無によって特性が電気的に変調できるかを確認した。位相差スペクトルの測定結果を図5に示す。直中電圧10Vを印加することによって、最大で3.3°の位相差の変調が得られることがわかった。

### (3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトの成果は2015年2月の日本光学会ナノ光学研究グループ第21回研究討論会で分担者の志村(大学院修士1年)によりポスター発表され、「ナノ光学賞」を受賞することができた。志村は大学院博士後期課程へ進学する予定であり、本プロジェクトの実施およびその成果が若手研究者育成に大いに貢献している。

本プロジェクトの成果をもとに今後研究を進展させ、2016年に浜松で開催される国際会議 NFO16で発表する予定である。

### [4]

(1) 志村崇、石井美帆、岩見健太郎、長崎秀昭、梅田倫弘、「熱駆動する金ナノグレーティングを用いた可視光の複屈折変調」、電気学会 E 部門誌、投稿中

(2) T. Shimura, K. Iwami, M. Ishii, N. Umeda, “CONFIGURABLE OPTICAL RETARDER BASED ON PLASMONIC GRATING INTEGRATED WITH BIMORPH ACTUATOR”, 2014 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN2014), 22/Aug/2014, Glasgow, UK, pp. 139-140, DOI: 10.1109/OMN.2014.6924560

(3) 志村崇、石井美帆、岩見健太郎、長崎秀昭、梅田倫弘、「熱駆動するプラズモニック Au ナノグレーティングの複屈折変調」、日本光学会ナノ光学研究グループ第21回研究討論会(\*本講演が「ナノ光学賞」を受賞)