

## MEMS 可変スパイラルメタマテリアルのテラヘルツ応答

## Analysis of MEMS Spiral Metamaterial in the THz frequency

菅 哲朗<sup>1</sup>, 磯崎 瑛宏<sup>1</sup>, 神田 夏輝<sup>1,2</sup>, 根本 夏紀<sup>1</sup>, 小西 邦昭<sup>1</sup>, 五神 真<sup>1</sup>, 松本 潔<sup>1</sup>,  
下山 勲<sup>1</sup> (1. 東大, 2. 理研)

°Tetsuo Kan<sup>1</sup>, Akihiro Isozaki<sup>1</sup>, Natsuki Nemoto<sup>1</sup>, Natsuki Kanda<sup>1,2</sup>, Kuniaki Konishi<sup>1</sup>,  
Makoto Kuwata-Gonokami<sup>1</sup>, Kiyoshi Matsumoto<sup>1</sup>, Isao Shimoyama<sup>1</sup>  
(1. The Univ. of Tokyo, 2. Riken)

E-mail: kan@leopard.t.u-tokyo.ac.jp

鏡映対称性を有しない物質はキラル物質と呼ばれ、右円偏光と左円偏光に対して異なる屈折率を示す光学活性を持つ。この現象を利用すれば、透過光の偏光状態を制御する偏光フィルタを構成可能となる。近年、自然界に存在する物質よりもはるかに大きな光学活性を持つ、キラルメタマテリアルと呼ばれる人工構造が注目を集めている。光の波長と同程度もしくはそれ以下の寸法の構造体で構成された構造であり、ユニット構造が鏡映対称性を持たないことが特徴である。

著者らは MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) により構造変形が可能なスパイラル型メタマテリアルを考案し、静電力によりユニット構造を変形させることで、テラヘルツ (THz) 帯において円偏光二色性を動的にチューニングすることに取り組んだ。Fig. 1(a)にスパイラル構造の模式図を示す。一つのユニットは直径  $150\mu\text{m}$ 、梁の幅は  $8\mu\text{m}$  で 5 巻のスパイラルである。このユニットを約  $5\text{mm} \times 5\text{mm}$  の面積の  $300\text{nm}$  厚自立薄膜シリコン上に敷き詰めて配置している。スパイラル部分は宙に浮いたフレキシブルな片持ち梁構造なので、外力により立体スパイラルを構成できる。導電性を持つ薄膜として、デバイス全面に  $45\text{nm}$  厚の金薄膜を成膜している。今回は静電力を薄膜平面に対し垂直方向に作用することにより、立体スパイラルを実現した。

構造に電圧を印加し、スパイラル中心が  $28\mu\text{m}$  程度面外方向に変形したときの光学応答を、テラヘルツ時間領域分光法を用いて計測した。垂直入射における透過テラヘルツ波の、偏光面の方位角変化と、楕円率角変化で示したグラフが Fig. 1(b)である。最大  $10^\circ$  程度の偏光変化が観測された<sup>[1]</sup>。

また、数値シミュレーションを用いた解析を行うために、変形時のスパイラル形状をレーザ変位計で計測してモデルを構築し、有限要素ソフトウェア (COMSOL Multiphysics) で計算を行った (Fig. 1(a)右)。計算結果を Fig. 1(c)に示す。円偏光二色性のピークの位置やピークにおける振幅の大きさなどにおいて、実験結果と整合的な結果が得られることが分かった。

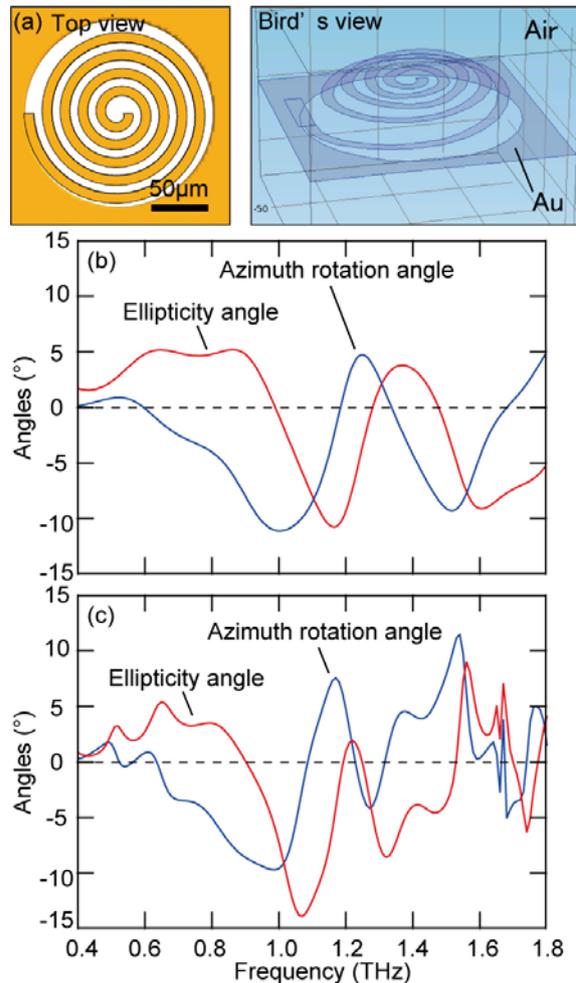


Figure 1: (a) A simulation model, (b) Measured polarization azimuth rotation and ellipticity angle spectra (modified from ref[1]), (c) Simulated polarization azimuth rotation and ellipticity angle spectra.

以上により、考案したキラルメタマテリアルが、THz 帯で光学活性を持つことを実験的に示し、なおかつそのスペクトル形状を有限要素計算で再現することに成功した。今後は、メタマテリアルの最適設計やメカニズムの理解を進める。

## 参考文献

- [1] T. Kan, A. Isozaki, N. Kanda, N. Nemoto, K. Konishi, M. Kuwata-Gonokami, K. Matsumoto, and I. Shimoyama, *Appl. Phys. Lett.*, 102, 221906 (2013).