

GHz 振動モードによるスプリットリング共振器の超高速光学変調

Ultrafast optical modulation of split-ring-resonators using GHz acoustic vibrations

北大工¹, Swinburne Univ.² °今出 悠太¹, Ronald Ulbricht¹, 友田 基信¹, 松田 理¹, Gediminas

Seniutinas², Saulius Juodkazis², Oliver B. Wright¹

Hokkaido Univ.¹, Swinburne Univ.², °Yuta Imade¹, Ronald Ulbricht¹, Motonobu Tomoda¹, Osamu

Matsuda¹, Gediminas Seniutinas², Saulius Juodkazis², Oliver B. Wright¹

E-mail: yuta.imade@eng.hokudai.ac.jp

”コ”の字型の金属構造は、特定の波長・直線偏光の電磁波に対して、リング部分をインダクタンス(L)、隙間をキャパシタンス(C)とする LC 共振器として機能する。このような構造をスプリットリング共振器(SRR)という。SRR は共振波長付近で透磁率が大きく変化し、負の値を含む様々な値を取る。そのため、SRR を単位素子とする人工構造は通常物質では取り得ない光学的性質を示す。このような人工構造をメタマテリアルという。メタマテリアルはクロッキングを始めとする様々な光デバイスへの応用が期待されている。しかし、特に可視光領域のメタマテリアルに対して高速でスイッチングを行う方法がまだ確立されていない。そこで著者らは、ナノ構造に超短光パルス照射することで励起される GHz 周波数帯域の音響振動モードを利用した光反射率変調を行った。この方法で得られる変調速度は GHz オーダーで、電気や機械応力といった他の方式に比べて 1000 倍以上高速である。本研究は可視光領域のメタマテリアルに対して、GHz 周波数帯域の音響振動を応用した世界初の研究である。

実験で用いた試料は、図 1 のようにガラス基板上に周期 326 nm の正方格子状に配列された、一辺 230 nm、高さ 60 nm、幅 70 nm の四角リングに幅 85 nm 程度の隙間がある金製の SRR である。実験はフェムト秒パルスレーザーを用いたポンプ・プローブ法を行った。波長 400 nm のポンプ光パルスにより音響振動を熱弾性的に励起し、800 nm の直線偏光のプローブ光パルスで光反射率の過渡的変化を測定した。一例を図 2 に示す。プローブ光の直線偏光が SRR との共振を起こさない方向の場合では、時間振動成分が殆ど検出されなかったのに対して、直線偏光が共振を起こす方向の場合では強く検出された。これは音響振動や光弾性効果による屈折率変化により SRR の共振波長が変化しているからだと考えられる。シミュレーションにより、強く検出された周波数の振動成分は、SRR の隙間の間隔、すなわち LC 回路におけるキャパシタンス(C)を変化させる音響振動モードが原因であることを確かめている。

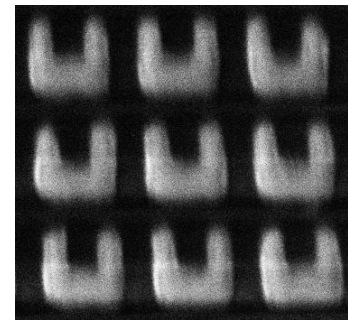


図 1. SRR 試料の電子顕微鏡写真

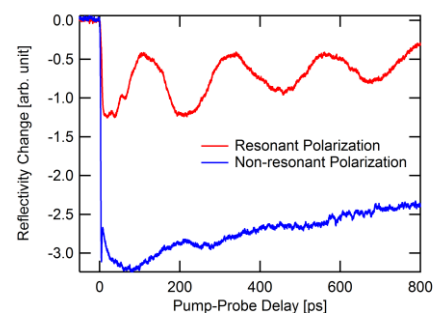


図 2. 試料の光反射率変化