

分割リング共振器三層構造の電磁波反射特性

Electromagnetic-wave reflection properties of three-layered split-ring resonators

○池田伊駿<sup>1</sup>, 中尾琳花<sup>2</sup>, 寺澤謙<sup>2</sup>, 葛本和之<sup>2</sup>, 長谷川雄一<sup>2</sup>, 松田健一<sup>3</sup>

\*T. Ikeda<sup>1</sup>, R. Nakao<sup>2</sup>, K. Terazawa<sup>2</sup>, K. Kuzumoto<sup>2</sup>, Y. Hasegawa<sup>2</sup>, K. -i. Matsuda<sup>3</sup>

Abstract: Metadevices have garnered significant interest as next-generation electromagnetic wave and optical devices. In this study, a three-layer structure of a split-ring resonator was fabricated, and its electromagnetic reflection characteristics were measured. It was observed that the  $S_{11}$  spectra exhibited three distinct resonance frequencies, which varied depending on the interlayer distance.

電磁メタ材料は、自然界では得られない光学特性を持つ人工的な構造体である[1]。分割リング共振器 (Split-Ring Resonator : SRR) は、よく知られた電磁波共振器であり、メタ材料は、これ等の基本要素を周期的に配置することで実現され、次世代の光・電磁波デバイスとして期待されている。だが、多くの電磁メタ材料は固定的で狭帯域な動作に限られており、広帯域な応答を有する高機能なメタ材料であるメタデバイスの創出が求められている[2]。メタデバイスは電子デバイスと同様に高集積化・高機能化が進むと考えられ、それに伴い構成要素間の電磁相互作用は著しく増加すると予想される。しかしその詳細はまだ解明されていない[3]。本研究では、周波数変調可能なSRR (VLSRR)を三層まで積層させた際の電磁波反射特性を測定することで、SRR間で働く電磁相互作用を実験的に評価することを目的とした。

実験には、バラクタ搭載型分割リング共振器 (Varactor-Loaded SRR : VLSRR) を用いた[4]。選定した3つのVLSRRは固有共振周波数  $f_0$  が約 0.64 GHz、内径 6 mm、外径 7 mm、基板の厚みは 1 mm である。測定にはベクトルネットワークアナライザを使用し、ループアンテナと VLSRR を重ね合わせた状態で電磁波を照射した。アンテナに近い基板から順番に一層目が#1、二層目を#2、三層目を#3 とする。アンテナから#1は0.75mmで固定、#1から#2は1.75 mmから2.25 mmまで0.25 mm毎に、#2から#3も同様に変化させた。VLSRRへ印加する制御電流は0 mA、2.5 mAとし、 $S_{11}$  スペクトルを測定した。

図1は電流を0 mA、アンテナと基板間の距離は上述

したように変化させた場合の電磁波反射特性である。共振周波数を示すディップは  $f_L$ ,  $f_M$ ,  $f_H$  の3つを観測でき、VLSRR間の相互作用によって共振周波数が3つに分裂したと考えられる。また、層間距離が離れるほど、VLSRRが持つ固有共振周波数 0.64 GHz に近づいていくような結果が得られた。この結果から相互作用定数  $\epsilon$  の大きさを求めると 2.25 mm の時  $\epsilon = 0.049$ , 2.00 mm の時  $\epsilon = 0.057$ , 1.75 mm の時  $\epsilon = 0.066$  となった。このように、層間距離が近づくほどに VLSRR 間で働く相互作用が強くなることが分かった。

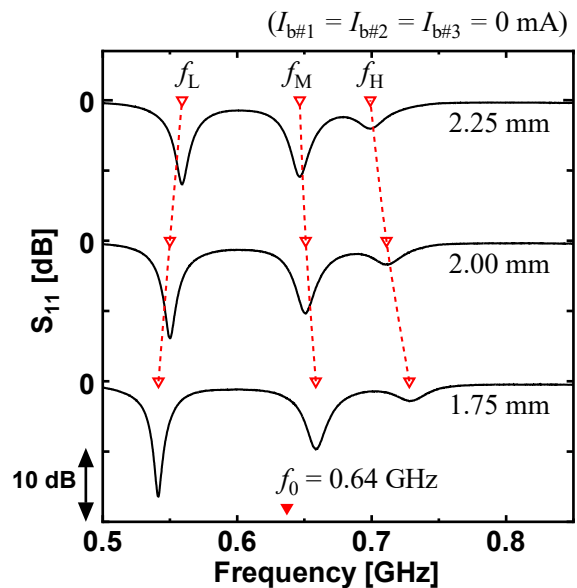


FIG. 1. Electromagnetic wave reflection characteristics of a three-layer structure VLSRR devices.

参考文献

- [1] D. R. Smith, et al., Phys. Rev. Lett. **84**, 4184 (2000)
- [2] N. I. Zheludev, et al., Nat. Mater., **11**, 917 (2012)
- [3] M. Baraclough, et al., Phys. Rev. B **98**, 085146 (2018)
- [4] I. V. Shadrivov, et al., Opt. Express, **14**, 9344 (2006)