

## 円形分割リング共振器二層構造の電磁波反射特性と相互作用定数の評価

## Electromagnetic-wave reflection characteristics of circular split-ring resonator bilayer devices

○宮坂壮太<sup>1</sup>, 葛本和之<sup>1</sup>, 寺澤謙<sup>2</sup>, 中尾琳花<sup>2</sup>, 胡桃聡<sup>3</sup>, 鈴木薫<sup>3</sup>, 松田健一<sup>3</sup>  
 S. Miyasaka<sup>1</sup>, K. Kuzumoto<sup>1</sup>, K. Terazawa<sup>2</sup>, R. Nakao<sup>2</sup>, S. Kurumi<sup>3</sup>, K. Suzuki<sup>3</sup>, K. -i. Matsuda<sup>3</sup>

Abstract: Recently, there has been attention on the electromagnetic interactions between SRRs in developing practical electromagnetic metamaterials known as metadevices. This study involved measuring the reflection characteristics of electromagnetic waves and evaluating the electromagnetic interaction between two closely spaced SRRs.

分割リング共振器 (split-ring resonator: SRR) は電磁メタマテリアルの構成要素の一つであり, その電磁波反射特性 ( $S_{11}$ ) はこれまで精力的に研究されてきた. 近年, メタデバイスと呼ばれる実用的な電磁メタマテリアルの研究開発において, SRR 間の電磁相互作用が注目されるようになってきている. 本研究では, 二つの SRR を近接させた二層構造を作製し, SRR 間の電磁相互作用について, 電気的相互作用と磁氣的相互作用をそれぞれ独立に評価することを目的とした.

実験では, SRR のスリット部分にバラクタダイオードを挿入したバラクタダイオード搭載分割リング共振器 (varactor-loaded split-ring resonator: VLSRR) を用いた. この VLSRR を近接して配置すると, 二層間の電磁相互作用により共振周波数の分裂を引き起こす. また, この電磁相互作用には磁氣的相互作用 ( $K_H$ ) と電気的相互作用 ( $K_E$ ) の二つがある. 磁氣的相互作用は, VLSRR の環状構造に起因したインダクタ成分間の相互誘導的な寄与のことを指し, 電気的相互作用は, バラクタダイオードに蓄積する電荷間の静電的な相互作用を指している.<sup>[1,2]</sup>

実験に用いた基板は, 厚み 1 mm, 円形 VLSRR の外径は 5 mm, 内径は 4 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た. 測定用ループアンテナと二つの VLSRR を近接して重ねるように配置し, アンテナ側から一層目を #1, 二層目を #2 とする. アンテナと #1 の距離を 0.75 mm, #1 と #2 の距離を 1.75 mm に固定して測定した. #1 に印加する電流を 2.5 mA に固定し, #2 に印加する電流は 0 から 5 mA の範囲で 1 mA 毎に変化させて  $S_{11}$  スペクトルを測定した.

図 1 は  $S_{11}$  スペクトルの測定結果である. 共振周波数を示すディップは, 低周波側 ( $\Delta$ ) と高周波側 ( $\blacktriangle$ ) の 2 つが見られた. #2 に印加する電流を大きくするほど, 2 つのディップは高周波側へシフトした. そして, 電流の変化に伴い, 低周波側のディップは深くなり, 逆に高周波側のディップは浅くなっていった. また, 実験で得られた共振周波数の電流依存性から相互作用の大きさを評価すると,  $K_H = 0.167$ ,  $K_E = 0.008$  であった. この結果から, 二層間の距離が  $d = 1.75$  mm の状況では, 電磁相互作用のうち磁氣的な成分の方が, 電気的な成分よりも相対的に強く働いていると推測される.

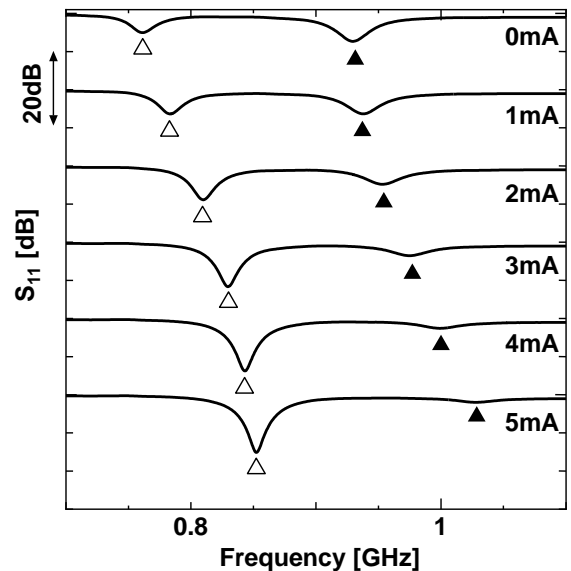


Figure 1.  $S_{11}$  spectra of bilayer VLSRRs under various bias-current conditions.

## 参考文献

[1] M. BaraClough, I. R. Hooper, and W. L. Barnes, Phys. Rev. B **98**, 085146 (2018)

[2] D. A. Powell, M. Lapine, M. V. Gorkunov, I. V. Shadrivov, and Y. S. Kivshar, Phys. Rev. B **82**, 155128 (2010)

1: 日大理工・学部・電気 2: 日大理工・院(前)・電気 3: 日大理工・教員・電気