

分割リング共振器を用いた三角格子構造の電磁波反射特性

Electromagnetic wave reflection properties of a triangular lattice structure using a split-ring resonator

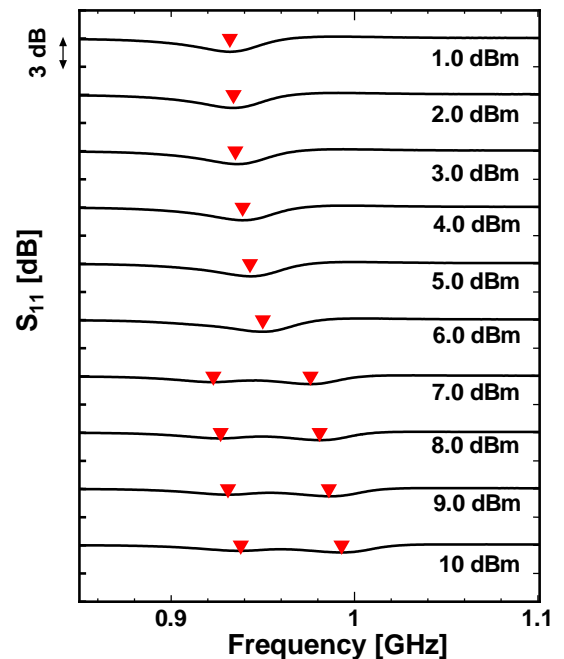
○山崎広貴¹, 澤田聖矢¹, 長谷川雄一², 胡桃聡³, 鈴木薫³, 松田健一³*H. Yamazaki¹, S. Sawada¹, Y. Hasegawa², S. Kurumi³, K. Suzuki³, K. -i. Matsuda³

Abstract—In this study, we created a triangular lattice of split-ring resonators with various lattice sizes and examined their electromagnetic wave reflection properties. In the S_{11} spectrum, we observed two valley structures at certain points when sufficient power was applied. We found that the threshold power at which the valley structure begins to split into two varies depending on the size of the lattice.

電磁メタマテリアルは、構造設計を通して電磁波を制御する複合構造であり、次世代の光・電磁波デバイスとして注目されている。電磁メタマテリアルの一種であるメタサーフェスは、平面的なメタマテリアル構造を有し、主に電磁波の反射特性に特徴のあるメタマテリアルである。そこで用いられる基本構造（メタ原子）の間の相互作用については不明な点が多く、近年精力的に研究が進められている。本研究では、電磁波の磁気成分との結合が強い分割リング共振器（split-ring resonator : SRR）をメタ原子として用いる。SRR は、共鳴状態において磁気双極子モーメントと電気双極子モーメントの両方を持ち、それぞれが相互作用を示す。そこで本研究では、SRR を三角格子状の平面に配列した構造を作製し、その電磁波反射特性を測定することで、SRR 間に働く磁氣的、および電気双相互作用を明らかにすることを目的とした。

本研究で使用する SRR は、銅箔の円環構造である。その環状部分の2箇所にバラクタダイオードを挿入しており、それが可変容量の役割をはたしている。そのためこの共振器の共振周波数も可変になっている。使用したバラクタダイオードは、Skyworks 社製 SMV1234-079LF である。また、SRR の円環のサイズは外径 4 mm , 内径 3 mm , 線幅 0.5mm , 厚さ 35 μm となっている。この SRR を三角形の頂点部分に配列し、リング間隔 0.3 mm , 0.4 mm , 0.5 mm の3種類のものを作製した。これについて、電磁波反射スペクトル (S_{11} スペクトル) を、ベクトルネットワークアナライザ (Tektronix TTR503A) によって測定をした。

図1は VLSRR の三角格子 (リング間隔 0.3 mm) の S_{11} スペクトルを示している。横軸は周波数、縦軸が S_{11} スペクトルである。曲線は異なるパワーで印加した測定結果であり、▼は共振周波数を示す。-6 dBm から +6 dBm では共振周波数が一つ現れているが、6.5 dBm 以降は共振周波数が二つに分裂している。一方、リング間隔 0.4 mm では共振周波数の分裂が 6.0 dBm , リング間隔 0.5 mm では共振周波数の分裂が 5.0 dBm で生じ、リング間隔を狭くすると共振周波数の分裂により大きい電磁波のパワーを必要とすることが確認できた。事前の予想では、リング間隔が狭くなると相互作用が大きくなるため、分裂に必要な電磁波のパワーが小さくなると思っていた。よって、平面上に配列された SRR 同士の相互作用には想定と異なる距離依存性を生じている可能性がある。

Fig 1. S_{11} spectra for the VLSRR triangular

参考文献

- [1] W. J. Padilla and R. D. Averitt, Nat. Rev. Phys. **4**, 85 (2022)
 [2] J. B. Pendry, Phys. Rev. Lett., **85**, 3966 (2000)
 [3] I. V. Shadrivov, S. K. Morrison, and Y. S. Kivshar, Opt. Express, **14**, 9344 (2006)

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