

利用課題番号 : F-13-KT-0092
利用形態 : 技術補助
利用課題名 (日本語) : 接点変調によるチェッカーボード型メタ表面の転移現象
Program Title (English) : Structural Transition in a Checkerboard-like Metasurface by Conductivity Modulation at Contacts
利用者名 (日本語) : 浦出芳郎, 中西俊博
Username (English) : Yoshiro Urade, Toshihiro Nakanishi
所属名 (日本語) : 京都大学大学院工学研究科 電子工学専攻
Affiliation (English) : Electronic Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Kyoto University

1. 概要 (Summary) :

平面上の金属構造で電磁波の反射、透過、および吸収を制御することが近年注目を浴びておりメタ表面と呼ばれる。メタ表面の一種であるチェッカーボード型 (市松模様) の金属構造においては、接点が接続している場合と接続していない場合で応答が大きく異なることが知られている。接点が(無限小の)点で接触しているときにはその中間になることが予想されているが、現実には理想的な点接触は実現できず、計算機シミュレーションですら実現が難しい。そこで、接点に有限の大きさの抵抗膜をつけることで、点接触の困難を回避しつつ、任意の中間状態を実現する方法を考案した。この方法により、メタ表面の性質を大きくかえることができる。また、よく知られているバビネの原理の拡張として深い意味をもっていることも分かっており、それを実験的に検証することも主な研究目標となっている。

2. 実験 (Experimental) :

本研究では、アルミニウムを金属としてチェッカーボード構造を作り、接点を薄いチタン膜で繋いだ構造を作成する必要がある。基板には、水晶を用いた。

まず、フォトリソをスピコートした基板にレーザー直接描画装置でチタン構造を書き込む。そして、希望の厚みのチタン膜を電子線蒸着装置で成膜する。その後、リフトオフ法で必要とするチタンの構造だけ残す。同様の作業をアルミニウム膜について行なう。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

Fig. 1(a) に必要となる構造のユニットセルと作製したメタ表面の顕微鏡写真を示す。図中の色の浅い部

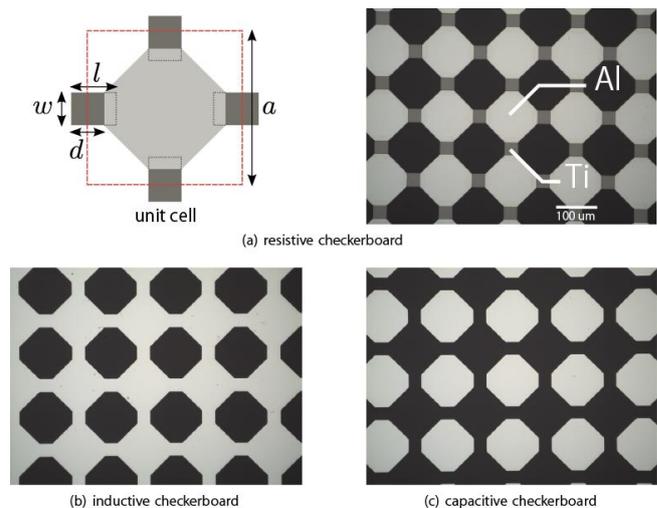


Fig. 1 (a) Checkerboard structure with resistive sheets. (b) Connected checkerboard structure. (c) Disconnected checkerboard structure.

分がアルミニウムで灰色の部分がチタンである。また、比較のために、接点が金属(アルミニウム)でつながっている構造とつながっていない構造を同図(b), (c)にそれぞれ示した。

これら構造に対して、テラヘルツ波の透過特性を計測した。(b), (c)の構造は透過特性に強い周波数依存性が見られた。それに対して、(a)の構造は周波数にほとんど依存しないことが分かった。これは、拡張したバビネの原理から推測される特性と一致しており、実験は成功したといえる。

4. その他・特記事項 (Others) :

本研究は技術職員井上良幸様の技術的支援のもと実施されました。そして、科学研究費補助金、新学術領域研究(No. 22109004)と若手研究 B (No. 25790065)を利用して実施されました。また、理論的な部分は、

博士課程学生の中田陽介氏の協力を得ている。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

(1) 浦出芳郎, 中田陽介, 和田康佑, 中西俊博, 北野正雄, 「入れ子型補対メタ表面における多モード干渉」
日本物理学会秋期大会, 平成 25 年度 9 月 27 日.

(2) Y. Urade, Y. Nakata, T. Nakanishi, and M. Kitano,
“Photoinduced Structural Transition in a
Checkerboard-like Metasurface,” *7th international
congress on advanced electromagnetic materials in
microwave and optics*, Bordeaux, France, 19 Sep. 2013.

(3) Y. Nakata, Y. Urade, T. Nakanishi, and M. Kitano,
“Plane-wave scattering by self-complementary
metasurfaces in terms of electromagnetic duality and
Babinet’s principle,” *Phys. Rev. B*, vol. 88, p. 205138
(2013).

6. 関連特許 (Patent) :

なし。