

課題番号 : F-17-KT-0005
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 自己補対メタマテリアルを用いたテラヘルツ波デバイス
Program Title(English) : Terahertz devices based on self-complementary metasurfaces
利用者名(日本語) : 中西俊博, 浦出芳郎, 菊田智寛, 中村勇生
Username(English) : T. Nakanishi, Y. Urade, T. Kikuta, and Y. Nakamura
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) : Dept. of Electronic Science and Eng., Kyoto Univ.
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、メタ表面、テラヘルツ波、サーマルイメージング

1. 概要(Summary)

メタマテリアルとは、波長より小さな構造からなる人工的な媒質のことで、構造の設計により様々な電磁応答を実現することから注目を集めている。特に、2次元構造のメタマテリアルはメタ表面と呼ばれ、波面制御や偏光制御など広く研究されている。

本研究では、2次元の金属構造と空隙を入れ替えた構造(補対構造)に対する電磁応答に関する定理であるバビネの原理をメタ表面の設計に応用することを目的とし研究を行った。特に、チタンを抵抗膜とするチェッカーボード型自己補対メタ表面によるテラヘルツ波のサーマルイメージングを目指して研究を行った。また、チェッカーボード状に金属を配置したメタ表面の点接触部分に金属-絶縁体転移を起こす二酸化バナジウム(VO_2)を導入することで、特性を動的に変化することができるテラヘルツデバイスの開発にも取り組んだ。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

多元スパッタ装置、レーザー直接描画装置、電子線蒸着装置

【実験方法】

チタンを抵抗膜とするチェッカーボード型自己補対メタ表面の作成では、水晶基板上にレーザー直接描画装置によるパターン描画をしたのち、チタン金属膜を電子線蒸着により堆積し、リフトオフによってチェッカーボードの接点部を作成した。再び、レーザー直接描画、アルミニウムの電子線蒸着、そしてリフトオフによりチェッカーボード型の金属パターンを作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

チタンを抵抗膜とするチェッカーボード型自己補対メタ

表面の作成に先立ち、テラヘルツ時間領域分光法を用いてチタン金属膜の抵抗率を推定し、自己補対条件を満たすチタン膜厚を導出した。そして、実験方法に示した手順で Fig. 1 のようなチェッカーボード型自己補対メタ表面を作成した。ただし、動作周波数はマイクロ波領域で設計している。導波管よりマイクロ波をメタ表面に入射し、発生した熱分布をサーモグラフィーで観察したところ、抵抗膜での温度上昇を確認した。まだ温度上昇は十分ではなく、基板の選定など改善が必要である。

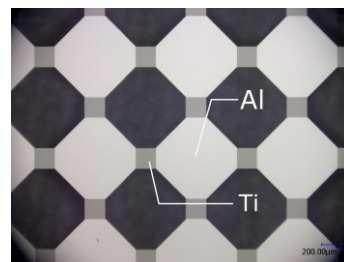


Fig. 1 Fabricated self-complementary metasurface.

その他、二酸化バナジウム(VO_2)を導入したメタ表面を用いたテラヘルツ波の動的制御の研究にも取り組み、平面カイラリティーの制御や偏光制御に関して予備的な実験を開始している。

4. その他・特記事項(Others)

本研究は挑戦的萌芽研究(16K13699)の援助を受け実施された。また、研究は中田陽介助教(信大理)と共同のもと行った。なお、装置利用にあたって大村・佐藤両技術職員の支援を受けた。ここに篤く謝意を表す。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

[1] Y. Urade, Y. Nakata, T. Nakanishi, M. Kitano, EPJ Applied Metamaterials, 4, 2, 2017.

6. 関連特許(Patent); なし。