

## NbN 薄膜を用いた超伝導メタマテリアルの THz 波応答

## Terahertz Responses of Superconducting Metamaterial with NbN Thin Film

阪大レーザー研<sup>1</sup>, 南京大<sup>2</sup>, 天津大<sup>3</sup> Caihong Zhang<sup>1</sup>, Biaobing Jin<sup>2</sup>, 川山 巖<sup>1</sup>, 村上博成<sup>1</sup>,  
Jingbo Wu<sup>2</sup>, Lin Kang<sup>2</sup>, Jian Chen<sup>2</sup>, Peiheng Wu<sup>2</sup>, Jianguang Han<sup>1,3</sup>, 斗内 政吉<sup>1</sup>  
Osaka Univ.<sup>1</sup>, Nanjing Univ.<sup>2</sup>, Tianjin Univ.<sup>3</sup> C. H. Zhang<sup>1</sup>, B. B. Jin<sup>2</sup>, I. Kawayama<sup>1</sup>,  
H. Murakami<sup>1</sup>, J. B. Wu<sup>2</sup>, L. Kang<sup>2</sup>, J. Chen<sup>2</sup>, P. H. Wu<sup>2</sup>, J. Han<sup>1,3</sup>, and M. Tonouchi<sup>1</sup>

E-mail: tonouchi@ile.osaka-u.ac.jp

電磁波の波長よりも小さい構造を周期的に配列することにより、負の屈折率を実現するメタマテリアルは、波長限界を超える分解能を持つスーパーレンズや局所的電場増強、クローキングなど電磁波の制御に革新的な効果をもたらす物質として脚光を浴びている。特にテラヘルツ領域においては、光効率・高出力な光源の作製が困難なため、メタマテリアルを用いた電場増強、バンドパスフィルターなどの電磁波制御は非常に有用であると考えられている。また、フォトリソグラフィなど一般的な微細加工技術で作成可能なサイズであることも、他の光に対して有利な点である。最近我々は、超伝導体である NbN 薄膜を用いて低損失なテラヘルツ用メタマテリアルの作製し、その特性を評価した[1]。一方、我々は高強度テラヘルツ光源開発およびその光源を用いた超伝導体のテラヘルツ非線形効果の観測にも成功している[2]。今回、超伝導メタマテリアルに高強度テラヘルツ波を照射し、その非線形効果により共振周波数や透過率が変化する様子を観察した。

Fig.1(a)および(b)が今回の実験で用いたメタマテリアルの模式図および顕微鏡写真であり、超伝導スプリットリング共振器(SSR)が 2 次元アレイ状に配置されている。サイズは Fig. 1(a)の模式図でそれぞれ  $g = t = 5 \mu\text{m}$ ,  $w = 10 \mu\text{m}$ , and  $a = 50 \mu\text{m}$  である。MgO(100)基板に NbN 薄膜をスパッタリングで積層し、紫外線露光でパターンニングした。Fig. (c)はこの様にして作製したメタマテリアルの 4.5K におけるテラヘルツ透過スペクトルを照射テラヘルツ強度において計測した結果である。約 0.45THz において共鳴的に透過率が減少しているが、照射するテラヘルツ強度が増加するに従い減衰量が約-20dB から-3dB 程度へと 90%以上変化していることが観測された。これは、高強度テラヘルツ波の照射により、超伝導電子対の破壊が起こり伝導度が減少した結果であると考えられる。この様に、超伝導非線形効果とメタマテリアルを組み合わせることにより、テラヘルツ波の効率的な制御が可能であることが分かった。

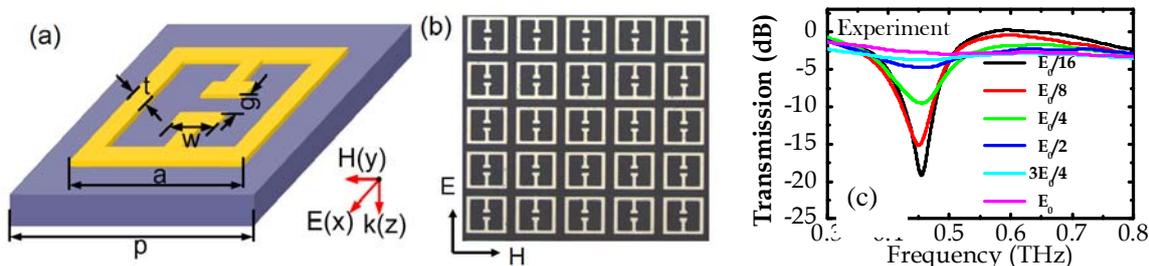


Fig. 1 (a) Schematic diagram of the superconducting metamaterial structure, (b) Microscopy image of the superconducting terahertz metamaterial sample, where E and H represent the electric field and magnetic field, and measured amplitude transmission spectra at various incident terahertz field strengths at 4.5 K THz

[1] C. H. Zhang et al., Opt. Express **20**, 42 (2012)

[2] C. H. Zhang et al., J Infrared Milli Terahz Waves, **33**, 1071 (2012).

謝辞：本研究は、科研費(A222460430)、JSPS 先端研究拠点事業および JST 産学共創基礎基盤研究プログラムの助成を受けて行われた。