



# 無偏光・ゼロ屈折率・無反射な0.312THz帯メタサーフェスの設計

望月 景太<sup>1</sup> 佐藤 建都<sup>2</sup> 鈴木 健仁<sup>3, 4\*</sup>  
東京農工大学 工学部 電気電子工学科<sup>1</sup> 工学府 電気電子工学専攻<sup>2</sup> 工学研究院 先端電気電子部門<sup>3</sup> 国立研究開発法人 科学技術振興機構 さきがけ<sup>4</sup>

## 背景・目的

**目的**  
テラヘルツ波帯におけるゼロ屈折率メタサーフェスの設計

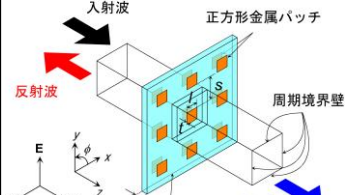
### 応用例

- ・高速無線通信  
T. Nagatsuma et al., Nat. Photonics 10(6), 371-379 (2016).
- ・テラヘルツイメージング  
D. M. Mittleman, Opt. Express 26(8), 9417-9431 (2018).

	ゼロ屈折率材料	無偏光・高屈折率材料	無偏光・ゼロ屈折率材料
構造			両面金属正方形パッチ構造
周波数	0.505 THz	0.310 THz	0.312 THz
偏光特性	あり	なし	なし
実効屈折率 $n$	$0.16 + j0.09$	$14.0 + j0.48$	$-0.28 + j0.023$ (解析値)
反射率	0.7 %	1.03 %	約 0 % (解析値)
透過率	97.3 %	86.9 %	98.5 % (解析値)

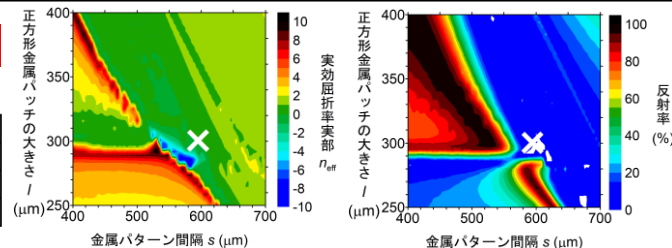
### 本発表

## 設計



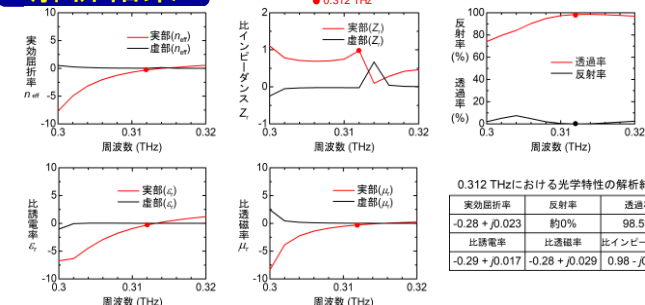
### 設計パラメータ

金属厚さ $t$	基板厚さ $d$
0.5 $\mu\text{m}$	50 $\mu\text{m}$
金属の一辺 $l$	間隔 $s$
300 $\mu\text{m}$	595 $\mu\text{m}$



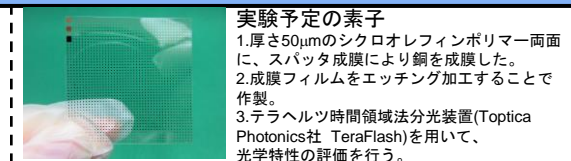
$s$  と  $l$  を変化させて解析し、ゼロ屈折率・無反射となるパラメータを設計した。

## 解析結果



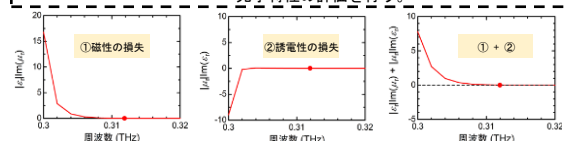
0.312 THzにおける光学特性の解析結果

実効屈折率	反射率	透過率
$-0.28 + j0.023$	約0%	98.5%
比誘電率 $\epsilon_r$	比透磁率 $\mu_r$	比インピーダンス $Z_r$
$-0.29 + j0.017$	$-0.28 + j0.029$	$0.98 - j0.024$



### 実験予定の素子

1. 厚さ50 $\mu\text{m}$ のシクロオレフィンポリマー面に、スパッタ成膜により銅を成膜した。
2. 成膜フィルムをエッチング加工することで作製。
3. テラヘルツ時間領域分光装置 (Topica Photonics社 TeraFlash) を用いて、光学特性の評価を行う。

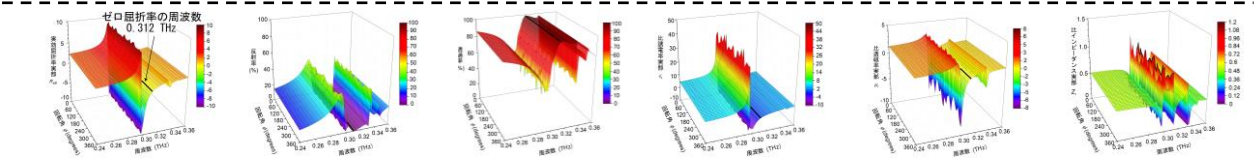


設計周波数0.312 THzで磁性的の損失と誘電性の損失の和が

$$\frac{\omega \epsilon_0 |E|^2}{2\mu} [|\epsilon_r| \text{Im}(\mu_r) + |\mu_r| \text{Im}(\epsilon_r)] > 0$$

よりエネルギー保存則を満たしていることを確認

解析により、ゼロ屈折率メタサーフェスとして機能していることを確認した。



解析により入射波の偏波方向を回転させ、0.312 THzにおいて無偏光・ゼロ屈折率・無反射な特性を有することを確認した。

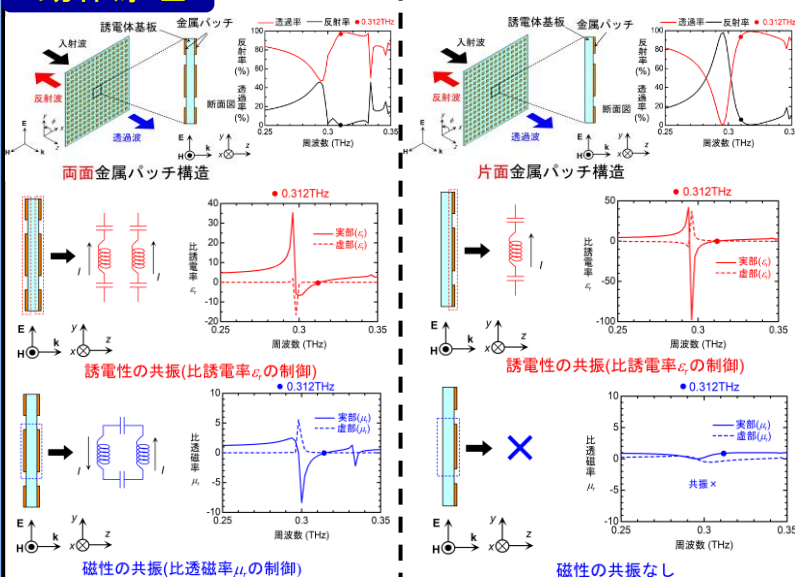
## まとめ

- ・解析により、正方形金属パッチの構造を有する、0.3 THz帯無偏光・ゼロ屈折率・無反射なメタサーフェスを確認した。
- ・今後は設計した素子を作製し、テラヘルツ時間領域分光法を用いて、偏光特性の測定を行う。

## 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費基盤研究(B)(21H01839)、国立研究開発法人科学技術振興機構さきがけ(JPMIPR1815)、公益財団法人東電記念財団の助成を受けたものである。

## 動作原理



T. Suzuki, and H. Asada, Opt. Express 28(15), 21509-21521 (2020).

K. Ishihara and T. Suzuki, J. Infrared Millim. Terahertz Waves 38(9), 1130-1139 (2017).

屈折率  $n = \sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}$  比インピーダンス  $Z_r = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}}$

比誘電率と比透磁率を同値かつ0に近づけることで、ゼロ屈折率・無反射メタサーフェスを設計できる。