

光の偏光・位相・振幅の変調が可能なメタサーフェスの実証実験

Measurement of the metasurface to modulate polarization, phase, and amplitude of light

東大生研¹, 宇大光工学² ○(M2)新原寛太¹, 田中嘉人¹, 藤村隆史², 志村努¹

IIS. Univ. of Tokyo¹, Opt. Eng. Utsunomiya Univ.², °Kanta Niihara¹, Yoshito Tanaka¹, Ryushi

Fujimura², Tsutomu Shimura¹

E-mail: nkanta@iis.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

メタサーフェスは波長より小さい散乱体（メタアトム）で構成された表面構造で、光を空間的に変調できる。変調の空間精度の高さや、偏光・位相・振幅・波長などのいくつかを同時に変調できるため、光学系の小型化や、computer-generated holography への応用が期待される。これまでに偏光と位相[1]、振幅と位相[2]を独立に変調可能であることが示されている。今発表では、今回考案した偏光・位相・振幅全てを変調可能なメタサーフェス(Double-phase metasurface)を紹介し、実証実験について報告する。

2. Double-phase metasurface

任意の偏光 $\mathbf{E}_0$ ・位相 ϕ ・振幅 A ($0 \leq A \leq 1$)を持つ光の電場 $\mathbf{E}$ は

$$\mathbf{E} = A \exp(i\phi) \mathbf{E}_0 = (1/2) \exp[i(\phi + \phi)] \mathbf{E}_0 + (1/2) \exp[i(-\phi + \phi)] \mathbf{E}_0 \quad (\phi = \arccos(A))$$

と、偏光 $\mathbf{E}_0$ ・振幅 $1/2$ で位相が異なる二つの光の干渉として表すことができる。一方で、メタサーフェスは独立に偏光と位相を変調可能である[1]。そこで double-phase metasurface では、2つのメタアトムを一つの変調単位とし、それぞれ偏光と位相が変調された二つの光を干渉させることで偏光・位相に加えて振幅も変調可能になると考えられる。

3. 実証実験

メタサーフェスは、石英ガラス基盤にスパッタリングした Si の上に、電子線リソグラフィー、リフトオフ法により Al を蒸着し、Al をハードマスクとしてドライエッチングすることで作成した。Fig.1 に作成した構造の走査電子顕微鏡(SEM)像を示す。

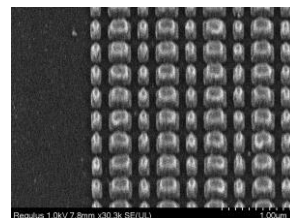


Fig. 1 SEM image of fabricated

メタサーフェスを透過した光（以下、物体光）の位相と振幅は、 $\lambda/4$ 波長板・偏光子を用いて測定する。また、位相の測定にはフーリエ変換法[3]を用いた。Fig.2 に測定の際に得られた像を示す。それぞれ、a) 物体光のみの像、b) フーリエ変換法により復元された位相である。数字で示されたメタサーフェスのある部分を透過した光が周辺と異なる位相を持っていることが分かる。今後測定結果から定量的な解析を行う。

・参考文献

- [1] Amir Arbabi et al.: Nature Nanotechnology 10, 937 (2015), [2] Gun-Yeal Lee et al.: Nanoscale 10, 4237 (2018), [3] Mitsuo Takeda et. al.: J. Opt. Soc. Am. 72, 156 (1982)

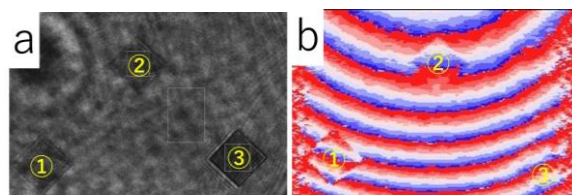


Fig. 2 a) Microscope image and b) extracted phase image.

Each number indicates a metasurface. From b, modulated phase can be extracted as a gap of stripes on periphery of a metasurface.