

連続構造からなる誘電体メタサーフェス：連続位相分布による波面制御

Gradient Dielectric Metasurfaces: Wavefront Control by Non-discrete Phase Patterns

NTT 先端集積デバイス研¹ °宮田 将司¹, 中島 光雅¹, 橋本 俊和¹NTT Device Technology Labs¹, °Masashi Miyata¹, Mitsumasa Nakajima¹, Toshikazu Hashimoto¹

E-mail: masashi.miyata.xu@hco.ntt.co.jp

光メタサーフェスによる光波面制御は、所望の位相分布と整合するように各構成構造体のサイズ等を制御し、それらを格子状に並べることで達成されてきた[1]。しかし、従来手法では、格子状の配置により、空間的に離散化された位相分布が形成されるため、効率が制限される。これは、マルチレベルの位相回折格子と同様の課題である。そこで我々は、連続位相変化構造を有する誘電体メタサーフェス (Continuous Gradient Metasurface: CGM) を提案する。CGM は、非晶質シリコン (a-Si) の幅変調ナノビームアレイから構成される。本構造では、構造幅を連続的に変化させ、連続的な位相変化をもたらすことで、光に対して空間的に連続な位相分布を与える。今回は、CGM を用いて光偏向素子を作製しその効果を検証したので報告する。

Fig. 1 は、単一のビーム幅をもつアレイの透過率と位相量のビーム幅依存性である (ビーム厚み 700 nm, 周期 650 nm, 波長 $\lambda_0 = 1550$ nm)。アレイは、ビーム幅を変化させることで、高い透過率を維持しながら (~90%), 0- 2π の位相変化を入射光に与えることが可能である。本提案の CGM は、これを用いて、ビーム長軸に沿って緩やかな幅変調を構造に与えることで、空間的に連続な一次元位相分布の形成を実現する。

CGM の有効性を実証するため、線形な位相分布の周期的な繰り返しを有する光偏向素子を作製した (Fig. 2a 上段)。Fig. 2b は設計した位相分布である。Fig. 1b の計算結果に従って、所望の位相分布に整合するようにビーム幅の空間分布を決定した。今回は、偏向角 θ_{def} が異なる素子をそれぞれ作製した。また比較のため、離散的な位相分布をもつ従来の a-Si メタサーフェス[2]を用いた光偏向素子も同一基板上に作製した (Fig. 2a 中段および下段)。

Fig. 2c は、 $\lambda_0 = 1550$ nm の光ビームを CGM 光偏向素子 ($\theta_{\text{def}} = 24.0$ deg.) に入射し、構造から 1 mm 離れた位置で取得した透過光の遠視野

像である。不要な回折光がほとんど生じておらず、入射光が+1次回折光に効率的に変換されていることがわかる。Fig. 2d は各偏向素子の相対偏向効率 (偏向光強度/透過光強度) である。 $\theta_{\text{def}} = 48.0$ deg.に至るまで、CGM 光偏向素子の効率が従来素子の効率を上回っており、本構造が光波面制御において有用であることを示唆している。本発表では、本構造を用いたその他の光学素子についても報告する予定である。

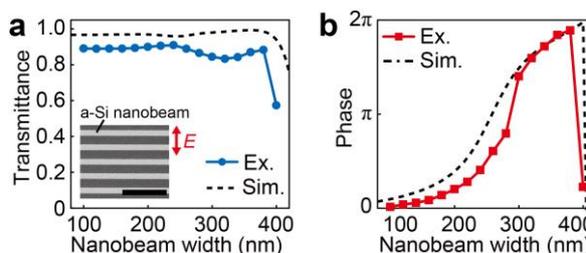


Fig. 1 (a) Transmittances and (b) phases for a-Si nanobeam arrays at $\lambda_0 = 1550$ nm. The inset of (a) is an SEM image of the 240-nm-wide nanobeam array. Scale bar: 2 μm .

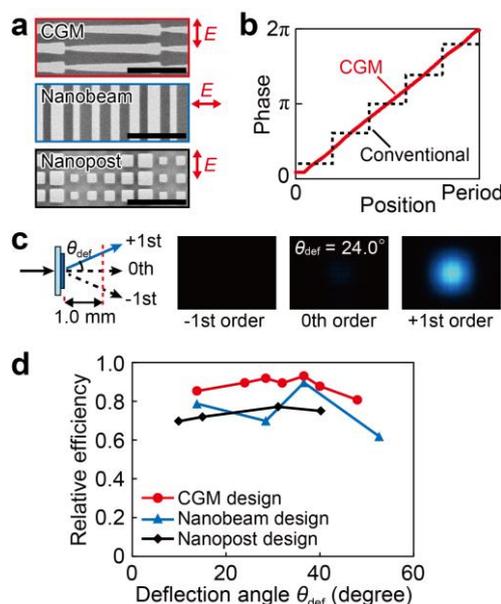


Fig. 2 (a) SEM images of the fabricated metasurfaces. Scale bars: 2 μm . The red arrows show the input polarization. (b) Designed phase profiles. (c) Far-field profiles of the zeroth and first orders. (d) Measured relative efficiencies.

[1] N. Yu, F. Capasso, Nat. Mater. **13**, 139–150 (2014).

[2] A. Arbabi *et al.*, Nat. Commun. **6**, 7069 (2015).