

複眼可変焦点イメージングのための Alvarez メタレンズ

Alvarez metalenses for compound eye varifocal imaging

農工大工¹, 農工大院工² ○(B)工藤 光太¹, 小川 主税², 高木 鴻佑¹, 池沢 聡², 岩見健太郎²

Sch. Eng.¹ and Grad. Sch. Eng.,² Tokyo University of Agriculture and Technology,

○Kota Kudo¹, Chikara Ogawa², Kosuke Takaki¹, Satoshi Ikezawa², Kentaro Iwami²

E-mail: k_iwami@cc.tuat.ac.jp (K. Iwami)

可変焦点レンズをメタレンズ化することで飛躍的な薄型化が期待されている。しかし、先行研究で報告されたメタレンズは焦点距離調節のために余分なスペースを必要とするため、焦点距離や基板厚さを含めた光学系全体の小型化には至っていない^[1]。そこで我々のグループでは、短焦点化に有利な複眼構造を有し、波長 900 nm で動作する可変焦点メタレンズを製作する。現時点までに、最適な製作条件を決定するため単眼の Alvarez メタレンズを製作した。

Alvarez メタレンズは 2 枚 1 組のレンズからなる。一方のレンズの位相分布は、 $\Phi_{\text{reg}}(x, y) = A(1/3x^3 + xy^2)$ で表される。 x, y は面内位置、 A は定数である。このレンズを、反対符号の位相分布を持つもう一方のレンズと相対変位 $2d$ を与えて重ね合わせると、同心円状の位相分布 $\Phi(x, y) = 2Ad(x^2 + y^2) + 2/3Ad^3$ が得られ、任意の焦点距離で集光する(Fig.1)。波長を λ とすると、焦点距離は d の関数として $f(d) = \pi/2\lambda Ad$ で表される。本研究では、寸法に依存した位相遅延を生じるアモルファスシリコン柱状メタ原子を利用し、これを Alvarez メタレンズ状の位相分布を形成するように配列することでメタレンズを製作した。

アモルファスシリコン柱の電磁場解析結果を利用して、所望の位相分布を満たすように柱を配置した CAD データを生成した(Fig.2)。レンズ寸法は 2×2 mm の正方形とし、定数 A を $1.164 \times 10^{13} \text{ 1/m}^3$ と設定した。波長 900 nm において相対変位 d を 50 ~ 250 μm の範囲で変化させたとき、0.6 ~ 3.0 mm の範囲で焦点距離を調節できるように設計した。2 cm 角ガラス基板上に電子線リソグラフィ、リフトオフ、反応性イオンエッチングによって製作した。メタレンズの光学顕微鏡画像を Fig.3 に示す。現在までに単眼 Alvarez メタレンズの製作が完了した。当日は焦点距離の測定結果と、複眼 Alvarez メタレンズの製作についても報告する。

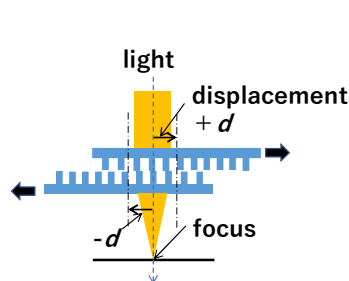


Fig.1 Schematic of Alvarez metalens

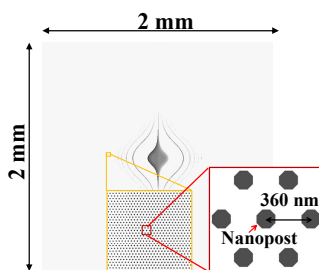


Fig.2 CAD data



Fig.3 Optical microscope image(×500)

[1] Arbabi, E., et al., "MEMS-tunable Dielectric Metasurface Lens", Nature Communications, Vol. 9, No. 812 (2018), pp. 1-9.