

トップハット型光強度分布整形メタサーフェス

A Top-hat Beam Shaper Metasurface

¹農工大, [○](B)嶋谷 智生¹, 山田 遼太¹, 池沢 聡¹, 岩見 健太郎¹

¹Tokyo University of Agriculture and Technology,

[○]Tomoki Shimatani^{1(B)}, Ryota Yamada¹, Satoshi Ikezawa¹, and Kentaro Iwami¹

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

本研究では, Fig. 1 に示すように, ガウシアン強度分布を有する入射ビームを, 内視鏡や病理診断などで利用が期待されるトップハット型 (均一光強度分布) に整形する GTBS(Gaussian-to-Top-hat Beam Shaper)メタサーフェスの開発を目的とした. 先行研究で導出された幾何学的変換技術によるシミュレーション^[1]をもとに位相式を導出し, 光強度整形メタサーフェスの製作, 評価を行ったので報告する.

GTBS メタサーフェスの位相分布 $\varphi(r)$ は次の式(1)で表される.

$$\varphi(r) = \frac{\pi}{4l\lambda} \left[D^2 - 2Dw_2 - 4r^2 + \frac{w_2}{\operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{2}D}{w_1}\right)} \left\{ \left(-e^{-\frac{2D^2}{w_1^2}} + e^{-\frac{8r^2}{w_1^2}} \right) \sqrt{\frac{2}{\pi}} w_1 + 4r \operatorname{erf}\left(\frac{2\sqrt{2}}{w_1} r\right) \right\} \right] \quad (1)$$

ここで r は光軸からの半径, λ は波長, D はメタサーフェスの直径, w_1 は入射ガウシアンビームのウエスト直径, w_2 は出射均一強度分布の直径, l は伝搬距離, erf は誤差関数である. 設計値に基づく位相分布を Fig. 2 に示す. 凹レンズ上の分布をしており, ガウシアンビームの中央の強度ピークを発散させることで均一分布を得る.

本研究では, 波長 805 nm に透過性を有する水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)からなる柱状メタ原子を使用した. これは柱太さに依存した位相遅延を生じるので, 式(1)を満たすように配列した. メタサーフェスは 2 cm 角ガラス基板上に直径 5 mm で Si 成膜, 電子線リソグラフィ, リフトオフおよび反応性イオンエッチングにより製作した.

Fig. 3 に, 805 nm のファイバーレーザーを用いて観察した出射距離 50 mm での強度分布を示す. 中央の飽和した部分は 0 次光であるが, その周辺に比較的均一な強度分布を有するトップハットビームが得られた. 目標出射距離 150 mm ではビーム直径は設計値 100 mm に対し実測値が 93.9 mm と概ね一致した. また, ビームの周縁部で光強度が強くなっている. 今後は, 回折効率の向上と, 周縁部で光強度が強くなる現象の解決が課題である.

本研究は JSPS 科研費 21H01781, 22K04894, ARIM JPMXP1222UT1048 (東大武田クリーンルーム), 精密測定技術振興財団の支援を受けて実施された.

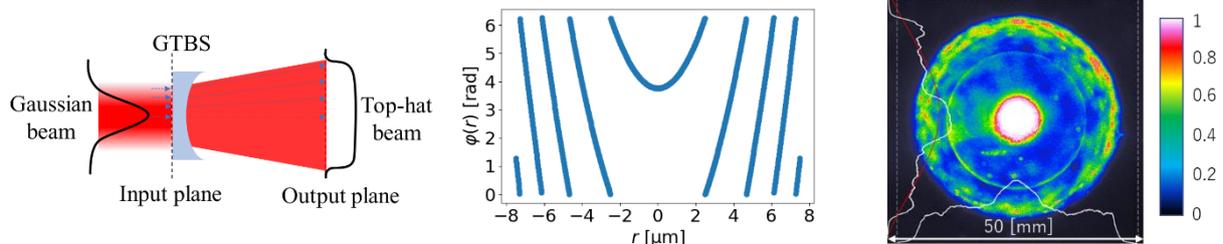


Fig. 1 Configuration of GTBS Fig. 2 Phase distribution at the center Fig. 3 Observed beam profile

[1] A. Abbaszadeh *et al.*, “A compact polarization insensitive all-dielectric metasurface lens for Gaussian to tophat beam shaping in sub-terahertz regime”, *Optics Communications*, **462** 125313 (2020).