

空間光位相変調器(LCOS-SLM)によるビーム振幅の変調についての研究

Beam amplitude modulation based on LCOS-SLM (optical phase modulator)

施 闊 (SHI Kuo)

In this study, we devised a method for the design of continuous phase-only holographic masks that map laser light to arbitrary target illumination patterns, which have a wide range of applications. In this method, the discrete gradient of a holographic mask is obtained by combining geometric optics and the Hungarian algorithm, and then the entire problem is transformed into an integral problem with a discrete gradient. Finally, the least squares method is used to solve the gradient integral to complete the construction of a phase holographic mask.

空間光変調器(SLM)は、画像などの 2 次元または 3 次元の光学情報を動的かつリアルタイムに処理できるデバイスである。SLM を用いると読み出し光位相・偏波面・振幅・強度・伝播方向に変調を与えることができる。LCOS-SLM を用いてビームの強度分布の制御する設計は非イメージング光学系の逆問題である。カスタマイズされた振幅分布を持つビームの発生は様々な応用において重要な意義がある。例えば、レーザービームの変換、フォーカス、拡張現実システムおよびホログラム表示における複雑な画像の形成、構造化照明、光トラップ、顕微鏡などの分野に広く応用できると考えられる。多くの場合、このような問題は二次非線形楕円偏微分方程式の解を探すことに帰着できる。一般的に、光学設計におけるこのような逆問題は様々な数値解析の反復法で解決される。2013 年に Wu らは反復法を用いてモンジュ・アンペール方程式を解き、DOE を設計して所望の振幅分布のビームの発生を実現した。このような反復法を用いてモンジュ・アンペール方程式を解く方法の一般的な欠点の一つは、非線形方程式を解く計算が複雑度が高く、反復初期値の選択が方程式の解の成否に影響し、初期値の選択が不適切であると収束解が得られないことである。そのため、非画像化光学の逆問題を解決するための別の方法も模索されている。

本研究では、光線マッピング計算の問題を最適分配の問題に変換する位相 MASK の設計方法を提案した。これにより、純粋な位相ホログラムを用いてビームの振幅分布を制御するという目的が達成された。得られたマスクは拡大して使用しても良好な回折効果が得られることがわかった。マスクの段階的に滑らかな性質を実証した。実際に得られる回折自由曲面は 3 次元的に連続した曲面である。これは加工、成形、製造に非常に便利である。我々はこの方法で平行光束を「CIST」という文字の光強度分布に変換できる位相 mask を設計した。Figure.1(a)には設計した位相マスクのパターンを示している。これをアンラップすると Fig.1(b)が得られ、この位相マスクは従来の GS 法に比べて良好な連続性を有し、SLM の他に回折光学素子 (DOE) の設計にも利用できることが分かる。Figure.1(c)は角スペクトル法を用いて、マスクの回折についての数値シミュレーションした結果である。平行ビームを「CIST」の形の照明に変換することに成功したことがわかる。実験で記録した回折光強度分布は Fig.1(d)に示すように、数値シミュレーション結果と高い一致性を示していることが

分かる。

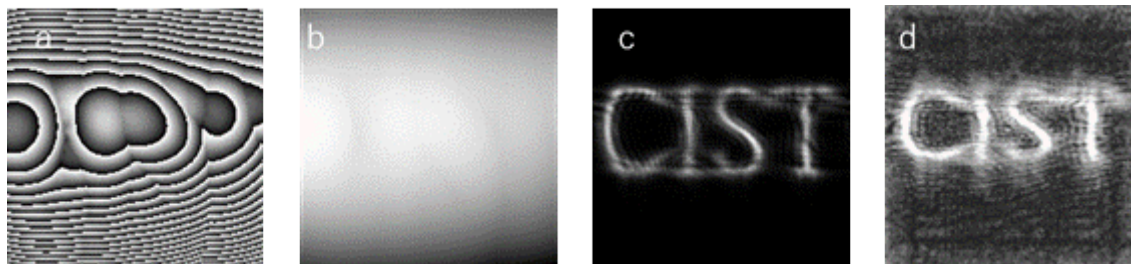


Fig.1. (a) the phase-only hologram. (b) the unwrapping phase image. (c) the diffraction intensity simulation. (d) the diffraction image by experiment

参考論文

1. R. Wu, P. Liu, Y. Zhang, Z. Zheng, H. Li, and X. Liu, "A mathematical model of the single freeform surface design for collimated beam shaping," *Opt. Express* 21(18), 20974-20989 (2013).
2. L. L. Doskolovich, M. A. Moiseev, E. A. Bezus, and V. Olikier, "On the use of the supporting quadric method in the problem of the light field eikonal calculation," *Opt. Express* 23(15), 19605-19617 (2015).