

体積型ホログラムパターンを描画可能な波面プリンタの開発

Wave-front printer for producing volume hologram pattern

春口 弘喜, 高辻 伸幸, 松島 恭治

Hiroki Haruguchi, Nobuyuki Takatsuji, Kyoji Matsushima

関西大学システム理工学部電気電子情報工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering Science
Kansai University

E-mail: haruguchi@laser.ee.kansai-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 計算機技術の向上により, 計算機合成ホログラム(CGH: Computer-Generated Hologram)が注目されている. これは数値計算により干渉縞を求め, それを描画装置で描画することにより作製するホログラムであり, 3次元画像のみならず光学素子としても用いられるものである. CGHの描画装置としては, 微細加工機器であるレーザー直接描画装置[1]や, フリンジプリンタ[2]等が挙げられる. これらは干渉縞を二次元的に描画しているため, いわゆる薄いホログラムであり, 波長選択性がなく白色光再生が出来ない. それに対して白色光再生可能なホログラフィックプリンタ[3]が開発されているが, これにより作製されるものは両眼視差と輻輳のみが再生される多視点画像であるため, 波面そのものを再生するホログラムとは基本的に異なっている.

そこで本研究では, 三次元的な干渉縞, すなわち体積型ホログラムを描画することで任意の波面を再生する波面プリンタを開発した. 原理的にはこれによって波長選択性のある任意の厚いホログラムが作製できるため, 白色光再生可能なディスプレイ用CGHや回折型光学素子が作製可能であると考えた.

2. 波面プリンタの原理と構造

本波面プリンタの原理を Fig.1 に示す. 一般的なホログラムでは, 撮影物体に照明光を照明し, 物体

光(a)を参照光と干渉させることで波面を記録している. それに対して本波面プリンタでは, (b)に示す通り, 物体光を空間光変調器(SLM: Spatial Light Modulator)によって発生させ, 通常のホログラムと同様に参照光と干渉させることで任意の波面の干渉縞を作製する. 従って, 記録材料が厚いホログラムの条件を満たしていれば体積型ホログラムができる. ただし, 一般に SLM で発生できる波面の範囲はごく小さなものとなるため, 複数の発生波面をタイリングする必要がある. また, 一般に SLM はピクセル間隔が大きいいため, 描画する干渉縞の分解能が低くなり, 視域角が狭くなる欠点がある. そのため本研究では, 光学系をフーリエ型にすることで, 像面(フーリエ面)でのサンプリング間隔をフーリエレンズの焦点距離で変化し, 分解能を高めている.

本波面プリンタの光学系を Fig.2 に示す. 本研究で使用した SLM は共役像の発生しない位相型 SLM であるが, 強い非回折光が生じるため, フーリエ面に配置したマスクでこれを遮蔽している. また, 後述するように SLM に表示するパターンにキャリア位相を与えることにより非回折光の集光点と再生像を分離し[4], SLM 発生光波の有効面積を増加している.

実際のタイリングでは, まず描画したい波面を計算機内で分割し, 自動ステージで記録材料を適切な位置に移動させた上で, 順次分割した小さな波面を SLM で発生して干渉縞を記録している.

3. SLM 表示パターンと描画過程

本研究で描画した物体光波のパラメータ Table 1, またそのモデルを Fig.3 に示す. 数値合成には点光源法を用いた. 数値合成した物体光波を SLM で発生するため, まず逆フーリエ変換を行った. 本研究では位相型 SLM を用いたため, 逆フーリエ変換で得られた複素振幅分布の振幅値を1にして, 位相を8ビット量子化する位相コーディングを施した. そしてその光波分布にキャリア信号として平面波の線形位相を乗算することで再生像と非回折光を分離した [4]. 以上の過程を経た位相分布を SLM に入力し, 描画波面を発生した. そして参照光を入射し, 前述のタイリングを用いて感光材料に順次干渉露光して描画した. 描画パラメータを Table 2 に示す.

4. 波面プリンタで描画した CGH の再生像

ハロゲンランプを白色光源として作製した CGH に照射し, その再生像を確認した. Fig.4 に再生像を示す. このように再生像は確認できたが, タイリングした各セグメントの再生光強度にばらつきが見られる結果となった.

5. まとめ

波長選択性のある体積型 CGH を作製できる波面プリンタを開発した. また実際に波面プリンタで CGH を作製し, 白色光による再生像を確認した.

参考文献

- 1) K. Matsushima, S. Nakahara: Appl. Opt. **48**, H54-H63 (2009).
- 2) M. Tachinami, A. Sasaki, H. Yoshikawa: SPIE **5290**, 114-121 (2004).
- 3) M. Yamaguchi, N. Ohyama, T. Honda: Appl. Opt. **31**, 217-222 (1992).
- 4) 松田, 細川, 松島: 3次元画像コンファレンス 2010, 129-132 (2010).

Table 1 Parameters for printed object field.		Table 2 CGH parameters.	
物体サイズ	19 [mm]	分割数	8×8[個]
波長	488 [nm]	露光時間	0.1[sec]
ピクセルピッチ	2.98 [μm]	露光量	121[μJ/ cm ²]
物体奥行き	30 [mm]	総所要時間	649.3[sec]
水平視域角度	9.4[deg]		

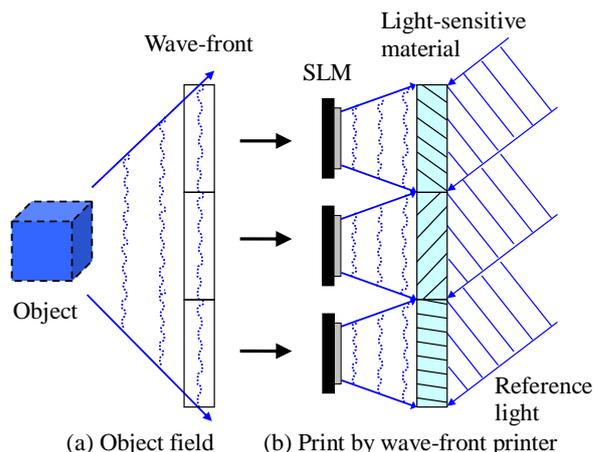


Fig.1 Principle of the wave-front printer. Instead of the object field (a), wave-fields generated by SLM are recorded on light-sensitive material (b).

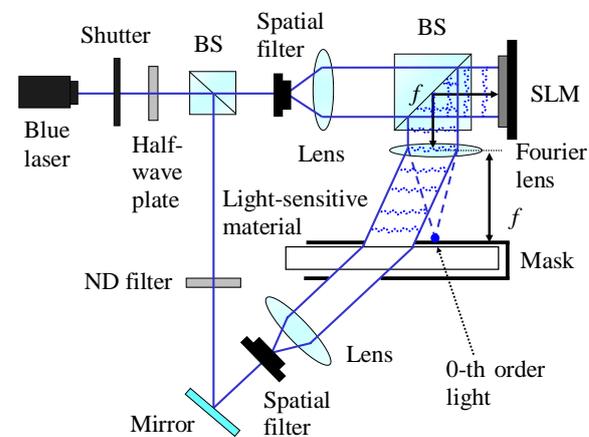


Fig.2. Optical setup of the wave-front printer.

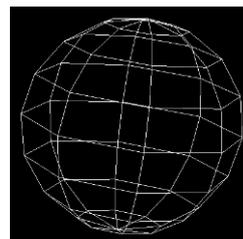


Fig.3.Object model.

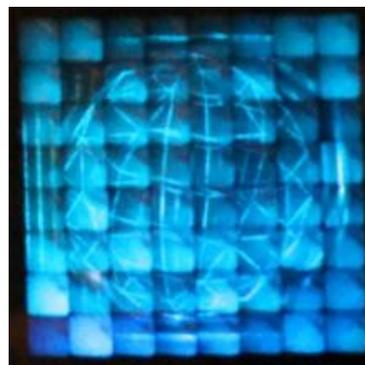


Fig.4. Reconstruction of the fabricated CGH.