

最近の技術から

リップマンホログラムの光学素子への応用

橋本 礼耳・松浦 文子

東京光学機械(株)技術本部研究所 〒174 東京都板橋区蓮沼町 75-1

1. はじめに

レンズ、ミラー、干渉フィルター等の従来の光学素子に比べ、数々の優れた特徴を有するホログラフィック光学素子 (holographic optical element: HOE) の開発が行われ、いくつかの分野ですでに実用化されている¹⁾。

われわれは、高品位の光学素子が得られる2クロム酸ゼラチン (dichromated gelatin: DCG) によるリップマンホログラムに着目し、実験を行なった。

本稿では、従来検討されていなかったリップマンホログラムにおけるゴーストホログラムについて、その生成機構、除去方法およびその実験結果について述べたい。

2. ゴーストホログラムについて

図1の光学系において、通常の方法で DCG によるリップマンホログラムを作製し²⁾、透過光を測定したところ、回折による透過率低下のピークが二つ観測された。

同じサンプルからの反射光を観察したところ、正規のホログラム以外に正反射方向への回折光が観測された。回折方向および波長のシフト量より、このホログラムは物体波あるいは参照波と乾板表裏面でのそれ自身の反射光との干渉によるホログラムであると推測し、これをゴーストホログラム (GH) と名付けた。

正規のホログラムは乾板の厚み方向への振動に非常に敏感であるが、GH は乾板内の定在波によるため、露光時の乾板の振動に強いという特徴を有する。作製する素子を大型化するほど振動しやすくなり、また露光時間が延びるため影響も受けやすくなり、GH はより顕著になる。

検証のため、約 80% の回折効率が得られる条件下で、一光束のみを照射したホログラムを作製したところ、30% 程度の回折効率を有する GH が得られた。

3. ゴーストホログラムの防止方法

GH を防止するには、乾板表裏面の反射を防止することが必要である。

ガラス面は誘電体による多層反射防止膜などにより、容易に反射防止できるが、ゼラチン面にはこの方法を用いることができない。そこでわれわれは、片面を反射防止したカバーガラスを用いることとした。カバーガラスとゼラチン面の間にはインデックスマッチング液をはさみ、反射を防止した。インデックスマッチング液には、DCG との反応性、屈折率、粘性などからシリコンオイルを用いた。

4. 測定方法

作製したホログラムの分光特性の測定には図2に示す専用の装置を用いた。本システムはコントローラに NEC 製 PC-9801 F2 を用い、波長スキャン、データ収集、データ処理を自動化している。さらに回折効率を直接測定するため、高い精度が得られる。

主な仕様:

波長走査速度: 最高 600 nm/min

波長分解能: 0.1 nm

測定波長域: 400~700 nm

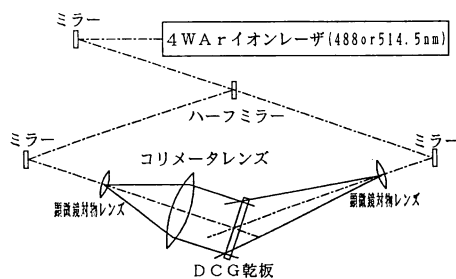


図1 作製光学系

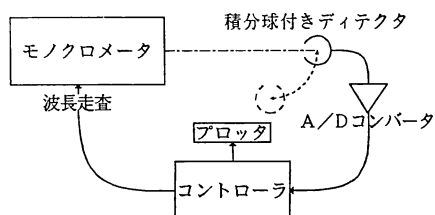


図2 回折効率測定装置

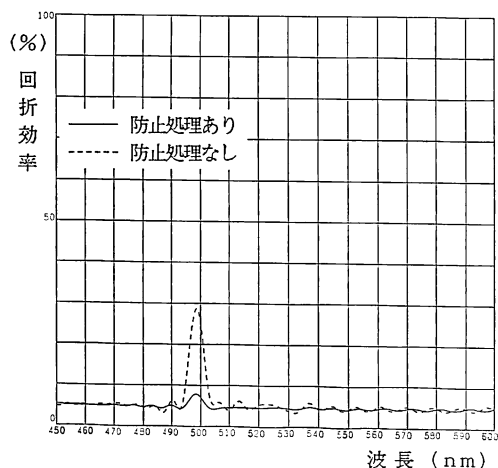


図 3 GH 防止処理の効果

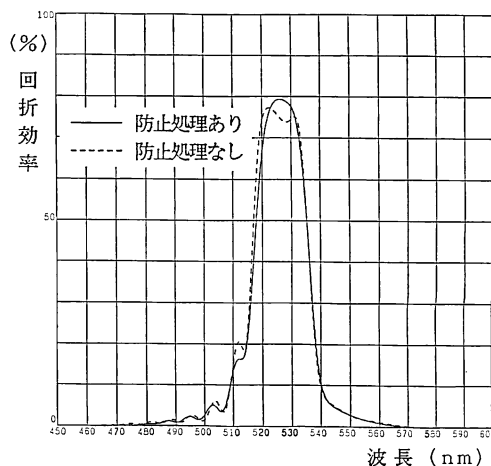


図 4 GH 防止処理の影響

5. 結 果

ガラス面に多層反射防止膜を設けた DCG 乾板を用いて、インデックスマッチング液による GH の防止処理を施したサンプルと、施していないサンプルとを作製し、GH の回折効率を測定した。図 3 はその測定例である。GH の回折方向は正反射方向であるため、ゼラチン面の表面反射がデータにのっている。処理を施していないサンプルでは 25% 程度の回折効率を示しているが、処理を施したものでは 2% 程度となっており、処理の効果は顕著である。

同じサンプルにおける正規のホログラムの測定例を図 4 に示す。処理の有無にかかわらずほぼ同等の結果が得られており、本方法がホログラムの作製に悪影響を及ぼさないことが確認された。

また本方法を用いて作製した正反射型のホログラムレンズの測定例を図 5 に示す。サンプルには作製時に用いたカバーガラスを光学用接着剤で貼り付け、ゼラチン面の反射を防止してある。残留反射が若干あるが、それを考慮しても最大回折効率約 95% の値が得られている。回折効率と透過率の和を見ると、可視全域で 90% 以上の光の利用効率が見られることがわかる。

6. ま と め

多層反射防止膜とシリコンオイルにより、ゴーストホログラムの効果的な防止が可能となった。

また本方法により、回折効率 95%、光の利用効率可視

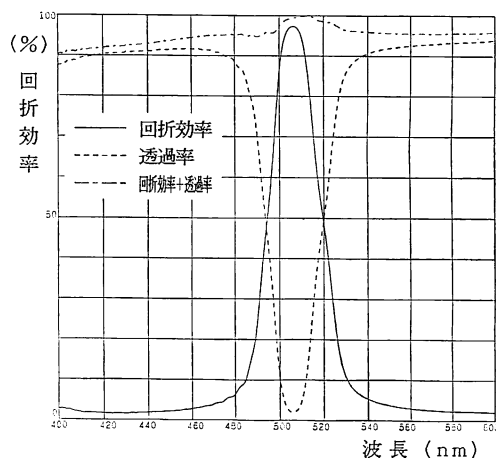


図 5 正反射型 HOE 測定例

全域で 90% 以上と、優れた品質のホログラムレンズを得た。

今回の実験に用いた基板サイズは 100 mm 角であるが、大型化を進めることで自動車搭載用ヘッドアップディスプレイなどへの応用が期待される。

文 献

- 1) 鈴木正根：実践ホログラフィ技術 (オプトロニクス社，東京，1986) pp. 105-129.
- 2) 久保田敏弘：“リップマンホログラムの特性と応用に関する研究”，東京大学生産技術研究所報告，30 (1982) 97-102.

(1987年6月1日受理)