

ガラス光学ローパスフィルタの開発 －ガラスホログラムによる超高速加工技術を用いて－

(社)ニューガラスフォーラム つくば研究室

政岡 文平, 田中 修平

Development of glass optical low pass filter －by ultra high speed processing technology with glass hologram－

Bunpei Masaoka, Shuhei Tanaka

New Glass Forum

1. はじめに

フェムト秒レーザー光をガラス内部に集光すると、本稿で異質相と呼ぶ光学的性質の異なる領域をガラス内部に形成することができる。近年、異質相を用いて導波路などの光デバイスを作製する試みが行われている。

光デバイスに必要な形状や配置の異質相を形成するには、フェムト秒レーザー光をオンオフしながらガラスに対し走査させる加工方法が一般的である。しかし、走査に長時間を要し、走査に用いるメカニカルステージの位置決め誤差や走査中のフェムト秒レーザー光自体のビーム揺らぎのため異質相に十分な形状・位置精度が期待できないという課題があった。

そこで当研究室では、任意の三次元形状および配置を持つ異質相の情報が記録されたガラスホログラムでのフェムト秒レーザー光の集光により、走査をせず、高速・高精度で加工する方

法を検討している。ガラスホログラムの設計・作製および新ガラスの開発、異質相評価装置の開発を行い、さらに、開発中のこれら要素技術の応用の一例としてガラス光学ローパスフィルタの開発も行っている。

本稿では、当研究室でのガラス光学ローパスフィルタの開発について、基礎事項を簡単に説明のうえで、その一部を紹介する。

2. 光学ローパスフィルタ

デジタルカメラで細かい縞模様をもつ被写体を撮影したとき、被写体にはない偽の縞模様が撮影された画像に現れることがある。この偽の縞模様をモアレと呼ぶ。光学ローパスフィルタとは、このモアレを低減する目的でデジタルカメラに搭載する光学部品をいう。

3. モアレ発生のしくみ

デジタルカメラでは、レンズにより結像された被写体からの光の空間分布を、撮像デバイスにより電荷の空間分布に変換する。この変換は、撮像デバイス受光面上にアレイ状に規則正しく配置された多数の受光素子により行われる。すなわちデジタルカメラでは、被写体の像

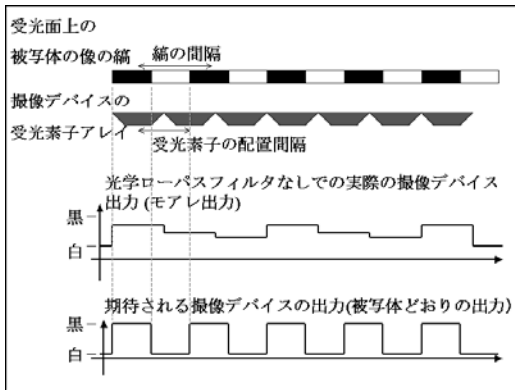


図1 モアレ発生のしくみの概念図

受光面での縞の間隔が受光素子の配置間隔よりごくわずかだけ大きい状況では、隣りあう受光素子間の受光量の差が周期的な増減を繰り返し、これがモアレとなって現れる。

は、撮像デバイスの受光素子の配置間隔を単位とした空間的に離散化された画像として記録される。

このため縞模様を持つ被写体をデジタルカメラで撮影した際、受光面での縞の間隔が受光素子の配置間隔よりごくわずかだけ大きい状況では、隣りあう受光素子間に受光量の差が生じ、かつ、この受光量の差は隣りあう受光素子の組に沿って周期的に増減を繰り返す。この周期的に増減を繰り返す受光量の差が、被写体の縞模様の間隔よりも大きな間隔を持つ偽の縞模様となって撮影された画像に現れる。すなわち、モアレが発生する。この様子を図1に概念的に示す。

4. モアレ低減のための光学的方法

モアレが発生している状況では、モアレを発生させている受光素子において、隣りあう受光素子間で生じている受光量の差がモアレとなって現れている。

従ってモアレを低減させるためには、この状況における隣りあう受光素子間の受光量の差を低減させればよい。

このためには、何らかの方法で受光素子の並

ぶ方向に光線を等しく分割し、受光素子の配置間隔だけ離れ明るさの等しい重なった像を受光面上に結像させればよい。なお、このときの画像の乱れは、高々受光素子1つの大きさの程度である。

5. 通常の光学ローパスフィルタ

通常の光学ローパスフィルタは水晶製であり、水晶の持つ複屈折性を利用して光線を分割し明るさの等しい重なった像を受光面上に結像させてモアレを低減している。水晶光学ローパスフィルタは現在デジタルカメラにおいて広く用いられている。

しかし、水晶光学ローパスフィルタには主としてふたつの課題がある。

ひとつは、モアレを低減させるための重なった像の間隔を受光素子の配置間隔に一致させると水晶板の厚みが一つに決まってしまうため、製品デザイン上あるいは組み立て上の問題が生じる場合があることである。

もうひとつは、垂直水平両方向のモアレを低減させる場合には総厚みが増す複数枚の水晶板の貼りあわせが必要となり、この工程のため製造コストが高いことである。一枚の水晶板だけでは一方向のモアレしか低減できない。

6. ガラス光学ローパスフィルタの開発

当研究室では、異質相で構成した内部回折格子により光線を分割し重なった像を形成する方式のガラス製の光学ローパスフィルタの開発に取り組んでいる。これは、通常的水晶光学ローパスフィルタの課題である厚みとコストを改善できると考えるためである。

当研究室で開発中のガラスホログラムによる異質相の高速形成技術を適用することにより、加工時間は一枚あたり数秒以下に短縮可能と見込める。また、回折格子方式の採用により貼りあわせなしの薄いままで垂直水平両方向のモアレの低減が可能である。よって、加工時間の短縮と貼り合わせ工程の排除により、水晶製より

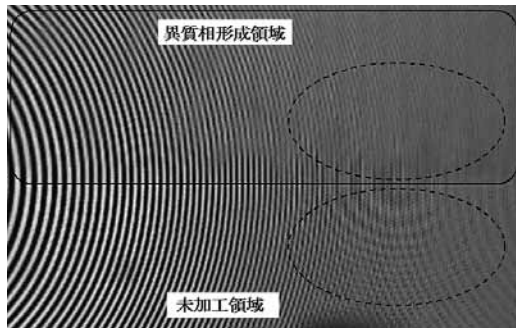


図2 ガラス光学ローパスフィルタ搭載のデジタルカメラで撮影した画像

下側半分の未加工領域点線内で発生しているモアレが、異質相を形成して光学ローパスフィルタ機能を持たせた上側半分量点線内では低減している。

も低コストのガラス光学ローパスフィルタの実現が期待できる。

図2に、試作したガラス光学ローパスフィルタ搭載のデジタルカメラで撮影された画像を示す。用いたガラス光学ローパスフィルタは、比較のため、上半分にのみ異質相を形成し、下半分は未加工の素通しガラスのままとした。被写体はサーキュラーゾーンチャートである。このチャートは中心から離れるにつれて次第に縞の間隔が細くなる複数の同心円状の白黒縞からなっており、モアレやレンズの解像度の評価に広く用いられている。

図2の撮影された画像では、未加工領域の点線内でモアレが発生している一方で、チャートの縞模様は垂直方向に対し対称であるにもかかわらず、対応する異質相形成領域の点線内ではモアレが低減している。すなわち、光学ローパスフィルタとしての機能を確認した。

また、撮影に用いたデジタルカメラに元々搭載されていた水晶光学ローパスフィルタは厚み約1.5 mmであったが、搭載したガラス光学ローパスフィルタはガラス厚み0.5 mm、異質相部分厚み0.3 mm以下である。光学ローパスフィルタの薄型化を実現している。

7. おわりに

本稿では詳細には触れられなかったが、本研究室で開発中のガラス光学ローパスフィルタの製造コストを加工時間の短縮によって下げるための、ガラスホログラムを用いたフェムト秒レーザー光の集光による異質相形成の高速化には継続して取り組んでいる。

すなわち、任意三次元形状および配置の異質相の高速形成に最適なフェムト秒レーザー光の集光をするためのホログラムの設計手法の開発とその手法によるガラスホログラムの設計・作製、より低光量・短時間のフェムト秒レーザー光照射で光学グレードの異質相が形成可能な新ガラスの開発、さらに、新設計ガラスホログラム使用による新ガラスへの内部加工に対してのフェムト秒レーザー光の照射条件の最適化を行っている。

ガラス光学ローパスフィルタの実用化に不可欠なホログラム設計手法と新ガラスの開発は、導波路などの異質相を利用した他の光デバイスの実用化にも大きく貢献できるものと期待している。

謝辞

本稿に記載された内容は、経済産業省のプロジェクトである「<ナノテク・部材イノベーションプログラム>三次元光デバイス高効率製造技術プロジェクト」の一部として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託を受けて実施されたものであることを付記し、ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) NEDO, 「ナノテクノロジープログラム-三次元光デバイス高効率製造技術パンフレット, 2010