調査・報告

微細構造光学部品に関する調査研究

丸山　英樹* 宮口　孝司* 山田　敏浩* 山田　昭博* 菅野　明宏**

Research on Manufacturing Technology of Optical Components with Microstracture

MARUYAMA Hideki*, MIYAGUCHI Takashi*, YAMADA Toshihiro* , YAMADA Akihiro*
And KANNO Akihiro**

1. 緒　　言

近年, 自動運転車が上市され, わが国では 2020 年から高速道路での自動運転が一部条件付きで可能となっている。高齢者の増加に伴い, 自動運転や自動ブレーキといった運転補助装置の重要性は, 今後も高まると予想される。

微細構造光学素子の一つである回折光学素子（DOE：Diffractive Optical Element）は，自動運転の前方障害物を検出する LiDAR（Light Detection and Ranging）に組み込まれており，今後はコストダウンが求められると予想される。

回折光学素子は距離センシングの他にも, 屈折レンズの色収差抑制や，生体認証用センサーなどの用途が期待される [1,2] 。これらの素子は光の波長程度の微細な構造が必要となるため，一般に製造が難しい。

本調査研究では令和 3 年度から DOE を中心に技術調査を行い，フォトリソグラフィによる試作実験を行ってきた [3] 。令和 4 年度は昨年作製した DOE 形状を Si ウェハーで作製し，それを金型にして一般的な射出成形装置で成形実験を行った。

2. Si ウェハーによる DOE 形成

昨年, 製作したドットパターンを生成する 40μm の DOE 回折格子パターンを基に一辺が 10mm のパターンを作製し，露光用 5 インチフォトマスクを外注で作製した。このフォトマスクを用いてレジストを塗布した φ100mm の Si ウェハー（厚さ 1mm）をマスクアライナによって露光し，現像した。その後スパッタリング装置で Cr 膜を蒸着，レジストを除去し，Cr 膜のマスクを形成してドライエッチングを行った。

表 1 に研究で使用した主要な装置を，表 2 にプロセスフローを示す。この工程で作製した Si ウェハーをダイサーで 10mm 角に切り出した後，エポキシ接着剤を用いて金型のキャビティ側部材に接着し，射出成形金型とした。

切り出す前の Si ウェハー外観を図 1 に示す。

表 1　本研究に用いた主要な装置

装置名	メーカー	機種
マスクアライナ	ユニオン光学(株)	PEM-800
スパッタリング装置	芝浦メカトロニクス(株)	CFS-4EP-LL (i-Miller)
ドライエッチング装置	住友精密工業(株)	Multiplex ASE-HR
ダイサー	(株)東京精密	A-WD-110A

表 2　Si ウェハー作製のプロセスフロー

順番	プロセスの内容
1	Si 基板へのレジスト塗布（スピンコート） 東京応化工業(株)　OFPR8600　1000nm
2	マスクアライナ露光
3	パターンの現像　多摩化学工業 TMAH　2.38%
4	Cr 膜スパッタリング　50nm
5	レジスト除去 東京応化工業(株)　剥離液 104
6	Si ドライエッチング　C_4F_8
7	ダイサー切り出し

* 研究開発センター
　レーザー・ナノテク研究室
**研究開発センター

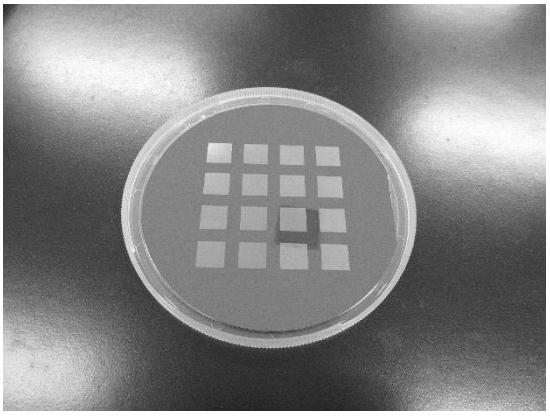

図 1　Si ウェハー外観

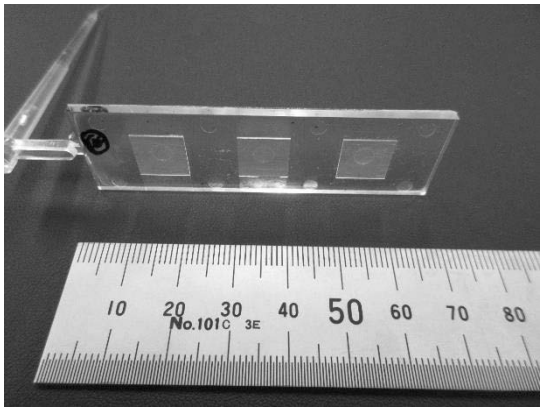

図 2　射出成形品外観

3. 射出成形実験

3.1　射出成形の各種条件

本研究の射出成形実験は金型を長岡工業高等専門学校から借用し，射出成形機は南魚沼市の三共化成(株)の装置を用いて，50 ショット以上の射出成形を行った。なお樹脂材料はポリカーボネートを使用した。射出成形で使用した装置と樹脂材料を表 3 に，主な射出成形条件を表 4 に示す。また射出成形品の外観を図 2 に示す。

3.2　射出成形品の観察

金型として使用した Si 型と射出成形品を電子顕微鏡で観察した。Si 型の観察像を図 3 に, 射出成形品の観察像を図 4 に示す。

表 3　射出成形に用いた装置，樹脂材料

装置・材料名	メーカー	品名
射出成形機	住友重機械工業(株)	SE-30DU
ポリカーボネート	三菱エンジニアリングプラスチック(株)	ユーピロン S3000UR

表 4　射出成形条件

射出成形条件	数値
成形温度	300℃
金型温度	100℃
充填圧力	200MPa
保圧圧力	150MPa
保圧時間	3sec
冷却時間	30sec

図 3 の Si 型と図 4 の射出成形品の観察像を比較すると，パターンは概ね良好に転写が出来ていることがわかった。

次に Si 型と射出成形品の断面を非接触表面形状測定機（アメテック（株）製 CCI HD XL 型）により測定した。Si 型の断面測定結果を図 5 に，射出成形品の断面測定結果を図 6 に示す。

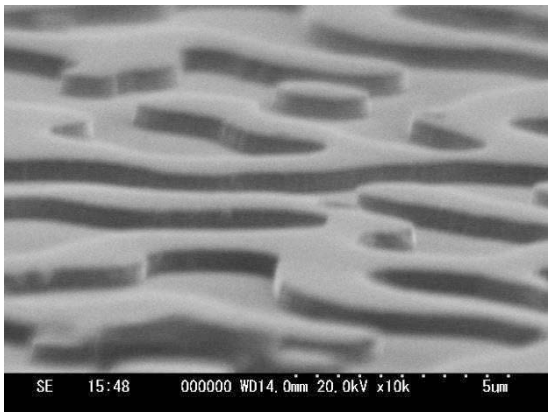

図 3　Si 型観察像

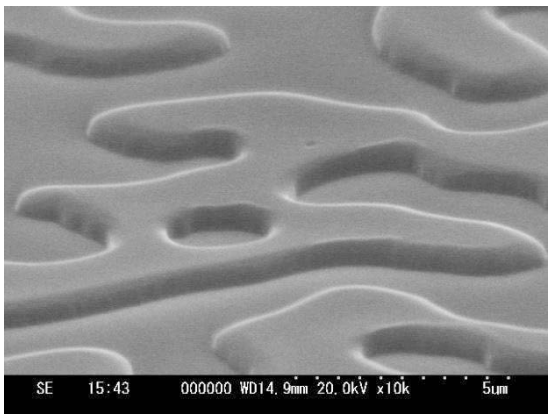

図 4　射出成形品観察像

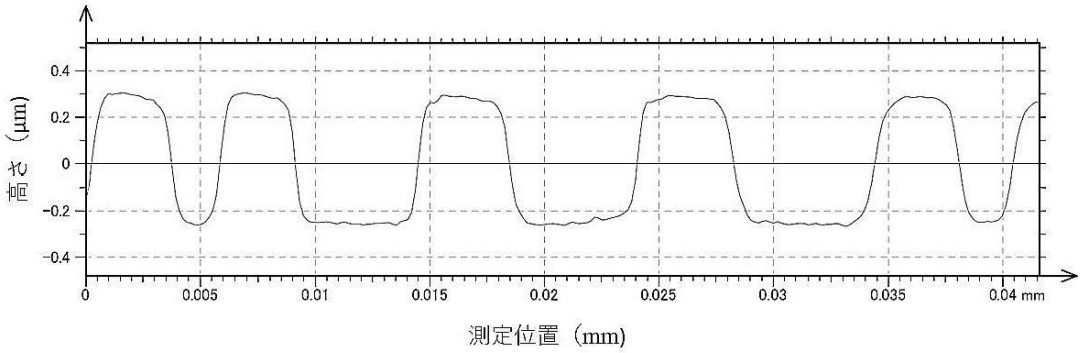

図 5　Si 型断面図

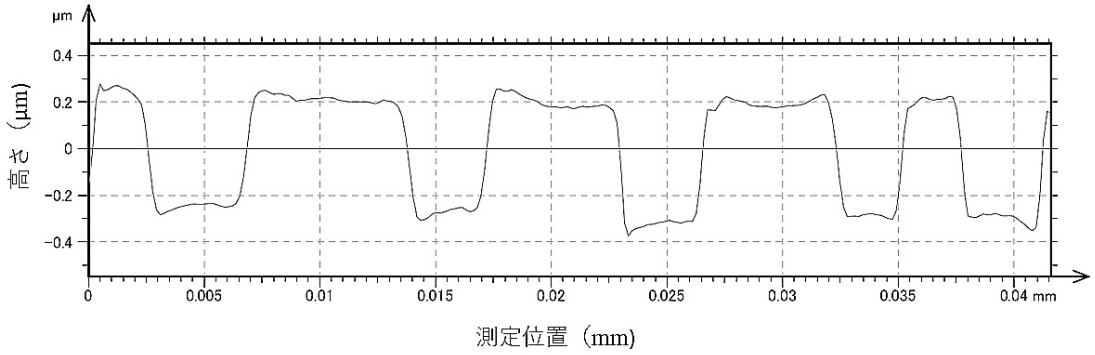

図 6　射出成形品断面図

なお，断面図は金型である Si 型と射出成形品では表裏の関係となり，凹凸は反転する。Si 型と射出成形品の断面を比較すると Si 型の溝の深さは平均 540nm 程度であるが，射出成形品の溝の深さは平均 500nm 程度と小さくなった。また凹凸の上下の面は Si 型に比べ射出成形品は面の傾きや，局所的に深い部分が見られ，形状の転写が十分ではなかった。この原因としては樹脂材料の収縮によるヒケや，空気が抜けきれず樹脂材料が型の奥まで入っていない等が考えられる。より転写精度の高い成形品を得るためには金型や樹脂材料，射出成形条件の検討が必要である。

3.3　試作 DOE の光パターン照射実験

作製した射出成形品に赤色レーザー光を照射して回折したパターンを観察した。照射の際に用いた光学系の配置を図 7 に，射出成形品に照射して得られた照射パターン（ドットパターン）を図 8 に示す。

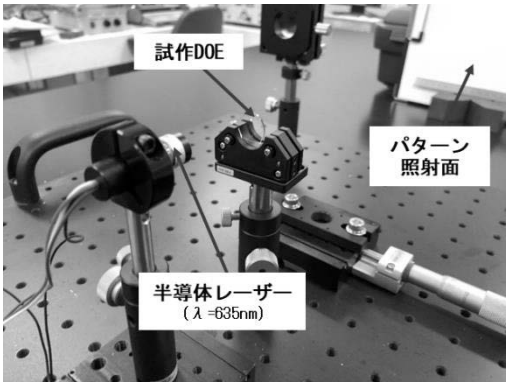

図 7　照射実験時の光学系配置

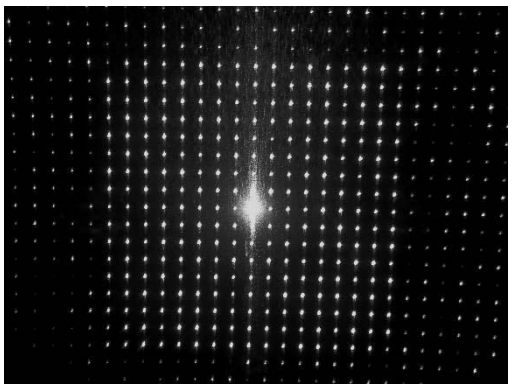

図 8　照射パターン

4. 結　　言

(1) 令和 3 年度に作成した DOE のパターンを Si ウェハーで作製し，それを金型にしてポリカーボネート樹脂による射出成形実験を行った。その結果，Si ウェハーの金型で 50 回以上の射出成形が可能であることがわかった。

(2) 今回実施した射出成形実験の結果，射出成形品にパターン形状が概ね転写され，DOE 素子としての配光機能を持つことを確認した。

(3) 今回実施した射出成形実験の結果ではパターンの深さが小さくなり，また面の傾きや，一部が深くなるなど，形状の転写に問題があった。転写性をより向上させるためには金型や，樹脂材料，射出成形条件等の検討が必要である。

参考文献

1)（社）応用物理学会　日本光学会光設計研究グループ，“回折光学素子入門”，pp.147-162.

2) https://www.dnp.co.jp/news/detail/1187699_1587.html，回折光学素子（DOE），「大日本印刷（株）ホームページ」，2023 年 2 月 20 日.

3) 菅野明宏ほか“微細構造光学部品の製造技術に関する調査研究”工業技術総合研究報告書，No51，2022，pp118-121.