17p-C7-3

## 波長~サブ波長構造付き曲面素子作製のための平面素子曲面化技術I

Bending Technique of Planar Device for Manufacturing Curved Device

Having Wavelength – Subwavelength Structure I

(株)日立ハイテクノロジーズ1、(株)日立製作所日立研究所2

○松井 繁<sup>1</sup>, 青野 宇紀<sup>2</sup>, 江畠 佳定<sup>1</sup>, 八重樫 健太<sup>1</sup>

Hitachi High-Technologies Corporation<sup>1</sup>, Hitachi, Ltd., Hitachi Research Laboratory<sup>2</sup> <sup>O</sup>Shigeru Matsui<sup>1</sup>, Takanori Aono<sup>2</sup>, Yoshisada Ebata<sup>1</sup>, Kenta Yaegashi<sup>1</sup> E-mail: matsui-shigeru@naka.hitachi-hitec.com

## 1. はじめに

ナノインプリント技術の進化に伴い,光学素子表面への微細構造形成が急速に普及している.その中で, 平面素子の場合は光リソグラフィやプラズマエッチングを駆使して大面積かつ高精度の金型を作製することが できる<sup>[1]</sup>.一方曲面素子ではこれらの適用が困難で,微細構造の形成手段に制約が大きい.曲面素子の製作 は,(1)曲面上に微細構造を直接加工,(2)微細構造付き平面素子を曲げて曲面化,に大別される.(1)では, 超精密加工機,ホログラフィック露光<sup>[2]</sup>,EB描画<sup>[3]</sup>などが用いられる.前二者は加工可能な構造が数百 nm 以 上で,またホログラフィック露光では繰り返し周期構造以外は困難である.EBでは高精細描画が可能だが,小 面積の素子に限られる,(2)では従来,薄層 Si 基板の曲面化<sup>[4]</sup>が報告されているが,直径数 nm 以下で小変位 (中心-外周の高低差≦数+µ m)に限定される.このように高精度の断面形状を持つ微細構造については, 大口径(直径≧25mm)で大変位(高低差≧1mm)の曲面に適用できる技術は実用化の域になかった.近年我々 はMEMS/NEMS素子や光学素子向けに,Si 基板をはじめとして大口径基板を大変位で曲面化する技術の研 究に取り組んできた<sup>[5]</sup>.今回ブレーズド凹面回折格子をモデル素子として,平面光学素子から曲げ加工によ り高精度の大口径曲面光学素子を作製する技術を検討したので報告する.

## 2. 基板材料・曲面化方法の検討と曲面化実験

対象の凹面回折格子は φ 30mm で溝間隔 1,666nm(=600 本/mm) とし、溝は深さ約 125nm ~ 250nm (長辺の傾斜 角=約 4°~8°)の鋸歯状とした.これを曲率半径 100mm (中心一外周の高低差 1.13mm)で曲面化する.この際、 面精度 λ /4 rms 以下,加工中の溝断面変化 15nm 以下を目標にした.平面基板の材料は、半導体プロセスで 作製した Si 基板の直接曲面化の他、元の平面素子から一旦別の材料に転写した後に曲面化する方式として、 ガラス、樹脂、金属について比較検討した.面精度では基準曲面による微細構造側からの加圧が有利である が、基板材料によっては微細構造が崩れる恐れがあり、微細構造側からの加圧はできない.そこで基板材料 ごとに、加工温度や加圧方法、曲面化後の形状維持に必要な台座との接合方法などを検討した.

上記検討の後, 実際に Si 基板, ガラス, 金属 で曲面化実験を行った. Si 基板では薄層化しても弾性変形 では破壊した. 加熱塑性変形では良好な曲面形状に加工できたが, 表面にスリップライン(巨視的な結晶転移 線)が多発した. ガラスでは良好な面精度や溝断面形状の精度が得られなかった. 金属基板では最適基板厚 や接合方法などの課題を解決した結果, 曲面化後の面精度はほぼ全面でλ/4 rms を達成し, Fig. 2 の平面 SEM 写真に示すように, 曲面化過程での溝稜線の潰れも見られず良好な結果が得られた.







(a) 未加圧部 Unpressed Part (b) 加圧部 Pressed Part

Slip Lines Occurred on Si Substrate

金属基板の曲面化加圧による溝形状変化 Shape Change of Grooves on Metal Substrate after Applying Bending Pressure

[1] 鷲谷 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 18p-F3-7 (2014). , [2] 水谷 他, 第 72 回応用 物理学会秋季学術講演会予稿集 30p-P12-6 (2011). , [3] 田中 他, 光学, **40**, 30-32 (2011). , [4] 糸長, 特開 2012-114189 , [5] T. Aono, et al., TRANSDUCERS 2013, T3P-029 (2013).