

低温成型性を活用した遠赤外線回折レンズの開発

Development of LWIR diffractive lens with low temperature moldable glass

吉田光佑, 富田充, 乾武志, 田中宏和(日本電気硝子株式会社)

Kosuke Yoshida, Mitsuru Tomita, Takeshi Inui, Hirokazu Tanaka (Nippon Electric Glass Co., Ltd.)

E-mail:kyoshida@neg.co.jp

【概要】: 遠赤外線光学系における市場要求に応えるため、低温プレス成型により量産性の高い回折レンズを製造する技術の確立が必要である。本稿では、Ni-P メッキを利用したガラスへの微細構造の転写に着目した。Ni-P メッキ型の耐熱性、加工性、及びガラスへの回折構造の転写性に関する検証を実施した。結果として、低温プレス成型が可能なガラスを利用することで、Ni-P メッキ型による回折構造の転写は十分可能であることを確認した。

1. はじめに

近年、ナイトビジョン、セキュリティ、サーモグラフィ、ガス検知等の遠赤外線用途の需要が増加しており、より一層の低コスト化が求められている。可視光線透過材料と比べ、遠赤外線透過材料はその選択肢が著しく限定される。そのため、上記用途のように波長帯域の広い用途では十分に色収差を抑えられないことがある。回折レンズは、アッベ数が負となることから、少ない材料選択肢の中でも光学自由度の幅を広げることができる[1]。また、回折構造は波長に強く依存するため、可視光線光学系と比較して遠赤外線光学系においては構造体が大きくて済むという観点からも、遠赤外線用レンズに回折機能を付与することは好適であると考えられる。

量産性の高い回折レンズの製造方法としてはプレス成型が候補として挙げられるが、ガラス成型用金型として汎用的な超硬や鋼材は難削材であり、微細な回折構造の加工が困難である。そこで、回折構造の実現に向け、Ni-P メッキ型に着目した。Ni-P メッキ型の加工性はよく、形状精度や鏡面性の実現も比較的容易[2]である。しかし、耐熱性の観点からガラス成型用としての利用はあまり汎用的ではない。そこで、本稿では、Ni-P メッキ型の耐熱性、加工性、及び、低温成型性に優れた弊社製カルコゲナイドガラス（以下、弊社ガラス）[3]への回折構造の転写性について検証を行った。

2. 実験

はじめに、SUS系材料の表面にNi-P メッキ処理を行った金型を用意した。真空環境下にて加熱処理を行った後に、表面観察、及びXRD評価を行った。レンズに求められる回折構造の溝高さ D_h は、次の(1)式に基づいて算出される[4]。適用波長 λ については $10\mu\text{m}$ とし、この時の弊社ガラスの屈折率 n_λ が3.465であることより、 D_h は $4.06\mu\text{m}$ となるため、メッキ処理を施した金型表面にダイヤモンド工具を用いて高さ $4.06\mu\text{m}$ の溝加工を施した。

$$D_h = \frac{\lambda}{n_\lambda - 1} \quad (1)$$

最後に、溝加工された金型を用いて、成型温度 180℃、真空環境下で弊社ガラスへの低温プレス成型を行い、回折構造の転写性について評価した。

3. 結果と考察

金型に 300℃、100 回成型相当の熱履歴を与えた場合、型の表面に著しいクラックが生じた。一方、250℃では、金型の表面や結晶構造に変化は確認されなかった。したがって、少なくとも 180℃で成型できる弊社ガラスの成型温度域においては Ni-P メッキ型を用いることができる。

超精密ダイヤモンド工具により 3 本の溝加工を施した金型の SEM 像を図 1 に、その拡大像を図 2 に示す。何れの溝高さも所望の精度であることを確認した。また、その金型を用いて弊社ガラスに低温プレス成型を行ったところ所望の高さとなっていた。また図 3 の SEM 像の通りチッピングもなく、シャープエッジを有する良好な回折構造の転写が確認できた。しかしながら、成型時の取り扱いにおいて、Ni-P メッキ型表面にスクラッチが入ることがあり、耐久性向上の観点から DLC 等のハードコーティング処理について、今後の検討が必要である。

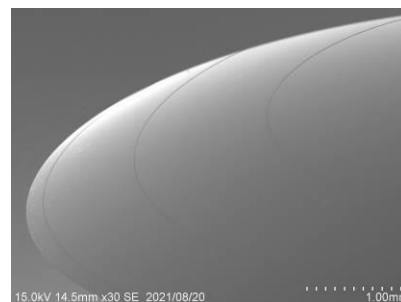


図 1 金型表面の SEM 像

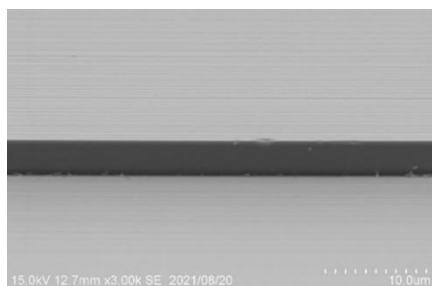


図 2 金型表面の SEM 像

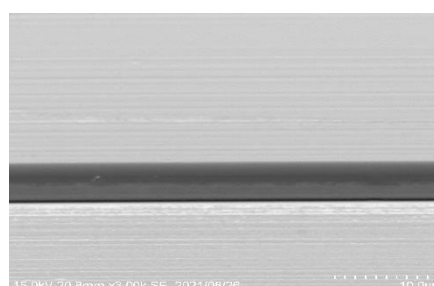


図 3 成型品表面の SEM 像

4. まとめ

本稿では、低温プレス成型によるガラスへの回折構造転写に関する検証を行った。少なくとも、弊社ガラスの成型温度域であれば、Ni-P メッキ型の結晶化に伴う鏡面性の劣化はなく、回折構造の転写性を良好に維持できることが確認された。今後は、Ni-P メッキ型の耐久性向上に向けたハードコーティングに関する検証、及び、本手法により作製された回折レンズを組み込んだカメラレンズユニットの光学特性評価についても着手していく。

【参考文献】

- [1] 渋谷真人, 大木裕史: “回折と結像の光学”, 朝倉書店 (東京)、p.1-108(2005).
- [2] 柴坂敏郎、木曾田雄星、炭谷直史、北野正章、白瀬敬一: “めっき皮膜の超精密微細加工性に関する検討”, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集
- [3] 日本電気硝子(株)のホームページ:
https://www.neg.co.jp/product/ep/lwir_transmitting_glass_lens (2021 年 9 月現在)
- [4] (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”, オプトロニクス社 (東京)、p.7-29(1997).