

高効率屈折率変調格子の作製と天体観測用高分散分光素子グリズムへの応用

山田 亜希子 (指導教員 小舘香椎子)

【序】屈折率変調格子である Volume Phase Holographic (VPH) グレーティングは、感光性高分子材料にレーザを光源とする2光束干渉露光を行い、干渉縞を露光量に依存した屈折率変化として記録することにより作製される。その回折は結晶のX線のブラッグ回折と同様に、入射光が $2nd \sin \theta = m\lambda$ (n : 感光材料の屈折率, d : 格子周期, m : 回折次数, λ : 波長) を満たす時、100%の回折効率が得られる。また2光束の記録角度の調整により格子周期の制御が行えるため非常に高精細な素子を大面積にわたり作製することも可能である。従ってVPH グレーティングは高分解能・高効率が要求される分光分析や天体分光観測用の分光素子として非常に有効であり光学や材料開発分野において様々な研究がなされている^[1]。我々は、天体観測用分光素子への応用を目的としたVPH グレーティングの開発を行ってきており、2003年6月には作製した素子をハワイ島のすばる望遠鏡に搭載し性能評価観測を行った。本論文は第1章: 序論, 第2章: ホログラフィック格子, 第3章: 屈折率変調格子の設計と作製, 第4章: すばる望遠鏡搭載用VPH グリズム, 第5章: 大面積・高効率・高分散VPH グレーティング作製と評価, 第6章: VPH グリズムの作製とすばる望遠鏡への搭載, 第7章: 結論から構成されており、本要旨では5～6章を中心に、すばる望遠鏡用分光素子VPH グリズム開発のための検討について報告する。

【高効率屈折率変調格子の作製】日本ペイント (株) が開発した液状フォトポリマーを用い、図1に示す2光束干渉光学系によりグレーティングの作製を行った。このフォトポリマーは2種類の屈折率の異なるモノマーの拡散移動により屈折率が変調され干渉縞が記録される。屈折率変調量とフォトポリマーの膜厚により、VPH グレーティングの回折効率が変化する。屈折率変調格子の解析に適応できる厳密結合波解析(RCWA)^[2]の数値計算プログラムにより、直進波長400nmで回折効率80%以上が得られる最適作製条件を検討した。得られた結果をもとに、作製条件の最適化を検討し感光材料の膜厚 $t = 6.0 \mu\text{m}$ とし、露光量 $E = 20 \text{mJ}/\text{cm}^2$ で作製を行った。

【すばる望遠鏡搭載用VPHグリズムの作製と性能評価観測】作製したVPH グレーティングの回折効率測定結果を図2に示す。設計波長 ($\lambda = 400 \text{nm}$) で84%の効率が得られ、また大面積 ($110 \times 106 \text{mm}^2$) における効率のばらつきは $\pm 2\%$ 以内であった。さらにZygo干渉計による透過波面測定を行った結果、透過波面誤差の2乗平均平方根が $\lambda/2$ ($\lambda = 633 \text{nm}$) 以下であり、すばる望遠鏡の要求 (サイズ: $110 \times 106 \text{mm}^2$, 回折効率: 80%以上, 分解能: 2300, 透過波面精度: $\lambda/2$ 以下) を満たすグレーティングの作製が行えた。図3に示したように頂角 20° の2つのプリズムを貼り合せたVPHグリズムを作製し、すばる望遠鏡に搭載し性能評価観測を行い、設計波長付近で既存グリズムの2倍の効率と高分解能を達成した結果を得た^[3]。今後は直進波長の異なるグリズムの作製と屈折率変調格子の作製プロセスの確立を行っていく予定である。

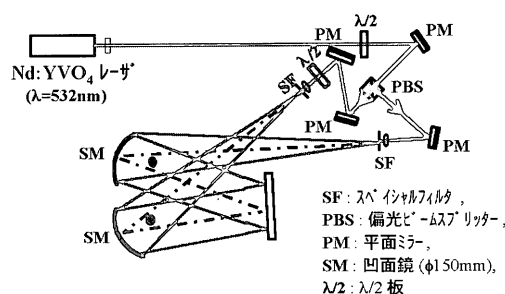


図1 VPH グレーティング記録光学系

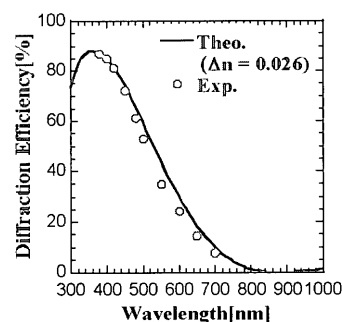


図2 回折効率の波長依存性

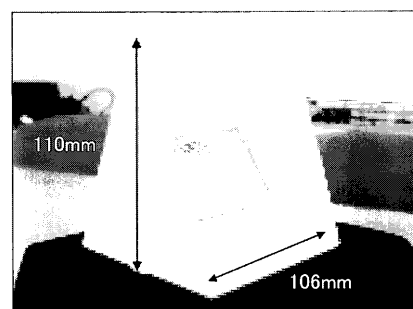


図3 VPHグリズム

- [1] M. Kawabata, et al: Appl. Opt. **33**, 2152 (1994).
 [2] K. Oka, et al: Proc. SPIE **5005**, 8 (2003).
 [3] A. Yamada, et al: Proc. Diffractive Optics **2003**, 112 (2003).