

共同研究報告書

2023 年 05 月 10 日

研究代表者：

氏名 小谷 隆行

所属・職 アストロバイオロジーセンター・准教授

研究題目：高効率・回折限界を目指したゲルマニウム製エシエル回折格子の開発

1. 成果報告

(1) 研究の実施日程

研究項目	実 施 日 程											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
回折効率計算・ 回折格子試作			←									→
回折格子冷却用 ホルダー作成				←						→		
回折格子冷却・ 波面測定実験										←		→

(2) 研究成果

本研究の目標は、TMT第1期観測装置・回折限界近赤外高分光器MODHISの核心部分である、エシエル回折格子の高効率化を目指した設計と、冷却下でのゲルマニウム製エシエル回折格子性能実証である。本報告では、以下の2つの目標について達成したことをまとめる。

**目標1：回折効率向上のためのエシエル回折格子設計と実証**

エシエル回折格子は、格子溝を深くする＝90度以下の頂角とすることで、TM偏光の回折効率が向上することが知られている。回折効率の頂角依存性を調べるために、RCWA法によるブレイズ角76度、格子密度13.3本/mm、金コーティングの回折格子の回折効率計算を、頂角75度～90度の範囲で行った（図1）。その結果、頂角80度までは効率は大きく向上するが、それより小さい頂角では効率改善の効果は飽和することがわかった。また回折効率改善の効果は、長波長側のほうが大きいこと、また効率改善はほぼTM偏光だけで生じることも明らかにした。この計算結果を元に、頂角80度の回折格子を試作した。その結果、電子顕微鏡写真から判断すると、おおむね予想通りの形状で製作できていると考えられるが、一部の領域で格子に微小な欠けが生じることがわかった。これは散乱光としてある程度得影響があると思われるが、試作した回折格子はサイズが小さいため、効率などの定量的な評価できていない。

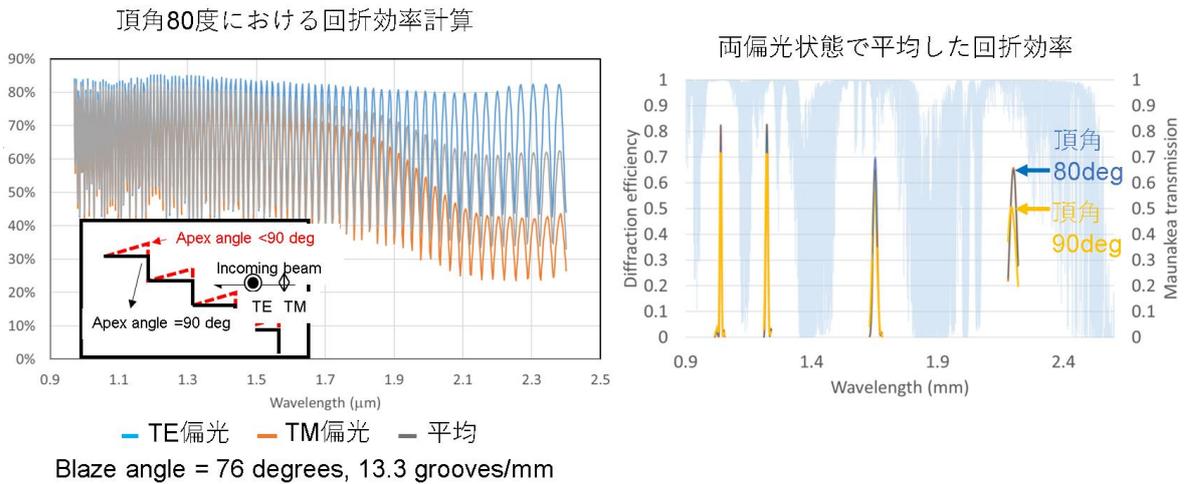


図1：RCWA法による回折格子の回折効率計算結果。左は頂角80度でのMODHISの全波長域での計算結果、右は計算時間を短縮するために、一部波長域で頂角90度と80度のみを計算したものである。

### 目標2：冷却下でのエシエル回折格子の性能評価

2021年度に試作した単結晶ゲルマニウム製エシエル回折格子（頂角90度、ブレイズ角76度、格子密度13.3本/mm、60x19.5mm）を、液体窒素冷却のクライオスタット内に設置し、冷却化でのZygoによる格子面の形状測定を行った。冷却は当初50Kを目指していたが、実際の光学系温度は77K付近になるため、これに近い83.9Kまで行った。その結果、常温時と83.9Kでの回折格子形状の差は12nm PVと非常に小さいことがわかった（図2）。単結晶ゲルマニウム製であることから冷却時は均一に収縮し、形状歪みは小さいと期待されていたが、これを実証することができた。一方、目標の一部としていた冷却化での回折効率、散乱光などの測定については、冷却用熱パス・冷却時に回折格子にストレスを与えないホルダーの設計・製作に想定以上の時間を要したため、実行することができなかった。これらについては、2023年度中に測定できる見込みである。

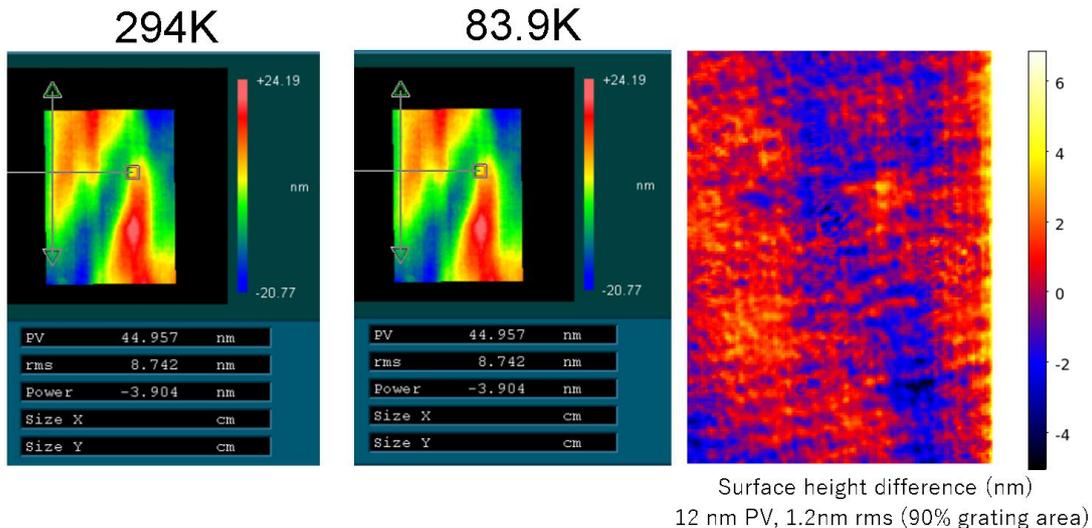


図2：左：Zygoによる回折格子形状測定結果（294Kと83.9K）。右：常温時と83.9Kでの回折格子形状の差。12nm PVと非常に差が小さいことがわかる。