共同研究契約報告書

令和2年4月28日

令和元年7月8日付
「TMT中間赤外10-20μm高分散分光用CdZnTeイマージョングレーティングの開発」
研究代表者：東京大学大学院理学系研究科・准教授・小林 尚人

上記共同研究契約について、下記のとおり報告いたします。

住　所：東京都文京区本郷 7-3-1
名　称：国立大学法人東京大学
代表者：総長　　五神　真
代理人
理学系研究科等事務部長　　生田目 金雄　　印

記

１．成果報告書（別紙のとおり）

２．使用実績報告書（別紙のとおり）

以上

成　果　報　告　書

１．研究の実績

(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
① グレーティングコーティングの透過率ならびに耐久性の確認						測定システムセットアップ				透過率測定		耐久性評価
② グレーティング回折効率の測定（低温）					測定ジグ設計、製作			測定システムセットアップ				測定

(2)研究の成果の説明

本研究は、2年計画で、多数の分子・原子ラインが密集する中間赤外線「長波長域」(10-20μm)の高分散素子として最も有望なCdZnTe製イマージョングレーティングの試作品を製作し、低温で性能評価することを目的とする。本研究により、近赤外から中間赤外の全赤外線波長域をカバーするラインナップを完成させ、TMT赤外線高分散分光に完全に備えることが広い意味での目的となる。我々は10-20μmを十分に透過する赤外線結晶としてCdZnTe（屈折率n~2.6）を特定し、すでに十分な形状精度（理論限界の相対回折効率値）を出すグレーティング機械加工に成功している。昨年度は、高い効率を得るために必須となるコーティングを施した試験用小型CdZnTeイマージョングレーティングの製作、グレーティング回折効率の測定（常温)、を計画通り遂行し、想定通りの光学性能が得られていることを確認した。なお回折効率測定はより厳しい精度で素子を検査でき、かつ小型なら評価に十分なCdZnTeの透過性も保たれる4μm帯で行っており、測定には波長可変な量子カスケードレーザーおよび常温で使用可能な赤外検出器を使った独自システムを使用した。これは2-5μm用Ge製イマージョングレーティングの実用品開発に成功したときに整備したシステムであり、信頼度の高いものである。本年度は天文応用への最終ステップとなる低温での評価を以下のように実施した。

①　グレーティングコーティングの透過率ならびに耐久性の確認

ARコートは、試験用としてCdZnTeの透過波長域である3-20μmを広くカバーするものを、透過率としては平均80%を目標に設計した。ただし、回折効率測定の波長域（4μm）については、効率の絶対値の誤差を十分小さくするために98%以上と厳しい設定を課した（なお実用品でも同様に、検査用の短波長側の透過帯も設定しておくことは有効である)。CdZnTe基板の片面に施したウィットネスサンプル、およびコーティング無しのCdZnTe基板の常温・低温における透過率を独自開発の透過率測定システムを用いて測定した。その結果、4μm帯では98%以上と設計値と一致したが、10μmより長い波長では設計より有意に低い値が得られた。これはある膜材による吸収が推定より大きかったことによるもので、その膜材の使用は透過膜の最適波長を4μm帯に設定したことに起因することが分かっている。本番用の製作に当たっては目的波長である中間赤外波長だけに最適化することにより、天文応用に十分な透過性をもつARコートの実現が可能である（物性がほぼ同じであるCdTe基板での応用がすでに多数あり技術的な問題はない)。耐久性については、次に述べる回折効率測定において冷却前後でAR・反射ともに性能に変化が見られず問題がないことを確認した。

②　グレーティング回折効率の測定（低温）

昨年度使用したグレーティングの回折効率測定システムにグレーティング冷却用のカスタムクライオスタットを取り付け、試験用小型イマージョングレーティングの低温（<30K）における回折効率を測定した。波長4μmにおいて常温と同様に測定した結果、TE、TMの両偏光モードともにピーク効率は常温での値と2-3%で一致しており、低温でも高い回折効率が保てていることが確認できた。バルクのCdZnTeは波長5μm以下においてイマージョングレーティング応用では無視できない吸収をもつ（昨年度報告書を参照）。そのため目的波長である中間赤外線長波長域における最終的な実証にはその波長域に最適化したARコートと測定が必要となるが、本研究により冷却赤外線高分散装置の素子としての10-20μm帯用CdZnTe製イマージョングレーティングの適用性はほぼ確定され本課題の目的を十分に達成したと言える。