

宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

氏名/Name	高久 諒太 Ryota Takaku		
所属部局/ Affiliation	理学系研究科 Department of science	物理学専攻 , Graduate School of physics	
研究機関・企業名 /Hosting Institution	ミネソタ大学 The University of Minnesota/Twin Cities		
期間/Period	2020年10月1日 10/1/2020	～ 2021年11月30日 11/30/2021	*西暦で記入 mm/dd/yyyy

銀河団内部の Sunyaev-Zel'dovich 効果の観測などを目的とした MUSTANG-2 レシーバーに対し、レーザー加工によって広帯域反射防止モスアイ構造を施したアルミナ赤外カットフィルターを開発、提供することを目的とした国際共同研究を行なった。この研究は主にミネソタ大学との共同開発となった。MUSTANG-2 の観測帯域である 75-105 GHz をカバーする最適な構造をミネソタ大学が導出し、私はそれに基づく構造をレーザー加工によって 300 mm 径のアルミナ基盤の両面に施した。作製したモスアイ構造付アルミナフィルターはバンド内平均透過率 98%を得ることを測定で確認し、MUSTANG-2 レシーバーがあるアメリカのグリーンバンク望遠鏡へと送り、搭載された。現地での観測では、作製したアルミナフィルターによって検出器のノイズが低減していることを確認した。この結果は世界で最大面積レーザー加工結果として、また世界で初めてレーザー加工で作製したモスアイ構造がミリ波望遠鏡で使用された結果として、学会誌 *Optics Express* に 2021/11/30 時点で掲載された[1]。また、今回の結果は共同研究機関である物性研究所([link](#))、Kavli IPMU([link](#))にてプレスリリースされた。研究進捗から論文作成までの一連の工程では毎週ミネソタ大学とリモート会議を行い、司会進行をしながら英語で綿密にコミュニケーションをとり、スムーズに研究を遂行できた。

We developed moth-eye structures as a broadband anti-reflection coating on both surfaces of 300 mm diameter alumina IR filter with ultra-short pulse laser ablation. This study is for the MUSTANG-2 receiver, which is coupled to the Green Bank Telescope (GBT), aiming for diverse science goals including observations of the Sunyaev-Zel'dovich effect in galaxy clusters. The design of optimal structures for the frequency band of MUSTANG-2 between 75 and 105 GHz was done at the University of Minnesota/Twin Cities, with the goal of achieving an average of 1% or less reflectance. Based on the design, I fabricated structures on both surfaces of 4 mm thick alumina over a diameter of 300 mm and demonstrated that the filter had 1% average reflectance. This filter was sent to GBT and shows the thermal loading on the 300 mK cryogenic stage of MUSTANG-2 10~40% lower than the previous filter made of Teflon. This work was published as the refereed paper titled "Large diameter millimeter-wave low-pass filter made of alumina with laser ablated anti-reflection coating" on *Optics Express*. This is the largest alumina-based optical element with laser ablated moth-eye structures, and the first such optical element to be integrated into an astrophysical instrument. We communicate with each other online once a week, for sharing the progress and discussion, and I appreciate all the international collaborators contributing on this work.

[1] R. Takaku et al. *Optics Express* 2021

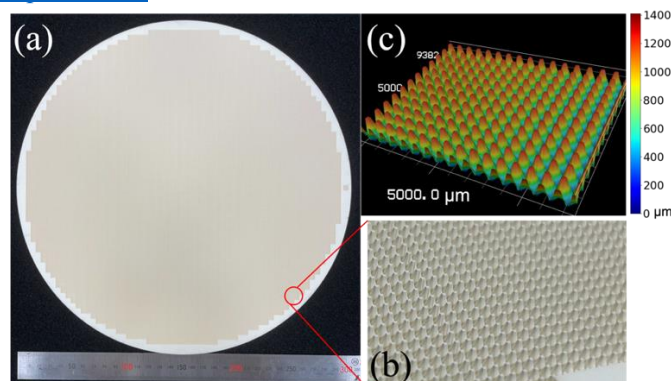


図: 作製したアルミナフィルターとその拡大図[1]