

2019年度国立天文台共同開発研究成果報告書

2020年 4月 9日

国立天文台長 殿

研究代表者	氏名	(ふりがな) かみづか たかふみ 上 塚 貴 史
	所属・職	東京大学天文学教育研究センター・特任助教
研究課題名	サンドイッチ型強化赤外線メタルメッシュフィルタの開発	
研究実績	<p>本研究の目標は、十分な冷却耐性・物理強度を持つ長波長中間赤外線用（波長 25-40 ミクロン）光学バンドパスフィルタを実現し、宇宙観測にも応用可能な技術として確立することである。このため本研究では、長波長中間赤外線バンドパスフィルタとして有効なメタルメッシュフィルタ（MMF）をシリコンウェハの中に形成する「サンドイッチ型メタルメッシュフィルタ（SWMMF）」を開発することで達成しようと考えた。本計画ではまず SWMMF の構造を設計し、その試作を通して技術的な課題を克服し、完成後透過特性・冷却耐性・物理耐性を評価することを目標とした。</p> <p>最初に取り組んだのは SWMMF の構造設計である。具体的には電磁場解析ソフトを用いてフィルタの光学特性をシミュレーションし、希望の光学特性が出せるよう MMF に形成する穴パターンの形状・配置を最適化するというものである。そのための計算機・ソフトウェアの調達は本計画では認められなかったため、別資金より調達し実施した。目標とする透過特性として、過去に開発した 32, 38 ミクロン用 MMF の透過特性を目指すこととした。計算の結果、シリコン内部においては従来の MMF の穴パターンを縮小することで希望の波長帯に透過帯が形成できることを確認した。一方、シリコン外部から光を入射し、透過光をシリコン外部で測定する想定で計算を行った結果、シリコン-真空境界における高い反射率に起因したファブリペロー干渉により、希望の透過特性を実現できないことが明らかとなり、フィルタ表面に反射防止加工が必須であることが判明した。冷却耐性の維持を考え、反射防止加工として、シリコン表面に微細な穴パターンを形成する「サブ波長構造（SWS）」による反射防止機構を採用することとし、これを組み込んだうえで計算を実施し、32, 38 ミクロン用 SWMMF の設計解を得ることができた。</p> <p>次にこのフィルタの試作を行うこととなったが、フィルタ両面に SWS を形成する必要性が加わったため、製作プロセスを大きく変更する必要性が発生した。このプロセスを検討した結果、「SWS を形成したシリコンウェハ」「MMF を形成したシリコンウェハ」をそれぞれ別々に製作し、最後にこれらを常温接合するというプロセスの採用を決定した。プロセスの検討にあわせ、SWS・MMF 構造の穴パターンの許容誤差を調査した結果、これらのパターンを 0.1 ミクロン程度の精度で形成する必要があることが判明した。そのためには SWS・MMF パターン形成の条件出しを十分に行う必要があることが分かった。これらの検討を受け、本年は SWS・MMF（二種：32, 38 ミクロンフィルタ用）の露光マスクの作成、および SWS・MMF パターン形成の条件出し作業を完了した。</p>	
研究の活用	<p>本研究によって SWMMF の試作の初段階を完了することができた。これをもとに 2020 年度より採択された科研費を利用して製作プロセスを進行し、SWMMF を完成・評価を行う。その後、実際の天文観測への応用として、我々が開発を進める TAO6.5 m 望遠鏡搭載中間赤外線カメラ MIMIZUKU に搭載し、高空間分解能長波長中間赤外線観測を実現する。さらには、SPICA 等の次世代赤外線天文衛星の装置開発にも本研究で開発した技術をフィルタ開発技術として活用する。</p>	

注1) 報告書の公開にあたり支障を生ずるおそれがある場合は、当該部分とその理由を明記すること。

【お願い】

研究終了2年後に、報告書提出後の関連開発の進捗及び波及効果についてアンケートを実施いたしますので、その際はご協力ください。