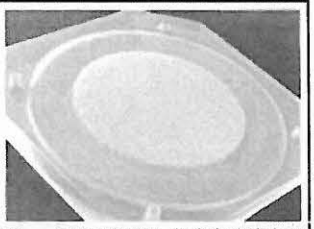
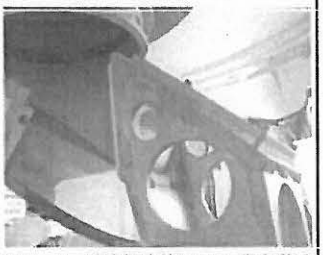
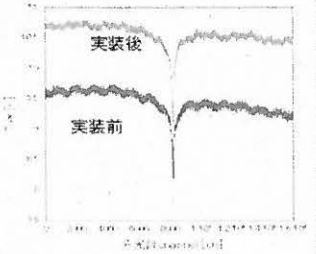
平成２５年度国立天文台共同開発研究成果報告書

平成　26年　4月　20日

国立天文台長　殿

<table>
<tr><td rowspan="4">研究代表者</td><td>氏　名</td><td colspan="3">（ふりがな）まえざわひろゆき
前 澤 裕 之</td></tr>
<tr><td>所属・職</td><td colspan="3">大阪府立大学大学院理学系研究科・物理科学科・准教授</td></tr>
<tr><td>電話</td><td>072-254-7674</td><td>E-mail</td><td>maezawa@p.s.osakafu-u.ac.jp</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>研究テーマ</td><td colspan="4">惑星大気のミリ・テラヘルツ波ヘテロダイン分光計測のための、ダイシング技術による定在波除去フィルター(1/4λ板)の開発</td></tr>
<tr><td>研究実績</td><td colspan="4">我々は野辺山ミリ波干渉計10m電波望遠鏡を再利用し、太陽系惑星大気環境監視ミッションを推進している。金星や火星の微量分子の200GHz帯スペクトル線を観測する際、惑星の強い連続波の効果により、検出器と副鏡の間で大きな定在波が生じる。この問題を打開することが本研究開発の主たる目的である。望遠鏡の光学伝送系はすでに決まっておりスペースが無いこと、また検出器からのビームを最初に楕円ミラーで跳ねた直後ですでにビームサイズが10cm程度と大きいことから、1)可動型の定在波除去装置や、2)100GHz帯で製作されてきたスタイロフォームとテフロンを短冊状に束ねていく1/4λフィルタでは、製作・実装が困難である。そこで本申請では、新たな手法で1/4λ板による定在波除去フィルタを設計・開発した。当初、ダイシングソーで製作する予定であった。事前の試作段階ではテフロンにおいて複数本のスリット作成では成功していたが、広域に渡ってスリットを切り出すと、素材にかかる応力のばらつきの為、撓み・捻じれが不均一に発生し、個体差も無視できないことがわかった。そこで、素材を硬いTPXに切り替え、さらに観測効率の低減を避けるため透過損失(10%以内)を抑えるべく、フィルタのラインアンドスペースのラインを550μm、スペースを450μmと広めとし、深さを4.23mmと浅くして、切削加工が可能となるように再設計をし(精度±10μm)、1/4λフィルタを製作した(図1)。フィルタの挿入そのものによる反射を軽減するため、フィルタの面を3度傾けて切削した。2013年の秋季にこれを実際に望遠鏡に搭載し(図2)、搭載前後の惑星スペクトルを示したもので、約60MHzの定在波をリトリーバル解析に支障の無いレベルに軽減できることを確認した(図3:フィルタ実装前後のスペクトルを縦方向にずらし、rms雑音レベルを揃えて表示。実装前は、積分時間を重ねても定在波は大きく残るが、フィルタを実装した場合は、積分時間に応じてrms雑音は減少し、定在波は残らない)。
2014年春季天文学会で本開発結果を発表した。学会誌・論文投稿予定の為、現時点で公開を伏せて頂けると幸いである。
 
図1：　TPXで切削した定存波除去用1/4λフィルタ(225GHz中心)
 
図2：10m電波望遠鏡200GHz帯光学系に取り付けた1/4λフィルタ
 
図3：フィルタ実装前後の金星のJ=2-1 230 GHz CO吸収スペクトル線</td></tr>
<tr><td>研究の活用</td><td colspan="4">本開発により10m望遠鏡による惑星大気環境監視プロジェクトにおいて100、200GHz帯の2バンドで、例えばJ=2-1,1-0の^{12}CO、^{13}COといった微量分子の異なる準位と同位体の観測が可能となった。これまでの100GHz帯のみの観測と異なり、より高精度に微量分子の混合比・高度分布をリトリーバル解析できるようになった。本研究は、中心星の活動が系内外の惑星環境やハビタブルゾーンに与える影響、そして我々の太陽系の気候環境について、重要かつユニークな知見を与えるものと期待されており、今後も継続的な観測を推進していく計画である。
定在波の除去の手法として、可動ミラーを搭載した光路長変調型がある。これは、すでに構築されてしまっており、かつ、スペースの無い光学系やビームの大きな光学系には搭載が難しい。また、異なる誘電率をもつ膜を短冊状に束ねて製作する1/4λフィルタも存在するが、これは200GHz帯において損失が大きく（>10%)、かつ径が10cmを超えるものは、まだ製作された実績が無く、コストは、我々のフィルタの4-5倍と見積もられる。これに比して、本申請で開発したフィルタは、既存の大きな光学系にも簡単に着脱可能であり、圧倒的にコストも抑えられ、様々な既存の観測測器への汎用性が期待される。</td></tr>
</table>

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。