

太陽観測衛星搭載にむけた可視-近赤外狭帯域チューナブルフィルターの開発

○萩野正興, 一本潔, 木村剛一, 永田伸一, 仲谷善一 (京都大), 原弘久, 篠田一也, 末松芳法(国立天文台), 清水敏文(宇宙研)

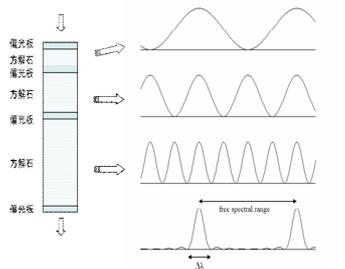
概要: 将来の太陽観測衛星において主力装置となる狭帯域フィルターの実現に向け、高波長分解能で短時間に可視-近赤外の波長シフトができる「狭帯域チューナブルフィルター」の開発を行っている。現在、既存する方解石と組み合わせ、7つのブロックからなる狭帯域フィルター技術試験モデルを京都大学飛騨天文台に設置されたクリーンブースにて製作中である。このフィルターの構成部品である液晶可変遅延素子と広帯域1/2波長板を製作し、素子単体での光学特性の評価をおこなった。さらにフィルターを構成する1Aブロックを用いて行った試験を行い、フィルターとしての性能、液晶に与える遅延量(印加電圧)の制御ソフトの動作確認と精度を検証した。

はじめに

ひのでや高分解能地上観測から、太陽外層大気はダイナミックなプラズマ現象に埋め尽くされていることが明らかになった。このような激しく変動する現象を捉えるためには、2次元的に広がった大気構造の速度や磁場分布を広視野にわたって短時間に取得する必要がある。さらに3次元構造の情報を得るために光球および彩層で形成される複数のスペクトル線の観測が必要である。この観測を実現する高波長分解能で短時間に波長シフトできる「狭帯域チューナブルフィルター」の開発を行っている。

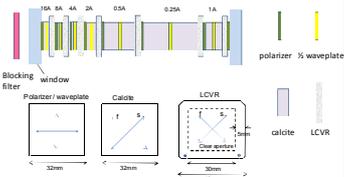
チューナブルフィルター

リオフィルターは偏光板と厚みの異なる複屈折結晶(方解石又は水晶)を交互に重ねることにより狭い波長範囲の光を取り出すものである。本フィルターは7つのブロックにより構成される。これらの各ブロックには入射角依存性を低減(広視野化)するための1/2波長板と、波長チューニング用の遅延素子を組み込む。我々は波長チューニング用素子として液晶可変遅延素子(LCVR)を用いることで、機械的駆動部分と可変リオフィルターにはつきものであった油漕を排除する。また510-870 nmの広い波長で使用可能とするため、広帯域偏光板と1/2波長板を採用する。



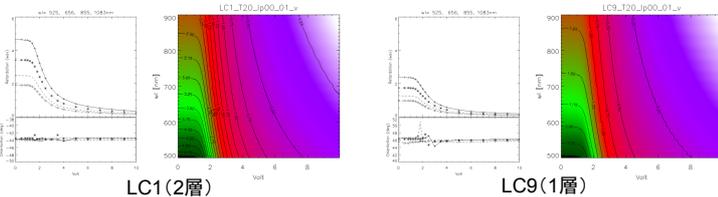
狭帯域チューナブルフィルターの性能

- 波長範囲: 5100 - 8700Å
- 透過幅(FWHM): 250mÅ@6562.8Å
- 波面性能: Strehl > 0.8
- 口径: ~32mm x 32mm
- free spectral range: > 5Å (> 7 stage)



液晶可変遅延素子の単体評価試験

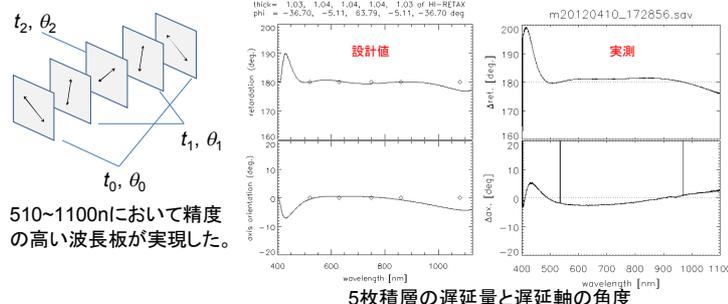
液晶遅延量の印加電圧・波長依存性(510から860nm)を確認した。



左: 印加電圧に対する液晶遅延量の変化波長525,656,855,1083nm下は遅延軸の角度
右: 印加電圧と波長に対する液晶遅延量の分布

広帯域1/2波長板

ルケオ社と共同で500nmから1100nmの広帯域で使用できる1/2波長板の開発を行っている。位相板の遅延軸をある角度回転させながら積層することにより、遅延量の波長依存性を低減することができる (S. Pancharatnam, 1955, Proc.Ind.Acad.Sci., A41, 137)



510~1100nmにおいて精度の高い波長板が実現した。

5枚積層の遅延量と遅延軸の角度

フィルターの構成

右表にフィルターを構成する素子の一覧を示す。各光学素子(液晶遅延素子、広帯域波長板、広帯域偏光板他)の単体特性評価を行い、広帯域フィルターを実現する上で十分な性能を備えていることを確認している。

各素子は京都大学飛騨天文台内に設置されたクリーンブースの中で器具に接着され、組み立てられた。

品名	個体識別名	仕様
ガラス窓	GW1	
偏光板	PL1	CODIXX社
方解石	C16A	南京 16A
方解石	C16B	南京 16A
液晶(L11202)	LC9	Meadowlark社 Single layer
偏光板	PL4	CODIXX社
方解石	C8A	南京 8A
液晶(A12376)	LC6	Meadowlark社 Single layer
偏光板	PL5	CODIXX社
方解石	C4A	南京 4A
1/2波長板	2012c-1-2	Lucoo
方解石	C4B	南京 4A
液晶(A12375)	LC5	Meadowlark社 Single layer
偏光板	PL6	CODIXX社
方解石	C2A	南京 2A
1/2波長板	2012c-2-1	Lucoo
方解石	C2B	南京 2A
液晶(A12374)	LC4	Meadowlark社 Single layer
偏光板	PL8	CODIXX社
方解石	C05A	南京 0.5A
1/2波長板	2012c-2-2	Lucoo
方解石	C05B	南京 0.5A
液晶(K11170)	LC2	Meadowlark社 Double layer
偏光板	PL9	CODIXX社
方解石	C025A	Lytot 0.25A
1/2波長板	2012c-2-3	Lucoo
方解石	C025B	Lytot 0.25A
液晶(K11169)	LC1	Meadowlark社 Double layer
偏光板	PL7	CODIXX社
方解石	C1A	南京 1A
1/2波長板	2012a	Lucoo
方解石	C1B	南京 1A
液晶(K11171)	LC3	Meadowlark社 Double layer
ガラス窓	GW2	
偏光板	PL10	CODIXX社



1Aのブロックのホルダー。偏光板が見える。



クリーンブース内での接着の様子

ブロック試験

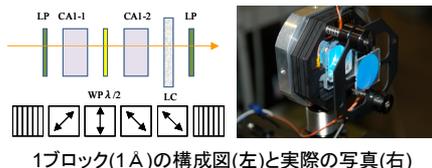
フィルターを構成する1Aのブロック(表の赤字で示したブロック)を使用して、飛騨天文台ドームレス望遠鏡水平分光器で試験を行った。

ブロックの構成(上流から)

偏光板 → 方解石 → 1/2波長板 → 方解石 → 液晶 → 偏光板

スペクトル線と透過プロファイル

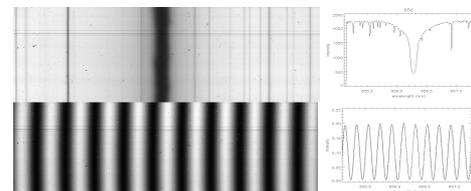
- 透過率: 約0.5 (7ブロックで0.8%)
- 消光比: 約4%



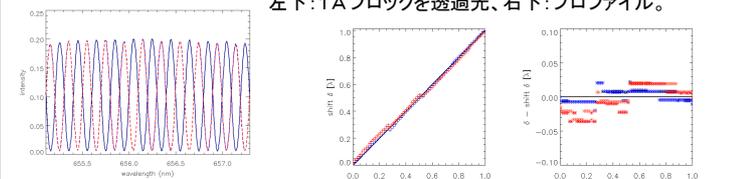
1ブロック(1Å)の構成図(左)と実際の写真(右)

周期性の確認

- 遅延量を1λ変化させた透過パターンは重なった。液晶の制御ソフトは基本的に正常
- 遅延量を2λ復させたとき、電圧が切り替わるところで小さなジャンプがある。→ アルゴリズムの見直し



光源: スペクトル線のみ太陽光、それ以外は人工光を使用
左上: HI 656nmのスペクトル線、右上: プロファイル。
左下: 1Aブロックを透過光、右下: プロファイル。



赤破線: 液晶の遅延量0、青破線: 1λ、実線: 1/2λ

左図: 液晶の遅延量を1λ変化させた時のピークの変化。右図: 相関1からのズレ量。λ/100程度の精度で制御。

まとめ

狭帯域波長チューナブルフィルターの構成を決定し、京都大学飛騨天文台内に設置されたクリーンブースで7つのブロックを組み立て作業を進行している。また、1Aのブロックを用いた試験を行い、チューナブルフィルターの心臓部である液晶可変遅延素子の遅延量を変化させるソフトの動作確認を行った。結果、正常に動作している。510-1100nmで太陽観測に使えるチューナブルフィルターの製作の見通しができた。2013年2月中に、ファーストライトを向かえ、細かなチューニングを行う予定である。

謝辞

本開発研究は、宇宙科学研究所搭載機器基礎開発実験費(H23、24年度)、国立天文台共同開発研究(H23、24年度)により行っている。