

光学部材向け分光特性検査装置「UH4150AD+」 —近赤外線領域での高感度な分析・測定を実現—

堀込 純, 和久井 隆行

1. はじめに

近年、人間の目では見ることができない波長800 nm～1,700 nmの近赤外線によるカメラやセンサーが先端産業の幅広い分野で活用されている。特に、自動運転やスマートフォンで利用が始まったLiDAR^{(*)1}によるリモートセンシング技術、夜間など暗い状況下でも撮影可能な暗視カメラ、セキュリティを守るために顔認証や虹彩・静脈認証、5Gで需要が増加する光通信など、その用途は範囲が拡大しており、技術も高度化している。こうした光学機器の性能向上に伴い、使用されるレンズやフィルタをはじめとした光学部材の吸光度、透過率、反射率などの分光特性を高精度に測定できる装置が求められている。また、光学部材には光学薄膜や光吸収剤によって特定波長のみを透過させ、不要な波長域をカットするバンドパス機能が施されているが、この機能を高精度にするため、評価指標の一つである測光レンジ^{(*)2}の範囲拡大が必要とされている。

このたび開発したUH4150AD+(Advanced Spec Plus)は、光学部材向け分光特性検査装置としてこれまでのUH4150シリーズから、近赤外線領域における分光特性の測定性能を向上させたモデルで、先端産業での利用が盛んな光学部材の測定に最適な装置である。



図1 UH4150AD+分光光度計外観

2. UH4150AD+の光学系

2-1. ダブルモノクロ光学系

分光光度計は、白色光をプリズムや回折格子などの分光素子で単色光に分けて試料に照射し、透過光や反射光を検知することで物質の光学特性を測定する装置である。使用される分野は、材料、環境、製薬、バイオ分野などの学術、産業界で多岐にわたるが、用途や精度の違いなどから、様々な装置が開発されている。大きく分けて、シングルビーム、ダブルビームの装置があり、中でも、ダブルビームタイプの分光光度計は、高い安定性を有することから、幅広いユーザーに支持されている。ダブルビームの中でも、分光素子を1個搭載するシングルモノクロタイプと2個搭載のダブルモノクロタイプの装置があり、ダブルモノクロタイプは、より迷光が少なく、高い精度を要求する光学薄膜の分光特性の測定に適している。また、測定できる波長範囲からも紫外可視分光光度計(一般的には190 nm～900 nm)、紫外可視近赤外分光光度計(一般的には190 nm～3,300 nm)に分類されている。光学薄膜の分光特性検査用途のUH4150AD+(図1)は、ダブルビーム、ダブルモノクロタイプの紫外可視近赤外分光光度計に分類される。

2-2. 平行光束

分光光度計は、入射した光に対して試料の透過光を計測し波長毎に透過した割合(透過率)を表示する透過スペクトルと、試料の反射光を計測し波長毎に反射した割合(反射率)を表示する反射スペクトルのデータを得ることができる。

反射測定は、入射角に応じた正反射、拡散した反射を測定する拡散反射、正反射と拡散反射を含めた全反射の測定等に分類されるが、光学薄膜の場合、試料表面が鏡面であり、入射角に応じた光学的な機能が施されているため、正反射を測定することが多い。反射の測定は付属装置を変更することで入射角や試料サイズに対応することができる。

光学薄膜の正反射を測定する際、入射角が重要となる。集光光束の場合、入射角は一様ではなく、入射角のズレは誘電体多層膜やプリズムなどの光学薄膜設計をした際のシミュレーション値と、実際の測定値との差異が生じる要因となる。平行光束の場合、入射角は試料に対して一様となり、精度の高い正反射測定が可能となる。

透過の測定においても平行光は精度の高い測定につながる。カメラのレンズ光学系は平行光線で設計されているため、使用される光学部材の評価装置に対して入射光の平行度が重要とされる。その他、平行光束は、拡散性の評価(ヘーズ)、試料の設置も含めた再現性の向上にも有効である。UH4150シリーズは限りなく平行に近い入射光を実現しており、精度の高い測定が可能である。

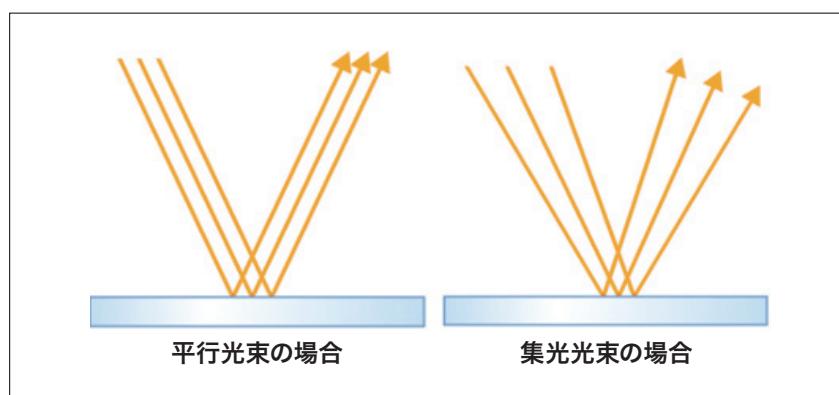


図3 正反射の模式図

3. UH4150AD+の特長

UH4150AD+ の特長を以下に示す。

3-1. 近赤外線領域の測光レンジ拡大

最新のカメラやセンサーに用いられるバンドパスフィルタは、OD 6～7以上(透過率0.0001%～0.00001%以下)の遮光性能の光学薄膜が施されている。本製品は、低透過率を測光する際の信号処理を改良したことで、近赤外線領域の透過率を従来比100分の1となるOD 7での測光レンジに対応した。これにより、従来は測定ができなかった近赤外線領域での微弱な透過率でも高精度な測定が可能となった。

3-2. 高感度な InGaAs 半導体検出器を搭載

従来機^(*3)では近赤外線領域に PbS^(*4)検出器を使用していたが、より高感度な InGaAs^(*5)検出器を新たに搭載した。従来機と比較して、低透過率時での有効な低ノイズ測定が可能になったことで、より正確な測定データを取得できる。測定可能波長範囲は、185～1,800 nm である。

3-3. マルチスキャンによる高スループット化

特定波長のみを透過させ、不要な波長域をカットするバンドパスフィルタは、高透過率と低透過率の波長領域が含まれる。従来は低透過率に合わせて全ての波長範囲で同一のスキャンスピードで測定していたため時間を要していた。今回、1回の測定でスキャンスピードなどの測定条件を波長範囲毎に切り替え可能なマルチスキャン機能を搭載した。図5にマルチスキャンの設定画面と測定結果を示す。透過率が変化する5つの波長範囲に分けて測定条件を設定した。従来は約15分所要していたが、本機能を使用することで約6分半と大幅な時間短縮を達成した。

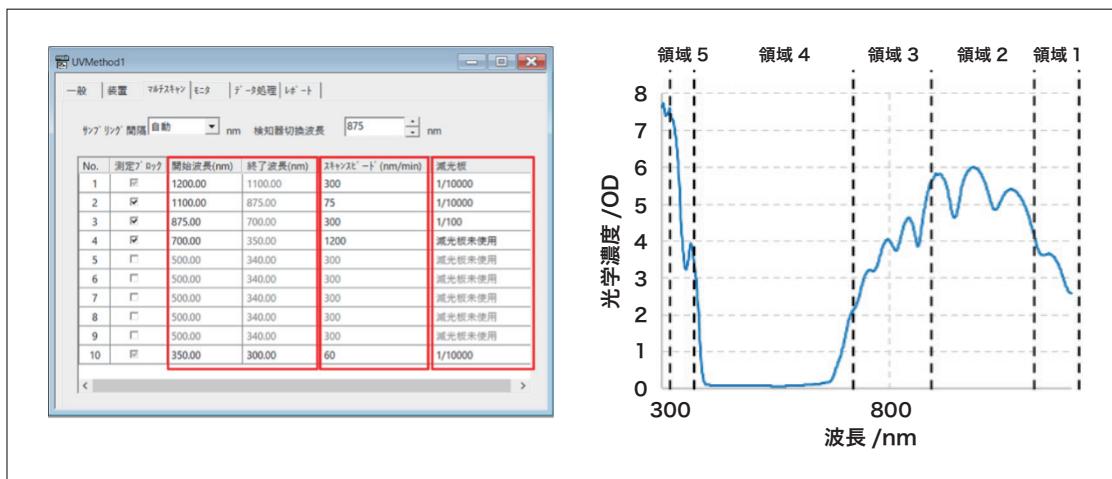


図5 マルチスキャンの設定と測定例

表1 「UH4150AD+」に関する主な仕様

項目		UH4150AD+	UH4150AD (従来機)
設定可能波長範囲		175～2,000 nm	175～3,300 nm
測定可能波長範囲		185～1,800 nm	185～3,300 nm
測光	UV/VIS	-2～8 Abs	-2～8 Abs
レンジ	NIR	-2～7 Abs	-2～5 Abs
検出器	UVVIS NIR	光電子増倍管 冷却型 InGaAs	光電子増倍管 冷却型 PbS

4. 光学フィルタの測定例

図6に光学フィルタとして800 nm以下の可視光を透過、長波長側の近赤外光はカットするショートパスフィルタの透過スペクトルを測定した。カット領域の900 nmより長波長側で高いODとなっていることが分かる。本測定装置にて、OD7以上の遮光性能を十分評価できることを確認した。

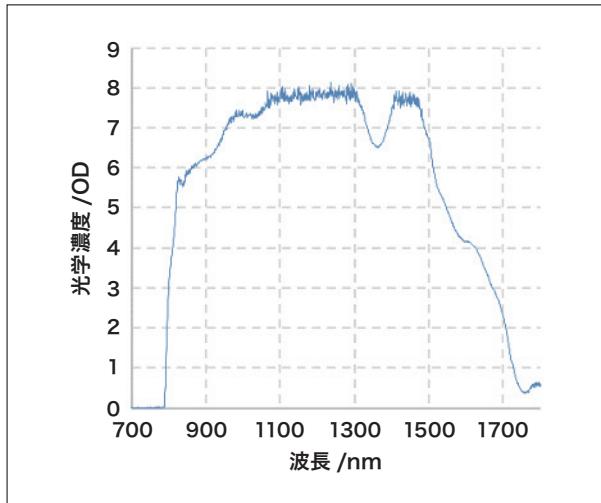


図6 ショートパスフィルタの測定例

5. まとめ

分光光度計は、光学部材に様々な機能を施す光学薄膜の重要な指標である分光特性の測定が可能である。今回、リモートセンシング技術など産業応用が盛んな近赤外線領域の光学部材の測定にUH4150AD+は最適な装置となったことを確信する。本装置を通じて、先端のニーズに最適なソリューションを提供することで、産業分野の持続的な成長に貢献したい。

- (* 1) LiDAR (Light Detection And Ranging) : 近赤外光を利用したリモートセンシング技術、近赤外のレーザーをパルス照射し、その反射光が時間差で検出されることで遠距離にある対象までの距離を3次元的に画像化する技術。
- (* 2) 測光レンジ: 光学濃度 (OD : Optical Density) または吸光度 (Abs : Absorbance) にて表される。OD (Abs) が1増えると1桁低い透過率となる。(OD : 0 = 透過率 100%, OD : 1 = 透過率 10%, ··· OD : 7 = 透過率 0.00001%)
- (* 3) 従来機: UH4150AD 紫外可視近赤外分光光度計 (PbS 搭載、測定可能波長範囲: 185 ~ 3,300 nm)
- (* 4) PbS : 硫化鉛化合物
- (* 5) InGaAs : インジウム / ガリウム / ヒ素化合物

著者紹介

堀込 純、和久井 隆行
(株)日立ハイテクサイエンス

会員制サイト“S.I.navi”では、S.I.NEWSのバックナンバーを含む全内容をご覧いただけます。<https://biz.hitachi-hightech.com/sinavi/>