

ノート

遠赤外線領域における分光反射率の測定精度向上

中島 敏晴^{*1)} 中村 広隆^{*1)} 海老澤 瑞枝^{*1)}

The spectral reflectance measurement accuracy improvement in the far-infrared radiation area.

Toshiharu Nakajima^{*1)}, Hirotaka Nakamura^{*1)}, Mizue Ebisawa^{*1)}

キーワード：遠赤外線, 分光反射率, 絶対反射率

Keyword: Far-infrared radiation, Spectral reflectance, Absolute reflectance

1. はじめに

近年、赤外線領域で使用する光学測定器をはじめとして、加熱システムや熱物性装置、通信機器、レーザー応用機器などに使用される反射材は、より正確な特性評価が求められている。

都産技研では、遠赤外線領域における分光反射率測定を、正反射率と全反射率の二つの方法で評価している。この測定では、基準とする反射板に光学メーカー市販の金ミラーを使用するが、金ミラーの反射率データは値付けされたものではなく、光学メーカーが独自で実測値としてカタログ等に掲載している。このため、測定における基準が存在せず、現状では市販の金ミラーの反射率を100%としたときのサンプルの反射率、すなわち相対反射率で評価している。しかし、正確な反射率特性評価のためには値付けされた基準反射板の整備が不可欠であり、このためは分光反射率の測定精度向上を図る必要がある。

本研究は、測定精度向上のために導入した絶対反射率測定用アクセサリ（以下、STAR GEM）を用いて、都産技研のFT-IR（Agilent 680FT-IR）との整合性や測定データの再現性及び信頼性などを評価した。

2. 実験内容

STAR GEMによる絶対反射率測定の実験において、信頼性評価のためにNPL（英国物理研究所）標準反射板（校正波長範囲：2.5～56 μm ）をSTAR GEMで測定したデータとNPL校正值との比較を行った。なお、現在ではNPL標準反射板は供給停止となっている。

STAR GEMの構成図を図1に、FT-IRの試料室に設置した外観を図2に示す。次に、市販の金ミラーやアルミミラーなどについて、STAR GEMを用いて絶対反射率の評価を行った。測定における入射角は10度、測定波長領域は2～25 μm である。

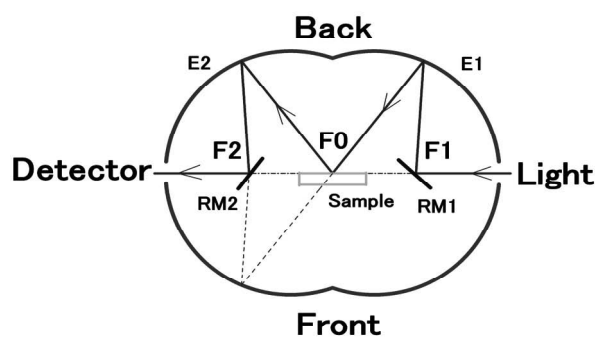
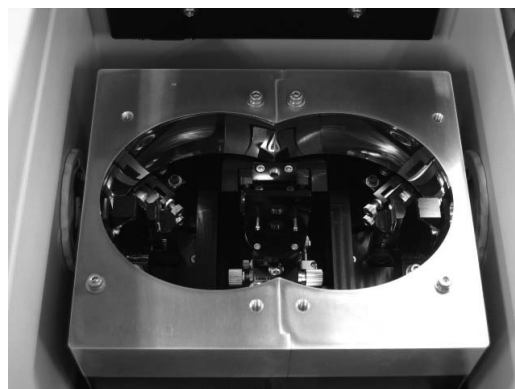
図1. STAR GEMの構成図^{①)}

図2. FT-IR 試料室に設置したSTAR GEM

測定データの信頼性の検証方法として、理科年表掲載の反射率データ^{②)}や、文献掲載の金やアルミなど金属材料の屈折率や消衰係数^{③)}を(1)式に代入して算出した計算値を比較対象とした。しかし、比較対象の各データは、いずれも入射角0度における値のため、入射角の違いによる反射率特性を、(2)式を用いて算出した。ここでは、入射角が小さいためs偏光反射率 \approx p偏光反射率と見なせるので、s偏光反射率を比較対象とした。

*1) 光音技術グループ

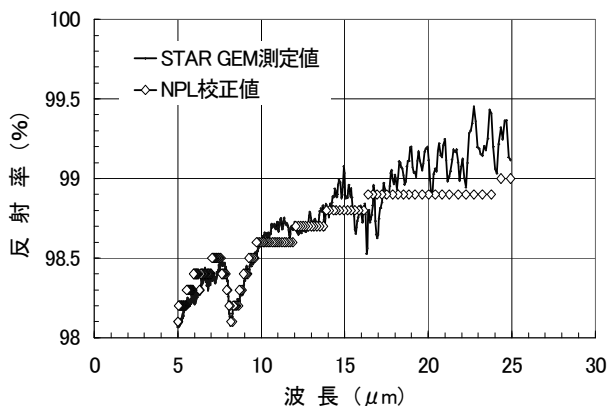


図3. STAR GEM で測定した NPL 標準反射板の絶対反射率と NPL 校正値

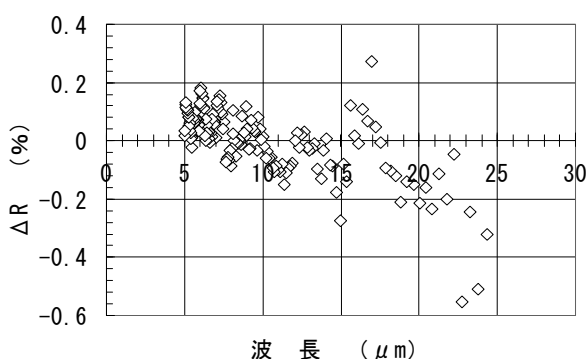


図4. NPL 校正値からの偏差

$$R = \frac{(n - 1)^2 + k^2}{(n + 1)^2 + k^2} \dots (1)$$

(R : 反射率, n : 屈折率, k : 消衰係数)

$$R_s = \left| \frac{\cos \theta - \sqrt{N^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{N^2 - \sin^2 \theta}} \right|^2 \dots (2)$$

(Rs : s 偏光反射率 θ : 入射角 N : n+ik)

3. 結果および考察

STAR GEM で測定した NPL 標準反射板の絶対反射率と、NPL 校正値との比較を図3に示す。また、NPL 校正値からの偏差を図4に示す。これらの結果から、STAR GEM による絶対反射率は、NPL 校正値に対して 5~20 μm の波長域で $\pm 0.3\%$ 以内の偏差であった。NPL 校正値の不確かさが $\pm 1.0\%$ であることを考慮すると、この偏差は非常に小さく、STAR GEM が絶対反射率測定に十分実用的であることが分かった。

STAR GEM による市販の金ミラー絶対反射率データの検証にあたり、(2)式を用いて入射角の違いが反射率に及ぼす影響を評価した結果を図5に示す。入射角0度と10度の反射率の差は0.03%以下と小さく、実用上無視できることを確認した。

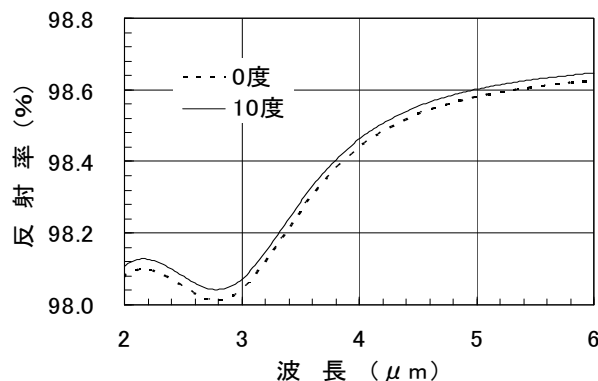


図5. (2)式から求めた入射角0度と10度の反射率比較(s 偏光反射率)

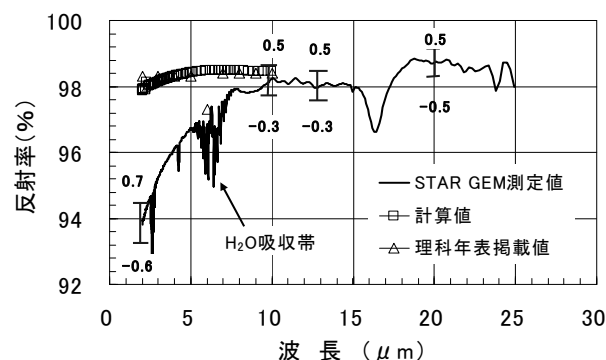


図6. 市販金ミラーの STAR GEM 測定による反射率 入射角10度
次に、STAR GEM による市販金ミラー反射率の測定を図6に示す。7~20 μm の波長域で $\pm 0.5\%$ 以内の再現性が得られた。理科年表掲載値や(1)式で求めた計算値と比較した結果、2~7 μm の波長域では反射率低下が著しく且つ再現性は $\pm 0.6\%$ 以上であった。この原因は、検出器の感度むらや光源の安定性、膜厚の均一性、繰り返し測定におけるサンプルの取付け位置のずれ及び STAR GEM の光軸の僅かなずれなどが考えられる。

4. まとめ

本研究では、都産技研の FT-IR に STAR GEM を組み合わせたシステムを用いて、7~20 μm の波長域で再現性の良い絶対反射率測定が可能であることが分かった。今後は、2~7 μm の波長域の反射率低下要因の解析を進め、最終的に2~20 μm の波長域での絶対反射率測定において、再現性 $\pm 0.5\%$ 以内の実現を目指す。
(平成 23 年 5 月 18 日受付, 平成 23 年 8 月 2 日再受付)

文 献

- (1) 赤外 FTIR 用半自動 STAR GEM Type1 光学系マニュアル (Ver1.0) 有限会社トラス
- (2) 理科年表 丸善
- (3) EDWARD D.PALIK : Handbook of Optical Constants of Solids : ACADEMIC PRESS,INC. pp 294-295