

## 分光応答度：特定標準器による校正等の実施

### 1. 背景

紫外域および赤外域の光放射は、紫外域では殺菌、表面洗浄、フトリソグラフィ、樹脂硬化、皮膚治療、非破壊検査、印刷など、赤外域では臨床検査、通信、水分計測、リモートセンシング、太陽電池などの様々な用途で活用されている。それらの装置における計測や機器の品質管理のために多くの検出器が用いられている。分光応答度は、ある波長の光放射の入射に対する検出器の感度を表す量で、光検出器の特性を表す最も基本的な量の一つである。検出器の感度を正しく校正することは、その検出器を用いた光放射の定量的な計測の信頼性の根拠を与えるために必要不可欠である。これまで産総研では、波長 250 nm から 1150 nm の範囲で分光応答度の jcss 校正を実施してきた。さらに、紫外域および赤外域での光放射の計測ニーズの高まりを受けて、分光応答度標準の波長範囲の拡張に向けた研究を行い、2006 年に短波長側を 200 nm まで、2011 年に長波長側を 1650 nm まで拡張した分光応答度標準を実現し、依頼試験制度に基づく校正サービスを実施してきた。

近年、LED を用いた光源の開発・普及に伴い、短波長の紫外 LED の製品化や、波長 1200 nm を超える赤外 LED を組み込んだ検査装置が市販されるなど、水銀ランプやハロゲン電球、放電ランプなど紫外域および赤外域で用いられている従来型の光源からの置き換えが進んでいる。今後、既存製品の中で使用されている従来型の光源からの置き換えや LED 光源を組み込んだ製品開発が一層加速し、市場規模の拡大が見込まれる。こうした中で、紫外域および赤外域の LED 光源の性能評価や品質管理における客観性・信頼性確保の重要性が関連業界内で認知されるようになり、装置メーカー等において、トレーサビリティの確保された光検出器の校正の重要性が高まっている。こうした状況の中、より広い波長範囲における分光応答度の校正ニーズが一層拡大しており、現在、光分野の JCSS 登録事業者より、紫外域および赤外域での分光応答度の JCSS 化の要望が出されている。

### 2. 特定標準器

分光応答度標準は、以下の 3 個の指定済み特定標準器を使用して実現される。

- ・自己校正測定装置
- ・比較受光器
- ・単色平行光発生装置

### 3. 特定標準器による校正

#### (1) 特定標準器の概要

- ・自己校正測定装置

液体ヘリウム温度まで冷却した受光部に対して、レーザー光の入射による温度上昇と電気ヒーターによる温度上昇を比較し、ヒーターへの入力電力 (W) を電気標準に基づいて測定する事により、入射するレーザー光の絶対放射パワー (W) を極めて高精度に校正可能な極低温放射計である。

・比較受光器

複数の光検出器（シリコンフォトダイオード）の配置を工夫してトラップ構造とすることで、光検出器全体の実質的な反射率をほぼゼロとした受光器である。同一のレーザー光源からの光を自己校正測定装置および比較受光器に交互に入射し、校正された入射光の絶対放射パワー（W）に対する比較受光器からの信号強度を求めることで、レーザー波長点での比較受光器の、波長に対する応答（分光応答度（A/W））が校正される。

・単色平行光発生装置

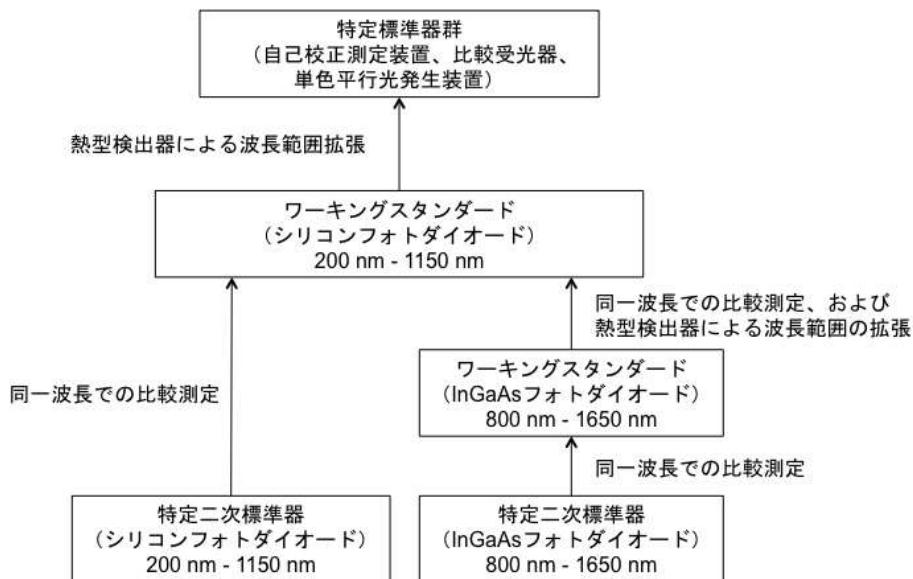
ランプ等の白色光源と分光器を組み合わせ、ほぼ単色で平行な光放射を紫外域、可視域および近赤外域において、分光した状態で発生可能な装置であり、光検出器の分光応答度の高精度校正に用いられる。また、応答度の波長依存性が極めて小さい熱型検出器を介した、異なる波長間での分光応答度測定を組み込むことにより、レーザー波長点で求められた比較受光器の分光応答度（A/W）に基づき、レーザー波長点以外の波長での分光応答度を求める機能を有している。

(2) 特定標準器による特定二次標準器の校正方法

前述のとおり、特定標準器である自己校正測定装置、比較受光器および単色平行光発生装置を用いることで、波長 200 nm から 1650 nm の波長範囲における、分光応答度標準（単位 A/W）が実現される。

特定二次標準器の校正に際しては、特定標準器によって実現される分光応答度標準を基準とした比較測定を行う。単色平行光発生装置から発生する、ある波長  $\lambda$  nm の光放射を、特定標準器に基づき分光応答度の標準値が目盛り定めされた検出器（ワーキングスタンダード）と特定二次標準器に交互に入射させて、各々から発生する電流値を比較することで、特定二次標準器の分光応答度が校正される。

これら分光応答度標準に関する特定二次標準器の校正体系を以下に示す。



#### 4. 計量法第 135 条第 1 項に基づく校正実施機関

国立研究開発法人産業技術総合研究所

#### 5. 特定二次標準器

##### (1) 特定二次標準器の指定

分光応答度校正用のシリコンフォトダイオードであって、校正範囲が波長において 200 nm 以上 1150 nm 以下のもの及び分光応答度校正用のインジウムガリウムヒ素フォトダイオードであって、校正範囲が波長において 800 nm 以上 1650 nm 以下のもの。

##### (2) 特定二次標準器の具備条件

###### A) 仕様など

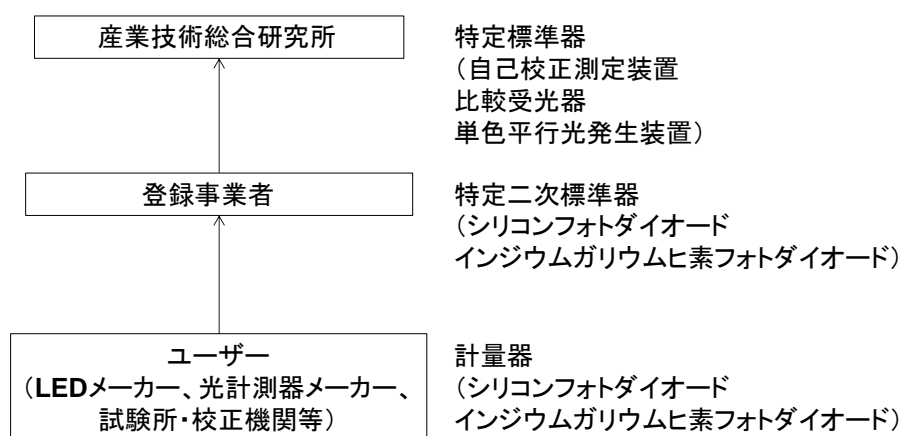
1. 分光応答度校正用のシリコンフォトダイオードは以下のいずれかの条件を満たすこと。
  - a) 受光面サイズが約 11.3 mm $\Phi$  又は約 7.98 mm $\Phi$ 、外径 25 mm、BNC コネクタ付メタル・パッケージ・フォトダイオード
  - b) 受光面サイズが約 10 mm 角、外形寸法 15 mm x 16.5 mm、2 本のリード線(長さ約 10 mm、直径 0.5 mm $\Phi$ 、線間隔ピッチ 12.5 mm)付フォトダイオード
2. 分光応答度校正用のインジウムガリウムヒ素フォトダイオードは以下のいずれかの条件を満たすこと
  - a) 受光面サイズが約 5 mm $\Phi$ 、外形寸法 13.8 mm $\Phi$  x 4.9 mm(TO-8 パッケージ)、2 本のリード線(長さ約 14 mm、直径 0.45 mm $\Phi$ 、線間隔ピッチ 7.5 mm)付フォトダイオード
  - b) 受光面サイズが約 10 mm $\Phi$ 、外形寸法 15 mm x 16.5 mm、2 本のリード線(長さ約 10 mm、直径 0.5 mm $\Phi$ 、線間隔ピッチ 12.5 mm)付フォトダイオード

###### B) 特定標準器等による校正の期間

校正周期は 3 年である。

#### 6. トレーサビリティ体系図および測定の不確かさ

##### (1) トレーサビリティ体系図



##### (2) 測定の不確かさ

特定標準器による校正等における相対拡張不確かさ( $k=2$ )は、下記のとおりである。範囲を持つ不確かさについては、区間内で線形補間する。

a) シリコンフォトダイオードについて  
4.8 %-1.6 % (200 nm 以上 250 nm 未満)  
1.6 % (250 nm 以上 380 nm 未満)  
1.0 %-0.45 % (380 nm 以上 650 nm 未満)  
0.45 %-0.56 % (650 nm 以上 930 nm 未満)  
0.56 %-2.9 % (930 nm 以上 1150 nm 以下)

b) インジウムガリウムヒ素フォトダイオードについて  
1.7 %-1.9 % (800 nm 以上 935 nm 未満)  
1.9 %-2.0 % (935 nm 以上 1155 nm 未満)  
2.0 %-2.1 % (1155 nm 以上 1340 nm 未満)  
2.1 %-1.9 % (1340 nm 以上 1600 nm 未満)  
1.9 %-2.8 % (1600 nm 以上 1650 nm 以下)

登録事業者が行う校正における相対拡張不確かさ( $k=2$ )は、2.0 %から 5.0 %程度を想定している。

以上