

128. 真空紫外域での分光放射測定 (3)

中川 靖夫 大谷 文雄 谷 治 環 重田 照明 大久保 和 明
(埼 玉 大 学 工 学 部) (松 下 電 器 産 業 (株))

1. ま え が き

前報^{1) 2)}で述べたように、真空紫外域での分光放射測定は、通常の方法のように標準放射源の分光放射との直接置換で行なうことが難しい。その理由は、放射源を減圧雰囲気中で点灯したときに十分な安定性、再現性が得にくいからである¹⁾。放射源の中には本体を大気圧で点灯し、窓部のみを減圧容器にセットして使用するものがあるが、配光特性が悪いこと、位置の再現性が保持しにくいことなどの問題点がある(後述)。従って次善の策として、分光放射測定系の入射面、(真空)モノクロメータ、受光系を一体化した状態でその分光応答特性 $S_{VM}(\lambda)$ を測定して、試料からの放射を直接測定する方法を検討して各種試料の分光分布を測定したが²⁾、今回は $S_{VM}(\lambda)$ の測定の詳細を述べる。

2. 放射測定系の $S_{VM}(\lambda)$ の測定方法

測定系の $S_{VM}(\lambda)$ は入射系の分光透過 (又は反射) 特性 $T_{DF}(\lambda)$ 、モノクロメータの分光透過特性 $T_{VM}(\lambda)$ 、受光系の分光応答特性 $S(\lambda)$ の積であって、その値と入射面に与えた分光分布の放射パワー $E(\lambda)$ 及び測定系の出力 $I(\lambda)$ の関係は次式ようになる。

$$I(\lambda) = E(\lambda) \cdot T_D(\lambda) \cdot T_{VM}(\lambda) \cdot S(\lambda) \quad (1)$$

$T_{DF}(\lambda) \cdot T_{VM}(\lambda) \cdot S(\lambda)$ は測定系を総合した分光応答特性とみなせるので、これを $S_{VM}(\lambda)$ とおくと(2)式ようになる。

$$E(\lambda) = \frac{I(\lambda)}{T_D(\lambda) \cdot T_{VM}(\lambda) \cdot S(\lambda)} = \frac{I(\lambda)}{S_{VM}(\lambda)} \quad (2)$$

従って、適当な手段で $S_{VM}(\lambda)$ が求められ、 $S_{VM}(\lambda)$ の値が経時的に安定していれば、 $E(\lambda)$ を直接測定することができる。この考え方による従来の測定手法は、モノクロメータの分光透過特性と受光器の分光応答度を個別に測定して組合わせる方法であり、組合わせたときの光軸合せの難しさ、各々の測定の入射の照射状態が同じでない、などのため、信頼性、再現性に問題があった。一体化した状態で分光応答度が直接測定できれば、これらの問題点は解消できるが、放射照度が既知である単色放射を測定系に波長毎に与えなければならない。

今回検討した放射測定系は入射面が MgF_2 の砂ずり透過面、受光系はサリチル酸ナトリウム蛍光体と PM の組合わせであり、蛍光面と PM 受光面に距離があるため受光面上の放射照度むら緩和され、PM 直射の場合に比べ位置設定に伴う測定誤差の発生を小さくできると考えられる。図 1 に $S_{VM}(\lambda)$ を測定する方法を示す。真空紫外域で十分な強度の放射源 D_2 と第 1 モノクロメータ MC 1 により単色放射を作り、分光応答度既知の標準検出器 D_s と分光放射測定系の入射面に交互に与える。MC 1 の設定波長に対する D_s の応答 $I_s(\lambda)$ から、入射面に与えられる単色放射の波長特性の(相対)値 $E(\lambda)$ が分り、これと分光放射測定系の応答 $I_{VM}(\lambda)$ の比をとれば $S_{VM}(\lambda)$ が求まる。但し、入射が帯域幅の狭い単色放射で、放射測定系の帯域幅もほぼ同様であるため、設定した両帯域の最大値が合致する点(測定の中心波長に相当)を求めることが難しく再現性も悪い。そこで、MC 1 の設定波長 λ_s について、分光放射測定系の波長を λ_s の前→後に走査し波長的な積分量を求めた。これは分光放射測定系のスリット関数を通過する全放射を測定したことと同じである。操作すべては減圧容器

減圧容器 (真空デシケータ)

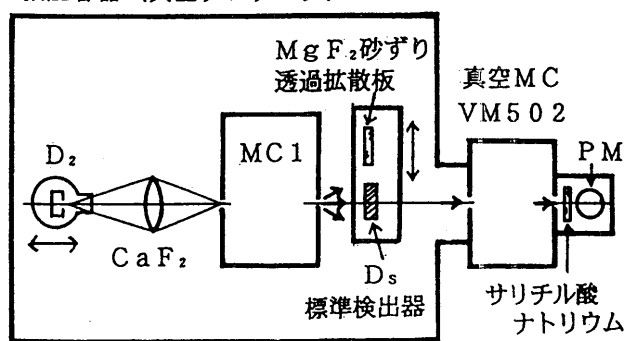


図1 分光放射測定系の応答度測定

Spectroradiometry on Vacuum UV Region (3)

Yasuo Nakagawa, Fumio Ohtani, Tamaki Yaji, Teruaki Shigeta and Kazuaki Ohkubo

平成 11 年度照明学会第 32 回全国大会

内で行なっている。MC1の入射系はCaF₂レンズを用いたが、CaF₂の屈折率は真空紫外域で波長によって変化して焦点距離移動(色収差)が発生するので、測定波長ごとにレンズと放射源間の距離を調整し最良の結像を得るようにした。放射源は重水素ランプである。標準検出器には白金黒又はニッケル黒塗布のPVD F検出器またはこれらで分光応答度を校正したサリチル酸ナトリウム蛍光検出器を用いた。図2に相対分光応答特性 $S_{VM}(\lambda)$ を示す。 $S_{VM}(\lambda)$ の経時的安定性はかなり良好で1~2ヶ月では有意な差が認められなかった。

3. 真空紫外域での放射源の分光分布

(1) MgF₂窓重水素ランプの相対分光分布

真空紫外用MgF₂窓(ロングノーズ形)重水素ランプの分光放射照度を測定した結果を示す。ランプ本体は大気圧下で点灯し、突出した窓部のみを減圧容器内に挿入し放射出力は先端のMgF₂窓から放射する構造である。配光特性が非常に悪く、減圧容器への取付が機械的に制約され、光軸合せとその再現は難しい。図3はその分光放射照度であり、波長170nm以下に非常に強い放射がある(ピークは150~160nmと考えられる)。放射照度の絶対レベルは波長250~300nmでハロゲン電球標準と比較して付けた。

(2) 合成石英窓重水素ランプとXeランプの分光分布

図4に減圧容器内で点灯した合成石英窓の重水素ランプ(30W)と、合成石英管のXeランプ(75W)の相対分光放射照度を示す。Xeランプは波長180~185nmに大きなピークがある。この付近でのXeの発光は172nmのエキシマ発光があるが、波長的なずれがかなり大きい。但し、石英の透過率の遮断点に近い領域なので、石英管の透過率(点灯状態)を検討する必要がある。

4. 終わりに

以上真空紫外域における分光放射照度の測定を、分光放射測定系の $S_{VM}(\lambda)$ を求めて行なう方法を述べた。図1のMC1には現在は気中で使用する小形モノクロメータMC1-01を使用しているが、これを真空モノクロメータとして、放射源SにMgF₂窓のものを用いれば、波長145nm程度までの測定が可能でないかと考えられる。

- 文献 1) 中川ほか：真空紫外域での分光放射測定、平成10年度照明学会全国大会 156 (1998)
2) 中川ほか：真空紫外域での分光放射測定(2) 平成10年度照明学会東京支部大会 2-9 (1998)

MgF₂ 砂すり板 / VM502真空モノクロメータ / Sul. Na+PM

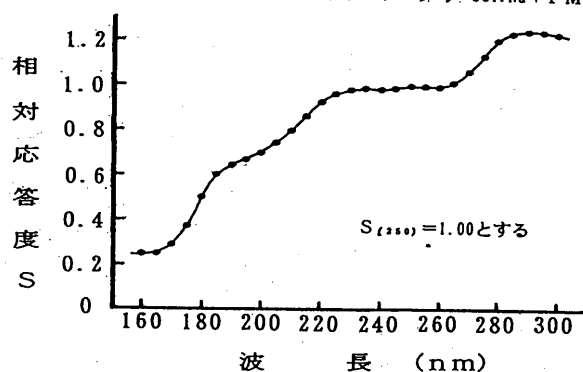


図2 分光放射測定系の分光応答特性 $S_{VM}(\lambda)$

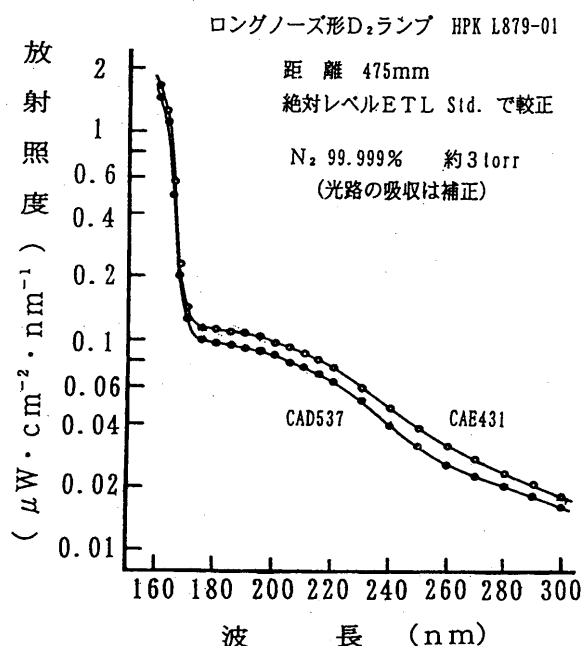


図3 MgF₂窓付きD₂ランプの分光放射照度

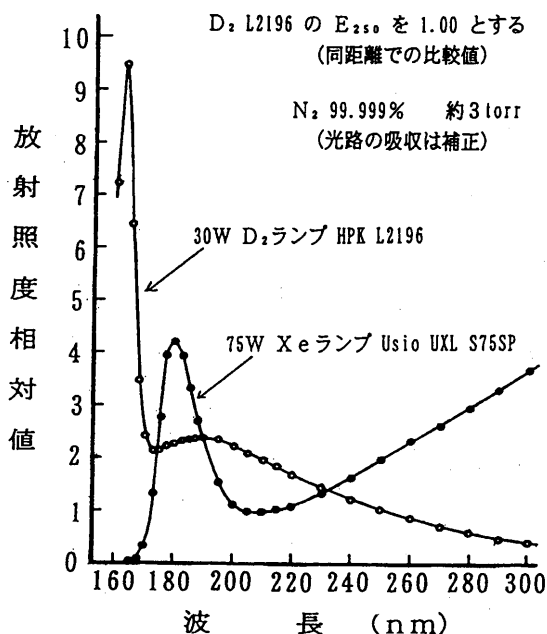


図4 D₂ランプ(合成石英窓)とXeランプ(合成石英管)の分光放射照度