140. ミー散乱エリプソメトリーによるクラスター発光材料の複素屈折率の算定

佐藤 歩
(新潟大学大学院自然科学研究科)

関根 征士
(新潟大学工学部)

大河 正志

1. はじめに

次世代の高効率・長寿命白熱光源の一つとして、クラスター光源が期待されている。現在のクラスター光源の開発状況から、発光効率は約 50 lm/W、寿命は約 10,000 h と報告されている¹⁾。この光源は、発光材料（クラスター形成物質）にタングステン（W）が用いられるが、これは白熱フィラメントとして W が最も適しているためである。しかし、クラスター光源の開発においては、発光材料の発光効率や分光分布を解明する必要がある。クラスター光源の分光放射発散度は発光材料の分光複素屈折率によって決定される。しかし、クラスター光源の動作温度である 4000 K 以上における複素屈折率は報告されていない。一方、そのような高温における材料の複素屈折率の測定・評価にはミー散乱エリプソメトリーが有効であると考えられる。本報告はその測定方法について検討したことを報告する。

2. ミー散乱エリプソメトリー

ミー散乱エリプソメトリーの概要図を Fig.1 に示す。光学素子（移相子、検光子）の方位角を変え散乱光を消光することにより測定する。

Fig.1 Mie-Scattering Ellipsometry

消光時の移相子の方位角と検光子の方位角における Ψ , Δ がそれぞれ測定される。ここで Ψ , Δ はそれぞれ試料の複素振幅係数の振幅比 (p 偏光/s 偏光), 位相差 (p 偏光-s 偏光) である。また、散乱角 (θ) を変えて測定を繰り返すことにより、散乱角-複素振幅係数の特性グラフがえられ、これと式 (1) ~ 式 (3) からえられる理論値特性とを比較することにより複素屈折率が推定される。

$$S_p(n_c, \chi, \theta) = s_p \cdot \exp(\delta_p) \\ = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2m+1}{m(m+1)} (a_m \sigma_m + b_m \tau_m) \quad (1)$$

$$S_s(n_c, \chi, \theta) = s_s \cdot \exp(\delta_s) \\ = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2m+1}{m(m+1)} (b_m \sigma_m + a_m \tau_m) \quad (2)$$

$$\frac{S_p}{S_s} = \frac{s_p}{s_s} \cdot \exp(\delta_p - \delta_s) = \tan \Psi \cdot \exp(\Delta) \quad (3)$$

3. 測定結果

構築したミー散乱エリプソメトリーによって金微粒子の散乱光を測定し、複素振幅係数の振幅比と位相差の角度分布特性を求め、Fig.2 に示す。光源には波長 532.0 nm の Nd:YAG レーザーの 2 次高調波を用い、測定温度は常温である。一方、金微粒子の直径 240 nm (カタログ値は 500 nm)、複素屈折率は $n_c = 0.367 - j2.296$ (エリプソメトリーによる金箔の測定値) から算定した理論特性を同図に示す。

Fig.2 Measurement Results

4. まとめ

ミー散乱エリプソメーターを構築し、常温において金微粒子の複素屈折率を測定した。測定値からえられた特性曲線に一致する理論値の特性曲線が算定された。その結果、ミー散乱エリプソメトリーによって、金属微粒子の複素屈折率を測定・評価できると考える。今後は、この方法および装置を用い、高温におけるクラスター光源の発光材料の複素屈折率を測定するとともにクラスター光源に最も適する発光材料を究明したい。

5. 参考文献

(1) B.Weber and R.Scholl: A New Kind of Light-generation Mechanism: Incandescent Radiation from Clusters, J.Appl.Phys., 74(1), pp.607-613 (1993).

Estimation of the complex refractive index of the cluster using by Mie-Scattering Ellipsometry, Ayumu Sato, Seishi Sekine, Masashi Ohkawa