150. エリプソメトリーによる金属の複素屈折率の測定

— 微粒子の複素屈折率の測定への応用 —

佐藤拓也[†] 佐藤歩[†] 関根征士[‡] 大河正志[‡]
 ([†]新潟大学大学院自然科学研究科) ([‡]新潟大学工学部)

1. はじめに

著者らは、高効率白熱光源であるマイクロキャビティ光源とクラスター光源の研究を進めている。マイクロキャビティ放射体のキャビティの設計と発光効率の評価およびクラスター放射体の発光効率の評価にはそれぞれの動作温度（マイクロキャビティ放射体 2000K～2100K、クラスター光源 4500K 以上）における放射体の複素屈折率が必要である。その測定のため、我々はエリプソメータを構築し、その測定精度を検証するため、種々の金属の複素屈折率を測定した。タングステンについてはすでに報告した。¹⁾ 今回は白金、金、銀の測定結果と装置の測定精度について報告する。

2. エリプソメトリー

エリプソメトリーの概要を Fig.1 に示す。

Fig.1 エリプソメトリー概要図

試料への入射光とその反射光では、光の偏光状態が異なる。入射光と反射光を含む面を入射面といい、入射面に対して水平な方向をp方向、p方向に垂直な方向をs方向とする。試料の複素反射率を、p方向とs方向について、それぞれ R_p 、と R_s で表す。 R_p と R_s の位相差 (Δ)、 R_p と R_s の比 (ψ) が測定される。この Δ 、 ψ 、入射角 ϕ を A.Fresnel 式から導出される (1) 式に代入することにより複素屈折率の実部 n と虚部 k が算出される。ここで、 n_0 は空気中の屈折率である。

$$n = \frac{n_0 \sin \phi \tan \phi \cos 2\psi}{1 + \sin 2\psi \cos \Delta} \quad (1)$$

$$k = \frac{n_0 \sin \phi \tan \phi \sin 2\psi \sin \Delta}{1 + \sin 2\psi \cos \Delta}$$

3. 測定結果の検討とまとめ

光源に波長 532.0nm の Nd-YAG レーザ、

632.8nm の He-Ne レーザ光を用い、常温における金、白金、銀の複素屈折率を測定した。各試料のサイズは、金と白金が $0.50 \times 20 \times 20\text{mm}$ 、銀が $0.50 \times 50 \times 50\text{mm}$ である。各試料については、位置の異なる5点で、それぞれ3回ずつ測定し、その平均値を測定値とした。タングステンの複素屈折率は表面状態と酸素の吸着によって値が異なった。しかし、金、銀、白金は酸素の吸着は考えられないので、表面状態に起因すると推測される。表面状態の微細構造が異なれば、反射率が異なる。そこで、 R と n の関係を示す。

Fig.2 銀の反射率 R と複素屈折率の実部 n

Fig.2 から明らかなように、 n は R の増加に逆比例して小さくなる。 R と k の関係は逆特性である。金及び白金も、銀と同様の特性である。しかし、このような金、銀及び白金の特性は R の増加に比例して n と k が増加するタングステンとは異なっている。以上のように、構築したエリプソメータ金属表面の微細構造による複素屈折率の違いを測定でき、その測定精度は金、銀及び白金の測定結果から、測定誤差は有効数字 3 桁程度まで保証でき、新光源開発に十分な精度である。

現在、このエリプソメータによって、温度 2000～2100K に熱したタングステンの複素屈折率の測定を進めている。また、温度 4500K 以上で発光しているタングステンクラスターの複素屈折率をミー散乱エリプソメトリーで測定する計画である。

4. 参考文献

- 1) 佐藤歩、関根征士、大河正志：光源物性とその応用研究会資料 pp. 74-81 2000
- 2) David W. Lynch and W. R. Hunter: handbook of optical of constants of solids, p. 294, p. 341, p. 356

Measurement of Complex Index of Refraction of Metals by Ellipsometry
 Takuya Sato, Ayumu Sato, Seishi Sekine, Masashi Ohkawa