

イメージング・ミー散乱エリプソメトリによるプラズマ中微粒子の解析

Analysis of Fine Particles in Plasma by Imaging Mie-Scattering Ellipsometry

京都工繊大 ○ 林 康明, 藤田 佑也, 三瓶明希夫

Kyoto Inst. Technol., °Yasuaki Hayashi, Yuya Fujita, Akio Sanpei

E-mail: hayashiy@kit.ac.jp

はじめに プラズマ中に捕捉された微粒子の粒径や形状などを精確に解析することは、微粒子プラズマの物理を解明したり、プラズマ中で生成する微粒子を利用したり除去する制御技術を開発する上で重要である。エリプソメトリは、一般に薄膜での反射によりその膜厚や屈折率を求める方法であるが、同様に、微粒子による光散乱からその粒径や屈折率を精確に評価するミー散乱エリプソメトリ^{1~3)}と言う方法がある。この測定において、光検出器にイメージセンサを用いると、微粒子の位置や動きを捉えながら、粒径の空間分布など、さらに詳しい解析が可能となる⁴⁾。本研究では、プラズマ中に捕捉された微粒子の測定・解析の可能性について調べた。

実験方法 球形で直径 $2.74 \pm 0.09 \mu\text{m}$ のポリマー (ジビニルベンゼン: $n=1.56$) 微粒子を、RF プレーナマグネトロンプラズマ装置内のプラズマ (Ar, 圧力 65Pa, パワー 2W) 中に投入した。微粒子は下部の RF 電極上のプラズマ-シース境界付近に捕捉された。ミー散乱エリプソメトリ測定では、偏光子側に、波長 532nm のレーザー、偏光子 ($P=90^\circ$)、回転波長板、検光子側に、検光子 ($A=45^\circ$)、凸レンズ ($f=25\text{cm}$)、光学フィルター、ビデオカメラ (600 万画素 CMOS イメージセンサ) を用いた。

実験結果 微粒子は、上下二つの領域に分かれて配列した。上部は水平方向に数層の層をなし、下部で鉛直方向に列をなした。上部の各層内の 10 数個分について、Image-J を利用して、波長板回転に伴うイメージセンサ内の光強度変化を測定し、一定の関係式⁴⁾ からエリプソメトリの角度パラメータを求めた。一方、ミー散乱エリプソメトリの計算から角度パラメータを求め、実験結果との比較を行った (Fig.1)。その結果、下の層から順に (L1→L4)、2.765, 2.75, 2.74, $2.70 \mu\text{m}$ であることが分かった。この結果より、 $0.01 \mu\text{m}$ (10nm) の粒径の識別が可能で、また、層毎に極めて細かく粒径 (重量) で分離することが明らかになった。なお、微粒子 (d) は下向き・重力 ($\propto d^3$) と上向き・静電気力 ($\propto d$) の均衡した位置に存在し、その結果、粒径が大きいほど下の層に捕捉されることになる。

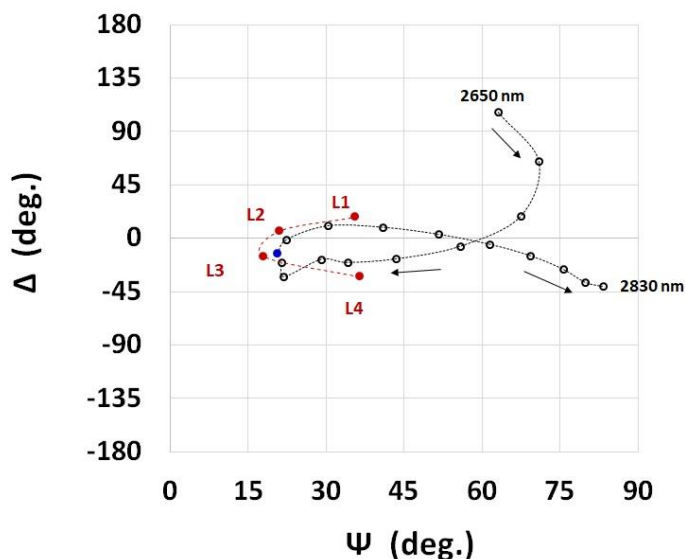


Fig.1 Ellipsometric parameters of measurement (L1-L4, closed circles and dotted line) and calculation (open circles and solid line).

- 1) Y. Hayashi and K. Tachibana: Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) L476.
- 2) Y. Hayashi and K. Tachibana: Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) 4208.
- 3) Y. Hayashi and K. Tachibana: Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) L804.
- 4) Y. Hayashi, M. Kawano, A. Sanpei, and S. Masuzaki: IEEE Trans. Plasma Sci. 44 (2016) 1032.