

24aD23P

レンズアレイを用いたプラズマ中の微粒子の三次元構造計測 Three-dimensional imaging of dusty plasma with lens array

高尾直樹, 三瓶明希夫, 林康明

TAKAO Naoki, SANPEI Akio, HAYASHI Yasuaki

京工大工芸

Kyoto Inst.Tech.

半導体などの作成の際に用いられるプロセスプラズマ中では、プラズマ中に微粒子が発生し問題となっている。そのため微粒子の位置などの立体構造を把握することが重要となるが、プラズマの安定性を考えると、観測する真空容器に多数の窓を取るべきではない。そのため一方向から微粒子の立体構造を把握することが望ましい。

そこで本研究ではインテグラルフォトグラフィの技法を応用して、複数のレンズを通してプラズマ中の微粒子を一方向から撮影し、3次元構造をその1枚の写真からのみで再構成を行った。

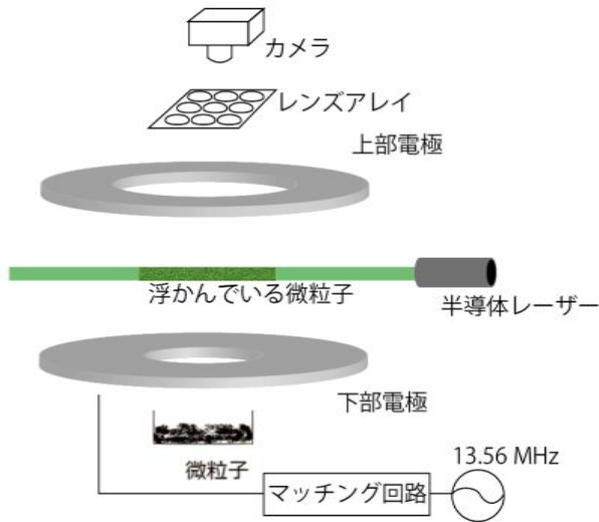


図 1 実験装置

実験では、図 1 のように、まず真空容器の上下に電極を設置し、そこに 13.56MHz の交流電圧を印加した。微粒子はブザーを鳴らすことで下から浮かべ、浮かんだ微粒子を横から 532nm のレーザー光を当てることで見えるようにする。撮影は容器の外側の上部からおこない、レンズアレイを通して撮影する。この装置で実際に撮影した画像の、9 枚のレンズアレイの部分だけを切り出すと図 2 のようになった。

今回はこの撮影画像の 4 個のレンズの部分を用いて、3次元構造の再構成を行った。

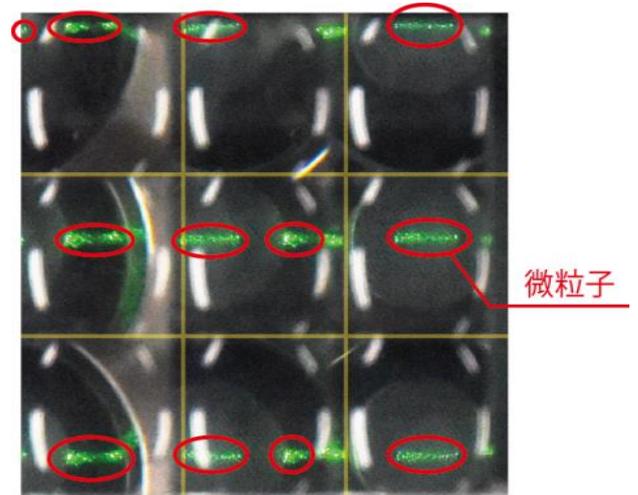


図 2 撮影画像

三次元再構成は、レンズアレイを通してカメラに入る微粒子の光を、逆に光線追跡して求める。プログラム上に仮想的なレンズアレイを用意し、撮影画像の各粒子の点から仮想レンズアレイを通った光線が交わる場所に粒子が存在する。このようにして再構成した結果が以下の図 3 である。赤い点が粒子の位置を示す。

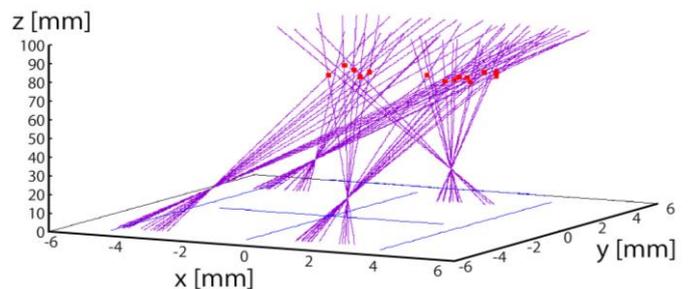


図 3 再構成結果

再構成の結果、本実験で用いたプラズマ中では粒子間距離は 100~200 μm であり、これまでに観測された微粒子の空間構造と同じような結果を得ることができた。今回の計測手法における被写界深度は 6mm であり、誤差は $\pm 10 \mu\text{m}$ となった。この誤差は画素の限界からくるもので、この改善は今後の課題である。解決方法等、詳しくは発表で述べる。