

流れるプラズマにおける電圧印加による転移現象 Characteristic of Transition Phenomenon with Applying Voltage on Flowing Plasma

山家清之, 近藤翔麻, 斎藤豪紀
Kiyoyuki Yambe, Shoma Kondo, Hidetoshi Saito

新潟大学
Niigata University

流れを伴うプラズマの運動は電磁流体力学の式によって記述され、真空容器におけるプラズマでは衝突による影響は少ないものと仮定して、理想状態に近似して考えるのが一般的である。しかしながら、真空容器内のガス圧を数百 Pa 程度に高めていくと、衝突による影響を無視することができなくなり、理想状態とは大きく異なる状態となる。例えば、図 1 に示すような太さの異なる石英管を接続した真空容器において、細い石英管内で生成されたプラズマを太い石英管へ流し込むような状況を作り、数十 Pa のガス圧でプラズマを生成する印加電圧の周波数を変化させた場合、プラズマの発光が突如として変化する現象が確認される。また、各状態においてプラズマの流れる方向にも変化が生じることが確認される。プラズマの発光が弱い場合には、上流及び下流の両方にプラズマが流れる。一方、プラズマの発光が強い場合には、プラズマは下流の一方向のみにプラズマが流れる。したがって、印加電圧周期の変化に伴うプラズマの閉じ込め状態の変化が生じていることが予想される。また、印加電圧の周波

数に対して、プラズマの発光強度の依存性を図 2 に示す。転移する前においては周波数の増加に伴い発光強度は減少していくが、転移直後には大幅に発光強度は増加することから、周波数変化に対して非線形的に発光強度は変化していることが確認される。また、転移した後に周波数を減少させていくと一定期間は発光強度が維持されるが、転移した周波数より低い周波数に至ると、発光強度は急減して元の状態に戻ることが確認される。したがって、この現象は周波数に対してヒステリシスな特性を持つことが確認され、プラズマインピーダンス ($Z = R + j\omega L + 1/j\omega C$; R は実効的な抵抗成分、 L は実効的な誘導成分、 C は実効的な容量成分) におけるリアクタンス成分が周波数の増減に対して変化していることが考えられる。

このように発生する転移現象の周波数は真空容器内のガス圧に対して依存するのでは無く、プラズマの発生に用いるガスの流量に対して依存することが確認される。したがって、流れを伴うプラズマにおいて発生する転移現象であることが考えられる。

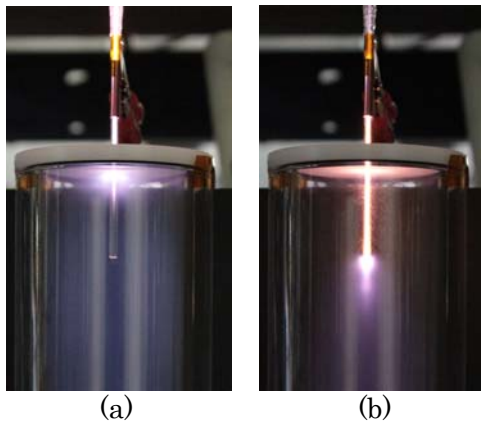


図 1 プラズマ発光の変化の写真
(a) 印加電圧の周波数 12kHz で発光が弱い。
(b) 周波数が 31kHz で発光が強い。

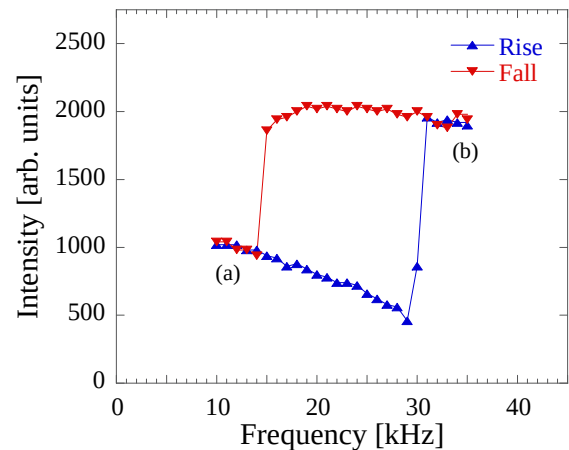


図 2 印加電圧の周波数に対する
プラズマ発光強度の依存性