

外部磁場印加型放電プラズマ導波路の開発

Development of External Magnetic Field Applied Discharge Plasma Waveguide

大澤 慎人, 梶内 裕貴, 澤田 恭兵, 佐々木 徹, 菊池 崇志, 高橋 一匡

Osawa Makito, Kajiuchi Yuki, Sawada Kyohei, Sasaki Toru, Kikuchi Takashi, Takahashi Kazumasa

長岡技術科学大学

Nagaoka University of Technology

次世代のコンパクトな高エネルギー電子ビーム生成方法としてレーザー粒子加速が期待されている。レーザー粒子加速はパルスレーザーとプラズマの相互作用により加速電場を作り出す。加速電場の大きさはレーザー強度に依存するため、プラズマ中を伝搬するレーザーの回折を抑え、レーザー強度を維持する必要がある。その要求を達成するためにプラズマ導波路の利用が従来から考えられている。プラズマ導波路はキャピラリー内で中心軸付近の電子密度が低く、壁面付近の電子密度が高いといった凹型電子密度分布のプラズマが求められる。繰り返し性の観点から、我々はキャピラリー内に満たされたガスプラズマを利用するキャピラリー放電型プラズマ導波路に注目した。この導波路は、直流放電の直後にキャピラリー壁面との熱伝導によって凹型電子密度分布を形成するものであり、凹型電子密度分布は放電電流とキャピラリー径に依存する。本研究はその電子密度分布を決めるパラメータに磁場を追加しようとするものである。そこで、磁場がプラズマ導波路に与える効果を実験的に調べた。

本研究では、磁気圧を利用しプラズマ導波路を制御する。磁気圧 P_m はプラズマ圧力を支えることができる圧力であり、次式で求めることができる。

$$P_m = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (1)$$

印加磁場 B は、(1)よりプラズマの圧力(~48kPa)に等しい磁気圧を発生する 350mT とし、キャピラリー外に巻いたソレノイドコイルによって印加した。RLC 放電回路を利用し、プラズマの時間スケール(~10 μ s)より十分長い半値幅 250 μ s の電流を流すことで時間的に一定とみなせる磁場を作り出した。実験の構成を図 1 に示す。キャピラリーにレーザーを通し、キャピラリー出口のレーザー径及び強度を測定した。上記の測定について磁場を印加しない場合と印加した場合について行い比較した。レーザー強度とレーザー径の時間変化を図 2 に示す。主放電後にレーザー強度が増加し径が小さくなっていることから、いずれの条件

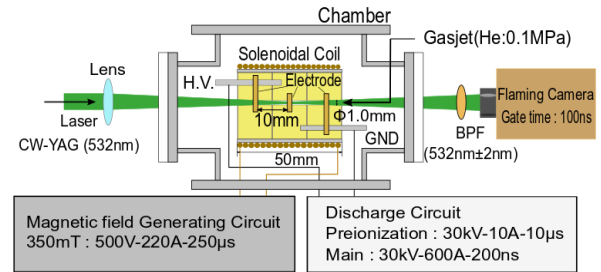


図 1 レーザープロファイルの時間変化を測定する実験の構成

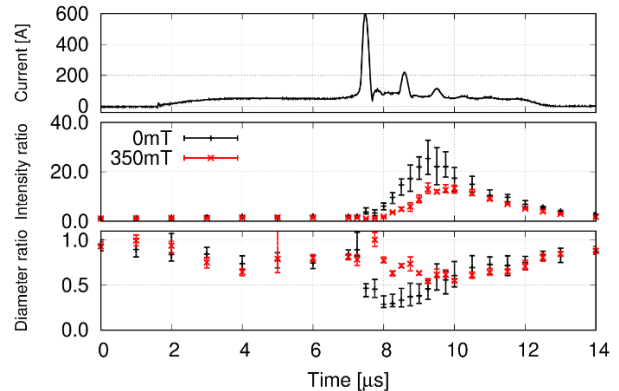


図 2 磁場が 0mT, 350mT の場合にキャピラリーを通過したレーザーの強度と径の時間変化においても凹型電子密度分布が形成されていると考えられる。この実験結果の中で注目すべきはレーザー径の時間変化である。レーザー径の収縮する過程が磁場の有無で異なり、磁場を印加した場合のレーザー径の収縮は磁場を印加しない場合に比べ遅れている。したがって、磁場によってプラズマを保持しようとする力が働き、凹型電子密度分布の形成が遅れたものと考えられる。

本研究はプラズマ導波路を磁場で制御することが目的であり、今回は磁場印加の効果について導波路を通過したレーザーから調べた。その結果、磁場を印加した場合にレーザー径の収縮は遅れて変化が緩やかになった。磁場によって凹型電子密度分布の形成過程が変化し、最大の密度勾配も変化したとみられる。これを利用することで、要求される導波路の維持時間や電子密度分布により柔軟に対応できるようになると考えられる。