直線型 ECR プラズマ装置 NUMBER におけるレーザートムソン散乱計測システムの開発

Development of Laser Thomson Scattering in linear ECR plasma device NUMBER

樋口舜也¹、岡本敦¹、藤田隆明¹、杉本みなみ¹、矢ヶ崎誇楠¹、小池宗生¹ Shunya Higuchi¹, Atsushi Okamoto¹, Takaaki Fujita¹, Minami Sugimoto¹, Konan Yagasaki¹, Muneo Koike¹,

¹ 名大 ¹ Nagoya Univ.

ダイバータ周辺のプラズマにおいて二次電子の放出や乱流輸送が原因で、非等方・非平衡の電子エネルギー分布を持つ可能性が指摘されており、そのようなエネルギー分布を有するプラズマの診断方法が必要である。分光計測における電子速度分布関数の非等方・非平衡性の影響も解明が望まれている。実験装置 NUMBER では、電子サイクロトロン共鳴により電子速度分布に非等方性 $(v_{\parallel} < v_{\perp})$ を有することが期待され、分光計測における影響の解明が計画されている。本講演では、レーザーを磁場に対して斜めに入射させ、散乱光を二か所で測定することにより電子の非等方性を計測する、レーザートムソン散乱計測システムの開発の現状について報告する。

光学系の配置を図1に示す。レーザートムソン散乱計 測で得られる散乱光は微弱なため、受光系の立体角を大 きくとる必要がある。ポートの制約がある NUMBER に おいて集光レンズを真空中に設置することで、プラズマ との距離を限りなく近づける機構を作成し、立体角 0.13 Sr を実現した。コア径 0.23mm, NA0.2 の光ファイバを 1列に15本バンドルし散乱光を集光する。光学系の配置 は、レーザーを磁場に対して80°に入射し、磁場と受光 系の光軸のなす角を 95°(前方散乱)と-85°(後方散乱) とした。前方散乱光からは電子の磁場に対してほぼ平行 な速度分布が得られ、後方散乱光からは磁場に対してほ ぼ垂直な速度分布が得られる。レーザー入出射光学系は、 それぞれブリュースターウィンドウを製作し設置した。 真空容器本体までの伝送管にそれぞれ 3 枚(ϕ 13, ϕ 10, φ4)のバッフル板を設置し、自作のビームダンプも設置 した。レーザーは、繰り返し周波数 10Hz の Nd:YAG レ ーザーの第二高調波(532 nm)を使用し、実測したパルス 幅は6nsであった。

トムソン散乱計測で得られるスペクトルはドップラー効果により広がる。電子温度の違いや散乱光とレーザーの角度の違いによるスペクトルの広がりの変化についても検討した。電子温度が9eV、4eVの時に後方散乱(速度分布の垂直方向成分を反映)と前方散乱(速度分布の平行方向成分を反映)において得られるスペクトルを図2に記す。図2の波長範囲は分光器に接続したICCDの360ピクセルに相当する。4eVにおける後方散乱スペク

トル(赤の点線)の半値幅は 3.48 nm であり、前方散乱スペクトル(赤の実線)の半値幅は 0.46 nm である。同じ電子温度でも、電子速度の垂直成分と平行成分でのスペクトルの半値幅は 10 倍ほどの差がある。分光器の装置幅が 4.2 pix(0.14 nm)であるので、迷光を注意深く除去すれば平行方向温度も測定可能であると考えられる。

本研究は JSPS 科研費補助金(19H01869, 20H01883)による支援を受けた。

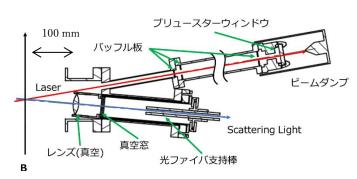


図1 実験装置 NUMBER における磁場、レーザー光学系 (射出側)、受光光学系(前方散乱)の配置図 レーザー入射側と後方散乱は対称なため省略した

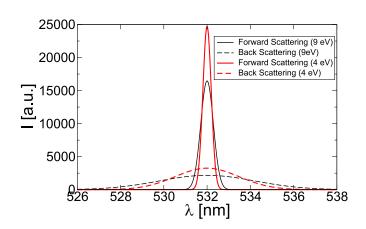


図2 電子温度が9eVの時(黒線)と4eVの時 (赤線)における前方散乱(実線)、および後方散乱 (点線)で得られるスペクトル。