

# 高エネルギー電子による電子バーンシュタイン波の波長変化

竹本卓斗、内島健一朗、中山龍、森川淳二、小川雄一

東京大学 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻

2015年2月20日

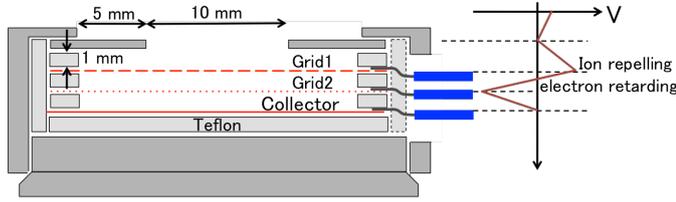


Fig. 1 Schematic of Head of Faraday Cup

## 1 Introduction

高 $\beta$ プラズマのような高密度なプラズマの加熱において、伝搬に密度限界のない電子バーンシュタイン波 (EBW: Electron Bernstein Wave) の利用が期待されている。内部導体装置 Mini-RT では、EBW へのモード変換などの物理を解明するため、EBW の直接観測が行われ、EBW の波長が理論値よりも長くなっている観測結果が得られた [1]。

EBW の波長は、理論的には電子ラーマ半径程度となるため、プラズマ中の高エネルギー電子が強く影響しているのではないかと考えられる。そのため、電子エネルギー分布関数 (EEDF) 計測をシングルプローブ (SP) とファラデーカップ (FC) を用いて行いその結果と実験で得られた EBW の分散関係を比較した。

## 2 Method

SP による EEDF 計測方法は、Druyvesteyn 法が知られており、それを用いた。Druyvesteyn 法では、SP のプローブ電流  $I_p$  をプローブ電位  $V_p$  で二階微分すると EEDF が得られる [2]。

今回作成した EEDF 計測用の FC は、Fig.1 のように 2 つのグリッドおよびコレクタから構成されており、グリッドはそれぞれ、イオン侵入抑制用 (第 1 グリッド)、電子エネルギー弁別用 (第 2 グリッド) である。第 2 グリッドのポテンシャル  $V_2$  を乗り越えられる電子のみがコレクタに到達し、コレクタ電流を  $V_2$  で一階微分することによって EEDF を求めることができる。FC は電子の入射口が一面に限られているため、一方向のエネルギーを計測することになる。

## 3 Results and Discussion

SP と FC によって得られた EEDF の対数プロットを Fig.2 に示す。FC の入射口は磁場に垂直に設置し、電子の磁場に平行な温度  $T_{\parallel}$  を計測している。分布関数がマクスウェル分布に従う部分是对数プロット上で直線となり、その傾きの大きさが温度に反比例する。FC の計測では、 $V_2$  が 0 V より小さくなると、コレクタに到達する電子電流が急激に減少するため、プラズマの空間電位の計測ができていない。そのため、FC の計測における空間電位も同一の実験条件で計測した SP の空間電位としている。FC でも空間

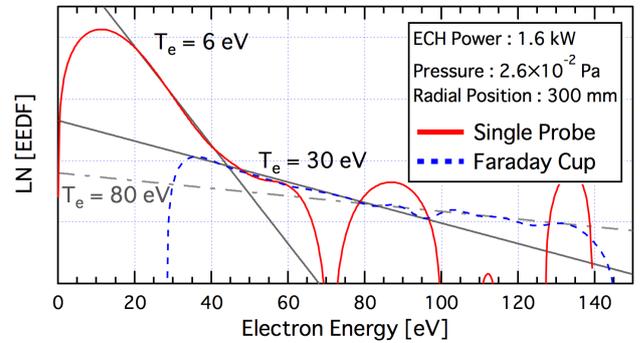


Fig. 2 Electron Energy Distribution

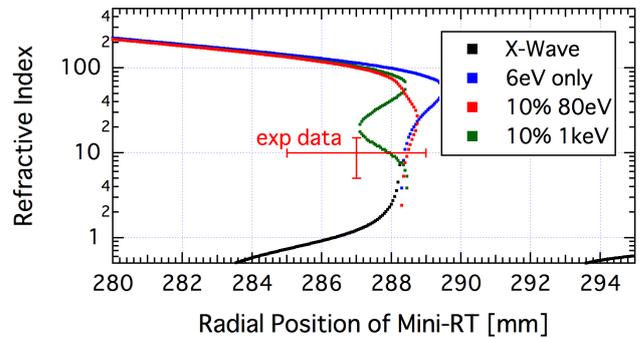


Fig. 3 Dispersion Relation of EBW

電位を計測するためには、コレクタを  $V_2$  よりも高く正にバイアスする必要があると考えられる。グラフから、FC の方は上記の理由によって高エネルギー成分のみを計測しており、SP では計測できていないより高いエネルギー電子が小さいノイズで計測できている。これは、第 1 グリッドがイオンの影響を小さくしているからであると考えられる。

SP と FC の計測から 80 eV 程度の高エネルギー成分が、全体の 10% 程度存在することが確認できる。その場合と、6 eV のバルク成分のみが存在する場合の EBW の分散関係を Fig.3 に示す。80 eV が 10% 程度加わると、EBW の波長が実験で観測した波長に近づくことが分かるが、一致するためには、1 keV 程度の高エネルギー電子が存在している必要がある。

EBW の波長に主に影響を与えるのは電子の磁場に垂直方向の温度  $T_{\perp}$  であるが、今回 FC で計測できているのは平行方向の温度  $T_{\parallel}$  である。プラズマが ECH で生成されていることを考慮すると、 $T_{\perp}$  には  $T_{\parallel}$  より高エネルギーの電子が存在していることが期待される。今後  $T_{\perp}$  を計測するための FC を設計し、計測する予定である。

[1] K.Uchijima *et al.*, J.Plasma Fusion Res. **6**, 2401122, (2011).

[2] H.Amemiya *et al.*, J.Plasma Fusion Res. **81**, 482, (2005).