

衝突合体生成による FRC 生成時の真空紫外ボロメータ計測

Development of a bolometer for vacuum ultraviolet bremsstrahlung measurements in a collisional merging FRC

○松本琢誠¹, 関太一², 小林大地³, 長山好夫³, 高橋努³, 浅井朋彦³

*Takumi Matsumoto¹, Yuri Saitou¹, Taichi Seki², Daichi Kobayashi³, Yoshio Nagayama³, Tsutomu Takahashi³, Tomohiko Asai³

Abstract: In the FAT-CM device at Nihon University, a field-reversed configuration (FRC) plasma is formed and collided using the field-reversed theta pinch method and translation techniques. To observe the electron heating during the collision and merging processes, the bremsstrahlung will be measured by using a bolometer consisting of a photodiode array. This measurement aims to enhance our understanding of energy transfer during the FRC merging process.

1. 背景・目的

日本大学の FAT-CM 装置^[1]では、磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration: FRC) プラズマ様の磁化プラズマモードを衝突・合体させ、単一の FRC を生成する実験を行っている。衝突合体生成過程において、プラズマ体積の増加や加熱などが観測された。本研究では、合体過程における電子加熱の有無を検証するため、波長感度を真空紫外領域程度に限定したボロメータを設置し、制動放射光の計測を行う。その強度と電子密度の比較から電子温度に依存した信号の観測を試みる。

2. 計測原理

プラズマからの制動放射光の強度 $I(\lambda)$ は、以下の式 (1) で記述できる^[2]。

$$I(\lambda)d\lambda \propto n_e^2 Z_{eff} T_e^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{hc}{\lambda T_e}\right) \bar{g}_s d\lambda \quad (1)$$

ここで、 λ は制動放射光の波長、 n_e は電子の密度、 Z_{eff} は実効電荷数、 T_e は電子の温度、 h はプランク定数、 c は光速、そして \bar{g}_s はガウント因子を指す。式(1)を用いて計算した制動放射光の強度の温度 T_e に対する依

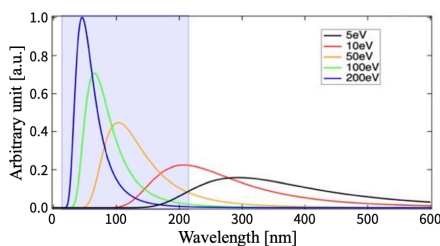


Fig. 1 Dependence of bremsstrahlung distribution on electron temperature^[3]

存性を Fig. 1 に示す。FAT-CM 装置で生成される FRC プラズマの電子温度は約 50 eV のため、真空紫外領域での計測が望ましいと考える。

3. ボロメータ計測

ボロメータは、Fig. 2 に示すようにピンホールとフォトダイオードから構成され、FRC プラズマのトロイダル断面を計測する。フォトダイオードは衝突合体過程 (20–30 μs) に対し、十分な応答時間 (0.5μs) を有しており、また、真空紫外領域から近赤外領域まで感度を持つ。真空紫外領域の制動放射光のみを計測し、可視光領域では放電ガスや不純物の線スペクトルの遮蔽するため、軟 X 線から真空紫外領域までの光を透過するベリリウムフィルム (12.5 μm 厚) をフィルタとしてピンホールの直後に設置した。感度領域を限定したことで、信号強度が低下するため、信号の増幅回路とノイズ低減のためのシールドを施した。

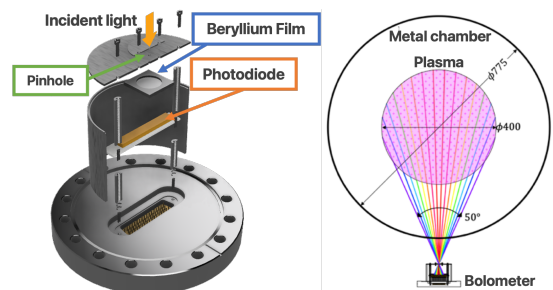


Fig. 2 Configuration of the bolometer with beryllium film^[3]

参考文献

[1] T. Asai, *et al.* : “Observation of self-organized FRC formation in a collisional-merging experiment”, Nuclear Fusion, Vol.61, 096032, 2021.
 [2] T. Takahashi, *et al.* : “Multichannel optical diagnostic system for field-reversed configuration plasmas”, Rev. Sci. Instrum, Vol.75, 5205, 2004.
 [3] 星野ともか:「衝突合体生成 FRC におけるボロメータ計測」, 日本大学大学院理工学研究科修士論文, 2020.