

03Dp04

ITERファーストプラズマに向けたジャイロトロン性能確認試験の進展 Progress on Factory Acceptance Test of ITER Gyrotrons for First Plasma

新屋貴浩、池田亮介、梶原健、矢嶋悟、中井拓、大胡武、小林貴之、山崎響、高橋幸司
Takahiro Shinya, Ryosuke Ikeda, Ken Kajiwara, Satoru Yajima, Taku Nakai, Takeru Ohgo,
Takayuki Kobayashi, Hibiki Yamazaki, Koji Takahashi

量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所 (QST)

2025年に実施予定のITERファーストプラズマでは、全24基のうち8基のジャイロトロンが先行して据え付けられ、合計8MWの大電力ミリ波を入射してプラズマの着火及び加熱を行う。QSTが担当するITERジャイロトロン8基のうち4基がITERファーストプラズマに用いられる予定であり、そのマイルストーン達成に向けて計画的に性能確認試験(FAT)を実施している。FATの主な試験検査要件は、発振周波数 170 ± 0.3 GHz、定常出力1MW以上、発振時間300秒、効率50%以上である。これまでに2基のITERジャイロトロンにおいてFATが実施され、全ての試験検査要件を満たす結果が得られた。今回、新たに3基目のFATが終了し、4基目の調整試験を開始したところである。

FATを実施する前に、まずはエージング、発振調整を行う。エージングでは、短パルス、低出力でジャイロトロン内壁に吸着したガスを少しずつ排気する。大量にガス出しをするとアーク等で機器を損傷する恐れがあるため、慎重にパルス幅、出力を上げていった。長パルス運転では、電子銃のエミッションクーリングでビーム電流が減少して出力が低下するのを防ぐため、電子銃のヒーター電圧を予め設定した波形で時間制御した(図1(a))。また、発振の途中で共振空洞に印加する外部磁場を数十mT下げることで、難発振領域と呼ばれる高効率発振に移行した。以上のような調整を行うことで、ジャイロトロンの性能が最大限引き出されるパラメータを試験的に探した。3基目のエージング、発振調整が完了し、FATを開始した。発振周波数169.91GHz、定常出力1MW以上、発振時間300秒、効率約50%の結果が得られ、上記の要求を満たした(図1(b))。4基目の発振調整では、定常出力1MW以上、発振時間300秒が得られており、初期結果としては良好である。発振調整が完了した後、FATに移行する。

ジャイロトロンの試験と併せて、準光学整合器(MOU)の性能試験を行った(図2)。MOUは、2

枚のミラー角度を調整することでジャイロトロンから出力される高周波ビームをHE₁₁モード用コルゲート導波管に結合させるためのものである。今回用いたMOUは、ITER側で設計変更された導波管(内径:63.5→50mm)に適合するように設計された。MOU出口側で測定された高周波ビームの強度分布を解析した結果、HE₁₁モードの割合が要求値である95%以上を占めていることがわかった。以上のように、ITERファーストプラズマに向けて、順調に試験が進められている。

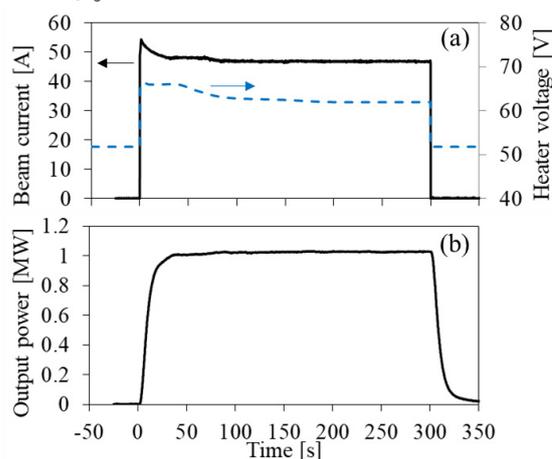


図1 3基目ジャイロトロンの1MW、300秒発振波形。a)ビーム電流(実践)とヒーター電圧(破線)、b)出力(出力側の水温上昇から求めた電力のため数十秒の時定数がある)。

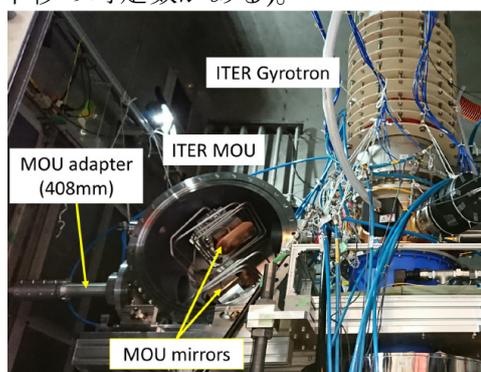


図2 3基目ジャイロトロンと50mm導波管用MOU。ミラーが見えるように蓋を開けた状態。