05aC04

ITER 電子サイクロトロン波加熱・電流駆動用 170 GHz / 1MWジャイロトロン開発の進展

Progress in 170 GHz / 1 MW gyrotoron development for ITER ECH / ECCD system

池田 亮介，梶原 健，小田 靖久，高橋 幸司，青木 貴志，
大島 克己，坪田 直明，小林 貴之，森山 伸一，坂本 慶司
R. IKEDA, K. KAJIWARA, Y. ODA, K. TAKAHASHI, T. AOKI, K. OHSHIMA,
N. TSUBOTA, T. KOBAYASHI, S. MORIYAMA and K. SAKAMOTO

原子力機構
JAEA

ITERでは，24本の170 GHz / 1 MWジャイロトロンにより20 MWの電子サクロトロン波加熱・電流駆動システムを構築する．日本原子力研究開発機構では，8本の調達に向けて開発を進めている．これまで$TE_{31,8}$モードを用いたジャイロトロンにおいて，発振出力/発振時間/総合効率が1 MW / 800 s/ 55 % [1]，0.8 MW/ 3600 s/ 57 % [2]を実証し，ITERの要求性能を実現してきた．しかし，将来的に1 MWを十分に超える性能を有するジャイロトロンを実現していくに当たり，$TE_{31,8}$モードでは空胴共振器における熱負荷の増大が懸念される．その為，空胴径を広げ，より高次数の発振モードを採用することで熱負荷の低減が目指している．

現在開発中のジャイロトロンの発振モードは$TE_{31,11}$モードを採用し，空胴径は20.87 mmと$TE_{31,8}$モードの17.9 mmから拡大している．空胴共振器における最適ビーム半径は$TE_{31,8}$モードと同じく9.13 mmである為，従来と同じ形状の三極管型電子銃を装備する．この発振モードの利点は熱負荷の低減だけでなく，$TE_{25,9}$モードにて137 GHz，$TE_{19,7}$モードにて104 GHzの発振が170 GHz発振とほぼ同じ放射角度で厚さ1.853 mmのダイヤモンド窓を無反射で抜けることが出来る為，多周波数ジャイロトロンとしての特徴を有す[3]．本ジャイロトロンでは，モード変換器を170 GHz発振に最適化を施しているが，図1に示すようにどのモードにおいても窓中心を円形のビームが通り抜けていることが分かる．現在，170 GHz発振を中心に動作試験を進めており，2秒発振試験ではビーム電圧80 kV，ビーム電流56 Aの条件にて発振出力1.2 MW，発振効率27 %，総合効率43 %を得ている．長パルス試験においては，現在のところ発振出力/発振時間/総合効率 870 kW/ 100 s/ 41 %を得ている．

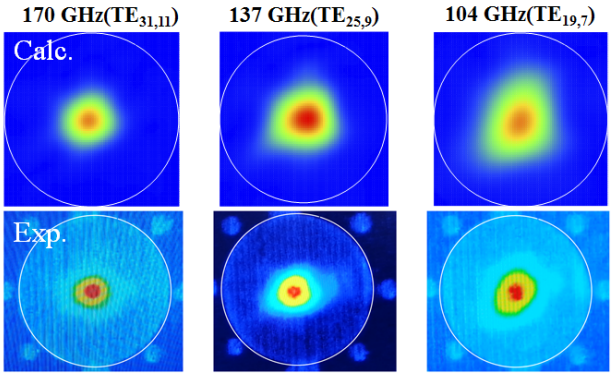

図1 各発振周波数におけるモードパターンの計算(上)と計測(下)の比較.

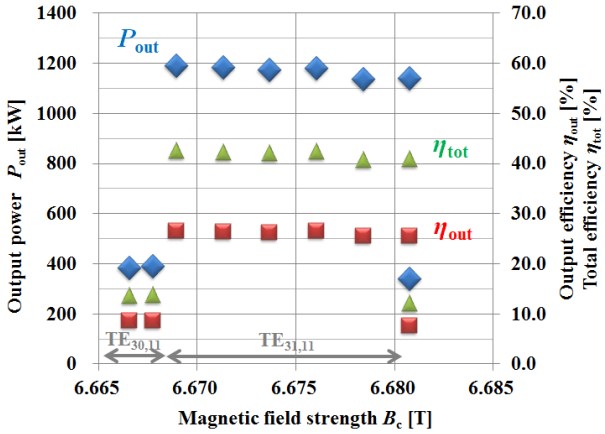

図 2　2 秒発振における磁場強度に対する発振出力，発振効率，総合効率.

[1] A. Kasugai, *et al.*, “Steady-state operation of 170 GHz-1 MW gyrotron for ITER,” Nuclear Fusion **48**, 054009 (2008).
[2] K. Sakamoto, et al., “Progress of high power 170 GHz gyrotron in JAEA,” Nuclear Fusion **49**, 095019 (2009).
[3] K. Kajiwara, *et al.*, “Development of Dual-frequency Gyrotron with Triode Magnetron Injection Gun,” Appl. Phys. Express **4**, 126001 (2011).