

複数周波数大電力ジャイロトロン開発の進展 Progress in Development of Multi-Frequency High-Power Gyrotron

池田亮介, 小田靖久, 小林貴之, 梶原健, 高橋幸司, 森山伸一, 坂本慶司
IKEDA Ryosuke, ODA Yasuhisa, KOBAYASHI Takayuki, KAJIWARA Ken,
TAKAHASHI Koji, MORIYAMA Shinichi and SAKAMOTO Keishi

量研機構
QST

量研機構では, ITER用170GHz大電力ジャイロトロンの開発を進めている. 本ジャイロトロンの主設計発振モードは $TE_{31,11}$ を採用し, 1MW以上の高出力化を進めている. この $TE_{31,11}$ モードは, 特殊なモード群に含まれており, $TE_{19,7}$ - $TE_{25,9}$ - $TE_{31,11}$ - $TE_{37,13}$ - $TE_{43,15}$ -...のモードコンバータにおける放射角度の差異が 1° 以下となるため, これらのモードの発振周波数104GHz/137GHz/170GHz/203GHz/236GHzにおいてほぼ同一方向性のビームを放射する. 加えて, ダイヤモンド窓の厚み(1.853mm)により, 窓内半波長の整数倍に近接することで, これらの周波数ビームがほぼ無反射で透過する. この特性により, 日本のITERジャイロトロンは複数周波数発振に極めて適している.

$TE_{31,11}$ モードによる170GHz発振の性能は, 現在までに1MWにて300秒までの連続発振を実現し, 1.2MWの高出力化試験では5秒まで実証している. 現在, 実機ジャイロトロンの製作が進められている. 低周波数の104GHz発振では1MW/2秒や0.9MW/5秒, 137GHzでは1MW/6秒までの性能を現在まで達成している. 新たに, 次世代周波数である203GHz発振試験を開始している. これまでに0.9MWの高出力発振を実証し, 0.4MW出力にて5秒までの長パルス試験を行った. 現在, 1MWの長パルス発振試験に向けて準備を進めている. 図1に, 4周波数ビームの測定ビームパターン形状とこれまでに達成した4周波数発振における発振時間に対するジャイロトン出力を示す.

現時点では直接実験を行うことは出来ないため, $TE_{43,15}$ モードによる236GHz発振の期待される性能評価を行った. 図2(a)に出力窓におけるビームパターンを示す. 2mm程の中心からのズレはあるものの, 調整により修正可能なレベルである. 空洞共振器内部での発振出力と発振効率のビーム電流に対する特性を図2(b)に示している. 計算条件は, ビーム加速電圧72kV,

電子回転速度比1.2とし, 発振磁場強度はビーム電流毎に最適値を評価している($\sim 9.29T$). ビーム電流に対して発振出力はほぼ線形であり, 発振効率は40%に達する. 空洞共振器の熱負荷限界($2kW/cm^2$)により低周波数に比べて発振出力は低下するが, ITERジャイロトロンの空洞共振器設計でも1MWの発振出力が期待できる.

以上のように, 単一のジャイロトロンにて, 大型実験装置から核融合原型炉級の周波数に対して高い適応性を有している.

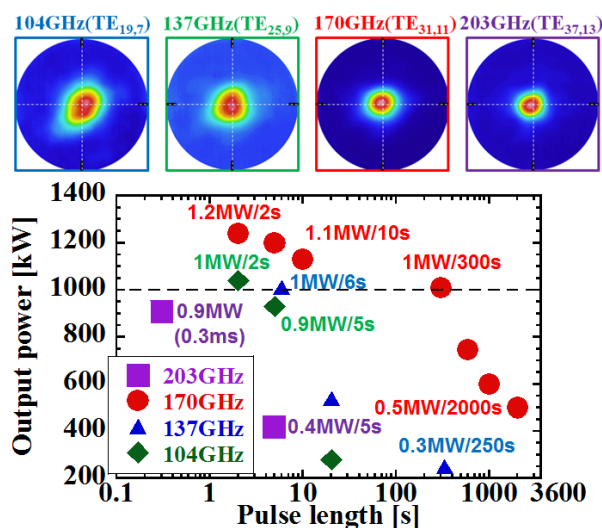


図1 ITERジャイロトロンによる4周波数発振の達成した発振時間とジャイロトン出力.

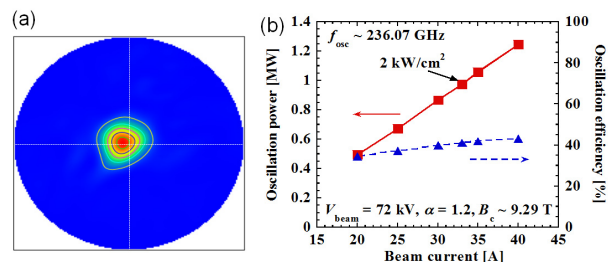


図2 ITERジャイロトロンによる236GHz発振の設計性能.