

# ECH/E BW共同研究用14、28、35GHzジャイロトロンの開発 Development of 14, 28 and 35GHz Gyrotrons for ECH/EBW Collaborative Research

假家強<sup>1</sup>, 江口濯<sup>1</sup>, 今井剛<sup>1</sup>, 南龍太郎<sup>1</sup>, 沼倉友晴<sup>1</sup>, 加藤敬輝<sup>1</sup>,  
出射浩<sup>2</sup>, 関子秀樹<sup>2</sup>, 花田和明<sup>2</sup>, 坂本慶司<sup>3</sup>

KARIYA Tsuyoshi<sup>1</sup>, EGUCHI Taku<sup>1</sup>, IMAI Tsuyoshi<sup>1</sup>, MINAMI Ryutaro<sup>1</sup>,  
NUMAKURA Tomoharu<sup>1</sup>, KATO Takaki<sup>1</sup>, IDEI Hiroshi<sup>2</sup>, ZUSHI Hideki<sup>2</sup>,  
HANADA Kazuaki<sup>2</sup>, SAKAMOTO Keishi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大プラ研, <sup>2</sup>九大応力研, <sup>3</sup>原子力機構  
<sup>1</sup>PRC, Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup>AFRC, RIAM Kyushu Univ., <sup>3</sup>JAEA

筑波大学プラズマ研究センターのGAMMA10では、ダイバータ模擬実験において、ジャイロトロンによるEC加熱電力に比例した、高い熱流束がえられており、28GHz-2MW-数秒のジャイロトロンを開発を進める予定である。一方、双方向型共同研究に基づき、筑波大学の既設28GHz-1MWジャイロトロンを九州大学のQUESTに移設し、350kW-1s、270kW-1.7s等の入射によりプラズマ立上/電流駆動実験を行った結果、大幅なプラズマパラメータの改善がなされた。今後、EBW加熱を中心に実験が進められる予定であり、28GHz-500kW-CWジャイロトロンが必要とされている。更にプリンストン大学のNSTX-Uでは28GHz-1.5~2MW-数秒、京都大学のHeliotron Jでは35GHz-1MW-1sのジャイロトロンが求められている。これらの条件を1つのジャイロトロンで満たせば共同研究において非常に有用であるため、28/35GHz 2周波数ジャイロトロンを開発を開始した。

まず、既設28GHz-1MWジャイロトロンの中洞共振器において2周波数動作を行えるか検討を行った。発振モードは28GHz-TE<sub>8,3</sub>と35.45GHz-TE<sub>9,5</sub>となり、計算シミュレーションでは、両周波数ともに1MW以上で発振が可能であるが、モード変換器内の反射角(3.17°)の違いによる伝送損失のため、35GHzでは発振電力の70%程度の窓出力しか得られないことが分かった。既設ジャイロトロンは、2011年度までに、短パルスで1MW、長パルスで0.6MW-2sの動作を確認している(筑波大学試験電源の限界)。さらなる高出力化と28/35GHzの2周波数出力を目的に既設ジャイロトロンを改良を行った。大電流領域での効率改善を目指し、電子銃設計変更、

28GHzと35GHzの両方の周波数に対し整合をとるための出力窓サファイアの厚み変更を行った。図1に改造後の出力/効率のビーム電流依存性を示す。改造の結果、ビーム電流40~50Aでの発振効率の低下、出力の飽和傾向が改善され、V<sub>k</sub>=80kV、I<sub>k</sub>=50Aで出力1.25MWを達成した。

35GHz発振試験を実施し、計算結果との比較検討を行った。窓位置で測定した出力RFビームのバーンパターンは、モード変換器内の放射角の違いにより窓中心より水平方向に~15mm横にずれており、計算結果と一致した。空胴周波数計で測定した周波数は35.46GHzであった。図2に35GHz出力と出力効率のビーム電流依存性を示す。ビーム電流I<sub>k</sub>=44.5Aで、出力P<sub>o</sub>=869kWが得られた。出力効率は23~25%となった。伝送損失の70%を考慮すると、35.45GHz-TE<sub>9,5</sub>モードの中洞発振が、発振電力1.24MW、発振効率36%で得られたことになり、計算結果と大きな違いが無いことが確認された。この結果は、設計の妥当性を示すものであり、現在、28GHz-TE<sub>8,5</sub>モードと35GHz-TE<sub>10,6</sub>モードの組合せで、2周波数ジャイロトロン設計を進めている。

更に今後の展開としてGAMMA 10 セントラル部ミッドプレーンでのECHや、QUEST磁場を考慮したEBW実験用として14GHzジャイロトロン設計も開始した。

(本研究は、双方向型共同研究(NIFS13KUGM080, NIFS11KUGM050)による)

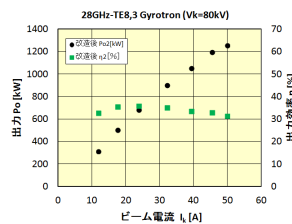


図1 28GHz発振試験

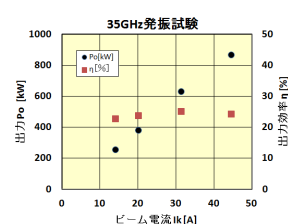


図2 35GHz発振試験