

28 GHz/35 GHz 2周波数ジャイロトロンの開発に於ける空洞共振器設計の最適化 Cavity Design of 28 GHz/ 35 GHz Dual - Frequency Gyrotron

加藤敬輝¹, 假家強¹, 今井剛¹, 南龍太郎¹, 沼倉友晴¹, 江口渥¹, 河原崎遼¹, 中澤和寛¹, 南斎宏駿¹,
佐藤文哉¹, 上原真¹, 坂本慶司², 市村真¹

KATO Takaki¹, KARIYA Tsuyoshi¹, IMAI Tsuyoshi¹, MINAMI Ryutaro¹, NUMAKURA
Tomoharu¹, SAKAMOTO Keishi², ICHIMURA Makoto¹ et.al

筑波大学プラズマ研究センター¹, 日本原子力研究開発機構²

Plasma Research Center, University of Tsukuba¹, JAEA²

筑波大学プラズマ研究センターではECRH(電子サイクロトロン共鳴加熱)用のマイクロ波源として大電力ジャイロトロンの開発を行っている。近年、Kaバンド域でのジャイロトロンが様々な研究機関で必要とされており、具体的には、筑波大学のGAMMA 10、米国のプリンストン大学のNSTX-Uでは28 GHz-1~2 MW-数秒、九州大学のQUESTでは28 GHz-0.4 MW-CW、京都大学のHeliotron Jでは35 GHz-1 MW-0.5 sというパラメータが必要とされている。GAMMA 10、NSTX-U、QUEST、Heliotron Jで共用可能なジャイロトロンを開発できれば、非常に効率的に共同実験が行えることから、28 GHz/35 GHzの2周波数で発振可能なジャイロトロンの開発を開始した。

初めに既存の1 MW ジャイロトロンの共振器(TE_{8,3}モード)において35 GHzの発振が可能であるかを検討した。既存の共振器半径においてTE_{9,4}モードで35.45 GHzの発振が可能であり、数値計算によりMW以上の発振が得られた。しかし、28 GHzと35 GHzではモード変換器出口での放射角が15°程度の違いがあるため、35 GHzでは出力窓で発振電力の70%程度の出力となり、高効率での動作が困難であることがわかった[1]。このため、新たなモード選択と共振器の設計、それに合わせたモード変換器の設計が必要になった。

新たなモードは同じ共振器半径にて2周波数間でモード変換器出口での放射角が同じになるようモードを選んだ。その結果、共振器半径を41.92 mmで28 GHzではTE_{8,5}、34.77GHzではTE_{10,6}と決定した。このモードの組み合わせだと、放射角の差が0.6°程度であり、高効率での動作が見込める。このモードで伝送効率を上昇させるようモード変換器の設計を行った。図1と2にモード変換器軸上から6 cmでの放射電場分布を示す。両周波数に対し、高効率発振が可能となるよう、計算コードを用いて共振器の設計を行った。その結果、数値計算より28 GHzでは2 MWの出力で発振効率40%、34.77 GHzでは1MWの出力で発振効率35%の発振が得られ、現在最適化を進めている。本発表では28 GHz/35 GHz 2周波数ジャイロトロンの共振器の設計についての最新の研究結果について報告する。(本研究は、双方向型共同研究(NIFS13KUGMO80, NIFS11KUGMO50)による)

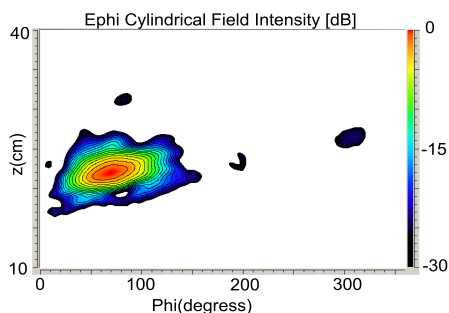


図 1: 28 GHz での放射電場分布

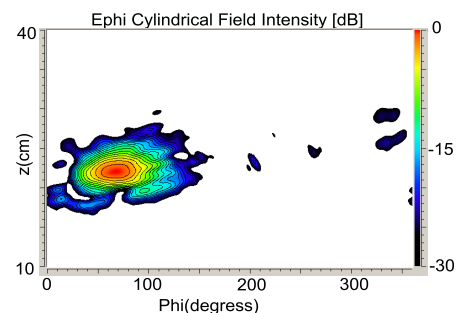


図 2: 35 GHz での放射電場分布

[1] T. Eguchi et al., Fusion Sci. Tech. 63, 1T, 280 (2013).