

LHDにおけるECH用154GHz-1MWジャイロトロンの開発

Development of 154 GHz 1 MW Gyrotron for ECH of LHD

假家強¹, 南龍太郎¹, 今井剛¹, 沼倉友晴¹, 遠藤洋一¹, 下妻隆², 久保伸², 吉村泰夫²,
高橋裕己², 伊藤哲², 武藤敬², 中林英隆¹, 江口濯¹, 満仲義加³, 坂本慶司⁴
Tsuyoshi KARIYA¹, Ryutaro MINAMI¹, Tsuyoshi IMAI¹, Tomoharu NUMAKURA¹,
Yoichi ENDO¹, Takashi SHIMOZUMA², Shin KUBO², Yasuo YOSHIMURA²,
Hiromi TAKAHASHI², Satoshi ITO², Takashi MUTOH², Hidetaka NAKABAYASHI¹,
Taku EGUCHI¹, Yoshika MITSUNAKA³, Keishi SAKAMOTO⁴

¹筑波大プラ研, ²核融合研, ³東芝電子管, ⁴原子力機構
¹PRC, Univ. of Tsukuba, ²NIFS, ³TETD, ⁴JAEA

核融合科学研究所(NIFS)と筑波大学プラズマ研究センター(PRC)の共同研究として、NIFSのLHD装置におけるECH用としてMW級ジャイロトロンの開発を行っている。2006年度より77GHzジャイロトロンの開発を開始し、これまでに1.9MW-0.1秒、0.22MW-75分等を達成した。また、LHDプラズマへの3.4MW入射や電子温度20eVの達成等、LHD実験に大きく貢献している[1, 2, 3]。

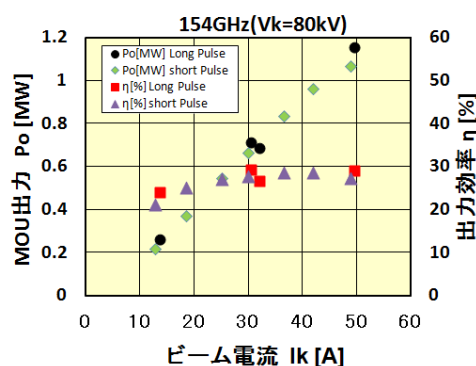
ジャイロトン開発の次のステップとして、LHDの第2高調波加熱用154GHz-1MWジャイロトロンの設計を行い、1号管の初期性能試験結果を得たので報告する。

154GHzジャイロトロンの設計動作目標は、出力1MWで5秒以上、0.3MWでCWである。電子銃は3極型MIGで、77GHzジャイロトンと同一形状のカソードを採用し、部品の共有化を図った。MIGコードによる設計で、ビーム電圧 $V_k=80\text{kV}$ 、アノード電圧 $V_{ak}=36\text{kV}$ において、ピッチファクタ $\alpha=1.1$ 、 α の分散=4%の良好なラミナー性をもった電子ビームが得られた。空洞発振モードは $TE_{28,8}$ モードで、ビーム電流 $I_k=50\text{A}$ 、 $V_k=80\text{kV}$ 、 $\alpha=1.1$ で、発振電力1.33MW、発振効率33.3%である。空洞共振器の熱負荷は1MW発振時 1.0 kW/cm^2 であり、CW動作も可能な値である。モード変換器からダイヤモンド窓までの伝送効率は97.6%、2枚の位相補正鏡よりなる整合器(MOU)を介した後、コルゲート導波管に結合される総合効率は97.1%である。コレクタは、熱負荷を分散させるためのコレクタ・コイルを具備した電位降下(CPD)型であり、2.8MWの電子ビーム入力に対しCPD電圧25kV印加した場合の平均熱負荷は 0.42 kW/cm^2 以下であり、CW動作が可能である。

設計に基づき1号管を製作し、PRCの試験装

置で短パルス性能試験を行い、NIFSの実機装置で短パルス動作試験、長パルスの初期試験を行った。図1にビーム電流に対する出力と効率の依存性を示す。図中、●は長パルス動作時の出力、■は長パルス時の出力効率である。 $V_k=80\text{kV}$ 、 $I_k=49.6\text{A}$ で最大効率1.15MW、効率29.1%(CPDを考慮した総合効率は38.8%)を得た。MOUの透過率は $\sim 100\%$ で、副窓やDCブレークから漏れ出すストレーRF電力の測定より、ジャイロトン内の伝送損失率は最小で2.4%と見積もられた。長パルス動作では、0.7MW-1秒、1.15MW-0.2秒まで特に問題の無いことを確認した。現在LHD実験と並行して長パルス化エージングを進めており、LHDプラズマ実験へ適用予定である。

(本研究は、NIFSと筑波大学における“ジャイロトン技術開発共同研究(COD23070)”双方向型共同研究(NIFS11KUGM050, NIFS11KUGM051)“による。)



- [1] 下妻隆 他、“LHDにおけるマルチメガワットジャイロトンシステムの構築と高電子温度領域の拡大”、第27回プラズマ・核融合学会年回招待講演(2010) 03aA01
- [2] T. Kariya, et al., J. Infrared Millim. Waves 32 (2011) 295-310.
- [3] T. Mutoh, et al., Proc. of 21st International Toki Conf. (2011) PL-1.