

DEMO用240 GHzジャイロトロンの試設計 Trial Design of a 240 GHz Gyrotron for DEMO

本吉郁哉, 假家強, 南龍太郎, 今井剛, 沼倉友晴, 岡田麻希, 中嶋洋輔
MOTOYOSHI Fumiya, KARIYA Tsuyoshi, MINAMI Ryutaro, IMAI Tsuyoshi,
NUMAKURA Tomoharu, OKADA Maki, NAKASHIMA Yousuke

筑波大プラ研
PRC, Univ. of Tsukuba

現在、国際的協力の下、国際熱核融合実験炉ITERが建設中であるが、並行して、核融合発電に向けた原型炉DEMOの検討も進められている。DEMOでは高磁場中の高密度プラズマに対して電子サイクロトロン加熱や電流駆動を行う必要があり、200~240 GHzの周波数で出力2 MW、連続動作可能なジャイロトロンが必要とされている。

ジャイロトロンはMWレベルの10~数百GHzの電磁波を発振可能な大電力高周波源である。ジャイロトロンは主に、熱電子を加速し電子ビームを形成する電子銃、電子銃から射出された電子と電場の相互作用により電磁波を発振させる空洞共振器、空洞共振器で発振された円形導波管モード電磁波を伝送が容易なガウシアン型ビームへ変換する放射器、ジャイロトロン内を真空に保持するとともに、大電力電磁波を取り出す出力窓、空洞共振器で相互作用を終えた電子を捕集するコレクタからなる。

空洞共振器は一樣径部の両端にテーパ構造を持つ単一円筒型であり、発振モードがカットオフになるよう電子ビームの入口側の径を小さくし、出口側をなめらかに大きくなる構造にすることで共振器を形成し、出口側のみから発振電磁波電力が取り出される。空洞共振器で発振する電磁波の周波数は発振モードと一樣径部の半径によって決まる。大電力ジャイロトロンの放射器の多くは円筒状のテーパ形状を持ち、壁面を山谷形状にすることで伝播する電磁波の位相制御を行い直線偏波のガウシアンビームへ変換するディンプル型が用いられている。

今回、DEMOでの使用が可能な240 GHzジャイロトロンの放射器と空洞共振器の試設計を開始した。空洞共振器の発振モードは、周波数の2.5乗に比例して増加する空洞共振器の熱負荷を下げるため、高次のモードであるTE_{32,18}モ

ードを採用した。

放射器の設計にはCCR(Calabazas Creek Research)で開発された放射器計算コードSurf3d[1]を用いている。Surf3dは入力した放射器の初期半径や全長などのパラメータに対して放射電場のガウシアン成分が増加するように放射器壁面の形状を最適化する。図1に初期半径2.06 cm、全長15.75 cmの最適化された放射器から5 cmの位置での放射電場分布を示す。サイドローブはほとんど無く、ガウシアン成分の割合は99.85 %と良好な放射分布が得られている。

空洞共振器の設計では電信方程式と電子ビームの相対論的運動方程式を連立して解くことで発振効率や出力を求める計算コード[2]を用いた。周波数240 GHz、TE_{32,18}モードの空洞共振器の一樣径部の半径は1.97 cmである。現在、空洞共振器の最適化設計を進めているところであり、最新の成果を報告する予定である。

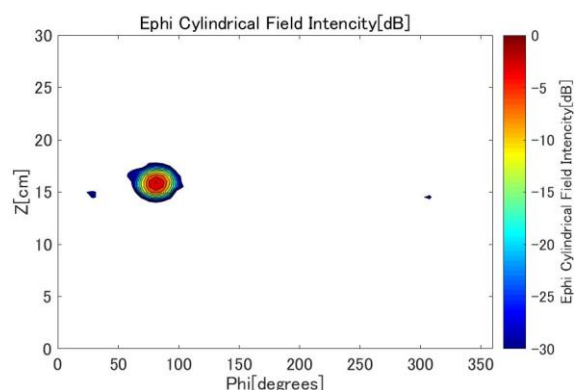


図1 放射器から5 cmの位置での放射電界分布
(Phiは方位角方向位置、Zは軸方向位置)

[1]J. Neilson, IEEE Transactions on plasma science. 34, 3 (2006)

[2]T. Numakura *et al.*, Trans. Fusion Tech. 63, 295 (2013)