

ガンマ 10 における高出力ジャイロトロンの導入による高電位形成

遠藤洋一

筑波大学プラズマ研究センター
〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

プラズマ研究センターでは、タンデムミラー型実験装置ガンマ 10 (図 1) を用いて、プラズマ閉じ込めの実験をしています。直線円筒型のミラー磁場コイルによる閉じ込めだけでは、装置の両端からプラズマの損失があります。その為、ガンマ 10 では、電子サイクロトロン共鳴加熱 (ECRH) によって、装置両端に電位の壁を形成し、プラズマの損失を抑え、閉じ込めの改善を行っています。電子加熱の装置として、ジャイロトロンという電子管を用いています。今年度、高出力のジャイロトロンを導入する事により、従来に比べ、より高い電位を形成できるようになり、より安定したプラズマを維持できるようになりました。本報告書では、高出力ジャイロトロンの導入と、電位形成への寄与について報告します。

1. ガンマ 10 において電位による閉じ込めについて

ガンマ 10 においてプラズマを閉じ込めるには、タンデムミラー方式を用いています。図 1 に示すように、軸対称化磁場のセントラル部、極小磁場のアンカー部、両端の軸対称ミラー磁場からなるプラグ・バリア部で構成されています。磁場による閉じ込めだけでは、ガンマ 10 両端部のプラズマ損失を抑えきれないため、改善策として、プラズマ閉じ込め電位を形成する必要があります。電子加熱装置ジャイロトロンを用いる事により、図の一番に示す閉じ込め電位を形成します。これにより、セントラル部のプラズマを安定して、閉じ込めます。

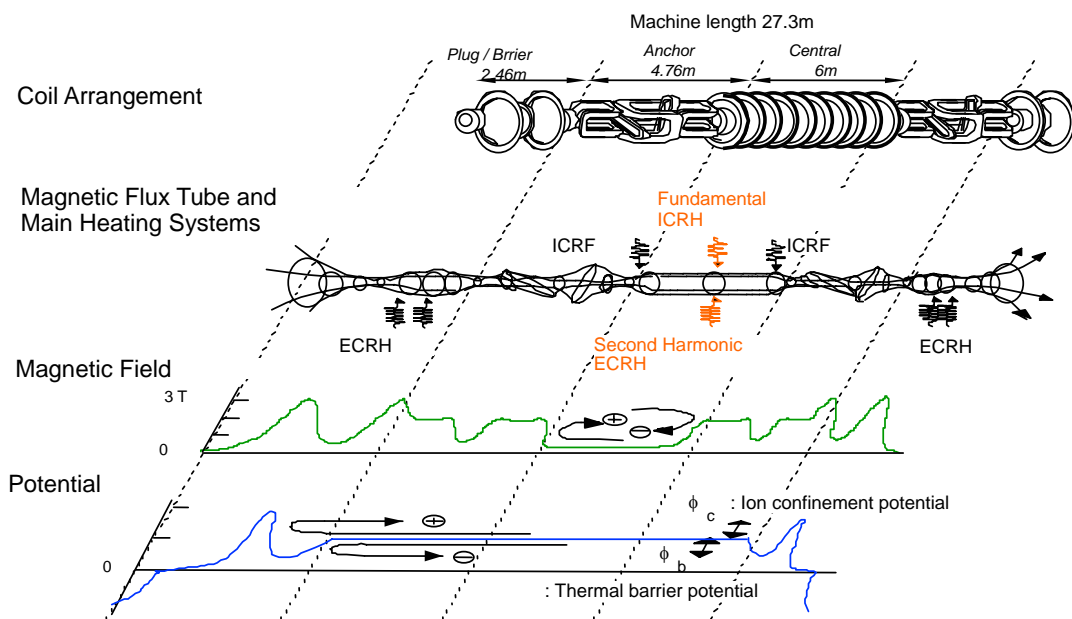


図 1 ガンマ 10 全体図

2. 高出力ジャイロトロンによる電位形成

ガンマ 10 において、閉じ込め電位形成に必要な、電子加熱用のマイクロ波発振管として、周波数 28GHz、最大出力 200 kW、パルス幅 75ms のジャイロトロン(東芝製 E3955)を東西のプラグ部、バリア部、セントラル部、計 5 本、用いています。両端部から逃げようとする、プラズマを閉じ込めるため、電位を形成する事で、軸方向からの損失を抑制します。更に、プラズマをより安定に閉じ込めるため、より高い電位を形成するには、高出力による電子加熱が重要です。従来のジャイロトロンは、発振モードに TE_{02} を用いており、定格出力 200kW でしたが、これを上回るジャイロトロンを、東芝、原研、筑波大で共同開発を行いました。周波数 28GHz、最大出力 500kW、パルス幅 50ms のジャイロトロン(東芝製 E3955SU 図 2)を、ガンマ 10 の西プラグ部に設置しました。このジャイロトロンは、発振モードを TE_{42} モードとし、空洞部を大きくする事、高ビーム電流を使用する事等により出力を大きくしています。これに対応して図 2 に示すように、上部のコレクターも大きくなっています。又、出力は水平取り出し方式です。

3. 電位形成への寄与

このジャイロトロンを用いて、電位形成実験が行われました。昨年度末にこのジャイロトロンが

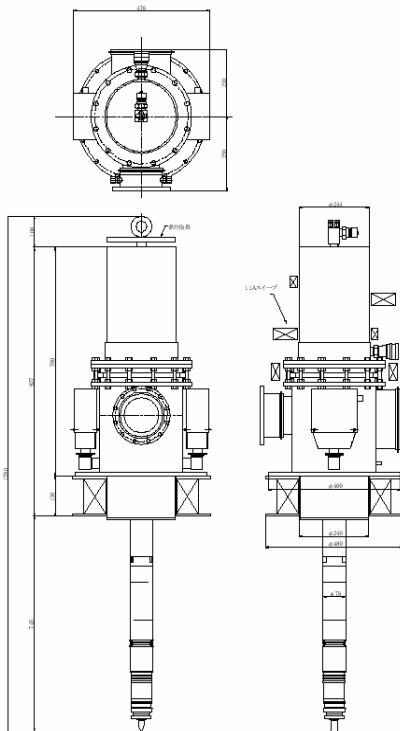


図 2 高出力用ジャイロトロン

導入され、この実験に向けて、本年度当初より詳細な特性試験、調整運転を行いました。その結果、プラズマへの入射電力として最大 400 kW を確認しました。結果、閉じ込め電位であるプラグ ECRH のパワーを変化させた時、プラズマ閉じ込め電位 ϕ_c が、図 3 のようになりました。2002 年には、プラグ ECRH の出力は 180kW で、 $\phi_c=0.8$ kV でした。これを更新すべく 2003 年に、定格出力 200 kW のジャイロトロンで定格出力値を越える 250 kW まで上げて入射され、 $\phi_c=1.2$ kV になりました。更に今年度、新型のジャイロトロンによる出力 400 kW の入射により、 $\phi_c=2.1$ kV が達成されました。今回は、西側のみを設置するため、東西プラグ部のバランスに難がありました。今後、ガンマ 10 の反対側の東側プラグ部に西側と同じ、高出力用ジャイロトロンを設置する事により、東西プラグ部の安定したプラズマ閉じ込めを、目指すものです。

謝辞

本報告書作成にあたり、御指導、御助言いただきました、プラズマ研究センター長 長照二教授、芥藤輝雄助教授、立松芳典講師、平田久子技術専門官、多くの御協力下さいました、沼倉友晴研究機関研究員、プラズマ研究センター学生の方々に深く感謝致します。

参考文献

三好昭一 ミラー型核融合装置

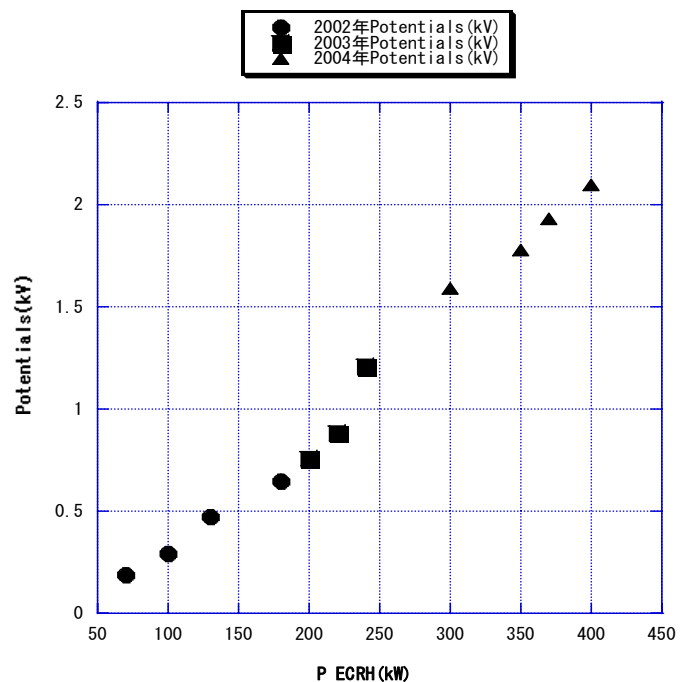


図 3 閉じこめ電位の変化