

SK103 高出力ジャイロトロンの開発とその応用

Development of high power gyrotron and application

坂本慶司

原子力機構

K. Sakamoto

Japan Atomic Energy Agency

sakamoto.keishi@jaea.go.jp

国際熱核融合実験炉(ITER)用電子サイクロトロン共鳴加熱電流駆動(ECH/ECCD)装置の大電力マイクロ波源として、発振周波数 170GHz の 1MW ジャイロトロンが開発が行われている。ITER では、1MW ジャイロトロンを 24 本用い、20MW の入射による加熱電流駆動、新古典論的アリングモードの制御等が計画されている。ITER 用ジャイロトロン開発の設定目標は当初非常に高いものであったが、ITER 概念設計活動及び工学設計活動において得られた、エネルギー回収による高効率化、高次モードによる 1MW 発振の成功、人工ダイヤモンド窓の成功などにより技術的問題が解決され、ITER ジャイロトロンの実現に見通しが得られた。現在 170GHz において、短パルスでの発振電力は 1.6MW に達し、0.9MW で 9 秒、長パルス化として 0.2MW で 1000 秒などのデータが得られ、さらに 1MW に向けその大電力化実証実験が行われているところである。併せて原型炉を想定した周波数可変型の定常ジャイロトロンの研究も始まっている。

一方、ミリ波領域から遠赤外にかけての周波数領域は、これまで開発が遅れた谷間の周波数帯であったが、最近のジャイロトロン研究の進展に伴い、大電力ミリ波・サブミリ波を用いた新しい応用への展開が見え始めている。ここにいくつかの例を紹介する。

マイクロ波推進

ジャイロトロンから発生したビーム状のマイクロ波をパラボラ鏡等で集光し、プラズマを発

生させる。ここで得られた圧力、衝撃波を運動量源として物体に推進力を与えるものである。そのデモンストレーションとして、模擬ロケットの打ち上げ実験が行われている。

重イオン源、X 線源

ミラー閉じ込めの ECR イオン源で、ミリ波帯 RF を用いることにより、高密度プラズマの生成ができる。同時にイオン価の高い重イオンの生成、利用が可能で、重イオン加速器のためのジャイロトロンを用いた完全電離の重イオン源や X 線源としての応用が始まっている。

高性能レーダー

増幅型ジャイロトロンを用いた、ミリ波帯周波数を用いた高分解能レーダーの開発が始まっている。さらに、ミリ波領域では雲からの一部反射があり、これを利用した雲の内部構造や大気の動きの実時間計測が可能となる。

プラズマプロセッシング

ミリ波は、非線形ミラーを用いて位相制御することにより、任意の電力分布を形成することが容易である。これを用いた大面積プラズマプロセッシング装置が考えられ、大口径人工ダイヤモンド生成等の可能性がある。

他にも、医療応用、物性応用（高感度 NMR 等）、高速加熱装置（高速アニーリング）、マイクロ波化学、セラミックシンタリング等の研究が始まっており、ジャイロトロンの高性能化とともにその応用は今後広がっていくものと期待される。