

## 2次高調波多周波数発振ガウスビーム出力ジャイロトロン開発のための検討 Study of development of a second harmonic, multi-frequency gyrotron with Gaussian beam output

立松芳典、山口裕資、斉藤輝雄、小寺政輝、笠純、平野泰成、辻幸介  
Y. Tatematsu, Y. Yamaguchi, T. Saito, M. Kotera, J. Kasa, Y. Hirano, K. Tsuji

福井大学遠赤セ  
FIR, Univ. of Fukui

福井大学では、サブテラヘルツ帯電磁波を用いた応用のための光源として、ワットからキロワット級出力のジャイロトロンを開発してきた。こうした中、1台で複数の周波数でかつガウスビームを出力する基本波発振ジャイロトロン FU CW GV を開発した[1]。これに引き続き、基本波発振の2倍の周波数を実現できる2次高調波発振による同様な多周波数ガウスビーム出力のジャイロトロンの開発を開始する。

2次高調波発振では基本波発振と比較して、モード選定が格段に難しい。2次高調波は他モードとの競合の影響を受けやすく、その振る舞いも複雑である。似た条件で発振する基本波モードがあると、2次高調波モードは基本波モードとの競合に負け、発振しない可能性が高い。また、高次モードになると、2次高調波でも似た条件で発振する別モードの数が増える。このため、あらかじめモード間の競合を詳細に計算して、選んだ2次高調波の単独発振が期待できることを確認しておく必要がある。

しかし、最近、時間発展を追ってモード間の競合を見る計算において2次高調波モードが発振する予測が得られた場合に対し、実際には基本波モードが発振する実験例が見つかった。この原因は、現在用いているモード競合計算コードに問題があると考えられる。そこで、2次高調波の競合計算を始める前に、この原因を解明し、計算コードを修正する必要がある。

現有のモード競合計算コードは、主モードと競合を起こす可能性のあるモードをあらかじめ選ぶ。モード競合計算でのこれらのモードの発振周波数は固定で、それぞれのモードに対してコールド計算（電子との相互作用なし）により求めた周波数を与えている。しかし、電子ビームとの相互作用があると、発振周波数はコールド計算の値からずれる。共振器内の磁場強度を変化させても周波数は変化する。ジャイロト

ロンの発振効率は発振周波数 $f$ と磁場強度で決まるサイクロトロン周波数 $f_{cyc}$ （高調波の場合は、その次数 $s$ をかけたもの）の差 $f - sf_{cyc}$ に強く依存する。このように各モードの発振周波数がコールド計算による周波数からシフトすると、発振の様相が変化する。実際、発振周波数を、境界値問題として定常解として求める無撞着コードと、モード競合コードを用いた単一モード計算間には、周波数変化の大きい高磁場側で発振出力の振る舞いに差がある。

そこで、モード競合計算コードに電子ビームとの相互作用による周波数変化を取り入れられるように改良した[2]。その結果、モード競合計算と無撞着コードによる計算結果は一致した。その一例を図1に示す。周波数シフトを取り入れて発振計算を行うと、計算で2次高調波モードの発振が予測された例も、基本波モードが発振する結果となり、計算と実験との矛盾が解消された。

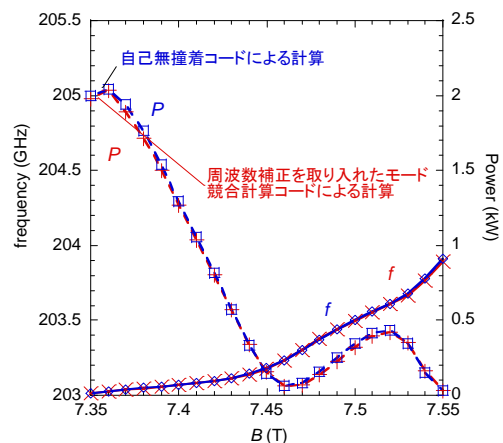


図1 改良モード競合計算コードと自己無撞着コードによる発振出力、周波数計算の比較

- [1] Y. Tatematsu et al., J. Infrared Milli Terahz Waves **36**, 697 (2015).  
[2] S. Y. Cai et al., Int. J. Electronics **72**, 759 (1992).