

## 400 GHz 帯二次高調波周波数連続可変ジャイロトロンにおける寄生発振の抑制に向けた溝付き共振器の検証実験

### Experiments of the grooved cavity for suppression of parasitic oscillation in a 400 GHz-band continuously frequency-tunable second-harmonic gyrotron

伊藤慎悟<sup>1)</sup>, 福成雅史<sup>1)</sup>, 渡邊将翔<sup>1)</sup>, 岡本瞭太郎<sup>1)</sup>, 近藤要太<sup>1)</sup>, 山口裕資<sup>1)</sup>, 立松芳典<sup>1)</sup>, Ivan Osharin<sup>2)</sup>, Dmitry Schegolkov<sup>2)</sup>, Ilya Bandurkin<sup>2)</sup>  
S. Ito<sup>1)</sup>, M. Fukunari<sup>1)</sup>, M. Watanabe<sup>1)</sup>, R. Okamoto<sup>1)</sup>, Y. Kondo<sup>1)</sup>, Y. Yamaguchi<sup>1)</sup>, Y. Tatematsu<sup>1)</sup>,  
I. Osharin<sup>2)</sup>, D. Schegolkov<sup>2)</sup>, I. Bandurkin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>福井大学遠赤外領域開発研究センター,

<sup>1)</sup>Research Center for Development of Far-Infrared Region, University of Fukui,

<sup>2)</sup>Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences (IAP RAS)

400 GHz 帯で周波数を連続的に調節できるジャイロトロンが DNP-NMR 分光法などの光源として求められている[1]。二次高調波発振を用いれば、400 GHz 帯の発振に必要な磁場強度を 15 T から 7.5 T と半分にでき、コストを抑えられる利点がある。しかし、周波数の連続変化において寄生基本波とのモード競合が問題となる[2]。

寄生発振を抑制する手段として、方位角方向に軸対称な矩形の溝を取り入れた溝付き共振器 (Fig.1) がある[3, 4]。式(1)に溝での分散関係を示す。

$$\left(\frac{\pi}{a}\right)_z^2 + \left(\frac{\pi}{b}\right)_r^2 + \left(\frac{m}{R_{cav}}\right)_\theta^2 = \left(2\pi\frac{f_{op}}{c}\right)^2 \quad (1)$$

$a$  と  $b$  は軸方向の溝の幅と半径方向の溝の深さ、 $R_{cav}$  は共振器の半径、 $m$  は共振器モードと溝の内部で励起されるモードに共通な方位角モード次数、 $f_{op}$  は共振器モードの固有周波数、 $c$  は光速を示す。溝の寸法は、式(1)の分散関係を満たす共振器モードのみが共振器と溝の両方で共振するよう決定される為、寄生モードは溝により強く散乱を受け、その発振開始電流 (電磁波の発振に必要な電子ビーム電流の最小値) は増加し発振の抑制が期待できる。

溝付き共振器による寄生発振の抑制および周波数可変領域の拡大の有無を調べる為に本研究では、最低周波数 395 GHz の二次高調波  $TE_{6,6}$  モードを共振器モードとした溝付き共振器および溝無し共振器を用い、磁場ごとの発振信号強度と周波数を測定した。運転条件は、電子ビーム電圧 15 kV、電子ビーム電流最大 0.4 A、および電子ビーム半径 0.64 mm である。

測定結果を Fig.2 に示す。横軸は励磁磁場で、 $2f_c$  が指す直線は、サイクロトロン周波数の 2 倍の周波数である。Fig.2 中の赤○、△と青◇は、それぞれ溝付き共振器と溝無し共振器で観測さ

れた二次高調波の周波数で、低磁場側から  $TE_{6,6}$ 、 $TE_{4,7}$ 、 $TE_{2,8}$  モードと同定された。溝付き共振器では、寄生モードである  $TE_{4,7}$ 、 $TE_{2,8}$  モードは観測されなかった。周波数可変領域の拡大の有無については、溝無し共振器の場合と比べて二次高調波  $TE_{6,6}$  モードの周波数連続可変領域が 8 MHz から 256 MHz と約 32 倍拡大した。

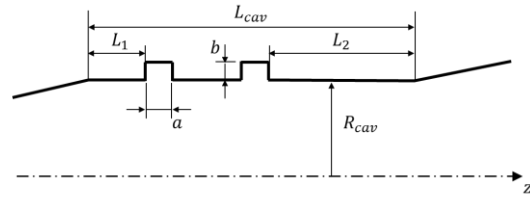


Fig.1. 溝付き共振器の模式図

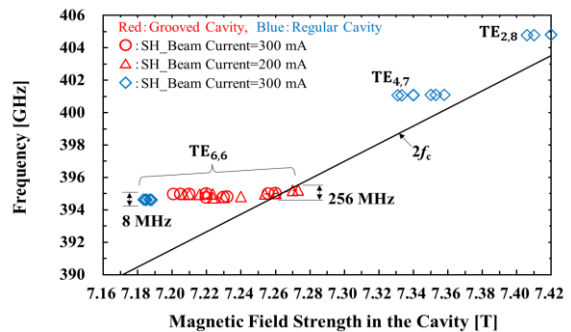


Fig.2. 溝付き共振器と溝無し共振器における発振周波数の測定結果

#### 参考文献

- [1] R. Ikeda *et al.*, Plasma and Fusion Research, **9**, 1206058 (2014)
- [2] G. S. Nusinovich *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci., **27**, 313-326 (1999)
- [3] I.V. Bandurkin *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices. **64**, 3893-3897 (2017)
- [4] I.V. Bandurkin *et al.*, IEEE Electron Device Lett., **41**, 1412-1415 (2020)