

表 2 コールドテスト結果

共振周波数	2438 MHz
Q_0 値	1974
Q 値	418.3
カップリング係数 β	3.72

図 3 のカップリング孔より右側の空洞においては、カップリング孔の厚み t の範囲に実効的な短絡面を持つ、軸対象に近い共振モードが励起されることが期待される。このことを確かめるため、2次元固有モード解析コード(KUEMS)^[4]を用いて、実効的な共振空洞長 $L_{\text{eff}} (L < L_{\text{eff}} < L + t)$ の軸対象共振モードの共振周波数と、試作機の共振周波数の測定値とを比較した(図 6)。これより、実験で得られた共振周波数となる共振空洞長 L_{eff} の値は 23.2 mm であり、 L に比べ 3.63 mm 長いことがわかる。よって図 3 において、共振空洞の実効的な短絡面は、柱状支持板の右端から 3.63 mm 左側にあると考えられる。この値は $t = 8$ mm よりも小さく、期待していた通り柱状支持板の中間あたりに実効的な短絡面があるということがわかった。

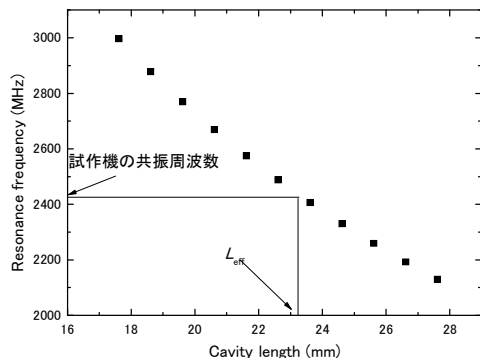


図 6 共振空洞長に対する共振周波数

また、コールドテストの結果、設定値に比べて Q 値が大きく、 Q_0 値と β 値が小さいという結果となった。 β 値がデザイン値に比べてとても小さいので、許容周波数帯域幅が大幅に減少することが予測される。コールドテストで得た空洞パラメータをもとに計算した、周波数に対する空洞電圧 V_c の依存度を図 7 に示した。ここで、入力電力は 40 kW で一定とし、また典型的な運転条件において、粒子シミュレーションで得られたビームローディングを仮定した。この結果から、空洞電圧が 30 kV 以上となる周波数範囲は設計値では 22 MHz 程度あったのに対して、コールドテストで得た値では 11.5 MHz 程度となった。設計値の結果に比べて試作機では許容周波数範囲が狭く、約半分になったことがわかる。

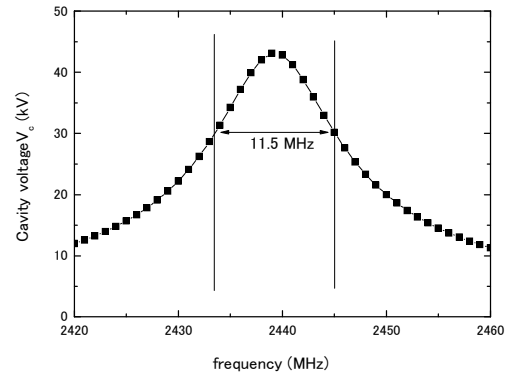


図 7 コールドテストで得た値による周波数に対する空洞電圧特性

5. まとめ

三極管型熱陰極高周波電子銃用の同軸共振空洞を製作した。導波管とのカップリング方法として、同軸共振空洞の背面から同軸導波管を同心に接続し、内導体を柱状の支持板で支える方法を採用した。

コールドテストを行った結果、期待通り、この柱状支持板部分に実効的な短絡面を持つ軸対象に近い共振モードが励起されていることが分かった。また、得られた反射特性から、 Q_0 と β 値を評価したところ、それぞれ $Q_0 = 1974.27$ 、 $\beta = 3.72$ であった。

次にこれらの空洞パラメータと、典型的な運転条件におけるビームローディングの計算値を用いて、入力電力を 40 kW として必要な空洞電圧 $V_c > 30$ kV が得られる周波数帯域幅を評価したところ、11.5 MHz 程度で設計値のほぼ半分になっていることがわかった。

今後、熱陰極の過熱や大電力の入力、電子ビーム生成時の共振周波数の変化などを計測し、この周波数帯域幅で十分かどうかを調べる必要がある。その後、周波数帯域幅が十分でなければ十分な周波数帯域幅を得られ、かつ電子銃本体の 2856 MHz が共振周波数となるように調整した共振空洞を再設計することで試作 2 号機を製作予定である。

参考文献

- [1] K. Kusukame, et al., "Particle Simulation of Thermionic RF Gun with Triode Structure", Proceedings of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 30th Linear Accelerator Meeting in Japan (July 20 - 22, 2005, Tosu, Japan)
- [2] T. Shiiyama, et al., "DESIGN STUDY OF A TRIODE-TYPE THERMIONIC RF GUN", Proc of the 4th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 32nd Linear Accelerator Meeting in Japan (August 1-3, 2007, Wako, Japan)
- [3] K. Masuda, et al., "三極管型熱陰極高周波電子銃の開発" 日本原子力学会 2008 年春の年会予稿
- [4] K. Masuda, et al., IEEE Trans. MTT, **46**-8(1998)1180