

Development of the 238MHz Cavity for SASE-FEL

Tatsuomi Hashirano^{1,A)}, Sadao Miura^{A)}, Tsumoru Shintake^{B)}, Kazuaki Togawa^{B)}

^{A)} Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

5007 Itozaki-cho, Mihara, Hiroshima, 729-0393

^{B)} RIKEN Harima Institute / SPring-8

1-1-1 Kouto, Mikazuki, Sayo, Hyogo, 679-5148

Abstract

We developed and made the 238MHz Cavity for SPring-8 Compact SASE-FEL Source (SCSS) project. The electron gun using thermionic cathode makes a few μsec pulsed electron beam being proportional the pulse wave of high voltage power. This cavity is used to bunch them psec bunch train by velocity modulation. The main specifications of this cavity by low level RF test are following; frequency 238MHz (It is possible to fine-tuning by the tuners), Q-value 15500, coupler coupling β 1.5.

SASE-FEL用238MHz空胴の開発

1. はじめに

現在、理研（Spring-8）殿にて建設が行われているSCSSのインジェクター部において電子銃より得られた低エミッタンスの電子ビームをビームチョップにより成形し、238MHz空胴を用いてエネルギー変調を行うことで、密度変調を行う。今回、我々はこの238MHz空胴の開発・製作を行った。本空胴はピルボックス型の空胴であり図1のようなノーズを持った構造となっている。材料は無酸素銅を用いた。空胴内径 ϕb 、空胴長 L 、ノーズギャップ d とする。

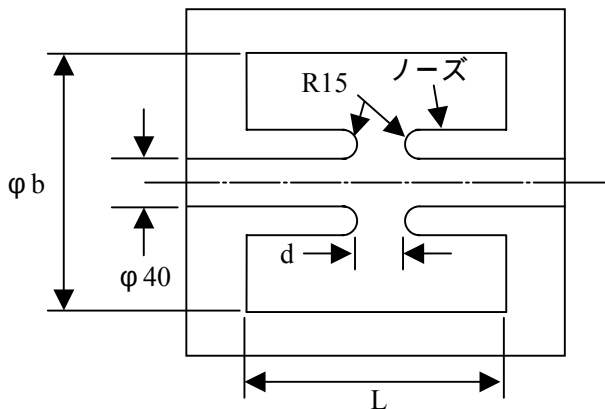


図1：空胴構造

2. 空胴の設計

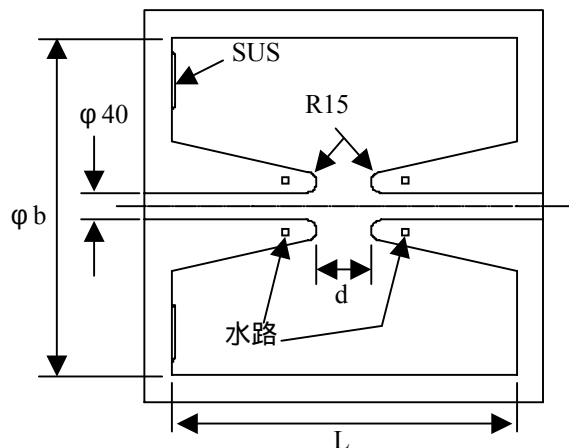
本空胴の設計条件を表1に示す。我々は、加速空胴電磁場計算プログラムsuperfishを用いて空胴形状を検討した。まず図1の形状では外部からの振動がノーズに伝わり周波数が変化する恐れがあるので、機械的安定のためノーズをテーパ状とした。またRF入力時には、熱変形が生じ周波数が変化するの

でノーズおよび端板に水路を設け、さらに外気の影響も考慮し外周にも水路を設け冷却した。この結果、有限要素法（FEM）解析ではRFのON-OFFでの熱による周波数変化量は1.43[kHz]程度となった。さらに、温度変化による周波数変化に対するギャップ電圧への影響を小さくするため、SUS部分を設けQ値を下げた。これによりギャップ電圧が1%ダウンする時の周波数誤差は2.22[kHz]となった。以上より図2に示すような空胴形状となった。

表1：設計条件

共振周波数	238[MHz]
入力RFピーク電力	14[kW]
ギャップ電圧	>250[kV]
カプラーカップリング	1.5
Q値	19264

図2：空胴構造(検討後)



¹ E-mail: tatsuomi_hashirano@mhi.co.jp

3．空洞の製作

3.1 空洞本体

本空洞の主な部品としては端板（上流側、下流側）、外筒、ノーズ（先端、後端：各2個）の無酸素銅部品およびSUS製リングの6種類があり、これらをろう付けにより接合し製作した。図3、4にろう付け状況を示す。

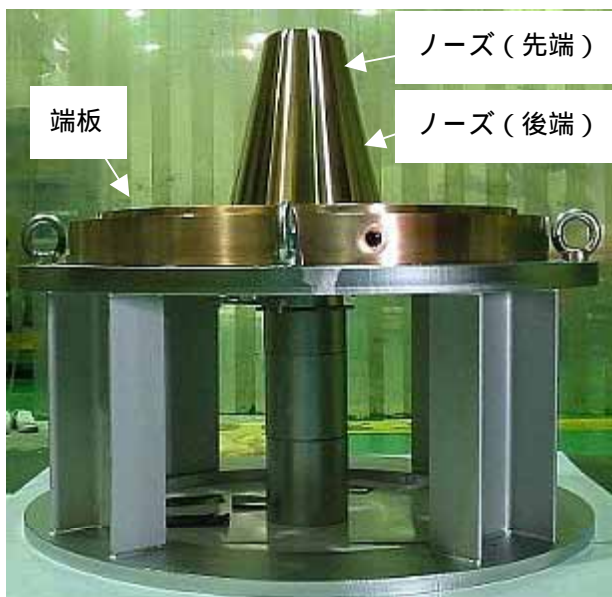


図3：端板ろう付け組立



図4：空洞ろう付け

ここで、外筒内径 (ϕb) はsuperfishより得られた理論値より片側1mm程度の調整代を設けており、RF測定（図5）を行い理論値および実測値から周波数が238MHzとなるような空洞内径を推定し調整加工を行い、ろう付けを行った。また事前にアルミ製のハーフモデル（図6）を製作し検討を行い、調整加工の工期短縮を図った。

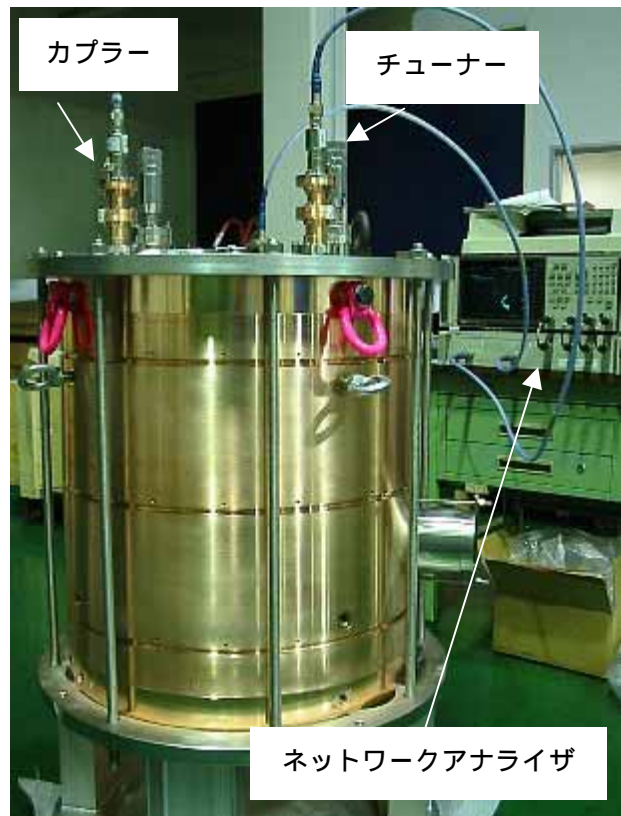


図5：RF測定

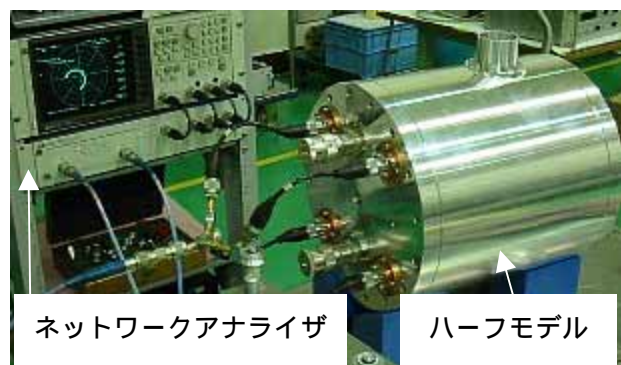


図6：ハーフモデルRF測定

3.2 カプラー

本空洞のカプラーは20D入力で4本それぞれに増幅器を接続し、電力を合成するので、同一円周上に等配置しループを空洞中心に向け、対称性をもつようにした。また、カプラーカップリング β は1.5なので各カプラー1つ当りのカップリングがそれぞれ0.375となるようにフランジのガスケット厚をRF

測定にて確認しながら調整した。カップリング調整についてもシミュレーションおよびハーフモデルにより事前検討を行った。摺動部にはマルチコンタクトを使用しRFコンタクトを確保した。低レベルRF測定には20D-N変換器を用いた。(図7)

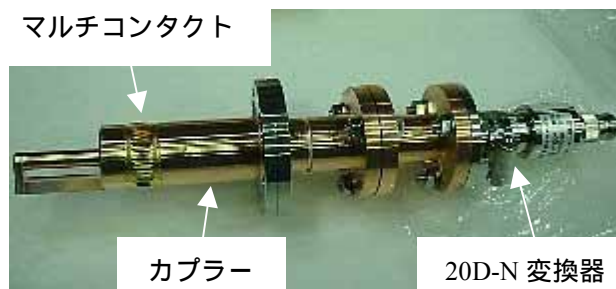


図7：カプラー

3.3 チューナー

本空洞のチューナーは2本を左右対称に配置した。直線導入機および銅メッキを施したSUS製ヘッドにより構成されており、摺動部はカプラー同様、マルチコンタクトを使用しRFコンタクトを確保した。端板表面よりチューナー先端が低くなるとチューナーの利きが悪くなる為、表面よりも突き出した状態がニュートラル位置となるようにした。チューナー調整範囲は真空、物温29℃の状態では237.925～238.111[MHz]であった。(図8)

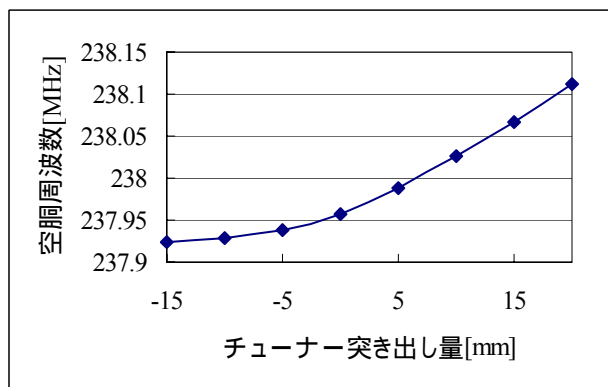


図8：チューナー調整範囲

4．測定結果

本空洞のろう付け後の主な仕様は表2に示す通りである。ここで、図9にsuperfish理論値および実測値(ビーズ法)の電界分布を示す。これよりシャントインピーダンスを求めた。

表2：空洞仕様

周波数[MHz]	238	
チューニング範囲[MHz]	最大	238.111
	最小	237.925
カプラーカップリング β	実測値	1.48
	理論値	1.5
Q値	実測値	15553
	理論値	19264
シャントインピーダンス [M Ω]	実測値	3.04
	理論値	3.67

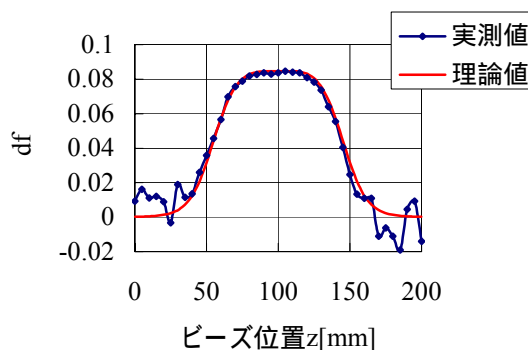


図9：電界分布
(空洞中心 $z=100$ [mm])

5．まとめ

本空洞は平成17年8月より理研播磨研究所殿にて据付予定である。