

A HIGH POWER MODEL OF DAMPED-STRUCTURE CAVITY FOR HIGH-BRILLIANT SR-RING

T.Miura K.Satoh T.Naba Y.Ohnishi S.Fujii
 M.Izawa* S.Tokumoto* T.Koseki** K.Sinoe**
 Y.Kamiya** T.Nagatsuka***

Toshiba Corporation

2-4 Suehiro-cho, Turumi, Yokohama, 230 Japan

* National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

** Institute for Solid State Physics, University of Tokyo,

3-2-1 Midori-cho, Tanashi, Tokyo 188 Japan

*** Technical Research Institute, Hitachi-Zosen Corporation

2-2-11, Funa-machi, Taisho, Osaka 551 Japan

Abstract

A high power model of damped-structure cavity for high-brilliant SR-ring was manufactured. The cavity is designed to withstand the maximum input RF power of 140 kW. RF characteristics and performances of the cavity satisfy design values through the low power test, and the high power test is going on at the end of July.

高輝度放射光源向け高次モード減衰型空洞の大電力モデル

1.はじめに

KEK・PFの高輝度化、東大物性研で計画中の高輝度放射光源等での使用をめざした高次モード減衰型空洞の大電力モデルを製作した¹⁾。

本空洞は $\phi 140$ という大きなビームポートから高次モードを空洞外に取り出し、電磁吸収体のSiCのダクトで吸収することを特徴とする^{1,2)}。共振周波数500MHz、 Q_u 値35000以上、最大入力電力としては140kWという高いレベルを目指しておりこれに耐え得るよう150l/min以上の冷却水を流すことが可能な構造とした。また、大電力性能の向上を目指し、空洞材料の無酸素銅は素材時にHIP(Hot Isostatic Pressing)処理している³⁾。入力カプラーも新たに設計、製作した⁴⁾。

本空洞についての特徴、低電力でのRF特性、大電力試験の結果等について報告する。

2.空洞の構造

図1に空洞断面、図2に空洞の外観写真を示す。本形状は解析と低電力モデルによる試験結果により決定した¹⁾。材料は電子管級無酸素銅をHIP処理したもので、空洞内面の表面粗さは R_{max} で3.2S以下である。空洞は大きく3つのパートより成り、ロー付けで最終合体している。本体の水路

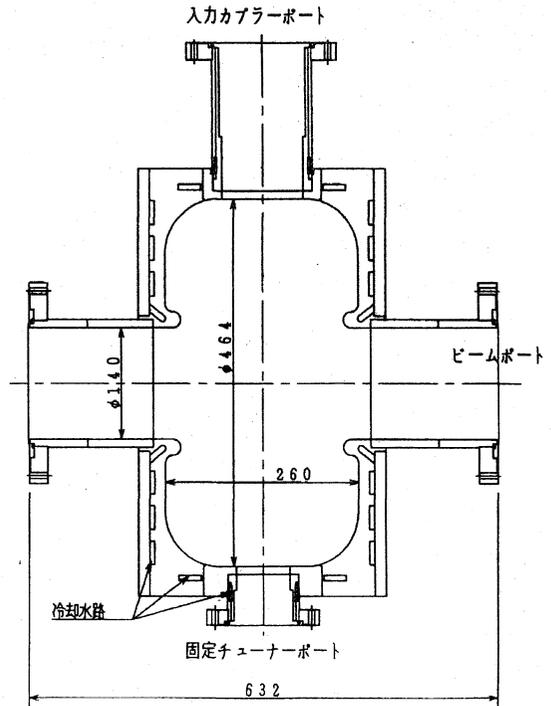


図1. 空洞断面図 (基本モードのしみ出しを防ぐため長いビームポートを有している)

は各パートの端面より掘り込んで、空洞の内面近くに形成した。この際、真空封止のロー付け面に水が接しないように電子ビーム溶接であらかじめ水路に蓋をして、信頼性を向上させている。⁵⁾

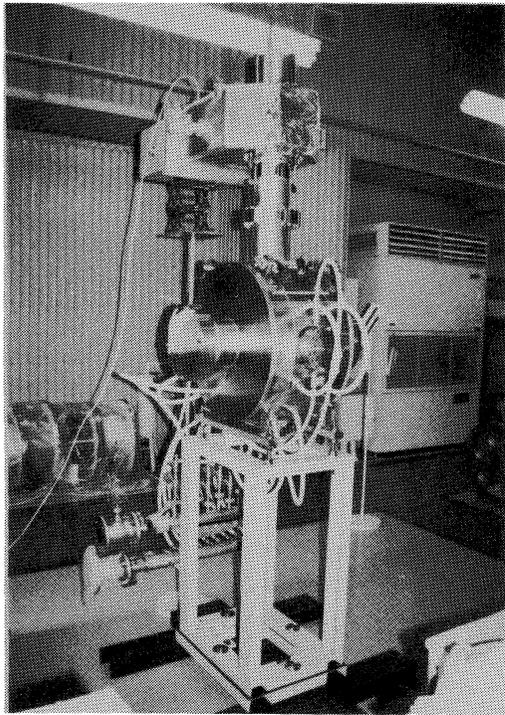


図2.空洞 外観図 (低電力RF測定中)

図3に2次元の温度計算結果を示す。ポート等の3次元的な構造は考慮していない。ここでは160kWの壁損失を仮定しており、発熱密度の最大値はノーズ付根付近くで30W/cm²に達する。その他の内面も平均的に25W/cm²程度の発熱があり、これは現在のPF空洞の倍以上の熱負荷である。冷却の条件としては、1系統 35l/min(流速約3m/sec)ずつの計4系統、総流量140l/minとした。また各システムの入口水温を20℃とし、水の温度上昇を考慮した。

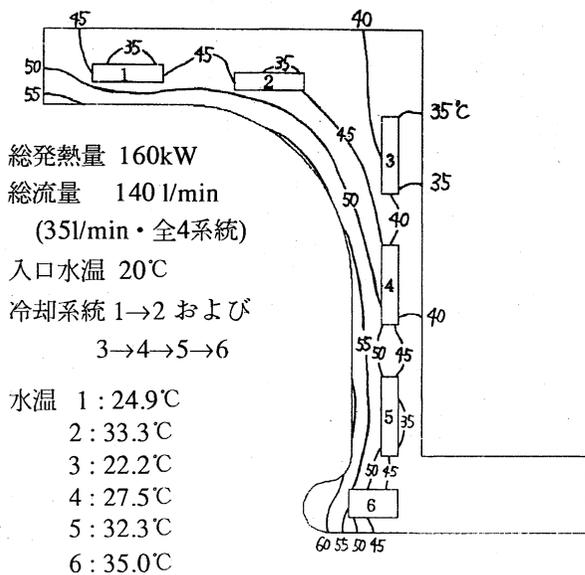


図3. 熱計算結果

それによると、空洞壁は平均50~60℃、ノーズ先端で約70℃という結果となった。熱変形による周波数変化は250kHzでこれらは現PFの空洞に70kW入力した場合と同等の結果である⁶⁾。

空洞には入力カプラー、可動チューナー、固定チューナー、RFモニター用の各ポート、およびビームポートが設けられており、すべてコンフラットタイプのフランジ接続とした。このうちRFモニターポート以外には、ポートに侵入する高周波電流をスムーズに流すためのRF接触子としてヘリコフレックスタイプのメタルガスケットを使用している。また入力カプラー、可動チューナー、固定チューナー用の各ポートには冷却用の水路を設け、現PF空洞の改良の経験⁷⁾を生かした設計とした。なおこれらポートの銅とステンレス鋼の接合にはHIPを採用している。

3.入力カプラー

図4に入力カプラー(東芝製 E4262)の外観図を示す。トリスタンのAPSで用いられている入力カプラーを基本として、新たに設計、製作した。これは現在PFで用いられている500MHz用の入力カプラー(東芝製 E4251)のセラミック窓の温度測定結果から、現状のまま140kWを入力した場合には窓の温度上昇が60℃程度となることが予想されたためである⁶⁾。そこで、同軸導波管変換部およびループ先端部の構造をHFSSによる解析とモデル実験で最適化した設計とした⁴⁾。カプラーポートの長さは、カプラーの結合度の最大値が2以上となるように決定している。

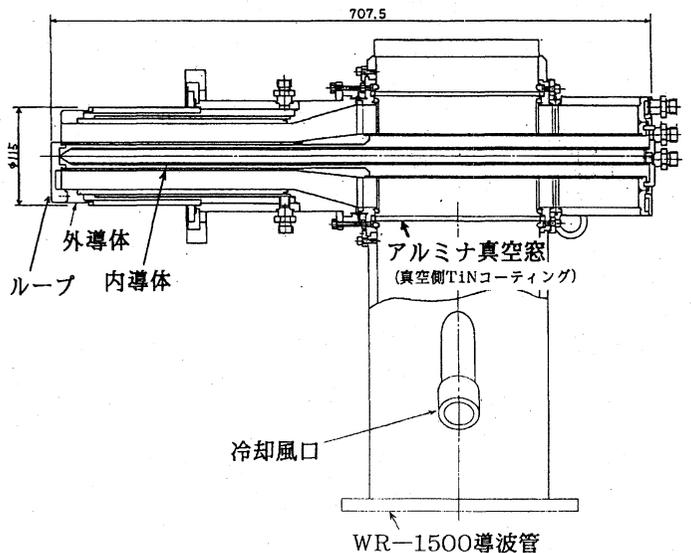


図4. 入力カプラー

4.SiCダクト

SiCダクトの役割は、径の大きなビームポートより取り出した高次モードのパワーを吸収することである。電磁波吸収体には低電力モデルでの試験結果を反映して、東芝セラミック製で常圧焼結SiCであるCERASIC-Bを採用した^{1,2)}。

ダクトの製作法としては(1)SiC端面にメタルガスケットを直接押しつけて真空シールする方法、(2)活性金属ローを用いて金属スリーブとSiCを接合する方法、(3)アルミダクトの内側に円筒状のSiCを焼きばめによって装着する方法の3通りを試みた。各々試作に成功している。

図5に内径140mmのSiC円筒にSUS製スリーブをロー付けしたダクトの写真を示す。コンフラットフランジを溶接する前の状態である。

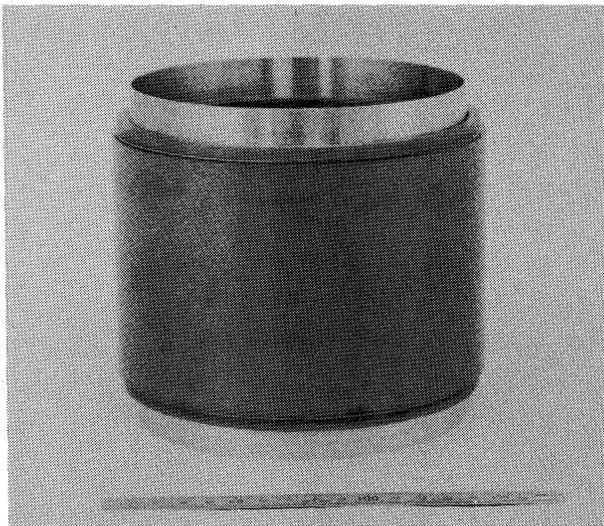


図5. SiCダクト

5.試験結果

製作完了後、低電力での高周波特性試験、真空(ベーキング)試験、水路への通水試験等を行った。

表1に共振周波数、Q値、シャントインピーダンス等の測定値を示す。Q値はSUPERFISHによる計算値の91%を示している。共振周波数は固定チューナーを加工して最終的に500.1MHzに調整している。基本的な高周波特性は目標仕様を満足した。

真空度は300l/secのターボ分子ポンプで排気した状態でベーキング前が 1.1×10^{-4} Pa、150℃、24時間のベーキング後で 3.2×10^{-7} Paであった。この時SiCダクトは装着していない。冷却水は圧損0.4MPaで200l/min流せることを確認し、流量バランスも良好であった。

表1.高周波特性試験結果

共振周波数	fr=500.1 MHz
無負荷Q値	Qu=40000
シャントインピーダンス	Rsh=7.3 MΩ

以上の試験を終了した空洞はフォトンファクトリーのクライストロン(東芝製E3774)を用いて大電力試験を実施している。

試験は7月末現在続行中で、75kWまでの入力に成功しており、入力電力は順調に増加している。

6.まとめ

高次モード減衰型空洞の大電力モデルを製作し、基本的な高周波特性が仕様を満足することを確認した。真空性能、冷却状態も良好である。大電力試験は7月末現在続行中で140kWの最大電力入力をめざしている。さらに本年冬には実際にPFのリングに設置し、運転を行う予定である。

- 1)小関他、日本放射光学会第8回予稿集(1995) 16
- 2)伊澤他、日本放射光学会第8回予稿集(1995) 15
- 3)H.Matsumoto et al., Proc. of the 18th Linear Accelerator Meeting in Japan,(1993) 270.
- 4)長塚他、日本放射光学会第8回予稿集(1995) 18
- 5)S.Sakanaka et al., Proc. of .Particle Accelrator Conference,May 1995,to be published
- 6)T.Yoshiyuki et al., Proc. of the 18th Linear Accelerator Meeting in Japan,(1994) 175.
- 7)徳本他、KEK-Internal 88-6 ,August 1998.