

20-P21

HIGH POWER TEST OF RF CAVITIES FOR THE PLS STORAGE RING

T.YOSHIYUKI, K.SATOH, T.MIURA, Y.YOSHIWARA,
H.KAMIKUBO, H.YONEZAWA** and M.KWON*

Toshiba Corporation

Keihin Product Operations

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

*Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH

P.O.Box 125 Pohang, Kyungbuk, 790-600 Korea

ABSTRACT

Five PF cavities for the Pohang Light Source (PLS) were manufactured and were tested with input RF power up to 70kW. The resonant frequency and the effective shunt impedance of the cavities are 500.082 MHz and over $8M\Omega$, respectively. At the end of the test, the lowest vacuum pressure inside the cavities was improved to 6.5×10^{-7} Pa with RF power of 60 kW. RF characteristics of five cavities are almost same and the performances satisfied the requirement of the storage ring of the PLS.

POSTECH向単セル空洞大電力負荷試験

1. はじめに

韓国の浦項工科大学 (POSTECH) の Pohang Accelerator Laboratory は、研究用の放射光源として 2 GeV の電子蓄積リングとライナックからなる Pohang Light Source (PLS) を建設中である¹⁾。蓄積リングには放射光によるエネルギー損失を補うために 4 台の単セル高周波加速空洞が設置される。空洞の壁負荷は 60kW 以上と想定され、また、空洞内部は超高真空が要求されており、壁負荷 60kW の状態で 1.3×10^{-6} Pa 以下 (10^{-9} Torr 台) の真空度をめざしている。

当社では、京浜事業所にて空洞の設計、製作から低電力高周波試験までを行い、那須電子管工場にて大電力入力の高周波実負荷試験を行うことで、92年度に先行機 1 台^{2), 3)}、93年度に実機 4 台を完成し、客先に納入した。実負荷試験の目的は大電力入力時の空洞の高周波特性を検証するとともに、真空特性を向上させるためのエージングを行うことである。

本報告では、空洞の設計の特徴、5 台の空洞の高周波特性の比較、大電力試験のセットアップとその結果について述べる。

2. 設計と仕様

図 1 に空洞の断面を示す。内面の形状は KEK・Photon Factory (PF) と同一で、リエントラント構造の単セル空洞である。空洞の材質は 99.99% 以上の純度の無酸素鋼クラス 1 で、内面の表面粗さ

は Ra で $1 \mu\text{m}$ 以下に仕上がられる。空洞は壁負荷による発熱を除去するために外面に冷却水路が設けられており、空洞 1 台当たり 100 l/min の冷却水が流される。表 1 に本空洞の仕様を示す。

空洞には、入力カプラーポート、チューナーポート、2 つの高次モード抑制用のポート (HOM ポート)、RF モニターポート、覗き窓ポート及び 2 つの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になっている。このうち入力カプラーポート、チューナーポート、HOM ポートとビームポートには、表皮電流をスム

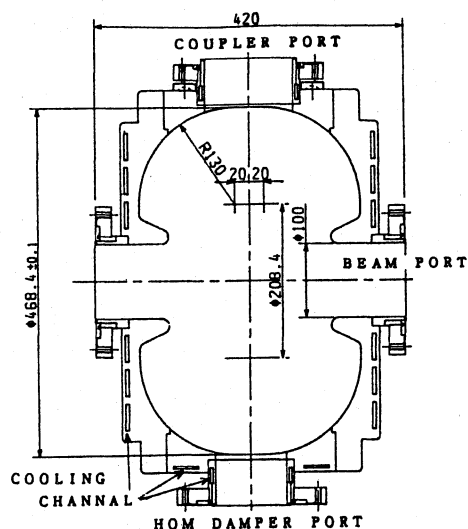


図1 単セル空洞の断面

** Toshiba Corporation, Nasu Electron Tube Works

表1 単セル空洞の高周波特性

	仕様	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機
共振周波数 (MHz)*	500.082	500.066	500.208	500.359	500.166	500.331
最大入力電力 (kW)	60	70	67	68	69	65
実効シャントインピーダンス (MΩ)	≥8	8.6	8.5	9.0	8.7	9.0
無負荷 Q 値	エージング前	—	35700	37500	39400	39600
	エージング後	≥37000	39100	38500	39100	39400
カプラ結合度	最大	≥3	3.2	—	—	—
	試験後	~1	1.08	1.18	1.07	0.98
チューナ調整幅 (MHz)	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
到達真空度 (×10 ⁻⁷ Pa)	エージング前	~6.5	6.2	2.1	3.4	1.1
	エージング後	—	0.65	<1.3	<1.3	1.0
60kW入力時の真空度 (×10 ⁻⁷ Pa)	2.6	6.5	10	23	22	22
エージング日数**	—	14日***	9日	8日	10日	9日

* : ダミーブロックの長さを全て14.2mmで換算した時の周波数

** : 1日=約8時間

*** : 東芝で8日、POSTECHで6日

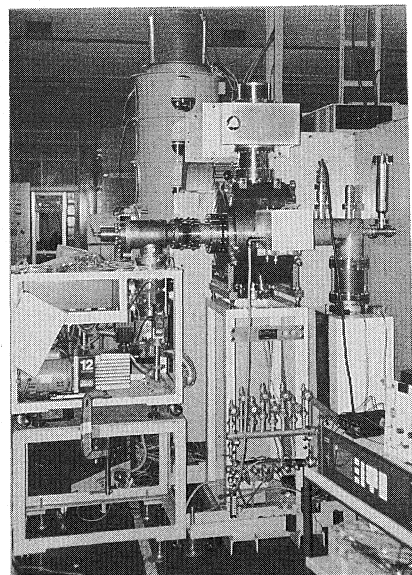


図2 試験中の単セル空洞

ーズに流すためのRF接触子としてC-リングタイプのメタルガasketが用いられている。また、入力カプラポート、チューナーポート及びHOMポートには冷却水用の水路が直接設けられており、PFの空洞の改良⁴⁾の経験が生かされている。なお、ポートの銅とステンレス鋼との接合には拡散接合を採用している⁵⁾。

HOMポートには最初、HOMダンパーの代わりにダミーブロックが取り付けられ、共振周波数の調整用に使用される。チューナーポートには、直径70mmの円筒プランジヤーを持つ可動式のチューナーが取り付けられ、ビームローディングや熱変形による周波数調整に用いられる。

入力カプラは60kW以上のRFパワーを入力するために円筒のセラミック窓が採用され、窓部は空冷、同軸部は水冷式になっている。また、セラミ

ック窓の真空側はTiNがコーティングされている。

3. 空洞の高周波特性

5台の空洞の高周波特性を仕様と共に表1に示す。5台ともほぼ同じ高周波特性が得られ、高い製作精度が実証された。

4. 大電力入力試験の手順

図2に大電力入力試験の機器配置の系統図を示す。400ℓ/secのイオンポンプと300ℓ/secのターボ分子ポンプが真空排気を使用された。イオンゲージはビームポートとイオンポンプとをつなぐダクトに設けられ、大電力入力時、真空のインターロックをかけた。図3に試験中の空洞を示す。

空洞は大電力入力前に150℃、72時間保持のベーキングを行った。高周波電力の入力の際は、最初数100Wの入力から始め、真空のインターロックに注意しながら徐々に入力電力を上げていった。

60kW到達までに要した時間は入力開始から1日8時間で3~5日間であった。

5. 試験結果

試験期間の前半、入力を上げていく段階では真空の悪化や反射電力大のインターロックにより、かなりの回数入力を中断した。また、覗き窓ポートに設置したTVカメラにより、空洞内で放電が各空洞毎に数回観察された。試験後半のエージングではRF入力がほぼ目標値に達しており、比較的放電は少なく、インターロックはほとんどノイズによるものであった。当社における大電力入力試験の最後には、真空を枯らすとともに60kW入力を安定に行うために客先の仕様を上回る65~

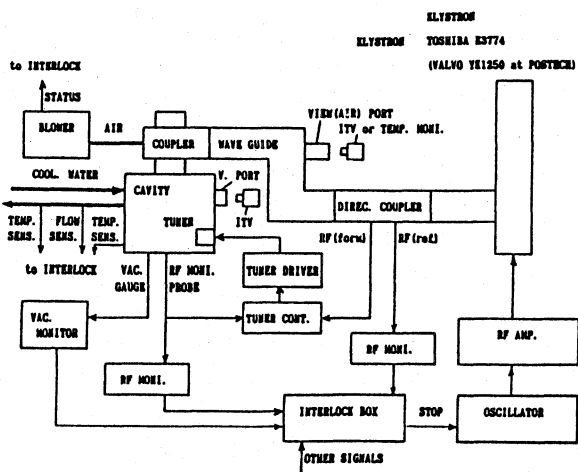


図3 大電力入力試験の機器配置の系統図

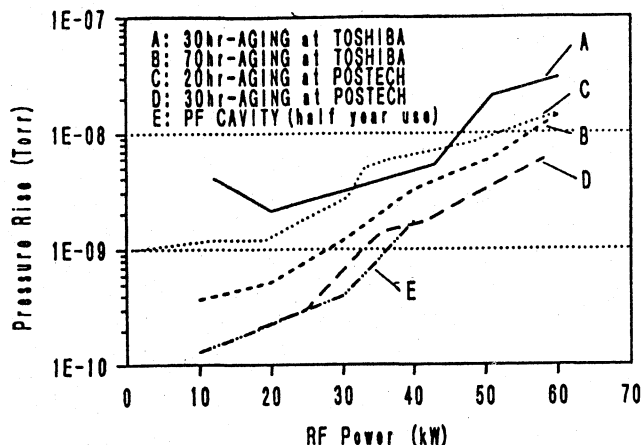


図4 大電力入力時の真空特性

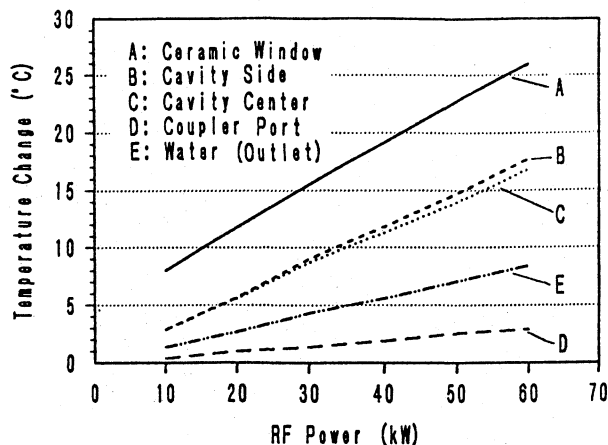


図5 大電力入力時の温度特性

70kWの電力を入力し、数時間にわたって安定し、保持することができた。

先行機（1号機）試験後、空洞の分解時にHOMポートのダミーブロックを調べたところ、RF接触子である銅製のメタルガスケットが溶けているのが発見された。原因はメタルガスケットの圧縮力が不十分であったためと考えられる。実機（2～5号機）4台では、圧縮力を強くし、接触子の材質を銅から銀に変更した。この結果、実機の試験時は接触子の溶融はなくなり、銀製メタルガスケットの有用性が確認された。

大電力入力試験後の空洞の無負荷Q値を表1に示す。1番低い2号機でSUPER-FISHによる計算値の87%である38500のQ値が得られ、5台共高い高周波特性を有していることが確認された。

空洞の真空特性については、エージングの初期段階はRF電力を上げるたびに真空が悪化した。ベースの真空度が 10^{-6} Pa台を維持するように時間をかけて入力電力を上げていった。空洞の真空度はエージングに時間をかけるにつれ、良くなる傾向を示した。図4にエージングによる真空度向上の様子を示す。また、比較のためKEK・PF空洞のデータも示した⁴⁾。PFのデータは約半年の使用後、パルスエージングを24時間行ったあとのものである⁶⁾。POSTECHでの先行機の試験終了時には60kWの入力時で 6.5×10^{-7} Paの真空度が得られ、さらに良くなる傾向を示していた。

図5に入力電力上昇に伴う空洞各部の温度変化を示す。本図より大電力入力時の異常な温度上昇は見られないことがわかる。また、チューナー位置も常時監視され、100ℓ/minの冷却水量の時、入力電力上昇に伴う周波数変化は3.2kHz/kWで、これらの結果はSUPERFISHとCOSMOS/Mであらかじめ数値解析を行った結果とよく一致していること

A: 室温からの変化量
B～E: 入口水温からの変化量

が確認された。

5. 結論

POSTECH・PLS向けの単セル空洞の設計、製作、実負荷試験を社内で一括して行った。先行機1台、実機4台について、最大70kWまで高周波電力を入力し、大電力入力時の高周波特性及び真空特性を試験したが、5台共大差はなく、PLS蓄積リングに対して十分に仕様を満たす空洞であることが確認された。空洞の性能に関してはベーキング時間をできる限り長くし、エージング時間を長くすると共に、輸送時、保管時の養生を十分に行うことにより、さらに高い真空度が得られることが期待される。

謝辞

この仕事のあたり、ご助言及びご協力いただいたKEK・PFのRFグループの皆様へ感謝いたします。

参考文献

- 1) Design Report of Pohang Light Source, Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH, Jan. 1992.
- 2) M. Kwon et al., PLS Report TR/SR(RF)-93-001 Feb. 1993.
- 3) K. Satoh et al., Proc. 9th Symp. on Acc. Sci. & Tech., 1993.
- 4) 徳本 他, KEK-Internal 88-6, August 1988.
- 5) H. Suzuki et al., Proc. of Particle Acc. Conf. San Francisco, U. S. A., May 1991.
- 6) 徳本, private communication, June 1993.