

[F17p22]

DEVELOPMENT OF A HIGH FIELD THREE-CELL SUPERCONDUCTING CAVITY

T.Ota, S.Sukenobu, Y.Tanabe, K.Ohara, K.Takaishi, M.Yamada, Y.Onishi,
E.Kako*, S.Noguchi*, M.Ono*, K.Saito*, T.Shishido*, Y.Yamazaki*

Toshiba Corporation

2-4, Suehiro-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, 230-0045 Japan

* High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1, Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 Japan

ABSTRACT

An L-band(1.3GHz) three-cell niobium cavity was fabricated in TOSHIBA and tested at KEK. The maximum field gradient of $E_{acc,max}=34MV/m$ was attained in the cold test. In this paper, surface preparation on the cavity and the experimental results of the cavity are presented.

高電界 3セル超電導空洞の開発

1.はじめに

当社は1995年より高エネルギー加速器研究機構(KEK)と超電導空洞に関する共同研究を行っている。これまでに2台のLバンド単セル超電導空洞を社内で製作した。表面処理として、内面のバレル研磨[1]及び電解研磨[2]、真空熱処理、高圧洗浄[3]を行い、2Kにおいて性能を測定した結果、2台とも最大加速電界30MV/m以上を達成した[4]。前回(1997年)はLバンド3セル超電導空洞を社内で製作し、KEKにて性能測定を行った。この結果、最大加速電界は電界放出電子の発生により18MV/mで制限された[5]。その後、空洞の性能向上を目指し、表面処理と性能測定を繰返し行った。また、空洞表面における発熱状況を観測した。ここでは、Lバンド3セル超電導空洞の性能測定結果について報告する。

2.Lバンド3セル超電導空洞の仕様

製作したLバンド3セル超電導空洞を図1に示す。また、同空洞について、材質をCuとした場合の π -modeの高周波特性を解析コードSUPERFISHを用いて解析した結果を表1に示す。本空洞については性

能測定前にプリ・チューニングを行っており、各セルの中心軸上における加速電界(π -mode)の分布のばらつきを約4%まで抑えている。

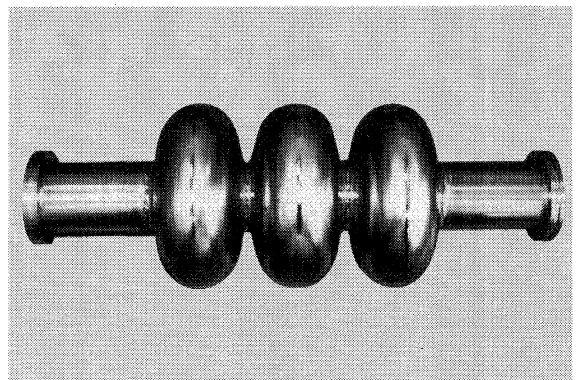


図1 Lバンド3セル超電導空洞

表1 Lバンド3セル空洞の高周波特性

Frequency	1299.23[MHz]
R_{sh}/Q	317[Ω]
G	274[Ω]
E_{st}/E_{acc}	2.58
H_{st}/E_{acc}	41.9[Oe/MV/m]
Coupling	2.3[%]

3.性能測定結果

今までに極低温(~2K)における性能測定を5回行った。これらの測定について、空洞の表面処理内容と測定結果(π -mode)を表2にまとめて示す。また、 π -modeにおけるQ値と加速電界 E_{acc} の関係を図2に示す。1回目の測定では、表面処理としてバレル研磨、電解研磨、真空熱処理(710°C×5時間)、高圧洗浄を実施した。測定結果を図2の□に示す。Q値の低下はほとんど見られなかったが、 $E_{acc}=8\text{MV/m}$ 辺りからX線が検出され、最大加速電界 $E_{acc,max}=15.0\text{MV/m}$ でクエンチにより制限された。 E_{acc} の増加に伴ってX線量が増加することから、空洞表面の汚染による電界放出電子発生したと考えられる。

2回目の測定では、電界放出電子の発生の原因になっていると思われる空洞表面上の汚染を除去する目的で電解研磨を行った。また、電解研磨後、空洞表面から研磨液を効果的に除去する目的で、高圧洗浄前に湯せん洗浄を追加した。測定結果を図2の■に示す。 $E_{acc}=14\text{MV/m}$ 辺りからQ値が著しく低下し、最大加速電界 $E_{acc,max}=17.9\text{MV/m}$ で制限された。この時も多量のX線が検出され、電界放出電子が発生していた。

3回目の測定では、表面処理として電解研磨、湯せん洗浄、高圧洗浄を行った。高圧洗浄については、洗浄時間を3時間に増やした。測定結果を図2の◇に示す。 $E_{acc}=7\text{MV/m}$ 辺りからQ値が著しく低下し、最大加速電界 $E_{acc,max}=11.1\text{MV/m}$ でクエンチにより制限された。X線は $E_{acc}=5\text{MV/m}$ 辺りから検出され、 E_{acc} の増加とともにX線量が増加した。測定後、空洞の性能を制限している原因を調べるため空洞内面をCCDカメラ[6]で観察したが、欠陥等は確認されなかった。

4回目の測定では、表面処理として電解研磨、真空熱処理、湯せん洗浄、高圧洗浄を行った。3回目の測定前に、プリ・チューニングの時治具の自重で生じた空洞の中心軸のたわみを修正した。真空熱処理は、この時の残留応力を除去する目的で行った。高圧洗浄の処理時間は5時間に増やした。測定結果

表2 3セル空洞の表面処理及び測定結果

Test	Preparation	Measurements	
		$E_{acc,max}$ [MV/m]	R_{res} [nΩ]
1st	BP(80 μm at eq.),EP(100 μm), Anneal,HPR(2.5hr.)	15.0	9.1
2nd	EP(30 μm),HR,HPR(2.5hr.)	17.9	14.7
3rd	EP(30 μm),HR,HPR(3hr.)	11.1	13.2
4th	CP(7 μm),EP(30 μm),Anneal, HR,HPR(5hr.)	34.3	6.2
5th	-	31.7	6.3

BP : Barrel Polishing, EP : Electropolishing,
HPR : High Pressure Rinsing, HR : Hot Rinsing
CP : Chemical Polishing

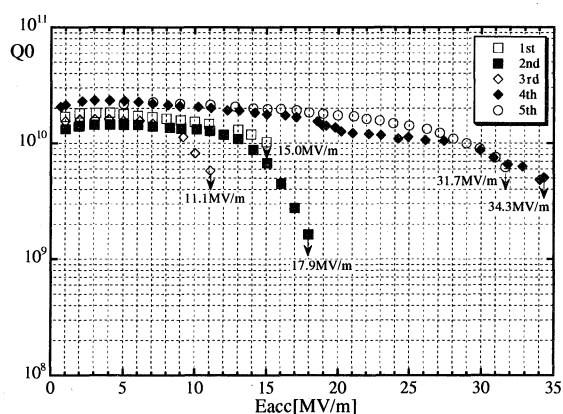


図2 3セル超電導空洞の性能測定結果

を図2の◆に示す。 $E_{acc}=30\text{MV/m}$ 辺りからQ値が著しく低下し、多量のX線が検出されたが、最大加速電界 $E_{acc,max}=34.3\text{MV/m}$ を達成した。ただし、空洞表面における発熱が大きく、最大加速電界を得た時の発熱は約80Wであった。4回目の測定では様々な表面処理を施したため、高電界が得られた要因は、研磨量の増加なのか、真空熱処理による残留応力の除去なのか、或いは高圧洗浄時間の増加による表面汚染の除去なのか、明確ではない。

4回目の測定の後、空洞を真空にしたままの状態(3×10^{-9} Torr)で封じ切り、KEKのクリーンルーム内で保管した。空洞表面における発熱状況を詳細に調べるため、図3に示すように合計32個の温度センサーを空洞の溶接部(セルの赤道部及びアイリス部)に取り付けた。これは、溶接部には目視できない微小な欠陥が存在する可能性が高いと思われたから

である。温度センサーには、極低温において抵抗値の変化が大きいカーボン抵抗を使用した。カーボン抵抗を取り付けた空洞は、表面処理をせず、真空排気だけを行って測定した。空洞の性能測定の結果を図2の○に示す。また、空洞の発熱分布を図3に示す。なお、入力結合器を取り付けた方のセルを下に、ピックアップモニターを取り付けた方のセルを上にして測定を行った。 $E_{acc} = 17\text{MV/m}$ 辺りで両端のセルの赤道部に大きな発熱が観察された。この後、発熱箇所は主に中央セルの赤道部に移り、 $E_{acc} = 21\text{MV/m}$ でエージングされるまで発熱が観察された。その後、 $E_{acc} = 22\text{MV/m}$ からX線が検出され、X線量は E_{acc} の増加と共に増加した。また、 $E_{acc} = 27\text{MV/m}$ 辺りからQ値が低下し、最大加速電界 $E_{acc,max} = 31.7\text{MV/m}$ でクエンチした。この時、端部のセル(入力結合器を取り付けた側)の赤道部において大きな発熱が観察された。

4.まとめ

当社で製作したLバンド3セル超電導空洞の性能測定を行い、最大加速電界 $E_{acc,max} = 34.3\text{MV/m}$ を達成した。空洞表面における発熱を調べたところ、加速電界 $E_{acc} = 17\text{MV/m}$ では両端のセルの赤道部において発熱が観察され、 $E_{acc} = 18\sim 21\text{MV/m}$ では主に中央セルの赤道部において発熱が観察されることが分かった。また、入力結合器を取り付けた側の端部セルの赤道部における発熱によって最終的に $E_{acc} = 18\text{MV/m}$ でクエンチすることが分かった。

謝辞

超電導空洞の表面処理をしていただいた野村鍍金株式会社の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- [1] T. Higuchi et al., "Investigation on Barrel Polishing for Superconducting Niobium Cavities", Proc. of the 7th workshop on RF superconductivity(1996).
- [2] K. Saito et al., "R&D of Superconducting Cavities at KEK", Proc. of the 4th workshop on RF Superconductivity(1989).
- [3] H. Miwa et al., "Application of High Pressure Rinsing for Superconducting Niobium Cavities", Proc. of the 17th Linear Accelerator Meeting in Japan.
- [4] T. Ota et al., "First Measurement of L-band Superconducting Cavity Fabricated in TOSHIBA", Proc. of the 21st Linear Accelerator Meeting in Japan(1996).
- [5] T. Ota et al., "Measurement of L-band Three Cell Cavity Fabricated in TOSHIBA", Proc. of the 22nd Linear Accelerator Meeting in Japan(1997).
- [6] K. Saito et al., "Inspection System with a CCD Camera for L-band Superconducting RF Cavities", Proc. of the 21st Linear Accelerator Meeting in Japan(1996).

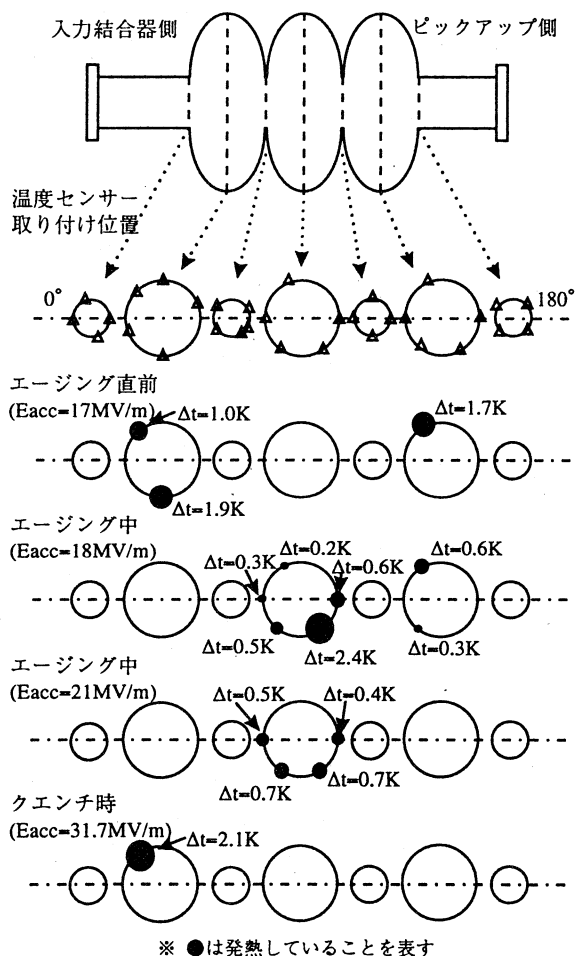


図3 温度センサー取り付け位置及び発熱分布