

## MEASUREMENT OF L-BAND THREE CELL CAVITY FABRICATED IN TOSHIBA

Ota T., Sukenobu S., Tanabe Y., Takaishi K., Ohara K., Yamada M., Miura H., Onishi Y.,  
Kawatsu S., Inoue H.\*, Noguchi S.\*, Ono M.\*, Saito K.\*, Shishido T.\*, Yamazaki Y.\*

Toshiba Corporation

2-4, Suehiro-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, 230 JAPAN

\* High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

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

### ABSTRACT

We fabricated a L-band three cell niobium superconducting cavity in our company, and measured. In this paper, we report about the fabrication, surface treatment, tuning on the cavity and the performance.

### Lバンド3セル超電導キャビティの製作及び測定

#### 1. はじめに

ビームを効率良く加速するため、加速器用のキャビティには高い加速電界が求められている。超電導キャビティは、従来の常電導キャビティより一桁以上高い加速電界を得られることから、次世代の加速器として注目されているリニアコライダーへの実用化を目指して、世界中の各研究機関において積極的な研究開発が行われている。

当社も超電導キャビティに関する基礎研究を行っており、これまでに2台のLバンド単セル超電導キャビティを社内で製作して性能測定を行い、最大加速電界30MV/m以上を達成した。今年、Lバンド3セル超電導キャビティを製作し、性能測定を行った。ここでは、Lバンド3セル超電導キャビティの製作及び測定結果について報告する。

#### 2. Lバンド3セル超電導キャビティの製作

##### 2.1 仕様

製作したLバンド3セル超電導キャビティの断面図を図1に示す。図に示すように、キャビティは赤道部が円、アイリス部が楕円の形状をしている。キャビティの各セルの中心軸上にたつ加速電界の大きさが等しくなるように、端部セルの赤道部にお

ける直線の長さは中央セルに比べて短くした。本キャビティについて、材質をCuとした場合の $\pi$ モードの高周波特性を解析コードSUPERFISHを用いて解析した。この結果を表1に示す。

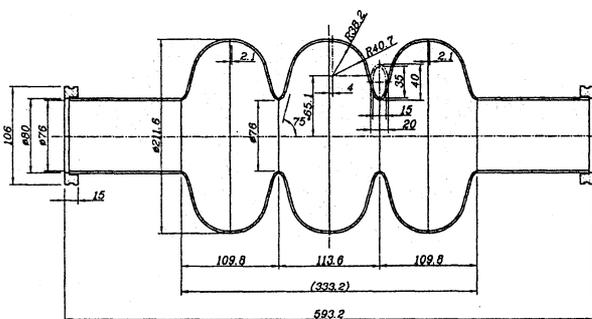


図1 Lバンド3セル超電導キャビティ断面図

表1 Lバンド3セルキャビティの高周波特性

周波数	1299.23 [MHz]
Q値	29158
G (形状因子)	273.79 [ $\Omega$ ]
$R_{sh}/Q$	317.45 [ $\Omega$ ]
$E_{max}/E_{acc}$	2.58
$H_{max}/E_{acc}$	41.9 [0e/MV/m]
結合度	2.29 [%]

## 2.2 材料

東京電解製のNb板材を使用した。純度は99.85%以上、残留抵抗比RRR=200以上、伸びは25%以上であった。

## 2.3 成形

$\phi 280\text{mm}$ 、 $t=2.5\text{mm}$ のNb円板をアルミ超合金製の型を用いてプレス加工して半セルを成形した。プレス加工により成形された半セルをトリム用治具にセットし、旋盤を用いて正寸カットした。

ビームパイプは、Nbの平板をロール加工した後、電子ビーム溶接で接合し、アルミ超合金製の通し棒を通して芯出しを行った。

## 2.4 接合

電子ビーム溶接により各パーツを接合した。なお、各パーツの接合部は予め化学研磨でクリーニングした。半セルどうしの溶接は、滑らかな溶接部を得るためにセルを $30^\circ$ 傾けて、アイリス側からセル内面の接合部に電子ビームを斜め打ちした。その他の溶接は、キャビティを水平にし、外面から垂直に電子ビームを打った。完成したLバンド3セル超電導キャビティを図2に示す。両フランジ面の水平度の誤差は約 $0.3\text{mm}$ であった。

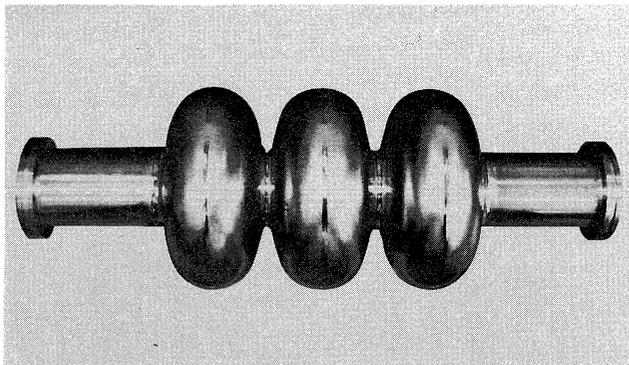


図2 製作したLバンド3セル超電導キャビティ

## 2.5 プリ・チューニング

各セルの中心軸上における $\pi$ モードの加速電界のピーク値をそろえるためにチューニングを行った。Al製のビーズをキャビティの中心軸上で動かし、摂動法により軸上の電界分布を測定しながら、セルの外側から圧力を加えセルを軸方向に伸縮させることによって、各セル毎に電界の大きさを調整した。図3にチューニング前後のキャビティ中心軸

上における電界分布を示す。図より、チューニング前は電界分布に約10%のばらつきが見られたが、チューニング後は約4%まで抑えることができた。

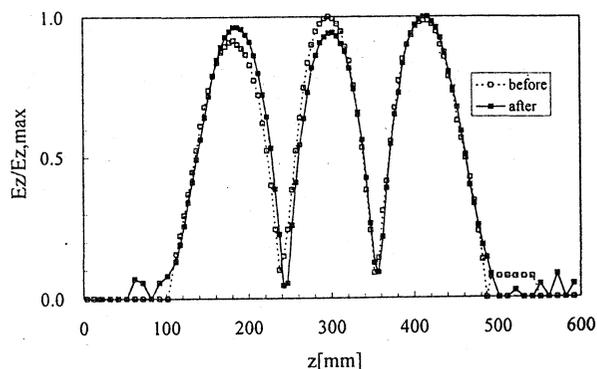


図3 チューニング前後の電界分布図

## 2.6 表面処理

本キャビティの表面処理の工程を図4に示す。バレル研磨[1]では、赤道部で $80\mu\text{m}$ 以上、アイリス部で $20\mu\text{m}$ 以上を研磨した。続いて横型電解研磨装置を使用し、内面 $100\mu\text{m}$ (平均)を研磨した[2]。電解研磨中にNbが $\text{H}_2$ ガスを吸収してキャビティのQ値が著しく低下する[3]のを防ぐため、電解研磨後は真空熱処理( $710^\circ\text{C} \times 5$ 時間)を行い、 $\text{H}_2$ ガスの脱ガス処理を行った。この後、高圧洗浄を行った[4]。処理条件は、 $0.2\mu\text{m}$ フィルターを通したイオン交換水を用い、平均圧力 $85\text{kgf/cm}^2$ 、処理時間は2.5時間とした。なお、バレル研磨以外の全ての処理は野村鍍金株式会社において行った。

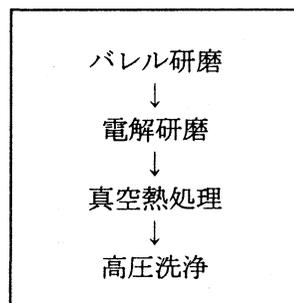


図4 表面処理工程

## 3. Lバンド3セル超電導キャビティの測定

室温で測定したキャビティ中心軸上における加速モード( $\pi$ モード)の電界分布をSUPERFISHで解析した結果と合わせて図5に示す。

極低温における性能試験は、KEKの縦測定用テストベンチを使用して行った。縦測定では、他の2

つのpass bandのQ値と電界( $E_{peak}$ )を求めた。図6はその結果であり、各モードのQ値と $E_{peak}$ の関係を示したものである。はじめに $\pi$ モードを測定した。 $E_{peak} = 20\text{MV/m}$ からX線が発生し、 $E_{peak, max} = 38.7\text{MV/m}$ (加速電界 $E_{acc} = 15\text{MV/m}$ 相当)で中間状態(キャビティからの発熱と超流動ヘリウムによるキャビティの冷却が熱的にバランスした状態)に陥った。(2/3) $\pi$ モードは、 $E_{peak} = 28\text{MV/m}$ からX線が発生し、 $E_{peak, max} = 34.5\text{MV/m}$ で中間状態になった。(1/3) $\pi$ モードは、 $E_{peak} = 19\text{MV/m}$ からX線が発生し、Q値が著しく低下(フィールドエミッション)して、 $E_{peak, max} = 28.3\text{MV/m}$ で中間状態になった。この後、再び $\pi$ モードを測定した結果、(1/3) $\pi$ モードの結果とほぼ同じような結果になった。 $E_{peak} = 20\text{MV/m}$ からX線が発生し、Q値が著しく低下して、 $E_{peak, max} = 33.8\text{MV/m}$ で中間状態になった。解析値、室温、1.7Kにおける各モードの共振周波数及びキャビティの結合度を表2に示す。また、測定の結果、本キャビティの残留表面抵抗は約 $9\text{n}\Omega$ であった。

$E_{peak}$ を高くするほどX線量が増えることからフィールドエミッションが発生していると考えられる。中間状態になる原因としては、フィールドエミッションによる発熱の他にキャビティ内表面に存在する局所的な欠陥の発熱も考えられる。今後、キャビティ内表面を観察して欠陥の有無を確認し、発熱の原因を調べる。

#### 4. まとめ

Lバンド3セル超電導キャビティを試作し、性能測定を行った。この結果、最大表面電界 $38.7\text{MV/m}$ (加速電界 $15\text{MV/m}$ 相当)が得られた。今後は、キャビティ内表面を観察して発熱の原因を調査し、表面処理によってこれを除去し、さらに高い表面電界の達成を目指す。

#### 謝辞

キャビティの処理を担当していただいた野村鍍金株式会社の皆様に深く感謝いたします。

#### 参考文献

[1] T.Higuchi et al. "Investigation on Barrel-polishing for Niobium Superconducting Cavities", Proc. of the

19<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan, 1994.

[2] K.Saito et al. "R&D of Superconducting Cavities at KEK", Proc. of the 4<sup>th</sup> Workshop on RF Superconductivity, 1989.

[3] K.Saito et al. "Q0-Degradation due to Hydrogen in High Pure Niobium Cavities", Proc. of the 18<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan, 1993.

[4] H.Miwa et al. "Application of High Pressure Rinsing for Superconducting Niobium Cavities", Proc. of the 17<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan, 1992.

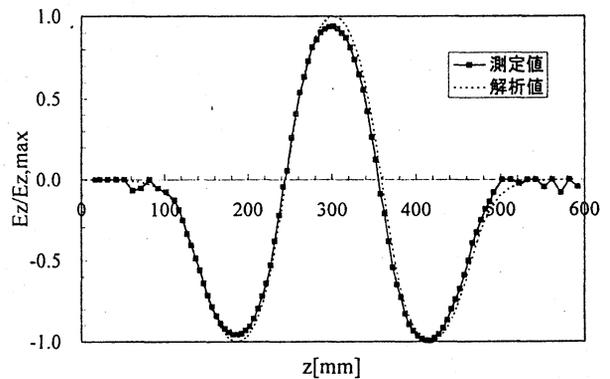


図5 キャビティ中心軸上の電界分布( $\pi$ モード)

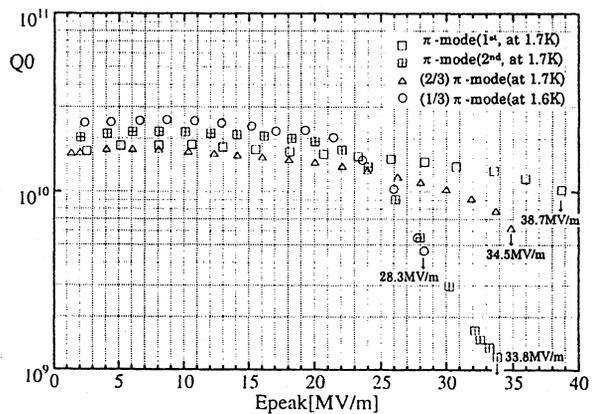


図6 Q値と加速電界 $E_{peak}$ の関係

表2 各モードの共振周波数

	解析値	室温	1.7K
(1/3) $\pi$ -mode[MHz]	1269.76	1269.16	1270.58
(2/3) $\pi$ -mode[MHz]	1288.67	1290.28	1292.05
$\pi$ -mode[MHz]	1299.23	1301.06	1302.89
結合度[%]	2.3	2.5	2.5