

[P7-42]

## High power model fabrication of Disk-and-Washer cavity

H. Ao, Y. Iwashita, T. Shirai, and A. Noda

Accelerator Laboratory, NSRF, ICR, Kyoto Univ.,

M. Inoue, Research Reactor Institute, Kyoto Univ.,

T. Kawakita and M. Matsuoka, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

### Abstract

The Disk-and-Washer (DAW) cavity for electron acceleration is under fabrication. Basic dimensions of the cavity were decided from aluminum model measurement and electromagnetic field calculation. We have fabricated test models made of OFC two times. Some details are optimized and corrected, and then the 3rd test model fabrication are proceeding. These test model results and present status are described.

### Disk-and-Washer(DAW) 加速器実機の製作の現状

#### 1 はじめに

京都大学化学研究所では disk-and-washer 型加速器の開発を進めてきた。基本的な寸法は電磁場解析とアルミ製のモデルを用いて決定 [1, 2]。その後、電子加速を想定した無酸素銅製の実機の一部をこれまで2回試作、その度に生じた問題点を解決しながら、現在、3回目の無酸素銅製モデルの製作の準備を進めている。3回目の無酸素銅製モデル製作までの経緯について報告する。

#### 2 これまでの経緯

アルミモデルの結果を基に、材料強度を考慮し、まずクロム銅製モデルを製作 [3] した。クロム銅ではロウ付け時の酸化などの問題 [4] が生じたため、材料を無酸素銅に変更し、銅製モデル (1stOFC) の製作 [5] を行った。この 1stOFC の周波数は運転周波数からずれていた。この補正のため、より精度を向上させた高精度アルミモデルを 1stOFC と同一寸法で製作した。しかし、ここで新規製作したアルミモデルの周波数が 2ndOFC と異なる、つまり、図面上同一 (組立方法はロウ付けとねじ止め異なる) の2つのモデルの周波数が一致しない問題が現れた。

そこで、どこが実際の周波数精度を主として決めているパラメータ (パーツ) であるかを詳しく調べることにした。SUPERFISH, MAFIA で計算した電磁場分布のデータを基に、各部の比較測定から、ワッシャーが主として周波数を dominate していることを再確認 [6] した。そこでさらにワッシャー部分のどの寸法の影響が大きいかを詳しく確認するため、各部の寸法を確認しながら周波数の比較測定を進めた。しかしワッ

シャー部分の外径など3次元測定器で測定が可能なパラメータについて有意な差は見られず、また曲面部分の寸法測定も試みたが、測定精度の限界から、周波数の不一致を説明できる有意な差は確認できなかった。

そこで我々は、ワッシャー部分の加工再現性が確保されているという現状 (つまり同一ロットではほとんど性能面でばらつきはない) から、現状の 1stOFC のワッシャー形状に対して、他の部分のパラメータで周波数の fine tuning をおこない、所定の性能を実現する方針で補正量の検討に入った。各補正係数を高精度のアルミモデル (とくにワッシャーについては 1stOFC と同一の加工を実施し、1stOFC のワッシャーの性能を再現するよう注意をはらった) で測定、また final tuning の可能性として、squeeze による可調範囲の確認も合わせて実施した。これらのデータを基に2回目の無酸素銅製モデルを製作した。

#### 3 第2回 OFC モデルの製作と測定

##### 3.1 製作時の問題

##### 3.1.1 治具の溶着

前回の無酸素銅製モデルのロウ付けにおいて、離型剤の溶媒による影響と思われる黒色点状の付着物が認められた。そこで今回は離型剤の分量を減らしてロウ付けを行った。その結果、第一段階 (ディスク+ステム) において、付着物はなかったものの、ほぼ全数で溶着が発生した。その際、モデルから治具を取り外すための作業によりディスクが変形したため、6ユニットのうち、変形の大きかった2ユニット (F-2,5) を廃棄することとなった。次期モデルの製作では、治具と銅の当たり面にカーボンを挟み込み、溶着が発生しな

いように改善する予定である。

### 3.1.2 ワッシャーの変形

残った4ユニットに第二段階（ステム+ワッシャー）のロウ付けを行った。しかし、1ユニット（F-3）にワッシャーが傾く変形が発生し、後の測定からは除外した。原因については、ロウ付け治具からの取り外しの際に力がかかった、又は輸送の際の振動などによる変形ではないかと推測されている。

製作中や完成後の輸送での取り扱い方法を検討するため、別途荷重試験などを実施した。銅の曲げ試験などから約3Gの荷重を上限と見定め、取り扱いに注意することとした。

### 3.1.3 冷却水路のリーク

完成した4ユニットすべてにステム冷却水路からのリークがあった。歪みの影響で治具へのはめ込みがうまくいかなかったのが一因であると思われる。後日、再度ロウ付け作業を行ってリークの修正を試みたが、リークを完全に修復することはできなかった。

## 4 測定結果

### 4.1 加速モード

#### 4.1.1 Q値の比較

加速モードでのQ値の前回との比較を下の表に示す。今回の測定ではユニットをつなげていく組立の際に、締め付けトルクの管理は行っていないので厳密に同一条件とはいえないが、ほぼ前回と同様の値が得られたと考えている。

ユニット数	1st OFC (前回)	OFC (今回)
1	14200	13600
2	12600	12600
3	17800	15600

#### 4.1.2 周波数の比較

前回の無酸素銅モデル（1st OFC）に対して補正をかけた結果、予想される値と、今回（2nd OFC）の測定値を比較してみた。（表1参照）

ここで予想値とは、これまでアルミ製モデルでの測定で得られた補正係数を前回（1st OFC）の測定値に当てはめ、計算したものである。加速管のユニット数の増加に伴い、全体に占める端板の寄与の割合が減少

セットアップ	1stOFC	予想値	2ndOFC
1unit	2857.87	2855.63	2857.59
2units	2858.39	2857.09	2859.22
3units	2858.74	2857.90	2859.99
収束値 (N=24)	2859.25	2859.18	2861.46

表 1: 1stOFC から算出した予想値との比較

する。そのためユニット数毎で補正係数が異なってくる。このことを考慮にいれ、各ユニット数毎の補正係数を適用し、予想値を算出している。

表1では、2ndOFCの製作時の補正の基本方針に従って、1stOFC modelの測定結果を基にした予想値と比較している。しかしこの予想を補正係数の測定の際に用いた高精度アルミモデルに基づいて算出してみると、図2のように2ndOFCの測定結果とよく一致することがわかった。

セットアップ	Al model	予想値	2ndOFC
1unit	2859.96	2857.72	2857.59
2units	2860.83	2859.53	2859.22
3units	2861.18	2860.34	2859.99
収束値 (N=24)	2861.71	2861.64	2861.46

表 2: (高精度) アルミモデルから算出した予想値との比較

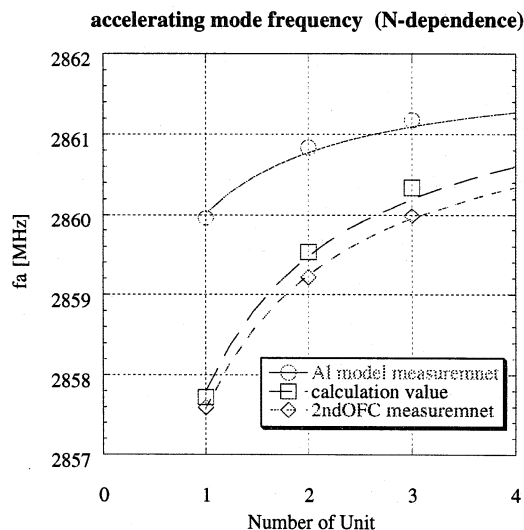


図 1: 予想と測定値の比較

以前から、アルミモデルと無酸素銅モデルの周波数が一致しないという問題点を抱えていた。この結果は

2ndOFC model がアルミモデルに近い特性をもっていることを示している。

#### 4.2 結合モード

結合モードについての測定結果を先の加速モードと同様に以下に示す。

セットアップ	(1st) 予想	(Al) 予想	測定値
1unit	***	2789.83	2791.75
2units	2829.11	2824.83	2821.65
3units	2838.88	2831.39	2828.34
収束値 (N=24)	2854.06	2848.36	2845.84

表 3: 結合モード周波数の予想と測定値の比較

結合モードについても加速モード同様、アルミモデルを補正のベースにした場合に良い精度で予想値と測定値が一致していることがわかる。

#### 4.3 電場分布

電場分布の測定結果を図2に示す。ディスク内径 (Rdn) を変化させた状態で測定し、その影響を見ている。寸法補正前の現状の寸法で望ましい均一性が実現されている。補正後の次期モデルにおいては多少の変化が予想されるが、周波数の一致を優先して製作を進める予定である。

#### 5 第3回 OFC モデルの製作

高精度アルミモデルの測定結果を基にした予想値が2ndOFCを良く説明することから、次期モデル (3rd-OFC) では、補正のベースとして高精度アルミモデルの測定値とする補正の方針をとった。現在、補正寸法の確定を済ませ、製作を進めているところである。

1stOFCは測定後、輸送中に变形してしまったため、現時点ではどのような原因で周波数がずれていたのか確認することはできない。しかし、今回の測定から高精度アルミモデルと無酸素銅モデル (2ndOFC) の周波数が (係数による換算を通して) 一致したと考えられる。より確かな根拠を得るために、cold model を2ndOFCの寸法に追加工して、測定を行ってみたいと考えている。

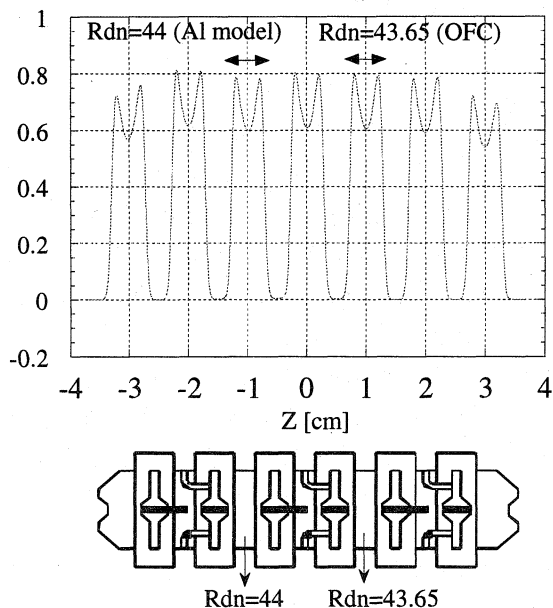


図 2: 電場分布

#### 6 参考文献

- [1] Y. Iwashita. Biperiodic L-support DAW for electron acceleration. *Bull. Inst. Chem. Res. Kyoto University*, 73(1):97, 1995.
- [2] Y. Iwashita et al. Cold model test of biperiodic L-support disk-and-washer for linac structure. *Proc. of the 1995 Particle Accelerator Conference, Dallas*, page 1093, 1995.
- [3] Y. Iwashita et al. Power model of biperiodic DAW cavity. *Proc. of the 1996 Linear Accelerator Conference, Geneva, Switzerland*, page 857, 1996.
- [4] Y. Iwashita et al. Fabrication of biperiodic DAW cavity. *Proc. of the 1997 Particle Accelerator Conference, Vancouver, B.C., Canada*, page 1203, 1997.
- [5] H. Ao et al. Fabrication of disk-and-washer cavity. *Proc. of the 22nd Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, Japan*, pages 119-121, February 1997.
- [6] H. Ao et al. Fabrication of disk-and-washer cavity. *Proc. of the First Asian Particle Accelerator Conference, KEK, Japan*, page 187, 1999.