

# FABRICATION OF THE S-BAND ACCELERATOR GUIDES FOR KEKB INJECTOR (II)

Yasuhito IGARASHI\*, Seiya YAMAGUCHI\*\* and Atsushi ENOMOTO\*\*

\* Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Nagoya Aerospace Systems  
10, Oye-cho, Minato-ku, Nagoya, Aichi, 455

\*\* KEK, High Energy Accelerator Research Organization  
1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305

## Abstract

S-band accelerator guides for the KEKB injector upgrade are under fabrication. Measured RF characteristics, such as VSWR, filling time, attenuation constant, phase distribution, are reported.

## KEKB 入射器用 Sバンド加速管の製作 (II)

### 1. はじめに

KEKB 入射器では、B ファクトリー計画に向けた改造において新規に約 70 本の加速管を製造する。加速管の基本的な構造は従来<sup>[1]</sup>と同じ、2856MHz、30°Cで運転される  $2\pi/3$  モード進行波準定電界型の 2m 管である。この加速管は電鋳法<sup>[2]</sup>を用いて製造し、周波数調整のための変形を一切加えない。電鋳法は全く熱を加えず (30°C以下) 空洞を一体化するため変形が少なく、軽い加速管ができるという利点があるが、一方、加速管の性能は、超精密旋盤によるディスクとスペーサーの加工精度、及び電鋳応力のコントロールで決まる。電鋳は量産効果を上げるために高速電鋳であり、今回は 2 本同時に行った。設備の能力としては 3 本同時電鋳が可能である。なお、電鋳応力による空洞の変化は、160~190kHz とみている。

前回の本研究会までに、加速管用カプラーの設計、製作<sup>[3]</sup>、 $2a-2b$  曲線、及び素管製作<sup>[4]</sup>について述べたが、今回は完成した加速管の最終 RF 測定を全本数について行っているの、その結果について報告する。

### 2. 加速管の種類

加速管はビーム発散対策のため、表 1 に示した 6 種類を製造した。加速管用カプラーには電磁場の非対称補正のため、アイリスの反対側に三日月型のカットを施してある。またビームホルの R は従来 2mm であったが、放電対策のため 7mm に変更した。既存の加速管は A~E の 5 種類であるが、今回は新たに A<sub>0</sub> タイプ ( $2a=26.975\text{mm}$ ) を製造した。この A<sub>0</sub> タイプは陽電子生成標的直後のユニットでのみ使用されるもので、1m 管であり、入力カプラーが 1 フィートと 2 フィートの 2 種類ある (図 1)。標的直後の加速管は DC ルノイトの強磁場中で使用され、激しい放射線にさらされるため、過去に度重なる放電トラブルを起こしてきた。そのため 1m 管とすることで入力高周波のパルス幅を短くし、さらに 2 フィートカプラー (ビームホルの R は 20mm である) を使用することにより電磁場の対称性を良くするとともに、アイリスでの電場強度を下げて放電を押さえるようにした。<sup>[5]</sup>

表 1 KEKB 入射器用加速管.

種類	第 1 ディスク孔径 $2a$ (mm)	最終ディスク孔径 $2a$ (mm)	加速 空洞数	製造 本数
A <sub>0</sub>	26.975	24.950	27	4
A	24.950	20.900	54	12
B	24.650	20.600	54	8
C	24.350	20.300	54	12
D	24.050	20.000	54	12
E	23.750	19.700	54	20

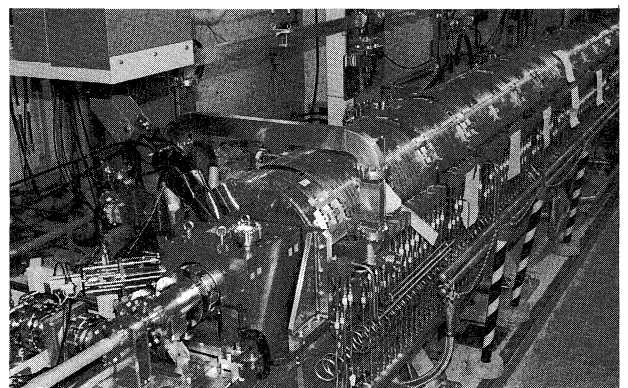


図 1 陽電子生成標的直後の加速ユニット.

### 3. 最終 RF 測定結果

RF 測定は図 2 に示す構成で、温度( $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ )、湿度( $50 \pm 5\%$ )の管理された部屋で行った。加速管には常に恒温水循環装置を用いて  $30^\circ\text{C}$  の冷却水を  $8\text{l/min}$  流し、測定時には管内に乾燥窒素ガスを流すようにした。周波数補正は、加速管の温度と管内湿度をもとに、 $30^\circ\text{C}$ 、真空換算で  $2856\text{MHz}$  となるようにした。加速管の温度は 4 箇所をサーミスタ高精度温度計で測定し、温度差が  $0.1^\circ\text{C}$  以下となるようにしてある。RF 計測には HP ベクトル・ネットワーク・アナライザを使用し、制御とデータ収集は HP VEE で行った。主な計測内容は、入出力カプラーでの VSWR、充填時間 (減衰定数  $\tau$ )、位相長である。さらにこの装置では、位相特性の測定として Nodal shift 法とビード摂動法<sup>[6,7]</sup>の 2 通り行えるようにしてある。Nodal shift 法には  $\phi 16\text{mm}$  の離調棒を使用し、ディスク等に触れることのないようアライメントしてある。ビード摂動法には、外径  $0.46\text{mm}$ 、内径  $0.25\text{mm}$ 、長さ  $5.0\text{mm}$  の針 (SUS304) と伸び縮みの少ない糸を使用し、軸方向に  $34.99\text{mm}$  の間隔でステップモータにより駆動する。針が停止する各位置の精度は  $\pm 0.05\text{mm}$  以下である。針の移動距離はマグネスケールによりモニターした。

測定例として E 型管 (E58) の各測定結果を図 3 に示す。E58 の測定結果は、

入力側での VSWR	1.05
出力側での VSWR	1.07
充填時間	$0.573\mu\text{sec}$
減衰定数 $\tau$	0.367
位相の標準偏差 $\sigma$	
Nodal shift 法 ...	$1.3^\circ$
ビード摂動法 ...	$3.5^\circ$

ただし、 $\tau$  は  $Q=14,000$  として計算してある。正確な  $Q$  値は今後基準空洞を用いて計測する予定である。

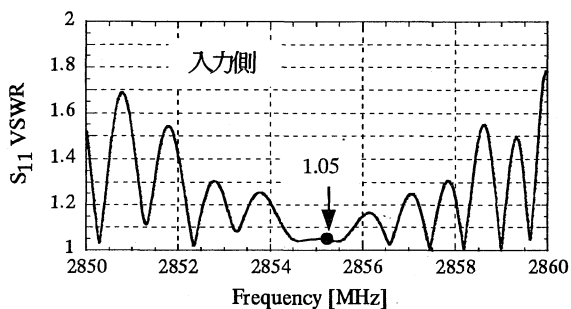


Figure 3-1: VSWR.

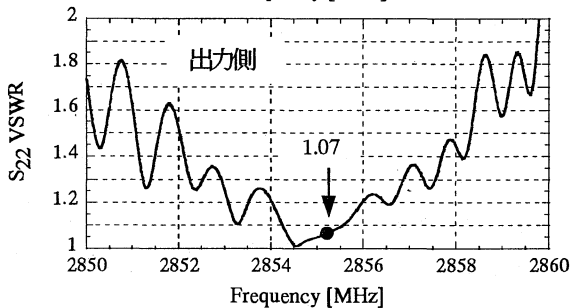


Figure 3-1: VSWR.

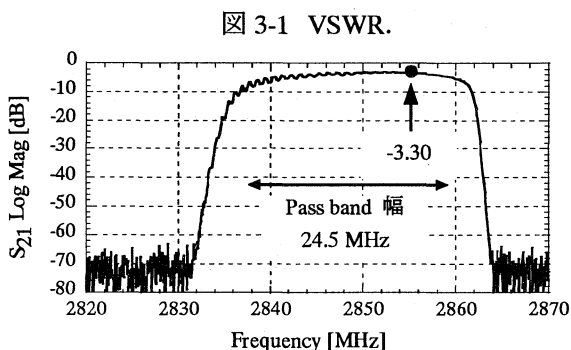


Figure 3-2: Passband width, filling time.

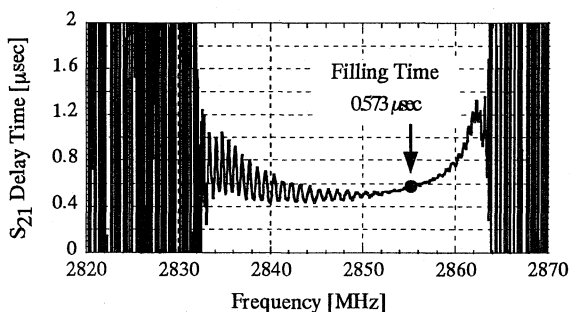


Figure 3-2: Passband width, filling time.

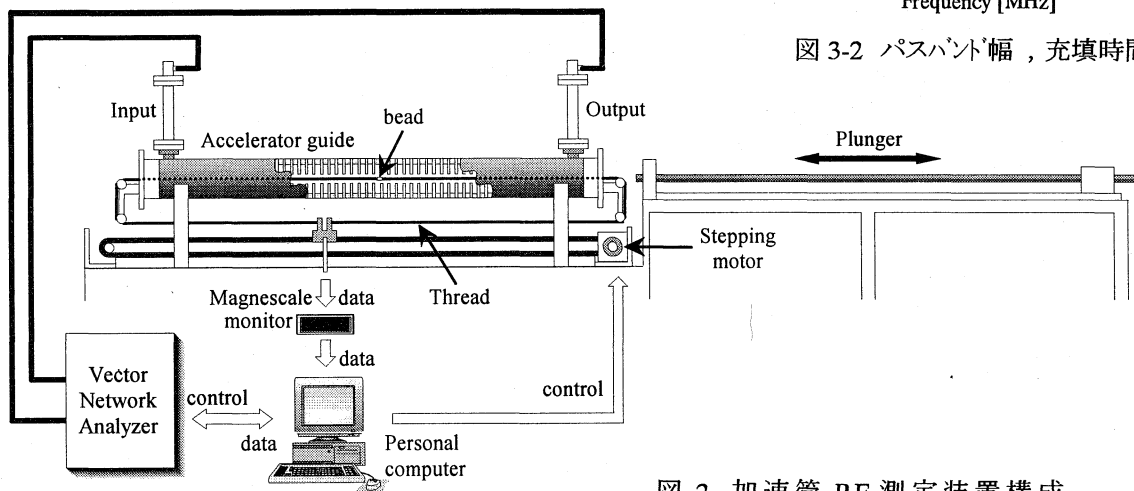


Figure 2: Accelerator RF measurement device configuration.

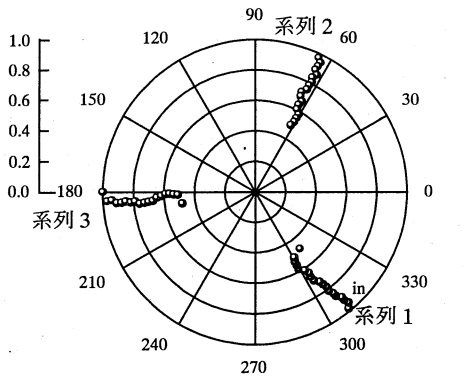


図 3-3 Nodal Shift 法.

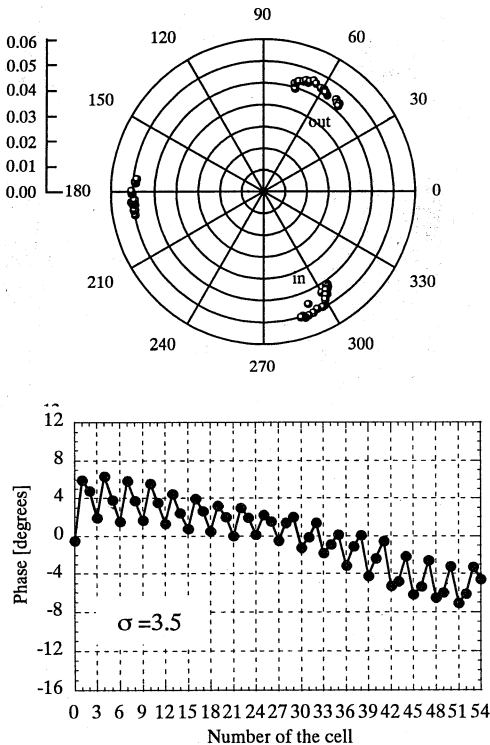


図 3-4 ピート摂動法.

次に、各タイプにおける測定値の平均を表 2 に示す。なお、これらは 7 月末までに測定を終了している 34 本分についてまとめたデータである。また、VSWR と  $\sigma$  について、34 本の平均を求めると以下の通りとなる。

入力側での VSWR	1.10
出力側での VSWR	1.10
$\sigma$ - Nodal-shift 法	2.9°
系列 1 …	2.3°
系列 2 …	2.4°
系列 3 …	2.5°
$\sigma$ - ピート摂動法	4.5°

$\sigma$  - ピート摂動法は  $\sigma$  - Nodal shift 法と比べて大きな結果が出た。この理由については現在検討中である。

表 2 加速管 RF 測定結果(平均).

種類	入力側 VSWR	出力側 VSWR	充填時間	$\tau$	$\sigma$ - Nodal shift 法	$\sigma$ - ピート摂動法
A	1.11	1.10	0.470	0.300	2.1	2.6
B	1.11	1.09	0.492	0.315	3.1	4.4
C	1.10	1.10	0.515	0.330	3.1	5.0
D	1.09	1.10	0.543	0.348	3.5	5.6
E	1.10	1.12	0.569	0.365	3.1	5.0

#### 4. まとめ

完成した加速管の最終 RF 測定を行った結果、VSWR 1.1 以下、位相特性  $\sigma 3^\circ$  以下となった(7 月末現在)。無調整管であることを考慮すると、おおむね満足する結果であった。 $\sigma$  がやや大きくなったことは、電鍍応力のコントロールがまだ完全でないためと推測され、今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] 佐藤勇, 博士論文 “2.5GeV 電子線形加速に関する研究”, 東北大学, 1986.
- [2] J.Tanaka, et al. "On Electroforming of Disk-loaded Waveguide of Linear Structure", 応用物理, 第 31 巻, 第 2 号, 1962 年, pp.146-154.
- [3] 五十嵐, 他, "S-バンド加速管用カプラーの設計", 第 20 回リニアック技術研究会, 大阪, 1995.
- [4] 五十嵐, 他, "KEKB 入射器用 S-バンド加速管の製作", 第 21 回リニアック技術研究会, 東京, 1996.
- [5] 佐藤勇, 他, "放射光入射器増強計画", KEK Report 95-18, March 1996.
- [6] T.Khabiboulline, et al. "Tuning of a 50-cell constant gradient S-band traveling wave accelerating structure by using a nonresonant perturbation method", DESY M-95-02 (1995).
- [7] T. Khabiboulline, et al. "A new tuning method for traveling wave structures", Proceedings of 1995 Particle Accelerator Conference and International Conference on High-Energy Accelerators, May 1-5, Dallas (1995).