

[P 30–26]

FABRICATION OF THE S-BAND ACCELERATOR GUIDES FOR KEKB INJECTOR

Yasuhito IGARASHI*, Seiya YAMAGUCHI**, Atsushi ENOMOTO** and Isamu SATO**

* Nagoya Aerospace Systems, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

10, Oye-cho, Minato-ku, Nagoya, Aichi, 455

** KEK, National Laboratory for High Energy Physics

1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305

Abstract

We are now fabricating the S-band accelerator guides for KEKB injector upgrade. Previous to the fabrication, we obtained various parameters for the accelerator guide design, Brillouin diagrams, group velocity, dimensions of $2b$. We have tested the bead-pull method for the phase-distribution measurement. We measured 9-cavity model with a constant impedance structure, and the result was in good agreement with that of Nodal-shift technique.

KEKB 入射器用 Sバンド加速管の製作

1. はじめに

KEK/PF 電子陽電子線形加速器では、B7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(表 1)。この加速管は、2856MHz、30℃で運転される $2\pi/3$ モード進行波準定電界型である。^[1] 通常の定電界型加速管では、各セルでの加速電界強度が一定となるようにディスク孔径($2a$)を変化させるが、準定電界加速管ではディスク孔径を一定の間隔で小さくしていく。新加速管も従来と同じく $75\mu\text{m}$ 間隔とした。また製造法も従来通り電鍍法を用いる。^[2,3] 電鍍法の利点としては、加速空洞に変形を加えない、熱を加えないで空洞を一体化するため変形が少ない、スリムで軽いこと等がある。

今回、従来用いてきた基準空洞が傷んできたこともあり、改めて複数の基準空洞を作り直し、分散曲線を測定して $2a-2b$ 曲線等を求めた。さらに全タイプの加速管用カプラーの寸法も見直すことにした。

また、加速管の位相調整には Nodal-shift 法を用いているが、最近では非共振擾動理論^[4,5]に基づくとビード擾動法の適用が試みられている。^[6,7] 本方法の利点としては、加速管の内部を汚さない、定電界型加速管ではセルNo.による離調効果に差が生じない等がある。そこで我々も本方法の適用を考え、予備実験を行った。

2. $2a-v_g$, $2a-2b$ 曲線

分散曲線は $2a-v_g$ 曲線を求める際に必要なデータである。今回は $2a$ の異なる 8 種類の 6セル基準空洞を

表 1 KEKB 入射器用加速管。

type	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
A ₀	26.975	24.950	27
A	24.950	20.900	54
B	24.650	20.600	54
C	24.350	20.300	54
D	24.050	20.000	54
E	23.750	19.700	54

製作して分散曲線を測定した。図 1 に $2a-v_g$, $2a-2b$ 曲線を示す。従来値と比べると、 $2a-v_g$ 曲線ではほぼ同じ値となったが ($2a > 25.0$ を除く)、 $2a-2b$ 曲線では最大で約 $14\mu\text{m}$ 程度の差がでた。この理由としては、工作精度、測定精度の違いによるものと考えられる。この曲線を元にして、電鍍応力効果、温度効果等を考慮し、加工する $2b$ 寸法を決定した。また、加速管の位相測定は、加速管の 5カ所で測定した温度の差が 0.1°C 以下となる状態で行っている。

3. カプラー内電場分布の非対称補正

カプラーは図 2 の様な構造を持ち、三日月型カップは電磁場の非対称性を補正するために設ける。カプラーの設計/調整には Kyhl 法を用いた。^[8]

例として C-type 入力側カプラー ($2a=24.350\text{mm}$) の結果を示す。図 3 は Kyhl 法、図 4 は VSWR の測定結果である(管は 7セルの CI(Constant Impedance)管を用いた)。VSWR は 1.07 であった。

また、電場分布の測定は非共振摂動理論に基づくヒート摂動法を用いて行った。 $\Delta E(x=\pm 8\text{mm})/E(x=0\text{mm})$ は1%以下にする事を目標とした。図5に測定結果を示す(黒-三日月付, 白-三日月無)。 $\Delta E(x=\pm 8\text{mm})/E(x=0\text{mm})$ は、6.18%であったものが0.21%となっている。また位相は、 1.07° から 0.21° となった。

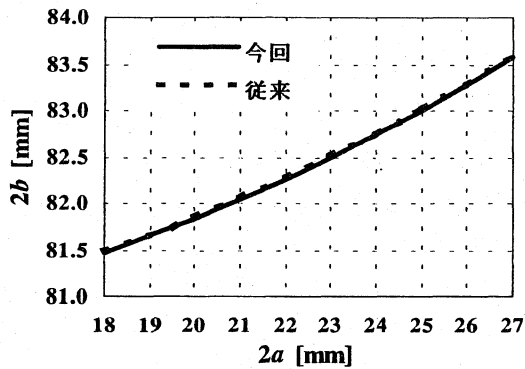
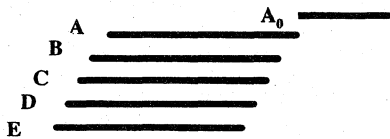
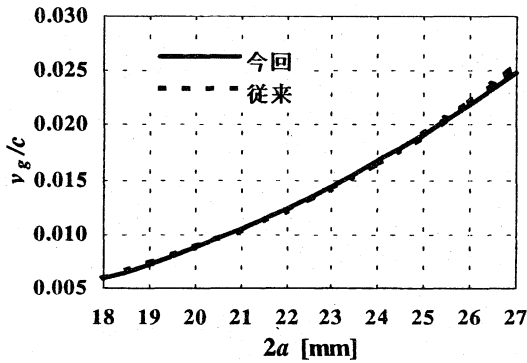


図1 $2a-v_g, 2a-2b$ 曲線.

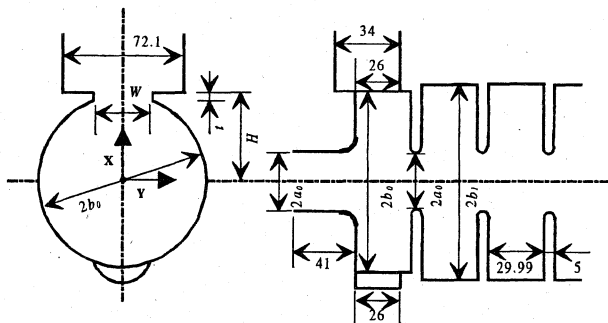


図2 カプラーの断面図.

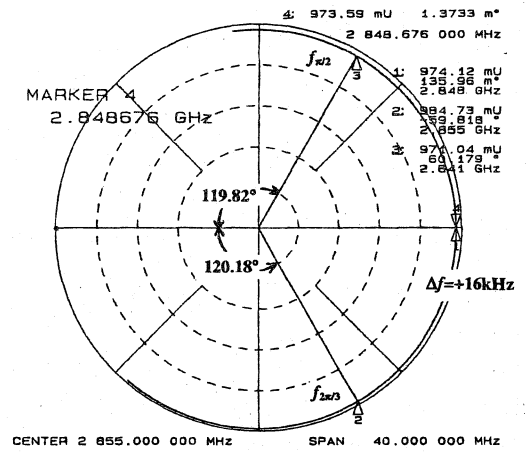


図3 Kyhl法の測定結果.

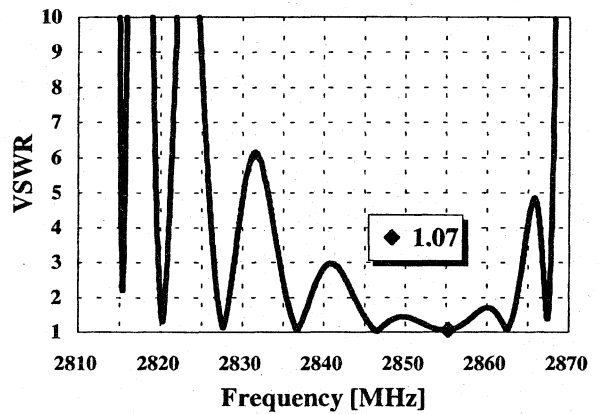


図4 C-type 入力側カプラーの VSWR.

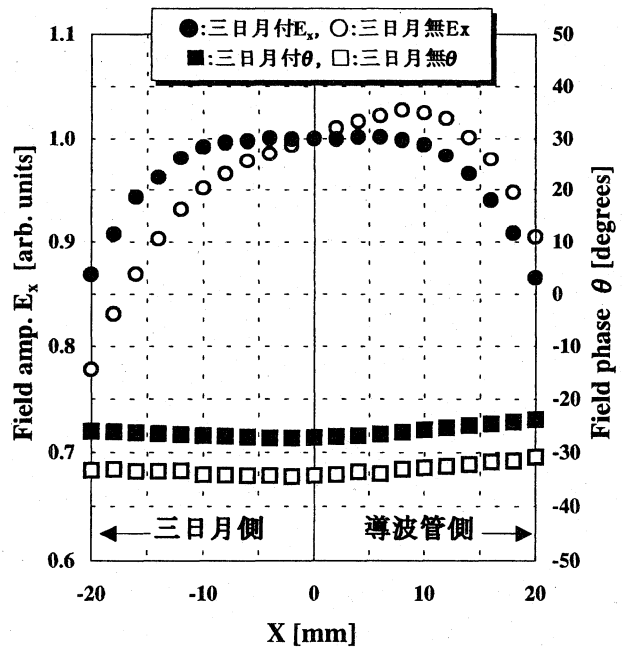
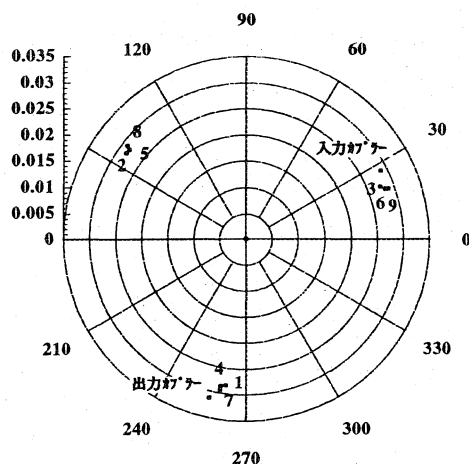


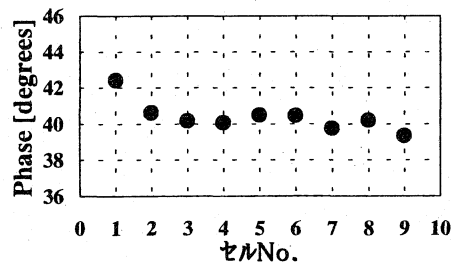
図5 C-type 入力側カプラーの電場分布.

5. ビード摂動法による位相特性測定

9セルの CI 管 (A_0 -typeカプラー使用)を用いて予備試験を行い, Nodal-shift 法との比較を行った. 測定には, 外径 0.46mm, 内径 0.25mm, 長さ 5.0mm の needle(SUS304)を使用し, 軸方向に 34.99mm の間隔で動かした(手動). ビード摂動法の測定結果を図 6, Nodal-shift 法の測定結果を図 7 に示す. その結果 $\Delta\theta$ の標準偏差は, ビード摂動法では $\sigma=0.81^\circ$, Nodal-shift 法では $\sigma=0.89^\circ$ となり, ほぼ一致することがわかった. よって次の段階では, 2mの加速管で測定を行う予定である.



(a) $S_{11p}-S_{11a}$ (p:ビーズ有, a:ビーズ無).



(b) 位相.

図 6

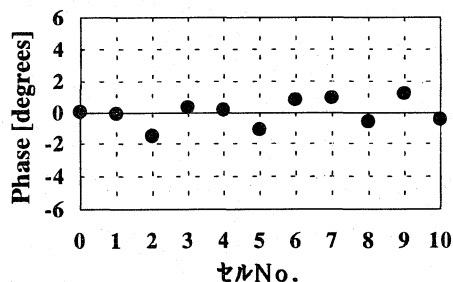


図 7 位相(Nodal-shift).

6. まとめ

昨年度後半より加速管の量産を開始したが, それに先立ち, $2a-v_g$ 曲線, $2a-2b$ 曲線等の基準パラメータを改めて求め直した. またカプラー試験もほぼ終了し, 電磁場の非対称性は全カプラーで改善されている. 参考として現在までに製作された加速管の内, E-type の 1 例について, Nodal-shift 法の測定結果(電鍍前)を図 8 に示す. $\Delta\theta$ の標準偏差は $\sigma=0.99^\circ$, VSWR=1.06 である.

また, ビード摂動法と Nodal-shift 法との位相特性は, 予備試験の結果ではほぼ一致した.

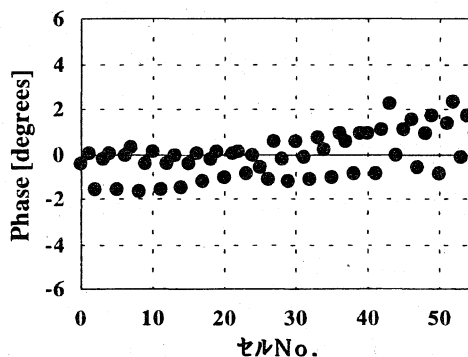


図 8 E-type 加速管の位相特性.

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] I.Sato, Nucl.Instrum.Meth., 177,(1980), pp91-100.
- [3] 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.
- [4] C.W.Steele, "Nonresonant Perturbation Theory", IEEE Trans. MTT-14, No.2 (1966) pp70-74.
- [5] K.B.Mallory, R.H.Miller, "On Nonresonant Perturbation Measurements", IEEE Trans. MTT-14, No.2 (1966) 99-100.
- [6] T.Khabibouline, 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. Khabibouline, et al. "A new tuning method for traveling wave structures", Proceedings of 1995 Particle Accelerator Conference and Internal Conference on High-Energy Accelerators, May 1-5, Dallas (1995).
- [8] 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.