

KEKB 入射器用 S-バンド バンチャー管の製作

五十嵐 康仁^{1,A)}、大沢 哲^{B)}、山口誠哉^{B)}、榎本收志^{B)}

^{A)} 三菱重工業(株) 名古屋航空宇宙システム製作所

〒455-8515 名古屋市港区大江町 10

^{B)} 高エネルギー加速器研究機構

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

概要

現在、KEKB入射器で使用しているバンチャーは平成4年度に製作されたものであるが、放電により入力できるRF電力が減少している（出口付近のディスク2a径孔の周りに放電痕跡が確認されている）。その為、新規にバンチャーを製作したのでそのRF特性について報告する。また、テストベンチに組み込んでエージングを行ったのでその結果も報告する。

1. 設計

概略図を図1に示す。本バンチャーはプレバンチャーと機械的に結合されている。これはプレバンチャーで集群したバンチをバンチャーで速やかに加速しながら同時に集群するためである^[1]。その為、プレバンチャーも新規に製作した。

設計値を表1に示すが、現在のバンチャーと同じである^{[1][2]}。プレバンチャー、バンチャーとも2π/3モード進行波型（ $f_0=2856\text{MHz}$ ）である。プレバンチャーは定インピーダンス型で5空洞（カプラー空洞含む）からなり、位相速度は0.77cとなっている。バンチャーは定電界型であるが35空洞（カプラー空洞含む）のうち、最初の6空洞は位相速度 $c\beta$ を0.77c～0.99cまで徐々に変化させている。製造方法は平成4年度製作時と基本的には同じである。ただし、その後には製造されたKEKB入射器用加速管（2π/3モード進行波準定電界型の2m管）で確立した設計、工法を反映してある。

2. カプラー供試体試験

本機を製作する前に、カプラー寸法を決めるための供試体試験を行った。プレバンチャー用（以下、PB）、バンチャー入力用（以下、B入力）、バンチャー出力用（以下、B出力）の3種類について行った。尚、径方向の電場分布非対称性の補正方法は、従来と同様にカプラー空洞をレギュラー空洞に対して偏心させる方

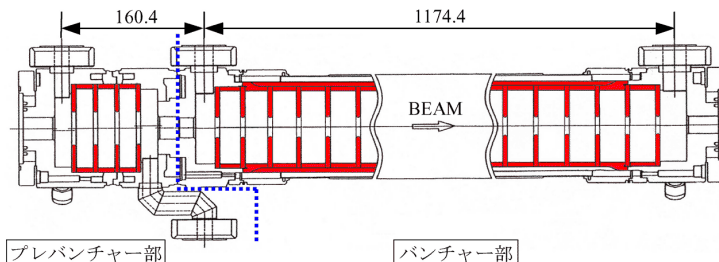


図1：プレバンチャー、バンチャーの構造

表1：設計値

プレバンチャー		
maximum field	2.0	MV/m
shunt impedance	14.97	MΩ/m
group velocity/c	0.0494	
attenuation constant	0.0597	Neper/m
maximum input power	2	MW
cavity number	5	
cavity size D	24.318	mm
$2a$	36.89	mm
バンチャー		
maximum field	24	MV/m
maximum input power	25	MW
cavity number		
buncher section	6	
normal section	29	
cavity size D	31.49~34.99	mm
$2a$	22.44~19.43	mm

法を採用した^[3]（偏心量も従来と同じ）。その為、寸法決定試験後に供試体を用いて電場分布の測定を行った。

2.1 6-disk 基準空洞製作

カプラー供試体試験で使用する空洞を製作するために3種類の6-disk基準空洞を製作した（図2）。その結果を表2と図3に示す。

表2：各基準空洞のパラメータ

種類	2a [mm]	2b [mm]	D [mm]	β	v_g/c
PB	36.89	89.594	24.318	0.695	0.0554
B入力	22.44	83.005	27.010	0.772	0.0131
B出力	19.32	81.711	34.990	1.000	0.0077

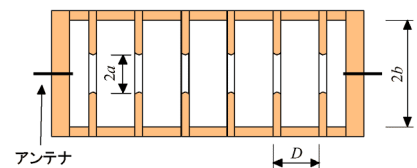


図2：6-disk 基準空洞

¹ E-mail: igarashi@almond.kek.jp

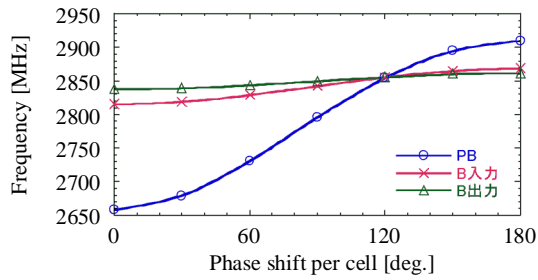


図3：分散曲線

2.2 寸法決定試験

カップラー（図4）の調整^[4]は Nodal-shift 法と Kyhl 法を用いて行った。試験結果を表3と図5に示す。

表3：供試体試験結果

種類	2a [mm]	2b [mm]	W [mm]	Offset [mm]	Beam hole [mm]
PB	36.89	84.436	39.78	3.48	25.00
B入力	22.44	81.415	28.28	1.52	22.44
B出力	19.32	80.693	24.22	0.76	19.32

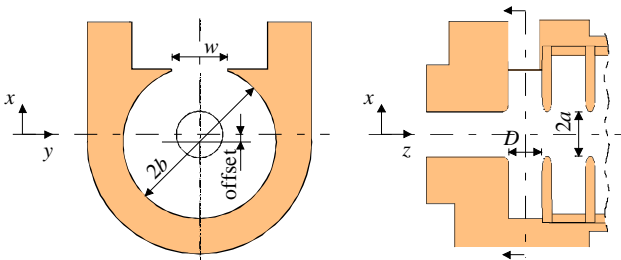


図4：カップラー断面図

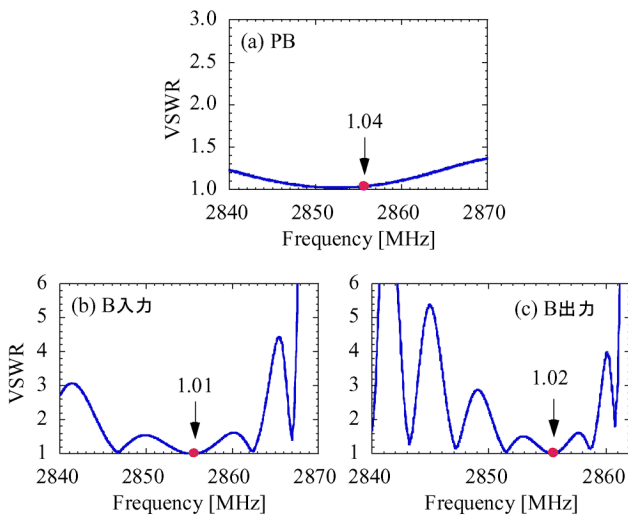


図5：カップラーVSWRの周波数特性

2.3 電場分布測定

供試体に対する径方向電場分布の測定結果を図6に示す（非共振摂動理論に基づくビード摂動法）。 $x = \pm 8\text{mm}$ での振幅差 ΔE と $x=0\text{mm}$ での振幅 E との比、 $\Delta E/E$ は、PB=6.2%、B入力=1.0%、B出力=0.6%となり、

また、 $x = \pm 8\text{mm}$ での位相差 $\Delta\phi$ は、PB=4.5°、B入力=0.6°、B出力=0.3°となった。プレバンチャーの非対称補正が完全でないことがわかる。

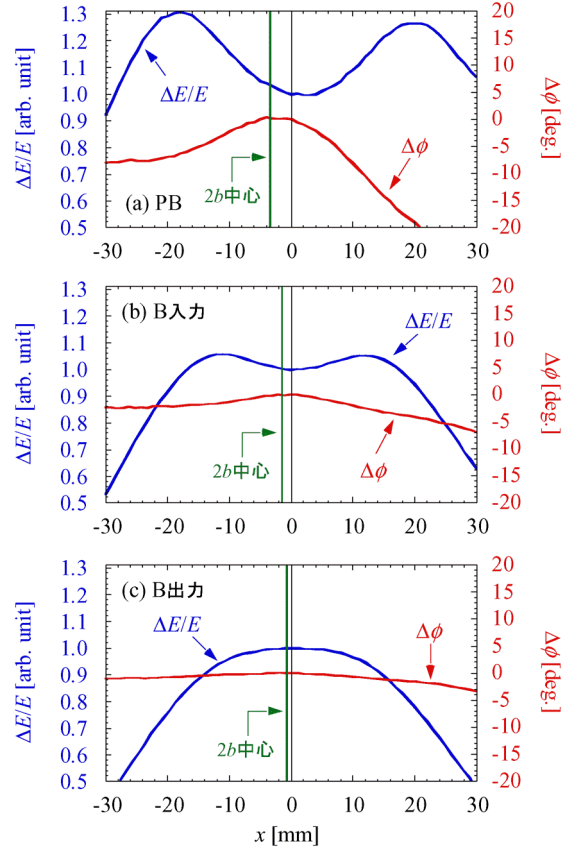


図6：カップラー径方向電場分布

3. 本機製作

3.1 プレバンチャー

プレバンチャーは空洞数が少ないため、中央部の3空洞を前後のカップラー本体で包み込み、EBWで一体化した。RF特性を図7と表4に、写真を図8に示す。

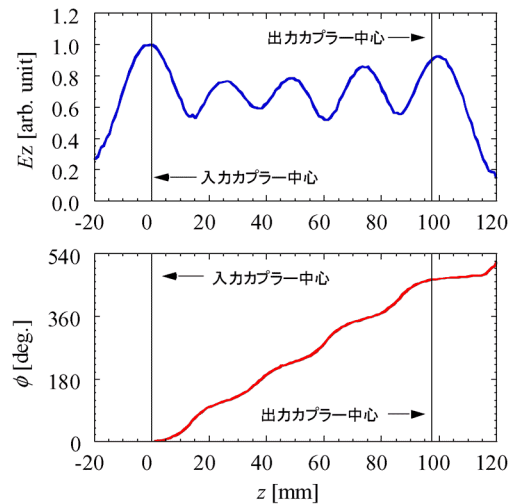


図7：プレバンチャー軸方向電場の振幅 E_z と位相 ϕ

表 4 : プレバンチャーRF 特性

入力側 VSWR	出力側 VSWR	Filling Time [nsec]	Nodal 位相特性 σ [deg.]	bead 位相特性 σ [deg.]	Transmission Loss [dB]
1.13	1.11	8	2.6	4.5	-0.12

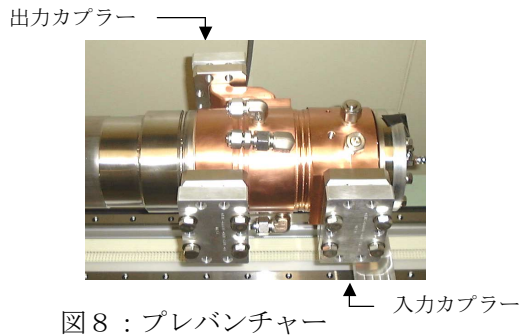


図 8 : プレバンチャー

3.2 バンチャー

バンチャーは、RF 調整、製造方法とも KEKB 入射器用加速管^[5]と同様の方法を用い、電鍍方式で製造された（加工精度のみで位相精度を確保し、周波数調整のための変形を一切加えない）。完成後の RF 測定の結果を表 5 と図 9 に示す。

表 5 : バンチャーRF 特性

入力側 VSWR	出力側 VSWR	Filling Time [μ sec]	Nodal 位相特性 σ [deg.]	bead 位相特性 σ [deg.]	Transmission Loss [dB]
1.10	1.15	0.405	2.4	3.4	-2.34

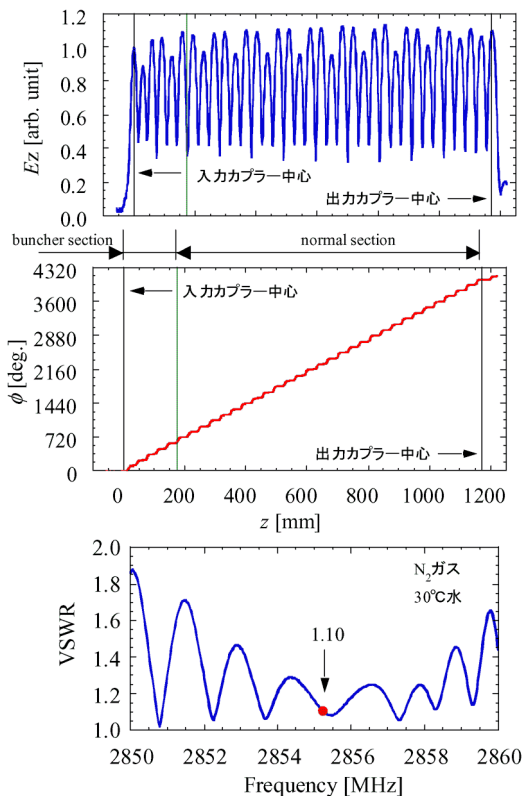


図 9 : バンチャー軸方向電場分布の振幅 E_z , 位相 ϕ と入力 VSWR

4. エージング

完成したバンチャーをエージングスタンド (図10) に組み込んでエージングを行った。500時間以上のエージングを行い、最大投入RF電力は約25MW、平均加速電界強度は約24MV/m (パルス幅 2 μ sec (仕様は 0.5 μ sec)、繰り返し 50pps、ソレノイド磁場 約0.9kG) となり仕様を満たすことが確認できた。また、バンチャーの下流側に設置したファラデーカップを用いて暗電流の測定を行ったところ、電界増倍係数 β は約130となった (図11)。

なお、エージングスタンドを整備する際、シールド用コンクリートブロックは KEK 吉岡正和氏、RF 源は RF グループ、その他は加速管グループの方々にご協力いただいた。

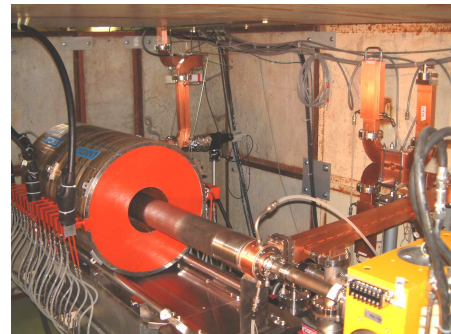


図 10 : 下流側からみたエージングスタンド

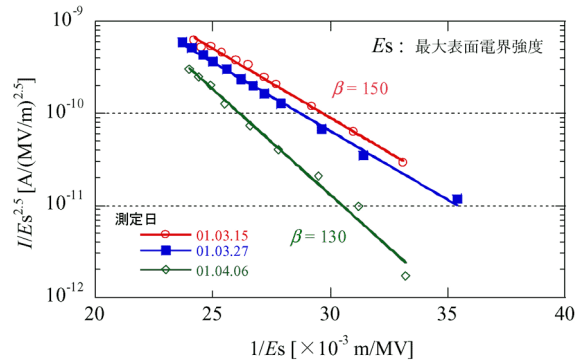


図 11 : Fowler-Nordheim プロット

参考文献

- [1] S.Ohsawa, et al., "New Pre-injector of the KEK 2.5-GeV Linac and its Performance", Proc. of the 1993 Particle Accelerator Conference, Washington, D.C., U.S.A., May 17-20, 1993, pp.3087-3089.
- [2] I.Sato, et al., "Design Report on PF Injector Linac Upgrade for KEKB", KEK Report 95-18 (1996) p.278-283.
- [3] H.Hanaki, et al., "Computer Design of Coupler Cavities for a Travelling-Wave-Type Buncher", Proc. of the 3rd EPAC, Germany, Mar. 1992.
- [4] Y.Igarashi, et al., "Coupler Design for the S-band Accelerator Guides", Proc. of the 20th Linear Accelerator Meeting in Japan, Osaka, Sep.6-8, 1995, pp.194-196.
- [5] Y.Igarashi, et al., "Fabrication of the S-band Accelerator Guides for KEKB Injector (II)", Proc. of the 22th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, Sep.9-11, 1997, pp.122-124.