

(F16p15)

Alignment of the KEKB Linac Electron Gun and Focusing System

M. Ikeda, S. Ohsawa, A. Enomoto, Y. Ogawa, S. Yamaguchi, and T. Kamitani
 High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801 Japan

KEKB リニアックの電子銃と集束系のアライメント

ABSTRACT

The electron gun of the KEKB 8GeV Linac was installed in May, '97, which had been used in the PF 2.5-GeV Linac up to the end of December '96. In the KEKB Linac it is required to accelerate high current beams in the center of each acceleration section within the accuracy of 100 μm to avoid a transverse wake field. To meet the requirement it is important to achieve the accuracy in the same order from the electron gun. The first beam test of the gun was performed in June '97 to investigate beam trajectories in the focusing magnetic fields. It became clear that the beams were not in centers of the magnetic fields. We improved the alignment method of the electron gun and the focusing system, and achieved better trajectories. We describe the method and the result in details.

1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構電子陽電子入射器では、2.5 GeV PF リニアックの電子銃を97年5月に新電子銃室に移設した^[1]。KEKB では陽電子発生用に大電流ビームを標的まで長距離加速する。この間に発生するウェーク場によるビームエミッタンス悪化を阻止するために100ミクロンの精度で行うビーム位置制御を必要とする。低エネルギー側でビームエミッタンス悪化の種ができるのは好ましくないので、電子銃ビームについ

ても位置精度の向上が求められる。そこで、97年秋の試運転開始前に問題点の洗い出しと改善の方向性を探るために、リニアック増設部がまだ建設中であったが、他に先行して電子銃単体のビーム試験をした。試験は入射部組み立て直後の97年6月9日から12日までの4日間に行ったところビームが磁場中心を通っていないことが判明した^[2]。以下では、この時の状況とその後の改善策及び対策後の結果について述べる。

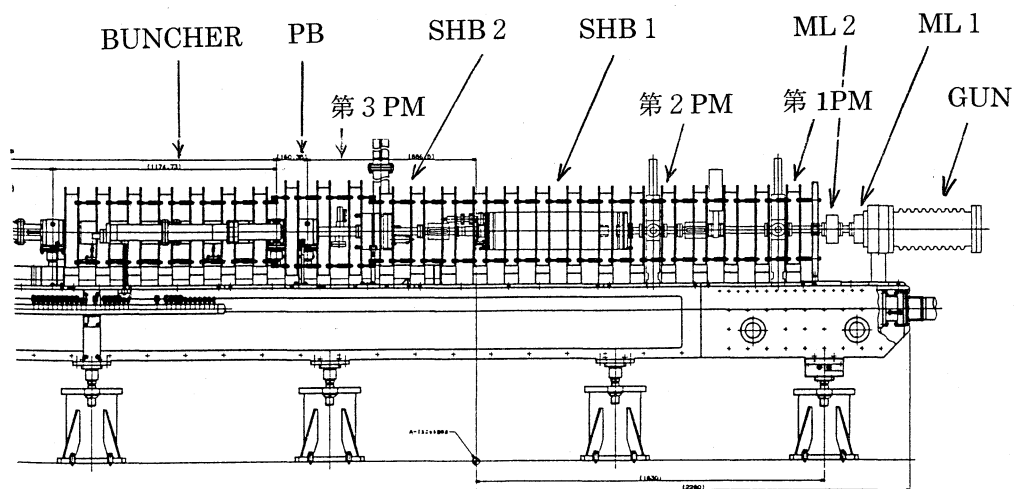


図1. 電子陽電子入射器 入射部配置図

2. 電子銃組み立て直後の状況

(1) 電子銃やダクト等はプレバンチャー (PB) 入口まで設置されたが、集束コイル (FC) やステアリングコイル (SC) 等の電源は未配線だったので仮電源を用意した。また、電子銃は 2.5 GeV で運転に使用していたものを移設した。カソードを長期間大気暴露したためビーム電流があまりとれなかった。

(2) ステアリングコイルに電流を流さない状態では既に、第 1 プロファイルモニター (PM) 上のビーム位置が明らかに中心からずれていた。

(3) 電子銃の加速電圧を変えて (130 ~ 155KV) ビーム位置変化を 3ヶ所の PM で測定したところ、変化量 (回転角の差) が集束コイル入り口からの距離にほぼ比例した。また最初のステアリングコイルで補正 (x,y 共に 1A) すると、変化量が小さくなる。これらのことから主たる原因が集束コイル入り口以前にあると判断した。

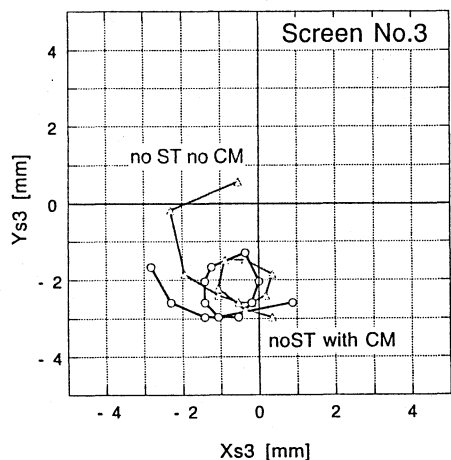


図 2. 電子ビームの変動軌跡 (補正前)
第 3 PM で観測されたカソードフランジ
取付精度補正前の電子銃高圧変化(130~
155KV) によるビーム軌道回転の軌跡。

(4) そこですべての集束コイルをオフにして、磁気レンズ (ML1 or ML2) 電流を変えたところ、ビームの位置が第 1 PM 上で左右に移動した。磁気レンズがオフのときビーム位置が左下にあり、磁気レンズの電流を増やすと中央に寄ってくる。また磁気レンズでカソード面を第 1 PM 上に結像させたときに、像がほぼ中央にある。これは電子銃の出口でビームが既に左下にずれていることを示している。

その原因を探るために更に以下のような調査を行った。

3. ビームずれの原因追求

(1) 外部磁場の影響評価

ビームライン近傍の残留磁場の影響を見るために近くの電磁石を ON/OFF したり極性を反転した。またシールド大扉を移動させたりしてビームの位置変動を測定したがこれによるビーム位置変動 (第 1 PM) は見られなかった。

(2) 残留磁場測定

電子銃のチェンバーに一部残留磁場は見られたが極めて局所的であった。最大値は以下の通りであった。

チェンバーフランジ周辺	3~4 Gauss
カソードフランジ周辺	2~3 Gauss
カソード面	1 Gauss
カソード周辺のコバール	1 Gauss

(3) ヒーター電流が発生する磁場測定

ヒーター電流を流すとカソード近傍に磁場が発生する。ヒーター電流を 2 A 流した場合の磁場は以下の通りであった。

(運転時のヒーター電流は、5.3 A である。)

これは、ヒーターコイルによる軸対称であるため大きな影響はないと考えられる。

表 1. ヒーター電流が発生する磁場

カソード面からの距離	0 mm	5 mm	10 mm
カソード中央 (r=0)	9.5 G	6 G	2 G
カソード中央周辺 (r=5mm)	2 G		

(4) カソードの取付精度

ビームラインを一部はずして下流側からカソードを測定した。カソードフランジとステムフランジ間の相対距離からカソードの倒れがわかる。測定の結果、表 2 のように最初のカソードは中心が下でやや左向きに取り付けられていることが分かった。

表2. 改善前の最初のカソードの取付精度

	上	下	左	右
軸ずれ(mm)		0.35		0.05
倒れ(mm)	0.03	-0.04	-0.18	0.12

一方、フランジとカソード面の平行度はかなり良いことが別の測定で確認された。

4. 改善策と結果

調査の結果カソード取付精度以外に特に問題点は見当たらなかった。そこでまず以下のような対策を講じた。

(1) 新品のカソードに交換する際に取付精度に留意した。カソードのフランジ面とステムフランジ間の距離を精密に測定しながらカソードを取付けた。この部分のガスケットのみ ICF の銅ガスケットであるため、フランジの増し締めにより取付精度を上げた。

(2) 更に、取り付け時の倒れをなくすためにカソード以外の電子銃周辺の ICF ガスケットを全て銅からアルミガスケットに変えて、完全にフランジ同士が接するまで締め切った。

(3) 磁気レンズの磁場測定を行い ML、FC、ST に異常がないことを確認した。

(4) 第2 ML の下流に位置決め用の支柱を設置する。これは従来から使用していたものであるが、最初の組み立て時に欠落していたものである。

(5) 以上のような改善策だけで解決されない場合も想定されるので安全のために FC 入口にステアリングコイルを1組追加した。

以上の点を改良した結果、ステアリングコイル（最初の3個）の電流が零の状態でも FC 中のビームは図2. に見られるように電子銃の高圧を変えても位置変動が大幅に小さくなった。また FC の磁場の強さを変えてもビーム位置変動は見られない。これらのことからビームが磁場中心を通ると考えられる。但し、プレバンチャー以降では、ステアリングコイルで補正しないとビームが横に振られる。この原因はまだ不明である。

表3. カソード交換した後の取付精度

	上	下	左	右
倒れ(mm)	0.00	-0.00	-0.01	0.02

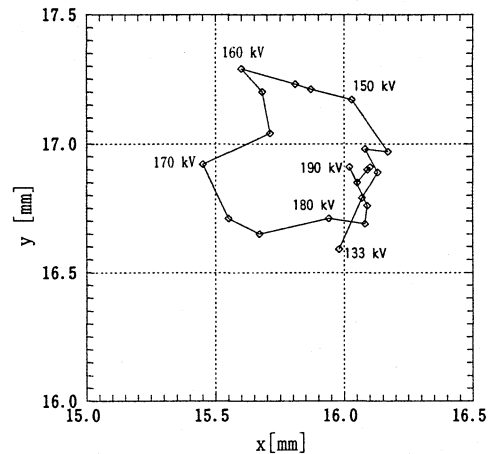


図2. 電子ビームの変動軌跡（補正後）

第3 PM で観測されたカソードフランジ取付精度補正後の電子銃高圧変化(133~190KV)によるビーム軌道回転の軌跡。

謝辞

電子銃と集束系のビーム変動データ収集にあたり KEKB コミッショニンググループの方々にご協力をいただきました。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- [1] “放射光入射器増強計画—KEKB に向けて”、KEK-Report 95-18、1996.
- [2] KEKB ミニワークショップ 1997.7.22