

LINAC ALIGNMENT AND ACCELERATION OF A HIGH-CURRENT, SINGLE-BUNCHED BEAM

Ogawa Y., Enomoto A., Ohsawa S., Kamitani T., Kobayashi H., Choi J-Y., Sato I.,
Ota M.* , and Iino Y.*

KEK, National Laboratory for High Energy Physics
1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

ABSTRACT

In the KEKB injector linac, it is required that a high-current, single-bunched, primary electron beam of more than 10 nano Coulomb be stably accelerated up to the positron production target. For realizing stable acceleration, transverse wake-field effects of high-current beams, which could cause a beam instability and degrade the beam quality, must be minimized in various ways. It has been recognized that the precise alignment of the accelerators is one of the key issues concerning the prevention of a wake-field instability. In this connection, we improved the alignment system for the KEK 2.5-GeV electron linac regarding several points. The new system works satisfactorily and is being utilized for the linac alignment. As a result, the acceleration efficiency of a high-current, single-bunched beam was improved. In this paper, we present the preliminary results of the high-current beam acceleration as well as the alignment status of the linac including the main points of improvements concerning the alignment system.

リニアックのアライメントと大電流シングルバンチ加速

1. はじめに

KEK リニアックでは、KEKB のためのリニアック増強にあたり、陽電子発生用1次電子ビームとして、大電流シングルバンチビーム (>10 nC) を陽電子変換標的 (約 4 GeV) まで安定に加速しなければならぬ。このような場合、ビームによって誘起される横方向ウェーク場の効果を色々な方法によって抑制しない限り、安定な加速とそれに引き続く効率的な陽電子発生は望めない。

横方向ウェーク場の抑制のためには、リニアックのアライメントが重要な課題の一つとなる。計算によれば、10 nC シングルバンチ安定加速のためには、加速管や電磁石に対するアライメント許容精度は、0.1 mm 以下²⁾でなければならない。従来用いてきたアライメントシステムは、10年以上前に構築さ

れたもので、各部品の劣化のため不具合が生じてきたので、今回とくにアライメント測定系 (光源部及び光学系) を一新した。また、それを用いて実際にほぼリニアック全体についてアライメントを行い、0.1 mm の設置精度を得た。さらに、大電流シングルバンチ加速実験に対する影響を調べた。

2. アライメントシステム

全長が 400 m を越えるような長い装置のアライメントにおいては、地球の球形効果が無視できないので、KEK リニアックでは、図 1 に示すようにリニアックの中心部が地球に接するようなアライメントを行っている。

* Mitsubishi Heavy Industries, LTD
Nagoya Aerospace Systems

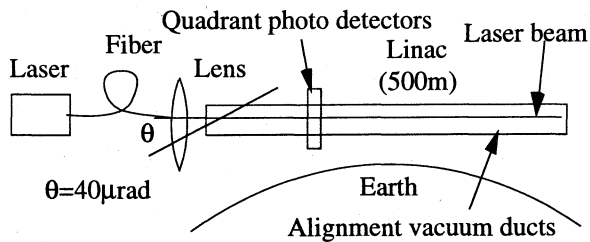


図1 レーザーアライメントシステム

2-1 アライメント方法

アライメントの手順を、以下に示す。

- [1] 架台の上に、加速管、電磁石などを機械加工精度 ($<0.1 \text{ mm}$) で設置する。(加速ユニット)
- [2] 加速ユニットをビームラインに仮設置する。
- [3] レーザービームを全リニアックにわたり基準線として、各架台下のアライメント用真空ダクトの中を通す。
- [4] 各架台部分の前後に設置された四重極光検出器でレーザービームの位置を測定する。これによって、架台の位置の基準線からのズレが求められる。
- [5] このズレが最小になるように、架台の位置を合わせる。

今回は、[3]-[5]のアライメント測定系の改良を行ったが、[1]からわかるように、測定系の測定精度としては、 0.1 mm 以下が求められる。したがって、[4]においてこの値が実現できれば、KEKBでのアライメント許容精度を満たすことになる。

2-2 光源

400 m 以上にわたって、レーザービームを基準線とするためには、ダクトの有効口径 (光検出器の有効口径 $50\text{-}60 \text{ mm}$ で決まる) より十分小さいビーム径を実現し、かつ綺麗なガウシアンビームプロファイルを得なければならない。そこで、回折限界のビームを考えて、波長の短いシングルモードのレーザーを、これまでの He-Ne レーザー (633 nm) に代わって選定した。選定したものは、半導体レーザー励起固体 Nd:YAG レーザーの倍波 (532 nm 、 10 mW) であるが、これは、これまでの He-Ne レーザーのような気体レーザーに特有な不安定性がない上に、極めてコンパクトであり、使い勝手が非常に良い。

2-3 ファイバー光伝送系

今回のレーザーは、ポインティングスタビリティが極めてよく、測定によれば、8 時間にわたって $\pm 8 \mu\text{rad}$ であるが、それでも 500 m 先では、 $\pm 1.5 \text{ mm}$ の

スポットの揺らぎとなってしまう。そこで、レーザーとアライメント光学系をシングルモード光ファイバーで繋ぎ、レーザーの各種不安定性の影響を抑え、ファイバー出射部には、高精度、高安定な位置決めシステムを導入して、ポインティングスタビリティを改善した。シングルモードファイバーによって、モードの形も改善されている。

2-4 アライメント光学系

光検出器のサイズの制限や、これまでの経験から、レーザービームが全長にわたって 30 mm 以下の直径ならば、測定精度として $50 \mu\text{m}$ 達成可能であることがわかっている。 532 nm の波長のビームの場合、回折限界でのビームサイズは 500 m 先で約 $15\text{-}20 \text{ mm}$ (計算値) であるので、これを実現する光学系を製作した。結果として、500 m 先で約 15 mm の直径を得ることができた。

3. リニアックのアライメント

3-1 アライメントシステムの較正

図2に、リニアックの初段加速管部と終端部での較正結果を示す。これは、レーザービームを固定し、四重極光検出器を $10 \mu\text{m}$ きざみで動かした場合の光検出器の出力の変化を描いたものである。フィットした直線の傾きから、較正係数が求められる。ほぼリニアック全体にわたって一定の較正係数が得られた。

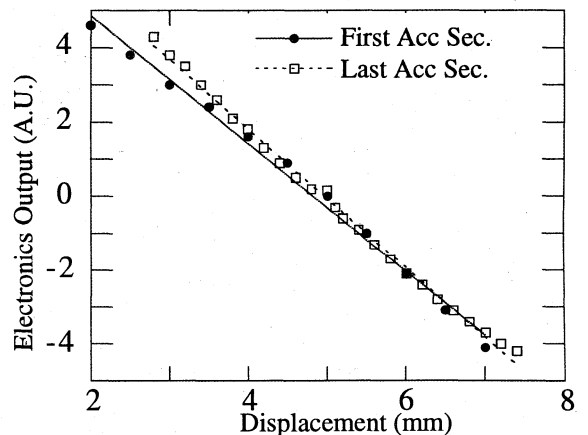


図2 アライメントシステムの較正。

3-2 アライメントの現状

今回のシステムを用いて、リニアックのアライメント測定を行った結果を、図3に示す。これからわかるように、 $2\text{-}3 \text{ mm}$ のズレが生じていることがわかるが、前回のアライメント以来数年が経過してお

り、その間の地震、建物の歪みなどを考慮すると必ずしも不思議な値ではない。いずれにしても、大電流加速のためには、適当な基準線をあらたに設定し、再アライメントする必要があることがわかった。

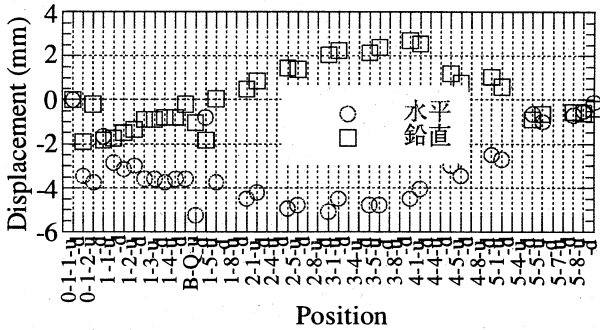


図3 リニアックアライメントの現状(調整前)。

3-3 アライメント結果

リニアックのアライメントでは、水平方向は比較的容易に架台の移動が可能であるが、鉛直方向については、導波管などの配置の関係で大きく移動させるのはむずかしい。そこで、水平方向に関しては全

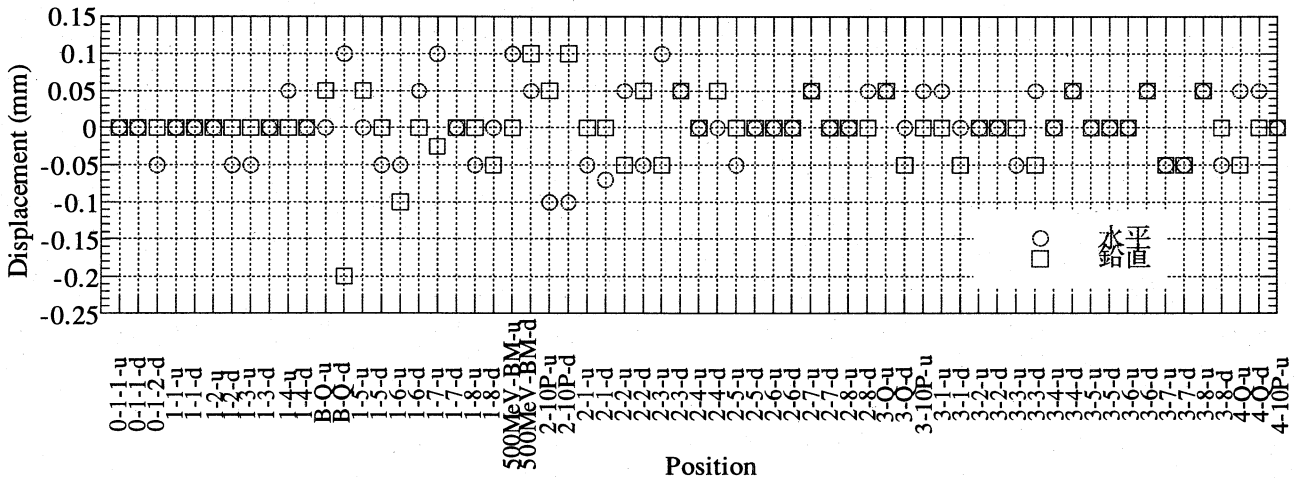


図4 リニアックアライメントの現状(調整後)。

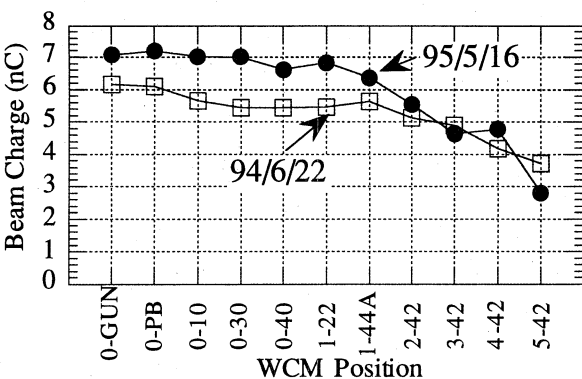


図5 大電流シングルバンチビームの加速試験。

セクタ分アライメントを行うが、鉛直方向については、図3によって、アライメントのズレが、3セクタ終端までは一つの基準線にのることがわかるので、適当な基準線を決めて、3セクタ終端までをアライメントすることにした。図4に結果を示すが、ほぼ ± 0.1 mm にズレはおさまっている。架台の位置決めについては、別に報告する。

4. 大電流シングルバンチビームの加速試験

アライメントの効果をみるために、大電流シングルバンチビームの加速試験を行った。ビーム輸送効率を図5に、1年前に行った場合と比較して示した。ビーム輸送の感触は明らかに改善されたが、時間の関係で詳細な調整ができていないので、図には大きな違いはあらわれていない。一方、その際のリニアック全域にわたるステアリングコイルの電流値を比較検討した結果、今回の方がはるかに小さい値であることが判明した。

5. 結論

アライメントシステムの改良の結果、3セクタ終端まで設置精度として ± 0.1 mm を実現できた。また、この状態で大電流ビーム加速試験を始めた結果、徐々にアライメントの効果があらわれてきている。

6. 文献

- [1] A. Enomoto et al., Proc. of the 1994 International Linac Conference, Aug. 21-26, Tsukuba, Japan, p.184.
- [2] Y. Ogawa et al., *ibid.* p.535.