

## LASER-BASED ALIGNMENT SYSTEM AT THE KEKB LINAC: CALIBRATION OF SILICON PHOTODETECTORS (II)

Eiichi Kadokura<sup>1</sup>, Tsuyoshi Suwada and Masanori Satoh  
Accelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

In KEKB injector linac, the importance of the alignment is recognized for the injector linac upgrades for Super KEKB that is the next plan. And the restructuring of the alignment system has made progress, which is a precise alignment in the 500-m-long KEKB injector linac and continuous monitoring of the alignment. For this, the installation method to the holder of the silicon photodetector (PD) for the laser position detection has been reconsidered. Although the holder of PD is installed in the beam line by mechanical accuracy, it is optical accuracy becomes a problem. In order to dissolve this problem, we verified the method of locating of PD center position and installation technology of PD. These results are introduced in this paper.

### 500m 長 KEK 電子陽電子入射器におけるアライメント: シリコン光検出器の校正 (II)

#### 1. 概要

KEKB 電子陽電子入射器(入射器)では、次期計画である Super KEKB に向けた入射器の高度化に伴いアライメントの重要性が再認識され、アライメントシステムの再構築が進行している。今回の再構築は、500m 長直線部の精密アライメントとその常時モニターを目標とする。このために、従来から使用しているレーザー位置検出用のシリコン光半導体(PD)のホルダーへの取り付け方法を見直すことにした。ビームラインへはホルダーが機械的精度で取り付けられるが、PD の光学的中心のホルダーへの設置精度が精密アライメントには問題となる。本学会では、PD の中心位置出しと設置技術について実験的検証を行ったので報告する。

#### 2. シリコン光検出器

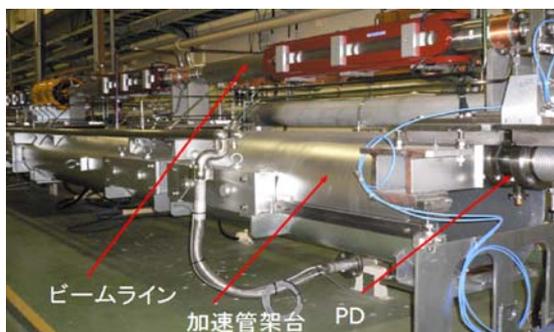


図 1 加速管架台と PD

入射器のアライメントシステム[1]は直線部 100m

と 500m ラインにレーザーを通し、そのレーザー光をシリコン光検出器 (PD) に受けて測定を行う。PD は、基本的にビームラインの下の架台、上流と下流に設置されている(図 1)。直線部 100m に固定型 PD 27 台、位置可変型 PD 3 台、直線部 500m には固定型 PD112 台、位置可変型 PD 4 台が置かれている。

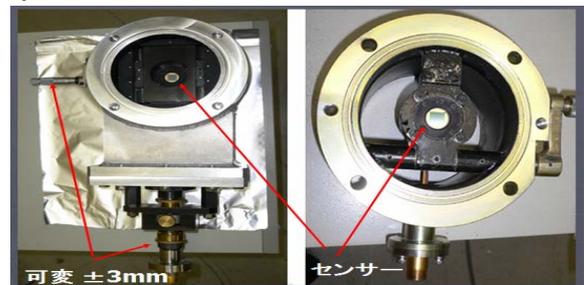


図 2 位置可変型 PD(左)と固定型 PD (右)

固定 PD はセンター部に直径 10mm の円を 4 分割したシリコンフォトダイオードからなる。またサイドレバーによりセンサーを倒し、レーザー光を通過させる構造になっている(図 2.右)。

位置可変型 PD は中心点が水平+3mm、垂直+3mm でこれを原点として、水平方向に±3mm、垂直方向に±3mm が可変可能である。また、センサーを垂直に 10cm 下げ、レーザー光を通過させる構造となっている(図 2.左)。位置可変型 PD は中心点が水平+3mm、垂直+3mm でこれを原点として、水平方向に±3mm、垂直方向に±3mm が可変可能である。また、センサーを垂直に 10cm 下げ、レーザー光を通過させる構造となっている(図 2.左)。

<sup>1</sup> E-mail: eiichi.kadokura@kek.jp

### 3. PDの校正システム



図3 PD校正システム(上左)と校正用レーザー(上右)とレーザー位置校正ジグ(下左)とPDのPDホルダー内位置調整(下中)と固定型PD(下右)

校正システムは150cm長の架台の両端に、PDとレーザーを固定するジグからなる(図3.上左)。レーザーはHe-Ne 5mW、 $\lambda=632.8\text{nm}$ を使用し、3.5mW、8.5mm $\phi$ (全幅)の光にしている(図4.上左)。

#### 3.1 レーザー光の位置決め

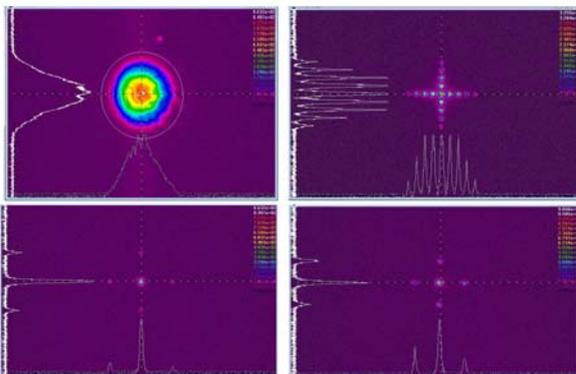


図4 レーザー光(上左)とレーザー位置校正ジグ通過後のレーザー光(上右)とレーザー位置校正ジグ4mm通過後のレーザー光(下左)とレーザー位置校正ジグ3mm通過後のレーザー光(下右)

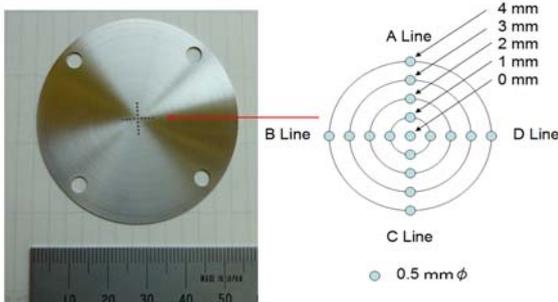


図5 レーザー位置校正ジグ

PDの校正を行うにはレーザー光がPDの各センサーに同量照射するようにする。そのため、レーザーの位置校正はレーザー位置校正ジグ(図5)を使って合わせる。レーザー位置校正ジグは0.5mm $\phi$ の穴を中心から1mm間隔に円周に90度ずらし、4個ずつ4mmまで開けある。このジグにレーザー光を当て、レーザー光の幅に応じて1~4mmの径を選び、4個の穴を通過するレーザー光の強度をレーザー固定台(図3.上右)のX軸、Y軸のマイクロメーターを調整して一致させる。これにより、レーザー光中心を精度良くPD校正システム回転軸中心に合わせるようになる。

#### 3.2 PDのPDホルダーへの取り付け

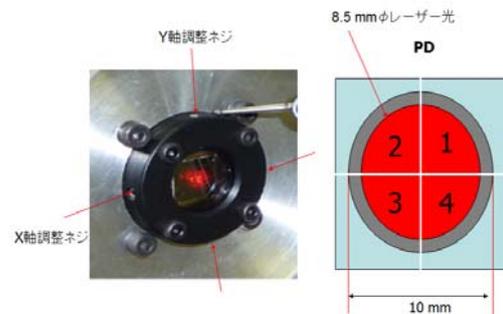


図6 PDホルダー(左)とレーザー光とPDセンサーの第1~4象限(右)

PDをPDホルダーに入れ、3.1で位置校正したレーザー光をPDホルダーに照射する(図3.下中、図6)。次にPDの各センサーからの電流信号を積分回路を通し、電圧変換した信号[2]を使い、① X軸調整用ネジを動かし、第1象限+第4象限と第2象限+第3象限の出力信号を一致させる。② Y軸調整用ネジを動かし、第1象限+第2象限と第3象限+第4象限の出力信号を一致させる。これにより、PDをPDホルダーの機械的中心にPDの光学的中心を精度良く合わせたことになる。その後、固定型PDにPDホルダーを取り付ける(図3.下右)。

### 4. システムの精度測定結果

#### 4.1 レーザー位置によるレーザー光精度

レーザーのマイクロメーター(図3.上右)を動かし、レーザー位置校正ジグの4mm(図4.下左)、3mm(図4.下右)に対しX、Y軸を移動し、レーザー光の強度を測定した(図7)。X軸上15mm付近での各測定位置でのレーザー光の1分間の揺らぎは4mmで14%、

3mm で 5% でした。また、X 軸上 15mm 付近での B Line と D Line(図 5)の  $10\mu\text{m}$  移動時の変異は 4mm で  $0.023\mu\text{W}$ 、3mm で  $.0044\mu\text{W}$  でした。

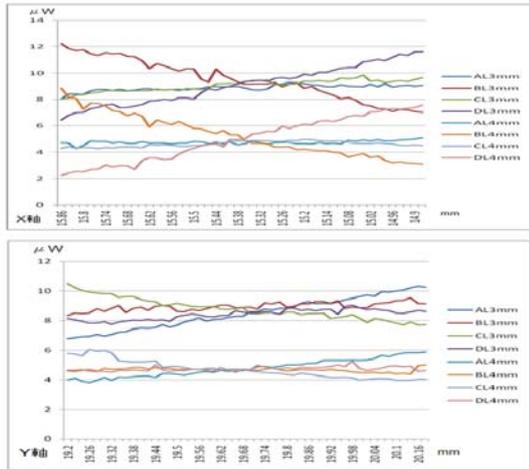


図 7 レーザー位置 X 軸、移動時の 3、4mm 穴通過レーザー光強度(上)とレーザー位置 Y 軸、移動時の 3、4mm 穴通過レーザー光強度(下)

#### 4.2 レーザー位置校正ジグの精度

位置校正したレーザー光をレーザー位置校正ジグに当てジグを 0、90、180、270 度に回転させて 0~4mm 穴の通過レーザー光の強度を測定した。光強度誤差が大きいもので 7% あった。これは機械的な穴の面積誤差による(図 8)。

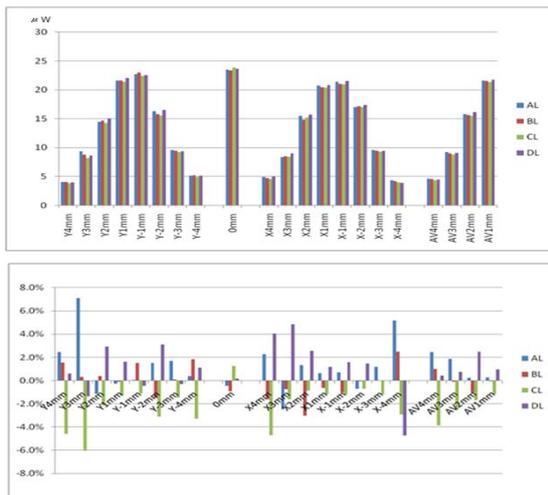


図 8 0~4mm 穴のレーザー光通過ビーム強度(上)と 0~4mm 穴のレーザー光通過ビーム強度誤差(下)

#### 4.3 PD 校正後の PD 精度

PD 校正を行い、PD をホルダー固定後、0、90、

180、270 度回転させ、各位置での PD センサーのゲイン誤差を測定した(図 9)。

回転(度)	第1象限センサー(V)	第2象限センサー(V)	第3象限センサー(V)	第4象限センサー(V)	ゲイン誤差(%)
0	1.66	1.65	1.7	1.62	4.8
90	1.62	1.66	1.61	1.65	3
180	1.64	1.58	1.63	1.61	3.7
270	1.64	1.68	1.64	1.7	3.6

図 9 PD センサーの 0、90、180、270 度の位置でのゲイン

#### 4.4 PD 校正システムの機械的精度

てこ式ダイヤルゲージを使い PD 校正システムの各部の芯振れを測定した。

- PD 校正システム回転台ベース(図 3) :  $\pm 15\mu\text{m}$
- PD ホルダー取り付けジグ(図 3.下) :  $\pm 20\mu\text{m}$
- レーザー位置校正用ジグ(図 3.下左) :  $\pm 25\mu\text{m}$
- PD ホルダー(図 3.下中) :  $\pm 25\mu\text{m}$
- 固定型 PD(図 3.下右) :  $\pm 20\mu\text{m}$
- また、レーザー位置校正ジグの  $0.5\text{mm}\phi$  穴(図 5) 精度 :  $\pm 5\mu\text{m}$
- 位置製作公差 :  $\pm 35\mu\text{m}$

これらの芯振れや、レーザー位置校正ジグの精度は、レーザー位置校正や PD の PD ホルダー取り付けに大きく影響する。また、各ジグ及び、PD ホルダー取り付け時の回転方向のズレも問題である。

### 5. おわりに

アライメントシステムの測定精度を上げるためには、PD 取り付け精度すなわち、PD の芯出し精度が求められる。PD の 4 つのセンサーのゲイン誤差も非常に少ないものが必要である。また、校正に使用するレーザーは、レーザー光の径に対して均等の分布精度が必要である。今後、再度 PD 測定精度を上げるために PD 校正システムの機械的精度を改良する必要がある。

#### 参考文献

- [1] T.Suwada and M.Satoh, "Laser-based alignment system for the 500-m-long KEK electron/positron injector linac: Design of the optical system", in this meeting, 2009
- [2] T.Suwada and M.Satoh, "Laser-based alignment system for the 500-m-long KEK electron/positron injector linac: Design of the measurement system", in this meeting, 2009