

[P8-24]

Active alignment system of ATF Damping Ring

S. Araki, M. Takano^a, A. Miyamoto^b, K. Wachi^b, J. Urakawa, H. Hayano and T. Korhonen^c

KEK, High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

a Toho University

2-2-1 Miyama, Funabashi, Chiba 275, Japan

b E-CUBE Co., Ltd.

1077-158 Hino, Hino-shi, Tokyo 191, Japan

c PCL

ABSTRACT

The construction of the ATF damping ring at KEK was almost finished on January 1997 and several studies of the damping ring were started. Magnets in two arc sections are assembled on 36 active support tables and aligned within 60 μ m using a 3D mobile tracking system. An active alignment system is employed to keep the components of the DR constantly aligned by compensation for the floor motion.

ATF ダンピングリングのアクティブ・アライメントシステム開発

1. はじめに

ATFは電子・陽電子衝突実験用線型加速器のための試験加速器で、1.54 GeVインジェクター・ライナック、低エミッタンス・ダンピングリング、それらをつなぐビーム・トランスポート・ライン、そしてビーム診断用エクストラクション・ラインから成り、1997年1月から運転を開始している。ダンピングリングの曲線部の半径は13.8 m、直線部の長さは25.8 mである。目標の低エミッタンス・ビームを定常的に取り出すには、電磁石を約 60 μ m のS精度で設置しなければならない。しかし、地盤等の変動によりダンピングリングの形状が変化し目標精度を長期的に維持できない。そこでリング曲線部の位置調整架台を用いて、アクティブ・アライメントシステムの開発が重要な研究開発になっている。本稿では位置センサーとしてPSD (Position Sensitive Detectors) を用いたシステムの構想について報告する。

2. アライメント

ATFにおいて時間のかかるバンプ・チューニン

グを行わないで、 $\epsilon_x = 3$ mm、 $\epsilon_y = 30$ nmの規格化エミッタンスを達成しようとするとき電磁石の設置誤差の許容範囲は95% CL (Confidence Level) でX方向に対して $\sigma_x = 90$ μ m、Y方向に対して $\sigma_y = 60$ μ m、4極及び6極電磁石の回転に対しては $\sigma_q = 0.2$ mradであると推定されている [1]。このような設置精度を実現する簡便な方法として三次元計測器を用いた精密設置を行った [2]。1997年9月の高さ方向の測定の結果を図1に示す、RMS (root mean square) = 56 μ m で目標を達成したかのように見えた。

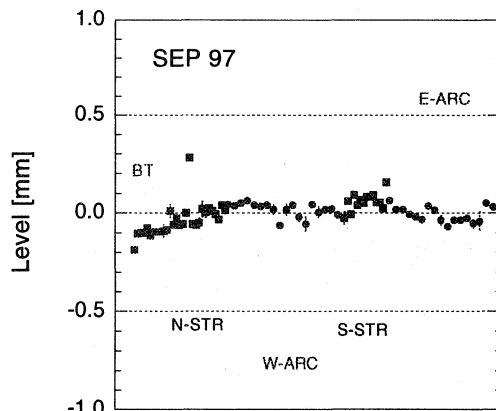


図1. 1997年9月の電磁石の高さ

しかし、1998年1月の測量では西側曲線部が下がり東側が上がり高低差が約1 mmにもなり、仮想リング平面からのばらつきを計算するとRMSで100 μm を越えてしまい設置精度が保てなくなった。その後、滑らかにつながるようにリアライメントし、1999年2月の高さ方向のRMSで約100 μm 、高低差で約0.6 mmであった。(図2)

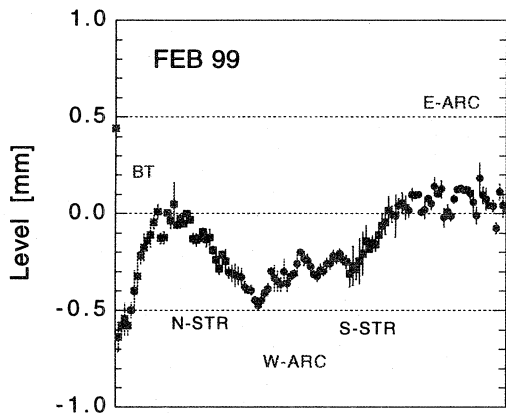


図2. 1999年2月の電磁石の高さ

2.1. 曲線部架台

ダンピングリングの曲線部は36台の位置調整架台で構成され、それらには位置調整機構がついておりビーム方向(Z方向)、動径方向(X方向)、ヨー(Y軸回転)、高さ(Y方向)、ロール(Z軸回転)とピッチ(X軸回転)の調整ができ、Z方向以外はパルスモーターを介して2 mmの精度で制御できる[3]。標準的なアクティブ架台には図3に示すように1台の偏向電磁石、2台の四極電磁石、2台の六極電磁石が配置されている。隣り合う架台とはビーム軌道の偏向角度に合わせて 10° の角度がついている。

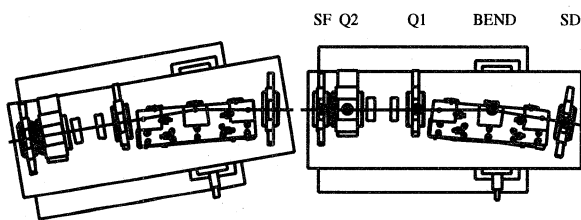


図3. アクティブ架台と電磁石の配置

2.2. 精密位置調整

現在のアラインメントの方法としては、三次元計測器やチルチング・レベルで測量しているが1~2週間の測量時間を要し、アラインメントまで含むと1カ月もかかる。しかも、連続的に時間変化を測れない。そこで曲線部架台に位置モニターを取り付け一定以上の値になったら位置調整架台をコントロールするシステムが考案された。

3. 架台位置モニター

位置モニターは、1つの半導体レーザーとそれを受ける3つの2次元位置検出PSDからなる(図4)。光路は2つのビーム・スプリッターで分けてあり、PSDは浜松ホトニクス社のS-2044を使用した。1つのPSDは4つの電極を持っており、横方向をX1、X2、高さ方向をY1、Y2とすると各電極の変位量とその総和から位置の変位が求められる。そのアンプ回路(図5)を通して、その後を12ビットADCで信号の大きさを読み出して処理する[4]。

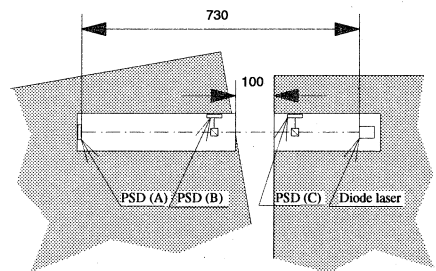


図4. 位置モニターの配置

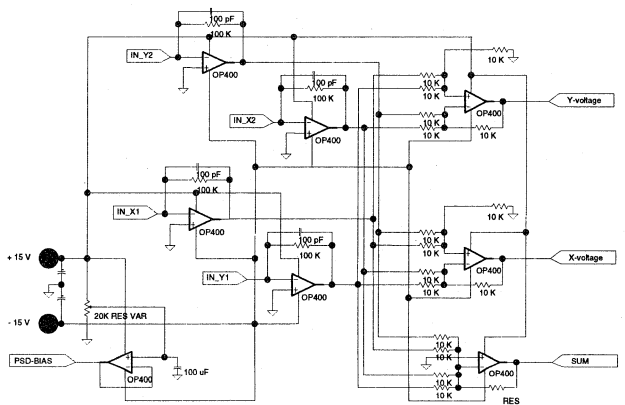


図5. PSD出力回路のブロック図

半導体レーザーは、フューチャーレリックスのLM-705を使用し、波長は670 nmでビームスポットを小さくするためφ1 mmの穴から照射している。そのため光出力で600 nWしか得られず光量不足で出力も変動(図6)する。これを補正するためにレーザーと同じ架台側にPSD(C)を取りつけた。PSD(A)とPSD(B)は測定側に取り付けられてあり、光路長の差が400 mmのときPSDの分解能が4 μm得られたので角度として0.01 mradの精度で、ヨーとピッチ、そして動径方向と高さがモニターできる。

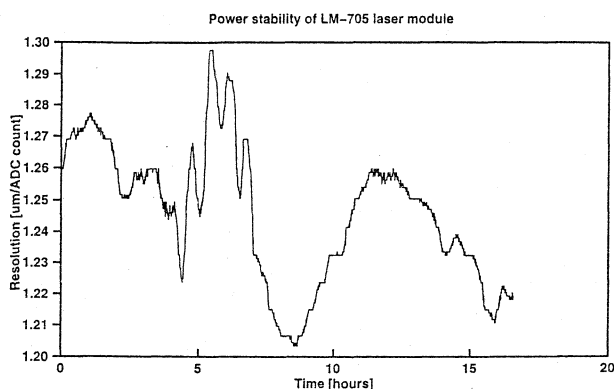


図6. レーザーの不安定性

4. コントロールシステム案

システムとしてダンピングリングの曲線部(東西各18台づつ)を考える。今までの方法ではPSD出力回路のゲイン等の変更を考えると時間と予算がかかりすぎる。そこで回路を4chのアンプ部のみにして、後はPCのPCIバス型の32ch 16ビットADボードで信号を読み出してVisual Basic等のソフトウェアで処理をする。そして、位置調整架台のコントロールを行うRS-232cインターフェースもPCでコントロールするシステムとする。その構成を図7に示す。遠隔で位置調整架台を動かすには、真空チェンバー等で束縛されているため、細心の注意を払って調整している。そのため位置モニターが設置されても直ちに自動化とはならない。壊さないように架台にリミッター等の安全装置も必要不可欠である。

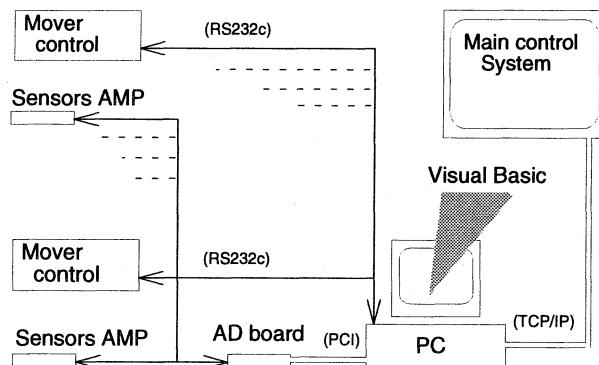


図7. システム構成図

5. まとめ

ダンピングリング全体の高さを見ると滑らかにつながっている。1999年2月の測定の東西高低差は約0.6 mmでRMSは約100 μmである。

現在の測量システムではビーム運転時や長期的な変動には対応できないので、連続的に測定できる装置としてアクティブアライメント・システムを早急に開発しなければならない。

参考文献

- [1] F. Hinode et al., KEK Internal 95-4 (1995).
- [2] M. Takano et al., Proceedings of the 22nd Linear Accelerator Meeting in Japan, (1997) 231.
- [3] Y. Kanazawa et al., Proceedings of the 20th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1995) 317.
- [4] T. Korhonen et al., Proceedings of the 22nd Linear Accelerator Meeting in Japan, (1997) 228.