

The Status of R&D for ATF Damping Ring

J.Urakawa, M.Akemoto, K.Egawa, H.Hayano, T.Higo, K.Kanazawa, M.Kikuchi, K.Kubo, T.Kubo, S.Kuroda, H.Matsumoto, T.Naito, H.Nakayama, K.Oide, Y.Sakamoto, S.Sakanaka, S.Takeda, Y.Takeuchi, M.Teijima, N.Terunuma, T.O.Raubenheimer*, N.Yamamoto, K.Yokoya and M.Yoshioka

National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305, Japan

*SLAC, Stanford University, Stanford, CA 94309

ABSTRACT

The ATF(Accelerator Test Facility) is being constructed at KEK. The ATF has been designed to test the experimental feasibility of the accelerator sub-systems and to confirm the specification of the total accelerator system for JLC(Japan Linear Collider). A 1.54GeV damping ring is the main accelerator sub-system of the ATF. The construction of the damping ring will be started from November 1993. This paper describes the status of the R&D works. The purpose of the ATF DR is to produce the multi-bunch beam of the vertical normalized emittance less than 3.0×10^{-8} radm.

ATFのダンピングリングの開発状況

1.はじめに

ビームエネルギー250GeVで $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ に近いルミノシティを得るためには衝突点でのビームサイズを水平方向約300nmで垂直方向約3nmにする必要がある。Synchrotron Radiation Limit(Oide Limit)のために、垂直方向のビームサイズを3nm以下にするには垂直方向の規格化エミッタンスを 5.0×10^{-8} radm以下にしなければならない。このよに超低エミッタンスのビームを作るためのダンピングリングの建設には、従来の加速器技術を数倍上回る技術が要求される。そこで我々はダンピングリングの試験加速器を建設し、ビームによる性能試験を行ない、垂直方向の規格化エミッタンス 3.0×10^{-8} radm以下を達成することがJLC計画を成功させる必須条件であると考えた。また、JLC計画で最も難しいと考えられる最終収束系の試験施設として、このダンピングリングからのビームを使って垂直方向のビームサイズを30nmまで絞れる装置の設計が進められている。

ATF計画の加速器構成を図1に示す。熱電子線源、RF電子銃又は偏極電子線源から大強度単バンチビーム (5×10^{10} 程度) 又は1.4nsec間隔の20バンチビーム (2×10^{10} 程度) を発生して、1.54GeV S-band Test Injectorで加速した後Damping Ringに入射する。電子ビームは放射減衰により水平方向及び垂直方向の規格化エミッタンスが 4.0×10^{-6} radm及び 3.0×10^{-8} radm以下になるまでリング内を回り取り出される。取り出された低エミッタンスビームは0.5GeV X-band Test Linac及び1.54GeV最終収束系Testシステムで使用される。また1.54GeV S-band Test 入射器からのビームを使って陽電子発生標的のテストが行なわれる。ここではAccelerator Test Facility(ATF)計画のダンピングリングの開発状況について報告する。

2.設計パラメータ

設計方針及び条件は1990年のライナック研究会で既に報告されたので、設計パラメータの最新結果のみを以下に示す。

ATFダンピングリングのLatticeとOpticsを図2及び図3に示す。表1にこのダンピングリングの主なパラメータを示す。

表1 Parameters of the ATF DR

Beam Energy 1.54GeV	Synchrotron Radiation per turn 0.190MeV	Current ~600mA
Circumference 138.6m	Longitudinal Impedance Threshold 0.11Ω	Bending Field 0.896T
Repetition Rate 25Hz	Momentum Compaction 0.0022	Natural Emittance 1.22nradm
Wiggler Pitch 40cm	Horizontal Damping Time 5.75msec	Harmonic Number 330
Wiggler Field 1.88T	Vertical Damping Time 7.52msec	Bunch Length 4.88mm
RF Voltage 0.8MV	Accelerating Frequency 0.714GHz	Energy Spread 0.0757%

3.ダンピングリングの研究開発状況

3-1.シミュレーション結果

計算機シミュレーションコードとしてSAD(KEK original code)及びMADを使用して、得られた結果を以下に簡単にまとめる。

磁石の設置精度を垂直方向 30 μ m、水平方向 60 μ m、鉛直面内の回転 0.5mradとし、磁場精度を 0.1%及び位置モニターの設置エラーを 0.1mmとした場合、軌道補正及びバンブによるカップリング補正を行なうことによって、目標の垂直エミッタンスを達成できることが計算機シミュレーションで確認された。

又、リングのアクセプタンスはエネルギー \pm 1%以上で30 σ_0 以上であることが、上述の設置エラー、磁場精度及びウイグラーの正弦磁場を仮定した場合に確認された。ここで、 σ_0 は平衡エミッタンスを仮定したときのビームサイズである。

3-2.真空、電磁石、位置モニター、高周波装置、入射・取り出し装置の開発

真空ダクトの試作を昨年から進め、Clamp Chain Flange及びRF Contact付きベローズなどの開発が終了した。現在、Combined Bend部用のAntechamberの試作を進めている。真空システムの全体設計はほぼ終了して、600mAの電流で6x10⁻⁶Pa以下が達成出来ることに成っている。

電磁石は今年度中に、ウイグラー電磁石及び偏向電磁石の試作を行こなう。又、全体の価格をできるだけ下げするために、電源を含めて全体設計の最適化を進めている。必要とされる磁場精度は0.05%以内、磁石の設置精度は垂直方向30 μ m以内、水平方向60 μ m以内及び鉛直面内の回転 0.5mrad以内とした。

位置モニターは真空ダクトに取付けられ、4極マグネットに0.1mm以内の精度で固定する方法を検討している。又、ビームによる信号処理試験を計画している。

高周波装置の周波数は、加速モードのマルチバンチ不安定性とビームローディングによるバンチの平衡位置のシフトを小さくすることとバンチの長さを5mmにする条件から714MHzに決めた。又、マルチバンチ不安定性を十分に抑制するために、バンチ間にチュ

ーンスプレッドを1 train当たり 1×10^3 程度生成するRFQの開発を進めている。

入射・取り出し装置として、キッカーマグネットを2台と電源1台を製作した。このキッカーマグネットの発生磁場は、立ち上がり及び立ち下がり時間60nsec以下でフラットトップ時間約150nsecまでで、5mrad程度の偏向力をビームに与えることが出来る。セプタムマグネットはDC typeで入射・取り出しにそれぞれ3台使用する予定で、設計を進めている。キッカーの安定性は 10^2 程度と考えられるので、リングからのビーム取り出しに関しては、リング内のキッカーと同じキッカーを取り出し軌道路上に入れ、1台の電源からインピーダンスマッチングをとって電流を供給するダブルキッカーシステムになる。このキッカー間の位相差は180度にあわせるので、ビームに与えるフラットトップの変動は打ち消し合うことになる。ダブルキッカーシステムの安定性は 10^4 程度であると評価して、その測定を進めている。

4.建設予定

最も順調にATFの建設が進んだ場合、1993年12月ごろからダンピングリングの装置の設置が始まる予定である。

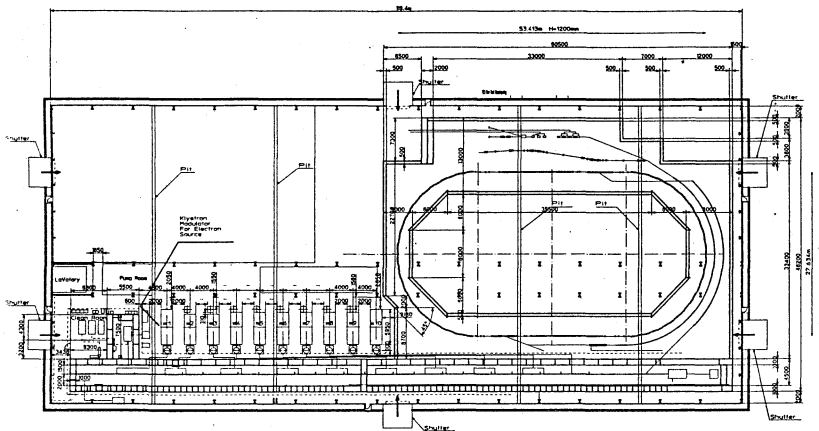


図1 .ATF計画の加速器構成

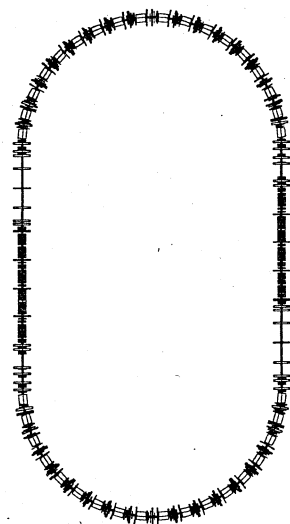


図2 .ATF DRのLattice

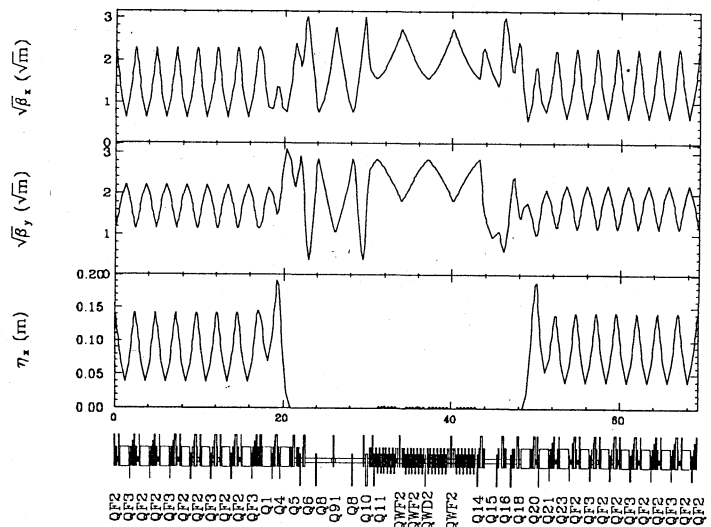


図3 .ATF DRのOptics