

The Design of the Damping Ring for ATF(Accelerator Test Facility)

Junji Urakawa and Segeru Kuroda

National Laboratory for High Energy Physics

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

ABSTRACT

In order to investigate the feasibility on the design of the damping ring(DR) for JLC(Japan Linear Collider), we are designing the ATF DR with following conditions. 1) 1.0×10^{10} particles per bunch, 2) 10 bunches/train with the bunch spacing of 1.4nsec, 3) normalized emittance of extracted beam is less than $\rho\gamma\epsilon_x/\gamma\epsilon_y = 6.0 \times 10^{-6}/3.0 \times 10^{-8}$ radm, then the coupling(emittance ratio) must be less than 0.5%, 4) Transverse damping time/number of trains is less than 2.0msec. We discuss the DR for the ATF. The purpose of the ATF DR is to obtain the vertical normalized emittance less than 3.0×10^{-8} radm.

ATFのダンピングリングの設計

1.はじめに

ビームエネルギー500GeV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200nmで垂直方向約2nm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2nm以下にするには垂直方向の規格化エミッタンスを 3.0×10^{-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1～2桁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が30nmまでの試験が行なえる。

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 (10^{11} 程度) 又は1.4nsec間隔の10バンチビーム (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 6.0×10^{-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1.0GeV 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設計について報告する。そして、このダンピングリングのR&Dの目的についても議論する。

2. 設計の条件と基本パラメータ

基本的なパラメータに対する要求を以下のように考える。

- 1) 1.0×10^{10} particles per bunch,
- 2) 10 bunches/train with the bunch spacing of 1.4nsec,
- 3) Normalized emittance of extracted beam is less than $\gamma\epsilon_x/\gamma\epsilon_y = 6.0 \times 10^{-6} / 3.0 \times 10^{-8}$ radm, then the coupling(emittance ratio) must be less than 0.5%,
- 4) Transverse damping time/number of trains is less than 2.0msec.
- 5) Length for RF, injection, extraction, feedback etc. is 24m.
- 6) Circumference is ranged 120m to 150m.
- 7) Kicker rise/fall time is more than 60nsec.
- 8) Normalized emittance of injected beam is 1.0×10^{-3} radm.
- 9) Touschek life is more than 3sec.
- 10) Contribution of intra-beam scattering is less than 40%.
- 11) Longitudinal impedance threshold is more than 0.5Ω .
- 12) Natural normalized emittance is less than 6.0×10^{-6} radm.

5),7),8)の条件は技術的検討の結果である。6)は設備の規模に関する束縛条件である。設計の基本的条件を以下のように考えた。

1. Dispersion suppressionや Matching regionを減らすために、レーストラック型のリングとする。
2. Damping timeと Natural emittanceを同時に小さくするために、Zero-dispersion regionに Wiggler cellを導入する。
3. 運転の容易さと Momentum Compaction及びDynamic Apertureをある程度確保することが簡単なようにSeparated function FODO latticeを採用した。

3. 設計結果

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 0.264MeV	Current ~200mA
Circumference 147.8m	Longitudinal Impedance Threshold 0.78Ω	Bending Field 0.7T
Repetition Rate 25Hz	Momentum Compaction 0.0035	Natural Emittance 1.63nradm
Wiggler Pitch 40cm	Transeverse Damping Time 5.8msec	Tune 16.632,7.762
Wiggler Field 2.0T	Accelerating Frequency 1.428GHz	Bunch Length 4.72mm
RF Voltage 1MV	Natural Chromaticity -18.46,-20.32	Energy Spread 0.0775%

4. ATF DRを建設するのに要求される技術

ダンピングリングを建設する場合に要求される主な技術について以下に要約する。

- 1) 入射及び取り出し系のキッカー電磁石は高い繰り返しで動作して、立ち上がり及び立ち下がり時間ができるだけ短くて(60nsec以下)、Flat Topの時間が長い(~13nsec)台形磁場を発生しなければならない。また、ビームのふらつきを小さくしなければならないので、各Elementの安定度は普通のものより10倍以上必要である。
- 2) エミッタンスが放射光用低エミッタンスリングと比較して1/10以下になるため、アラインメント誤差やマグネットのフィールド誤差などがエミッタンス増加を引き起こすため、位置にして50 μ m以下の設置精度が要求される。
- 3) マルチバンチ運転を行なうので、Coupled bunch instabilityを十分に考慮したRF系を製作しなければならない。
- 4) 1 μ m以下の相対精度でビーム位置を測定しなければならない。
- 5) 磁場が高く (~2.0T)、ピッチの短いウィグラーを多数精度良く製作しなければならない。

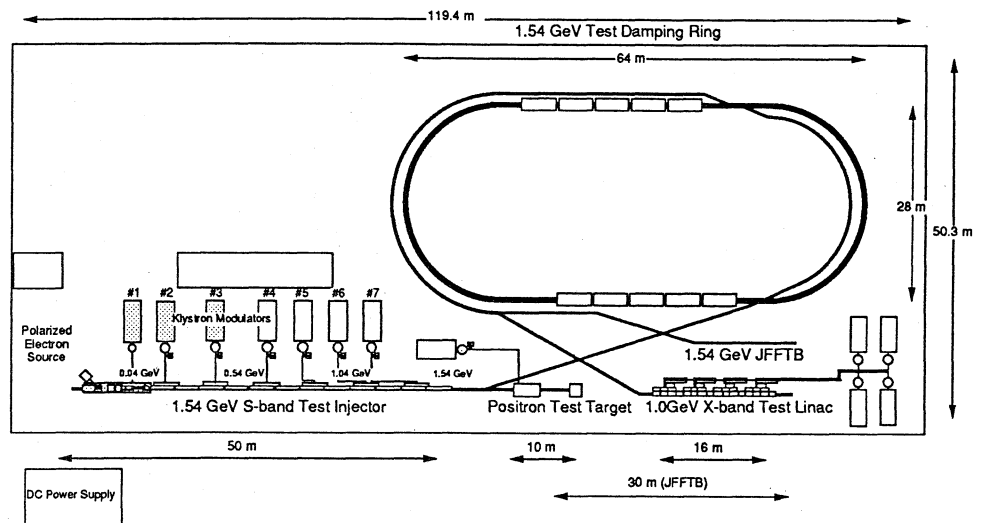


図1 .ATF計画の加速器構成

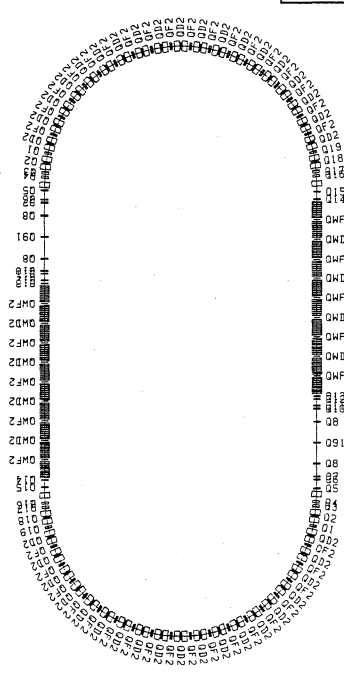


図2 .ATF DRのLattice

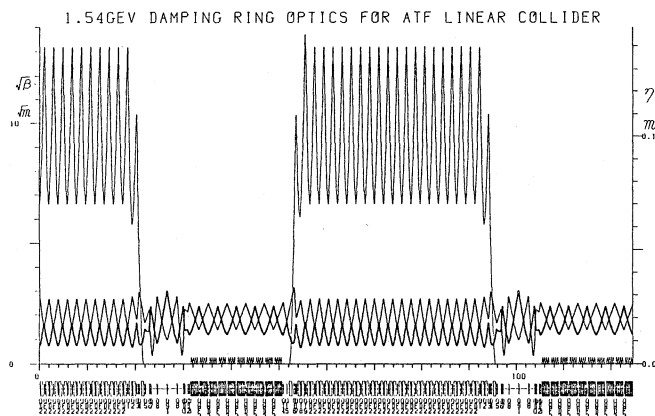


図3 .ATF DRのOptics