

Designs of Damping Ring for Linear Collider

Junji Urakawa and Linear Collider Group
KEK, National Laboratory for High Energy Physics,
OH0 1-1, Tsukuba-shi, Ibaragi-ken

ABSTRACT

We present a 1.54 GeV damping ring design for the JLC (Japan Linear Collider). It has normalized emittance of $\gamma \epsilon_0 \leq 2.5 \mu\text{rad}$. The damping time is $\tau \leq 2.5 \text{ msec}$.

1. はじめに

KEKにおいて、加速器の将来計画の一つとして、電子・陽電子衝突型線形加速器（リニアコライダー）の開発研究が進められている。

このJLC計画のための Damping Ring の Designを行ったので報告する。JLC全体の Designから Damping Ring に要求される主な条件は以下ようになる。

1. 0.1×10^{10} particles/bunch, 10 bunches/train

Equilibrium normalized emittance $\gamma \epsilon_x / \gamma \epsilon_y$ $3.0 \times 10^{-6} / 3.0 \times 10^{-8} \text{ rad}\cdot\text{m}$

Transverse damping time/train 0.5 msec

Damping Timeは ρ_B / γ^3 に比例する。一方、Normalized Emittanceは ρ_B / γ^3 に反比例する。この矛盾する関係があるので、両方の値を小さくする装置として Damping Wigglerが必要になる。

2. エネルギーの決定

Damping Ring の Energyは 種々の最適化と Polarized Beamを得るために 1.54 GeV に決定した。

1.5 GeV 近傍の Energy を選択した理由について述べる。

基本的な Parameterに対する要求を以下のように考える。

(1) Normalized Horizontal Emittance $\epsilon_{xn} = \gamma \epsilon_x < 3.0 \times 10^{-6} \text{ rad}\cdot\text{m}$

(2) Transverse Damping Time/Train $\tau_x / N_p < 0.5 \text{ msec}$

(3) Arcは単純な FODO構造とする。

(4) Damping Wigglerを使用する。Wiggler Sectionでは $\eta_x = 0\text{m}$ である。

(5) Length for RF, Injection, Extraction, Feedback etc. は14mとする。

(6) Circumference 100~200m できるだけ小さく。

(7) Kicker Rise/Fall Time 60 nsecとする。

(8) Normalized Emittance of Injected Beam $1.0 \times 10^{-3} \text{ rad}\cdot\text{m}$ とする。

(5), (7), (8)の条件は技術的な検討結果である。^{1, 2, 3}

Energyを 0.5~2.5 GeV 範囲で要請(1), (2)を満たす最小の Ringを求める。⁴

この結果、Touschek life, Longitudinal Impedance Threshold, RF Powerなどを考慮すると、Energyは 1.2~2.0 GeVの範囲になる。

4. Damping RingのParameterの比較

Table 1に Damping Ringの Parameterの比較を示す。^{5,6}ここで TLCは SLACの TeV Linear Collider計画を示し、CLICは CERNの計画を示している。我々の Designの特徴は Long Wiggler Sectionを持っていることである。

Table 1

	Units	JLC	TLC	CLIC
Type		FODO&Wiggler	FODO&Wiggler	Alter. Bend
Beam Energy	GeV	1.54	1.8	2.0
Circumference	m	176	155	162
$N_{\text{particles}}$	10^{10}	8x10x1.0	10x10x1.4	22x10x0.5
$\gamma \epsilon_0$	10^{-6} radm	2.1	2.	2.1
τ_x	msec	2.5	2.5	1.1
τ_y	msec	2.5	4.0	2.7
Repetition Rate	Hz	200	360	1690
RFvoltage	MV	0.92	0.8	2
f	GHz	1.46	1.46	3.0
$\Delta E/E$	10^{-3}	0.76	1	1.7
σ_z	mm	4.5	5	1.35
α	10^{-3}	2.2	1.2	0.23
B_0	T	1.15	1.3	1.6
L_{wiggler}	m	76	22	0
B_{wiggler}	T	1.8	2.4(peak)	0

Ringの周長は最も長いが、Bunch数は 80 bunchesで最も少ない。これは Kicker Rise/Fall Time及び入射、取り出し、RF Cavityなどの Spaceを十分に作ったことと、Multi-bunch Instabilityを考慮したからである。又、Normal Cellの Magnetsの Field及び Spaceも他の Designに較べて、我々の Parameterは余裕を持っている。

我々の Designで、十分な R&Dを行わなければならないのは Damping Wigglerである。Effective Field 1.8 T, $\lambda_w=13.67$ cm, Packing Factor 0.6, 長さ 76 mなので、Field Qualityが十分に良くないと Dynamic Apertureがなくなって、Beamが入射できなくなってしまふ。これに関して、今 Simulationを進めている。

5. 結論

Wigglerの技術的問題が解決すれば、この Designで JLCの Damping Ringとして十分な性能を持つと言えよう。この Designの直線部を長くして、Wigglerを増強することによって、Damping Timeが短くなり、Emittanceは小さくなり、Longitudinal Impedance Thresholdは大きくなる。この特徴を利用することによって、JLCの Damping Ringに対する要求が変わった時、簡単に対応できる。

参考文献

- Ref. 1 Urakawa, Kuroda and Yamamoto
"Damping Ring 検討報告" Linear Collider Note LC-89-28
- Ref. 2 Kuroda, Kikuchi, Nakayama, Kanazawa, Egawa and Urakawa
"第2回 Damping Ringの Design検討会報告" Linear Collider Note LC-89-31
- Ref. 3 Yokoya, Higo, Tejima, Kuroda and Urakawa
"第3回 Damping Ringの Design検討会報告" Linear Collider Note LC-89-39
- Ref. 4 K. Yokoya
"Damping Ringの Design(改定版)" Linear Collider Note LC-88-23
- Ref. 5 T. O. Raubenheimer, L. Z. Rivkin, R. D. Ruth, "Damping Ring Designs for a TeV Linear Collider", SLAC-PUB-4808(1988) and Proceedings of the DPF Summer Study, Snowmass '88.
- Ref. 6 Lenny Rivkin, Tor Raubenheimer "Summary of Damping Rings and Sources Group Discussions" Proceedings of the International Workshop on Next Generation Linear Colliders, SLAC-335, UC-28 (M)