

DESIGN OF DAMPING RING FOR JLC

S.Kuroda, J.Urakawa, K.Oide and S.Takeda

National Laboratory for High Energy Physics
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305, Japan

ABSTRACT

There has been a design for the JLC damping ring with wiggler magnets. JLC beam parameters have been changed as follows; repetition rate 150 Hz, 20 bunches/pulse and 2×10^{10} particles/bunch. The effects have been studied, especially on intrabeam scattering, beam-gas scattering and instabilities. In this report, we also propose a damping ring design with combined functioned magnets. The results of the studies are compared for the two types of the damping ring design.

JLCのダンピングリングの設計

1. はじめに

JLCのダンピングリングのデザインとして、長いウイグラー磁石をもったものが提案されている¹⁾。このリングは、規格化エミッタンス $\gamma \epsilon_x < 3 \times 10^{-6}$ radm 及びダンピングタイム $\tau < 5$ msec という性能を満足し、さらに十分大きなダイナミックアパーチャーをもつことがわかった。しかしながら、比較検討のためコンバインドファンクションタイプの磁石を使いウイグラー磁石を使わないリングが設計された。

さらに、ルミノシティーを上げるためJLCのビームパラメーターが以下のように変更になった；

繰り返し：200Hz \rightarrow 150Hz、パルス当たりのバンチ数：10 \rightarrow 20、バンチ当たりの粒子数： 1×10^{10} \rightarrow 2×10^{10} 。これらの変更により、ダンピングリングがもっとも影響を受けると予想されるのは、バンチ数及び粒子数の増加に伴い、イントラビーム及びビームガス散乱によるエミッタンスの増加とビーム不安定性である。規格化エミッタンスについては、これらのことを考慮して目標値が 3×10^{-6} radm から 5×10^{-6} radm に引き上げられた。

以下において、まずコンバインドファンクションタイプの磁石をもちいたダンピングリングのデザインを紹介し、パラメーターの変更がイントラビーム、ビームガス散乱及びビーム不安定性に与える影響を、2つのデザインについて具体的に検討してみる。

2. コンバインドファンクションタイプの磁石を用いたダンピングリングデザイン

コンバインドファンクションタイプの磁石を用いるのは、ダンピングパーティションナンバーを使って低エミッタンスを実現させるためであるが、ウイグラー磁石を使わないので、エミッタンスが減衰するのに十分長い時間ビームをダンピングリングに貯蔵するためには、プレダンピングリングが必要である。以下の設計はこのプレダンピングリングの存在を仮定している。

以下に、設計されたダンピングリングの主なパラメーターを示す。

エネルギー E	1.98 GeV
水平エミッタンス $\gamma \epsilon_x$	6.2×10^{-10} m
ダンピングタイム τ_x	3.7 msec
τ_y	5.4 msec
エネルギー損失 U_0	0.2 MV
momentum compaction factor α	0.0008

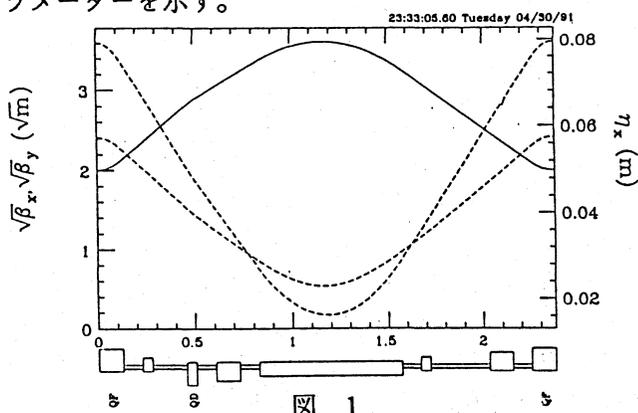


図 1

チューン	v_x	24.3
	v_y	5.42
周長		153 m
六極磁石の強さ k_2	SF	41.5 m ⁻²
	SD	-59.9 m ⁻²

ここでエネルギーはダンピングタイムを小さくするために1.98 GeVに上げられた。このリングの1セルのオブティクスを図1に示す。表にあるように六極磁石は k_2 が約50程度と相当強いが、トラッキングシミュレーションにより、プレダンピングリングから取り出されたビームの3 σ 程度のダイナミックアパーチャーは確認されている。プレダンピングリングの存在はダンピングリングのダイナミックアパーチャーに対する条件を弛めることになっている。

3. イントラビーム散乱の影響

バンチ内の粒子数が増えるとイントラビーム散乱によるエミッタンスの増加が心配される。ここでは文献2に従って、イントラビーム散乱を考慮にいたしたエミッタンスを計算してみた。イントラビーム散乱の効果はそのバンチの密度に大きく影響される。したがって、RFキャパティの電圧を変えてバンチ長を変化させながらその効果を見た。結果を図2に示す。図にはエミッタンスとバンチ長が示してある。図2-aはウイグラー磁石を使ったデザインについてであるが、

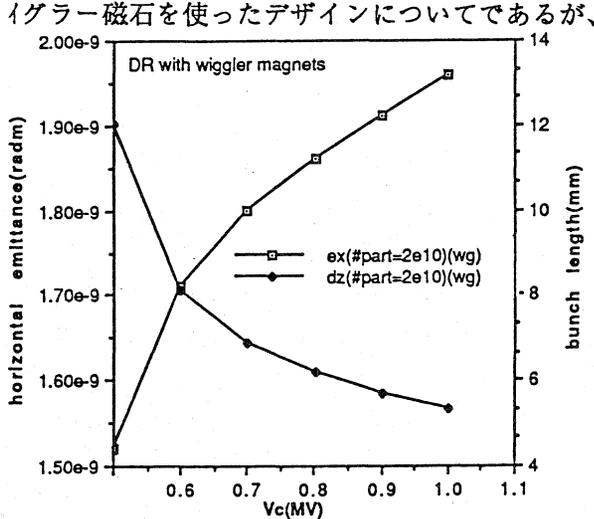


図 2-a

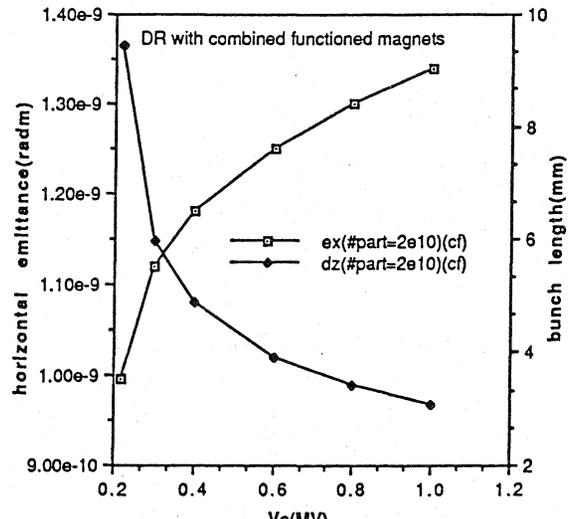


図 2-b

エミッタンスを目標値 1.7×10^{-11} radmにするにはRF電圧を0.6MV以下にしなければならないが、このリングの場合RFパッケージを1%以上にしようとするならば、RF電圧は1MV以上必要である。一方コンバインドファンクション磁石を使った設計だと、図2-bからわかるように目標エミッタンス 1.3×10^{-11} radmを達成するためには、RF電圧は0.8MV以下でなければならないが、この電圧でRFパッケージは1.6%と十分にある。

4. ビームガス散乱の影響

ダンピングリングのような低エミッタンスリングにおいては、ビームと残留ガスとの衝突によるエミッタンスの増大も問題となる。このビームガス散乱による垂直エミッタンスの増加を、設計値の10%以下に押さえるために必要な真空度を見積ってみた。計算方法は文献3)による。結果は以下のように、2つのリングに対して同じような真空度となる。

DR with wiggler magnets	$P_{\infty} < 1.8 \times 10^{-7}$ [P]
DR with combined functioned magnets	$P_{\infty} < 2.0 \times 10^{-7}$ [P]

これらの値を実現するためには、1個の光子によって壁から叩きだされる分子数 η を 10^{-6} 以下と仮定すると、オーダーとして100l/s/mの排気系が必要となる。この数字はバンチ当たりの粒子数が増えたことにより、若干大きくなっている。しかし、その分電流も増えることになり、この η を達成するまでの時間も短縮されることになるので、全体として特に問題にはならない。なお、100l/s/mの排気系はビームチェンバーの径が小さいので難しいが、同様のチェンバーを持つATF(Accelerator Test Facility)のダンピングリング用に設計されたものが存在する。

5. ビーム不安定性

ウイグラー磁石を使ったダンピングリングについて、バンチ当たりの粒子数を 2×10^{10} として、マルチバンチによるビーム不安定性のシミュレーションが行なわれた。詳しい報告が文献4)にあるので、ここでは結果について簡単に紹介する。ただし、ここでのシミュレーションではパルス当たりのバンチ数は10とした。

まず横方向の不安定性であるが、高次モードのQ値を変えて横軸に周回数、縦軸にエミッタンスをとつたものを図3に示す。このエミッタンスはパルス内の最後のバンチのものである。この図からはQ値が5程

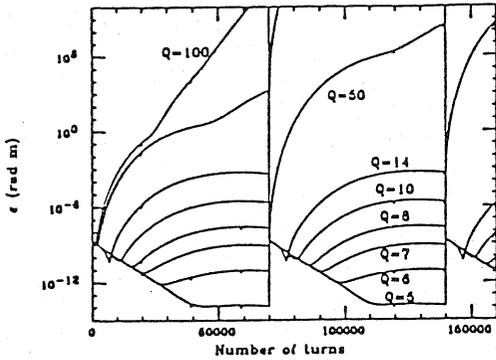


図 3

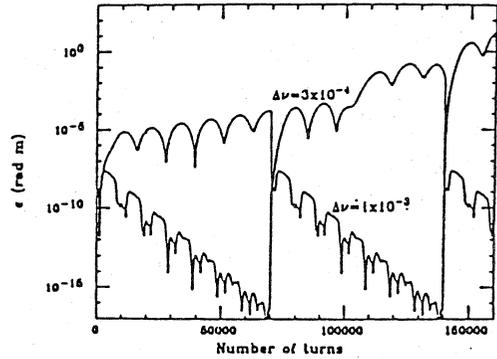


図 4

度でないと、エミッタンスは十分減衰しないことがわかる。これを改善するためにパルス内のバンチのチューンに拡がりを与えることを試みた。高次モードのQ値が100のときの、チューンの拡がりがある場合のシミュレーションの結果を図4に示す。これによれば、チューンの拡がり 1×10^{-3} 程度あれば、Q値が100の場合でもダンピングリングは十分機能することがわかる。

次に、縦方向の不安定性であるが、同様のシミュレーションを行なった結果を図5に示す。

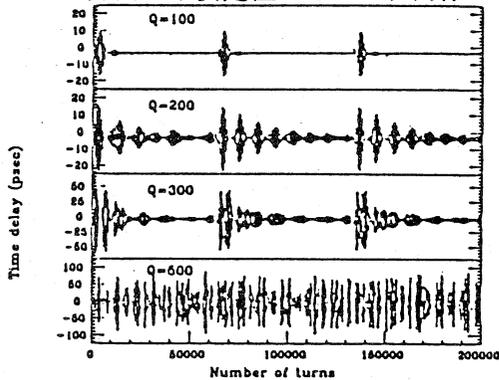


図 5

この図より縦方向についてはQ値が100程度であれば、不安定性は問題にはならないことがわかる。なお、この縦方向の不安定性については、パルス内のバンチ数が20の場合についても調べられ、100程度のQ値については、やはり問題がないことがわかっている。

6. まとめ

従来より提案されていたウイグラー磁石を用いたダンピングリングに加えて、新たにコンバインドファンクショナルタイプの磁石を用いてウイグラー磁石を使わないデザ

インが提案された。また、これらのデザインについて、JLCのパラメーターの変更に伴いダンピングリングに関して特に問題となるであろう点について検討された。まず、イントラビーム散乱によるエミッタンスの増大であるが、コンバインドファンクショナルタイプの磁石を用いたデザインについては、加速電圧を調整することにより、目標のエミッタンスを達成することができるが、ウイグラー磁石を用いたデザインについては問題として残る。次に、真空系については、簡単ではないが実現可能と思われる。最後にビーム不安定性についてであるが、 1×10^{-3} 程度のチューンの拡がりを導入することによりQ値が100までの高次モードについては、横方向、縦方向共に問題はないことがわかった。

参考文献

- 1) J.Urakawa et al.; Linear Accelerator Conference, 1990, Albuquerque
- 2) J.Bjorken, S.Mtingwa; Particle Accelerators 1983 Vol.13 pp.115-143
- 3) K.Kanazawa; OHO'91
- 4) K.Kubo; PAC 1991