

[F16p32]

## Development of ATF Double Kicker System

T.Imai, N.Terunuma\*, H.Hayano\* and J.Urakawa\*

Department of Physics, Faculty of Science and Technology,  
Science University of Tokyo

Yamazaki 2641, Noda, Chiba, 278-8510, Japan

\*High Energy Accelerator Research Organization

Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801, Japan

### Abstract

Stable extraction of multi-bunch beam from damping ring is essential to achieve high luminosity in a future linear collider. Therefore, a double kicker system which can compensate kick angle jitter has been developed at the ATF (Accelerator Test Facility). This paper describes the principle and development of the double kicker system.

### ATFにおけるダブルキッカーシステム開発

#### 1.はじめに

リニアコライダーでのルミノシティは、メインライナックへ入射されるビーム、すなわち入射部で生成されるビームの質に依存する。高エネルギー加速器研究機構(KEK)のリニアコライダー試験加速器施設(ATF)では、入射部の研究を行っており、ダンピングリングでの超低エミッタンスマルチバンチビームの生成と安定な取り出しは、リニアコライダー実現の上で重要な研究開発の一つである。超低エミッタンスマルチバンチビームの取り出しに関しては、ダブルキッカーシステムがKEKにおいて考案され[1,2]、開発を進めている。本稿では、ダブルキッカーシステムとその開発状況について報告する。

#### 2. ダンピングリングからのビーム取り出し

ATFでは、2.8nsec 間隔で20個のバンチが並ぶ(バンチトレイン)電子ビームがダンピングリングを周回できるように設計されている(表1)[3]。ダンピングリングからの取り出しには、キッカー電磁石を用い、周回しているビームに影響を与えないようにパルス磁場を励磁する。トレイン間隔が最も短い場合60nsecであるため、パルス磁場の立ち上がりには、トレイン間隔より短い

60nsec以下が要求される。また、トレイン内の各バンチに作用する磁場が一定になるような flat topを持つことも必要である。表2に取り出しキッカーの性能をまとめる。

Beam Energy	1.54 GeV
Bunch Spacing	2.8-5.6 nsec
Bunch/Train	10-60
Train Spacing	60 nsec
Trains/Ring	5-2

表1 ATFダンピングリングパラメーター

Kick angle	5 mrad
Impedance	50 ohm
Magnetic length	0.50 m
Magnetic field	513 Gauss
Rise and Fall time	60 nsec
Flat top	60 nsec
Max voltage	40 kV
Max current	800 A

表2 ATF取り出しキッカー電磁石

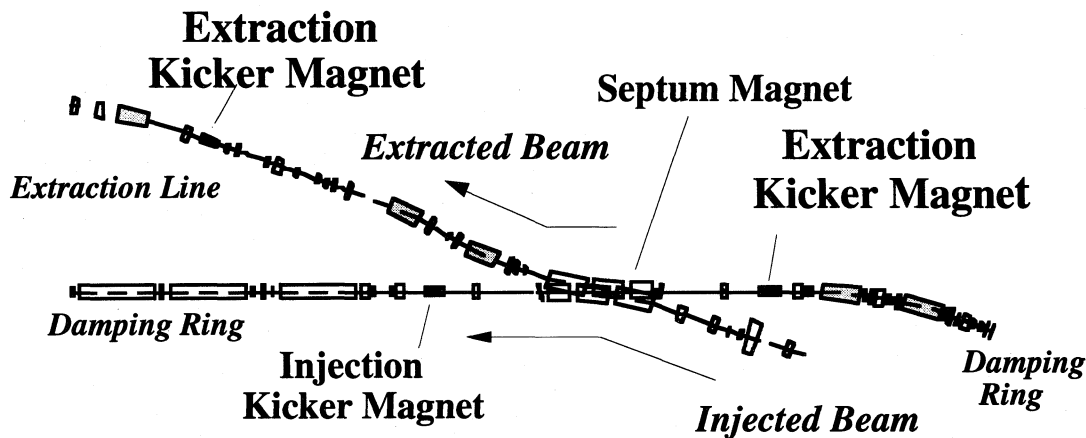


図1 ATF ダンピングリング入射・取り出し系

### 3. ダブルキッカーシステム

リニアコライダーでは、ダンピングリングから取り出したマルチバンチビームの各バンチの位置ふらつきが、そのまま衝突点でのビーム位置ふらつきに反映される。そのため、ルミノシティの低減を抑えるためには、取り出しキッカーのパルス磁場のflat topの非一様性を0.1%以下にすることが要請される。ところがキッカーの性能を向上させてもflat topには1%程度の非一様性が残るため、1台のキッカーによるビームの取り出しでは要求を満たせない。

そこで、リニアコライダー開発研究において次の様なシステムが考案された。

図2[4]のように1台の電源から2台のキッカーに対して励起パルスを供給する。2台のキッカーが同様に応答して、同一のパルス磁場をバンチトレインに作用した場合を考える。両キッカー間のビーム光学位相差が $\pi$ であるような光学系では、パルス磁場のflat topの非一様性により1台目でトレイン内の各バンチの蹴り角がばらついて、2台目で相殺されるので、すべてのバンチが全く同じ蹴り角で蹴られたことになる。このような方法によるマルチバンチビームの取り出しが、ダブルキッカーシステムである。

このシステムが十分機能するためには、2台のキッカーが同性能で、ケーブル、コネクタが同特性であることなど、高圧・高速パルスの伝送系として十分なインピーダンス整合が取られなければならない。

ATFではリング内に1台、取り出しラインに1台、取り出しキッカーを設置している(図1)。

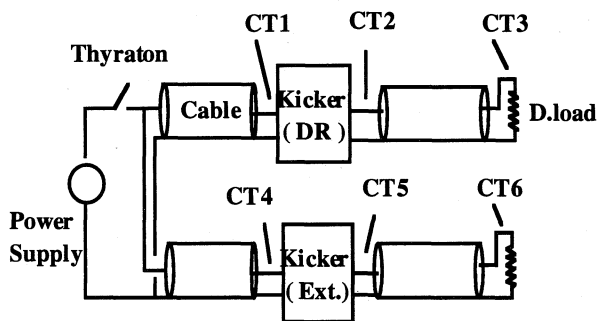


図2 ダブルキッカーシステム

### 4. 開発状況

現在、ATFでは50オームキッカーの開発を行っているが、当初キッカー本体を25オームで試作して基礎試験を行った[4]。その理由は、同じ蹴り角を得るためには、同電圧を印加した場合50オームキッカーの半分の磁石長ですむため、設置スペースを考慮すると25オームの方が条件に適していたからである。電源の開発は25、50オームについて行ったが、60nsec以下の立ち上がりの要求に対しては、25オームでは不十分であることが判明した。そのため実機では50オームとすることに決め、入射・取り出し系の設計の見直しを図った。

1998年6月までにダンピングリングでのマルチバンチ運転は行われていないため、目的としているマルチバンチビームの取り出しについては、システムとしての評価が行われていない。しかし、現在のシングルバンチ運転において、キッカーの性能測定を行ったので以下に結果を示す。

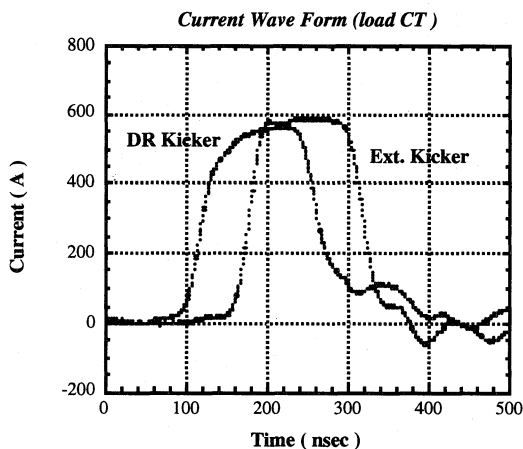


図3 終端抵抗での電流波形

図3は、ビーム運転時(1.3GeV)の条件で、終端抵抗での電流モニター(図2のCT3、CT6)を用いて測定した電流波形である。セラミックチェンバーがインストールされていると放電しやすいため、特に支障がない取り出しライン側は一時的に外している。そのためリング側とは条件が異なり、2つの波形の立ち上がりやflat topに差異が表われている。また、波形の時間的なずれは、2台のキッカーでケーブル長が異なることによる。しかし、2つの波形はともに立ち下がった後に大きな反射が見られ、インピーダンス整合が十分でないことがわかる。

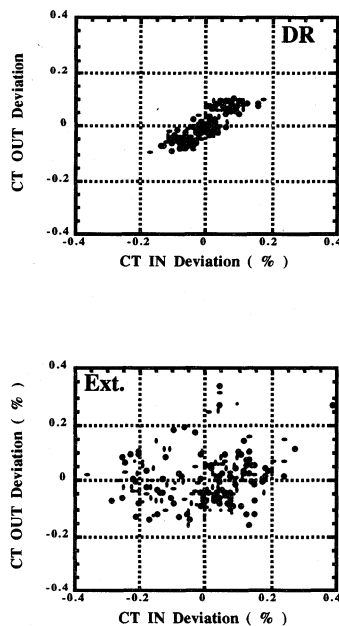


図4 入力・出力波形の振幅変動の相関  
(上:リング側 下:取り出しライン側)

図4は両キッカーの安定性について、入力・出力波形の振幅変動の相関を示している。これは各キッカーの入力・出力を電流モニター(図2のCT1、CT2、CT4、CT5)で測定し、ノイズの影響がないようflat topでの振幅ジッターの平均をとり、パルスショット毎にプロットしたものである。リング側については、入出力の相関が見られ、電源のショット毎のばらつきがあらわれている。しかし、取り出しライン側については入出力の相関が見られない。低電圧時の測定では、リング側と同様の相関が見られたため、キッカー本体内部で放電が起きていると考えられる。

以上の測定結果が示すように、同一の設計をした2台のキッカー間に性能の差異が見られる。これはインピーダンス整合が十分でなく、また現在の電極の接続方法では、中央部の電極は十分接触していないため放電が起きているためである。

そのため、1998年夏期のシャットダウン中に改造を行うことになり、放電原因と考えられる電極の接続方法を変更し、電気容量・浮遊電気容量を見積った上でインピーダンス整合を最適化して電極部分の設計を行った。

## 5. 今後の予定

改造キッカー完成後ビームラインに設置し、ビーム運転により性能評価を行う。

- ・励磁したパルス磁場でビームを蹴り、ビーム位置モニターで蹴り角、安定性の測定をする。
- ・取り出しラインのワイヤースキャナーを用い取り出したビームサイズを測定しエミッタンスを求め、時間的安定度の評価をする。

また結果をもとに、インピーダンス整合の微調整方法の考案などシステム開発を進める予定である。

## 6. 謝辞

今回の発表にあたり、ATFグループの皆様をはじめ、多くの方々に御世話になりました。ここに厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] H.Nakayama and Y.Sakamoto, in the Proceedings of LC93,SLAC(1993)
- [2]H.Nakayama,KEK Proceedings 92-6,1992, p.326-334.
- [3] F.Hinode,et al.,KEK Internal 95-4,1995
- [4] 坂本裕、中山久義,JLC NOTE 96-1,1996