

Upgrade of the KEK positron Linac - Design of the beam transport system -

T. Kamitani, A. Enomoto, T. Ohsawa, T. Oogoe, K. Kakihara,
I. Satoh and A. Asami

Linac Division, Photon Factory, National Laboratory of High Energy Physics,
Tsukuba-city, Japan

ABSTRACT

Design of the beam transport system was studied for the upgrade of the KEK positron linac. The upgrade aims to increase the positron current intensity. It is achieved by increasing the magnetic field strength of the positron focusing pulse coil and by improving the beam transport system consisting of solenoid coils and quadrupole magnets. The design of the beam transport system was performed with an analytic calculation and with an optimization using the computer program TRANSPORT. The result shows the improved transport system has the acceptance more than twice as much as the present system.

KEK陽電子発生装置の増強 (ビーム輸送系の設計について)

1. 序

現在稼働中のKEK-PF(Photon Factory)や計画中のB-Factoryのような非常に高いカレントの陽電子ビームを用いる実験では、陽電子の入射に要する時間が実験の能率を決める重要なファクターとなる。このため陽電子発生装置の強度の増強についての要求は強い。今回、KEK陽電子発生装置(陽電子ライナック)において、陽電子ターゲット直後のソレノイドによる陽電子収束系とそれに続くビーム輸送系を強化して陽電子強度を増加させる改造のための設計を行なった。本論文では主にビーム輸送系の設計について述べる。全体の基本設計についてはKEK榎本氏による報告が、ソレノイド収束系についてはKEK大越氏による報告があるのでそちらを参照されたい。

2. ビーム輸送系の改造

今回の改造により陽電子収束系は図1のように変わる。改造前は収束ソレノイドの後ろはトリプレットQマグネットが周期的に加速管をはさんで置かれるシンプルな構成のビーム輸送系でありアクセプタンスは 0.15π (MeV/c.cm)である。改造後は現在の二倍の 0.3π (MeV/c.cm)のアクセプタンスを確保することを目指して少し複雑な構成になるので各項目別に解説する。

(1) 収束ソレノイド

収束ソレノイドはその長さを2倍にする。収束ソレノイドで取り巻かれている部分には加速管が置かれているから、これによってソレノイドを出たところでのビームエネルギーは改造前より高くなり(アンノーマライズド)エミッタンスは小さくなるから四極電磁石による収束系での収束が容易になる。

(2) 電子陽電子セパレータ

ソレノイドに続く部分に電子と陽電子を分離するセパレータを新設する。陽電子発生用ターゲットからは電子もまた生成される。ビーム輸送系の中を電子と陽電子が平行して走るとカレントとしては相殺が起き

て、正確な陽電子ビームなカレントが測れない。(この電子はずっと下流の偏向電磁石により撥ねられるので現在のビーム輸送系でも蓄積リングへの入射には問題はないが、そこまでの収束系でカレントが測れないのはビーム調整の際に不都合である。)そこでセパレータ部分で電子は止めてしまい陽電子のみを先に通すことによりウォールカレントモニターによるカレント測定ができるようにする。このため偏向電磁石を4つならべてセパレータを構成し、その前後にはビーム収束及び後ろのシングレットQマグネットによるFODO系とのマッチングのためにトリプレットQマグネットを置く(図2)。

(3) FODO系

ビームエネルギーが高い程ビームの収束が容易になるからなるべく上流に加速管を置きたいが加速管の間に収束マグネット置いたのでは系のアクセプタンスを確保するのに不十分であるので、P5部は4m加速管2本を置き、その加速管の上から巻く内径の大きなQマグネットを用いてシングレットQマグネットのFODO系を構成する。ダブレット系やトリプレット系でなくFODO系にする理由は、同じアクセプタンスを確保するのに必要な磁場の強さが弱くて済み、コイルに流す電流(径が大きい分だけ元々大きい)も少なく済み、また加速管内での放電(外部磁場があると起きやすくなる)を防げるためである。

(4) トリプレット系

これに続くP6部はトリプレットQマグネットが周期的に2m加速管をはさんで置かれる構成にしている。これにより改造前よりトリプレットQマグネットの間隔が短くなりアクセプタンスが大きくなることのできる。

3. 「TRANSPORT」による計算

こうして収束系のだいたいの構成が決まったところで、系のアクセプタンスがなるべく大きくなるように各マグネットの配置および磁場の強さを決める必要がある。

まずセパレータ部分について、偏向電磁石の磁場の強さについて考える。電子及び陽電子ビームは約1cmの径を持っているから各ビーム中心同士が2cm離れていれば電子のみ分離できる。この条件より磁場の強さは解析的に決まる。一方セパレータの前後のトリプレットQマグネットについては置くことのできるスペースは狭いのでその位置はほとんど決まってしまうが、磁場の強さは解析的に決めるのは簡単ではない。解析的に計算できるのは薄レンズ近似でしかもQマグネットレンズの周期性が無限に続く場合だけであり、実際の設計値は、ラフに求めた解析的計算値を初期値として、ビーム収束を最適化するように磁場の強さをフィッティングさせる計算を計算機にさせて求めなければならない。FODO部についてはQマグネットの配置は、間隔が大きいほうが磁場の強さが弱くて済みまたマグネットの個数も少なくすむがアクセプタンスは小さくなるので、目標とするアクセプタンスの値 0.3π (MeV/c.cm)を確保するために必要な上限値から決めることになる。また加速されビームエネルギーが変わっていくことや加速管のカップラー部分や真空引き口の部分にはマグネットを置けないことも考慮すると最終的配置は図3のようになった。磁場の強さの値はやはり解析的計算値を初期値としてフィッティングさせて求める。トリプレット系については、加速管の配置を決めしまうとQマグネットの配置はほとんど決まってしまう自由度はない。磁場の強さはやはりフィッティングさせて求める。

このフィッティングの計算を計算機コード「TRANSPORT」により高エネ研のHITAC計算機を用いて行なった。その結果として現在のビーム輸送系で仮定されているビームのエミッタンスの2倍である 0.3π (MeV/c.cm)のビームをフィッティングにより最適化した収束系に通した場合にビームサイズがどう変化していくかを示したものが図4である。この結果より、改造後の収束系はこれまでより2倍大きいエミッタンスのビームを十分通せる、言い換えれば、これまでより2倍以上大きいアクセプタンスを持つ収束系が設計できたことになる。

4. 今後の予定

今後の予定として、今回計算した収束系よりも後ろのビーム輸送系も考慮に入れてライナックの終りのところでのカレント増加がどれぐらいになるかについても計算するつもりである。

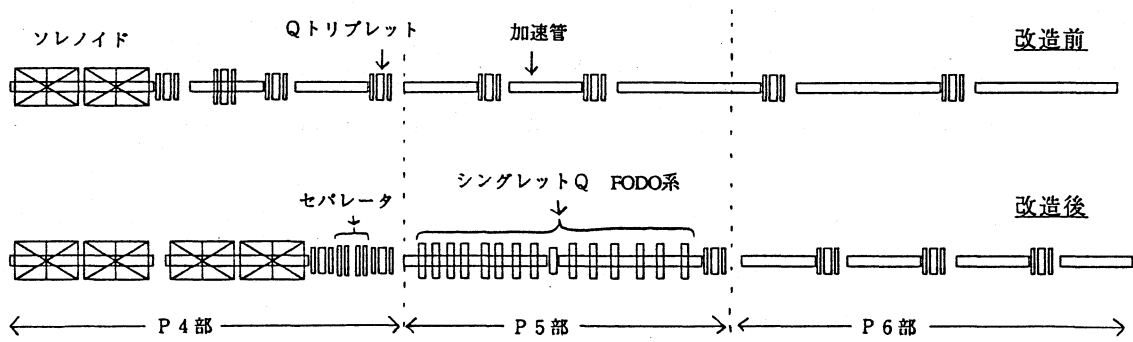


図1. 陽電子収束系の全体図

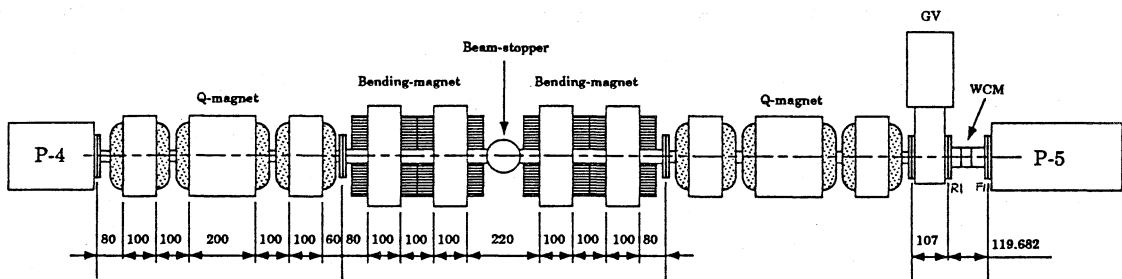


図2. 電子陽電子セパレータ

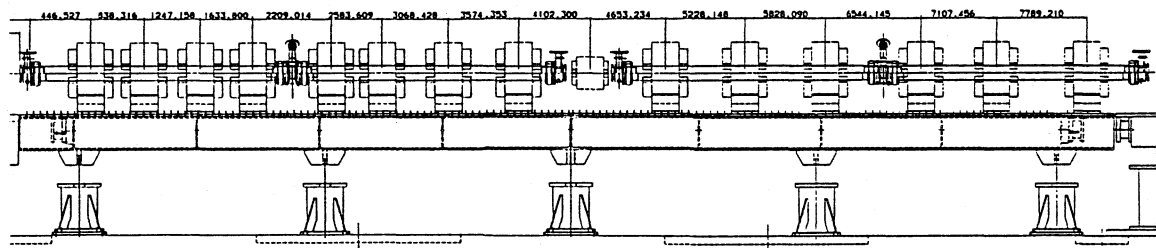


図3. シングレットQ-FODO系のマグネット配置

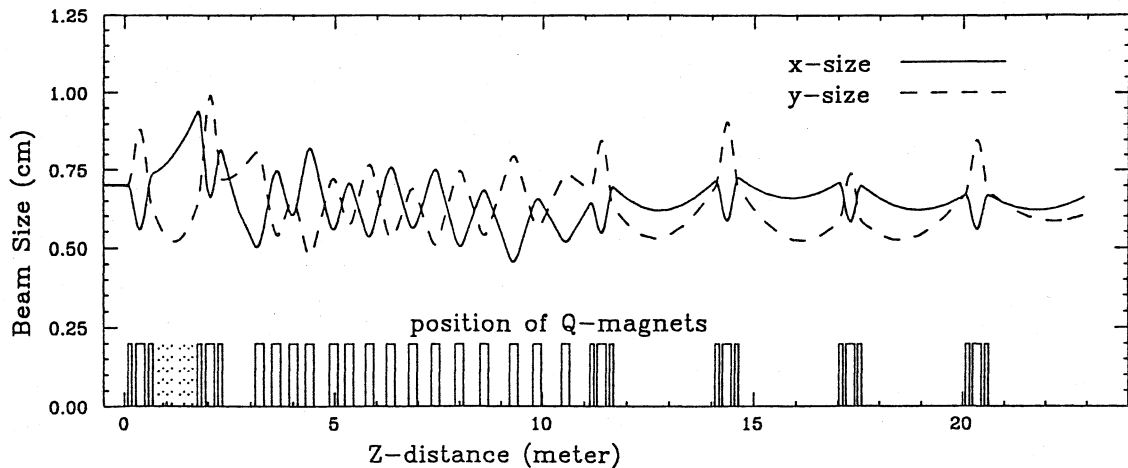


図4. ビームサイズの場所による変化