

DESIGN OF THE TRISTAN INJECTION LINE

K. Ebihara, K. Satoh, Y. Sakamoto, M. Toda, H. Nakayama
 Y. Kimura and I. Satoh
 National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

Design and construction works are underway for a beam transport line between the PF linac and the TRISTAN accumulation ring. The beam line is about 350 m long and transfers electron and positron beams of 2.5 ~ 3 GeV. In the present design, both electron and positron beams can be transferred without changing the strength and polarity of the quadrupole magnets except for the strength of those for emittance matching.

1. はじめに

トリスタン入射蓄積リング¹⁾(AR)の入射ビームラインは放射光ライナックから²⁾³⁾ARまで約350 mあり、3 GeVまでのエネルギーの陽電子と電子ビームを輸送する。このビームラインは水平偏向電磁石26台、垂直偏向電磁石2台、四極電磁石47台と補正電磁石40台によって構成される。本設計の特徴はライナック出口から約250 mの距離の間、四極電磁石は全て軟極しないで、同じラインを電子と陽電子が通るように運転できることである。特にマッチング用の四極電磁石を除いてはその強さも変える必要がない。

2. ビームライン

主要電磁石の配置をFig.1に示す。水平偏向電磁石と四極電磁石の長さはそれぞれ1 mと0.36 mである。Fig.1の座標系はARの中心を原点にとっている。以下上流側からビームラインを順に説明する。Q1~5はライナックからのビームとこのラインとの間でエミッタンスのマッチングを行うために用いる。Q1~3は放射光光源³⁾⁴⁾(電子ストレージリング)用と共通のライン上にある。光源へのビームラインとはQ3の1 m下流にある偏向電磁石で分ける。Q6~11は直列に接続されている。B1~3とB4~6間の水平方向ベータatron振動の位相の進み $\Delta\psi_x$ は π になっている。即ち電子と陽電子の両方に対して、同時にアクロマティック条件を満足している。Q8~9の間で電子と陽電子ともに水平方向ディスパージョン η_x が大きくなるので、ここで運動量幅の観測する。またこの場所に可動スリットを設け、中心運動量から大きくずれた粒子を除く。AR入射用ダンプラインと入射ライ

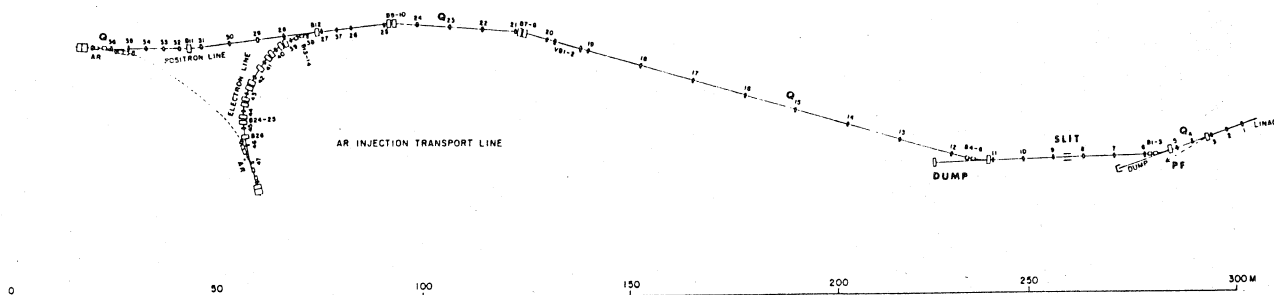


Fig.1 入射ライン全体図

ンとはB4で分ける。その後、Q12~19は $\Delta\psi_{x,y} = 2\pi$ のラインになっている。Q19とQ20間に垂直偏向電磁石2台を設置し、ライナックとAR間のビームレベル差約45mmを補正する。次に直列のQ20~24, B7~8とB9~10間は $\Delta\psi_x = \pi$ になっていて前と同様にアクロマティックになっている。それ以降、電子と陽電子の入射ラインはB12で2本に分かれる。陽電子入射ラインはQ25~31を独立に調整し、このラインとARのマッチングをとる。またQ32~36とB11とセプタム電磁石2台でディスパージョンのマッチングをとる。電子入射ラインではQ25~27とQ37でラインとARとのマッチングをとる。Q38~43とQ44~47はそれぞれ直列接続になっている。またB12~25の14台で90°偏向させる。ディスパージョンのマッチングは電子入射ラインの内弧全体でとるように設計されている。ベータトロン振動の水平な並びに垂直方向振幅 β_x, β_y と水平方向ディスパージョン η_x の設計値を電子に対してFig. 2に陽電子に対してFig. 3に示す。電子と陽電子両方が通過するラインでは電子と陽電子に対して、四極電磁石の収束と発散が反対になっている。即ちベータトロン振動の位相が $\pi/4$ ずれている。

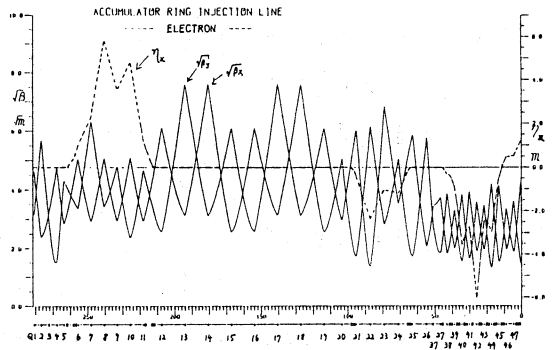


Fig. 2 電子ラインのベータトロンとディスパージョン関数

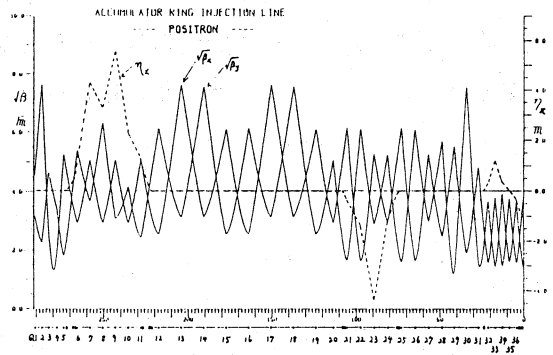


Fig. 3 陽電子ラインのベータトロンとディスパージョン関数

3. ビームサイズ

入射ラインの設計にはライナックからのビームとして、次のエネルギー、エミッタンスと運動量幅を仮定する。

$$\begin{aligned}
 E &= 3.0 \text{ [GeV]} \\
 \epsilon_{x,y} &= 0.1 \text{ (電子), } 0.5 \text{ (陽電子) [mm} \cdot \text{mrad]} \\
 \frac{\Delta p}{p} &= \pm 0.2 \text{ [%]}
 \end{aligned}$$

ただし、エミッタンスはビーム幅2 σ に対応するものとする。ここではビームがガウス分布をしていると仮定した時の標準偏差である。運動量幅は90%の粒子を含むビーム幅とし、ECS⁵⁾(エネルギー圧縮装置)がライナック出口付近に設置されるものとしている。ビーム半幅 W は次式で与えられる。

$$W = \sqrt{\epsilon\beta + \left(\frac{\Delta p}{p}\eta\right)^2}$$

電子と陽電子に対してビーム半幅を上式を用いて計算した結果をそれぞれ Fig. 4 と Fig. 5 に示す。水平方向の最大幅は主に η_x によって決まり、電子と陽電子に対して約 12 mm である。一方垂直方向は電子に対して 2.5 mm、陽電子に対して 5.5 mm である。以上のビーム幅により電磁石の有効領域を次のように決める。

四極電磁石	水平	± 23 mm
	垂直	± 23 mm
水平偏向電磁石	水平	± 30 mm (サジッタ ± 7 mm を含む)
	垂直	± 13 mm
垂直偏向電磁石	水平	± 23 mm
	垂直	± 23 mm
補正電磁石	水平	± 23 mm
	垂直	± 23 mm

即ち、有効領域はビーム幅 2 σ に約 10 mm の余裕分を加えたものとした。入射ラインのアクセプタンスはエミッタンスよりも運動量幅によって決まり、約 0.4% である。真空ダクトには水平偏向電磁石部を除いて 50 本のアルミ押出管が使われる。

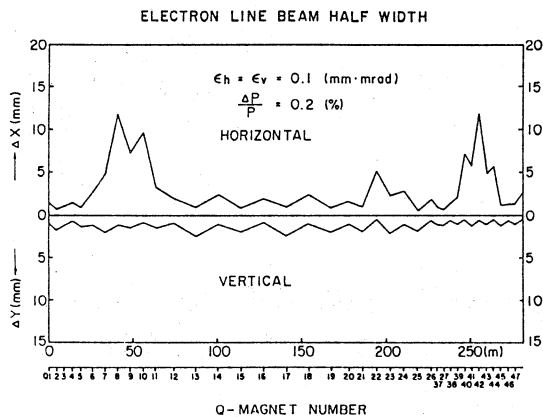


Fig. 4 電子ラインのビーム半幅

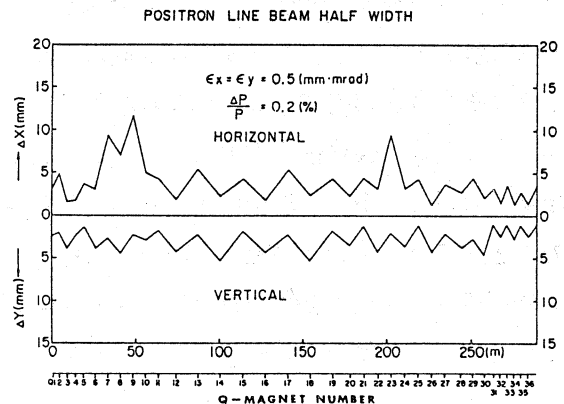


Fig. 5 陽電子ラインのビーム半幅

参考文献；

- 1) KEK; "Abridged Description of TRISTAN Electron-Positron Colliding-Beam Machine", Oct. 1981.
- 2) 佐藤勇; 「2.5 GeV放射光実験施設入射器の現状」, 第5回リニアック研究会報告文集, (1980), 25.
- 3) J. Tanaka et. al; "Design and Status of Photon Factory", 11th International Conference on High-Energy Accelerators, (1980), 242.
- 4) K. Fuke; "Status of Photon Factory Storage Ring", Proceedings of the 3rd Symposium on Accelerator Science and Technology, (1980), 19.
- 5) I. Satoh; "Accelerator Structure and Beam Transport System for the KEK Photon Factory Injector", Nuclear Instruments and Methods, 177, (1980), 91.