

Beam Emittance of the 35 MeV Injector of the PF Linac

A.Enomoto,S.Ohsawa,Y.Ogawa,N.Kaneko*,T.Sidara,Y.Otake and A.Asami

National Laboratory for High Energy Physics
*Isikawajima-Harima Heavy Industries Co. Ltd.

Abstract

Beam emittance of the PF 2.5 GeV electron linac has been obtained by measuring beam size on the beam screen as a function of the upstream quadrupole lens strength. Thirty-five elements silicon photodiode linear array has been used to analyze the light from the beam screen.

1. 序

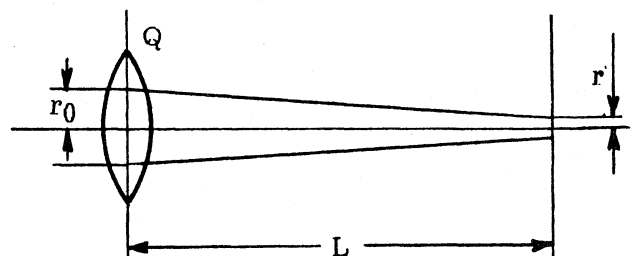
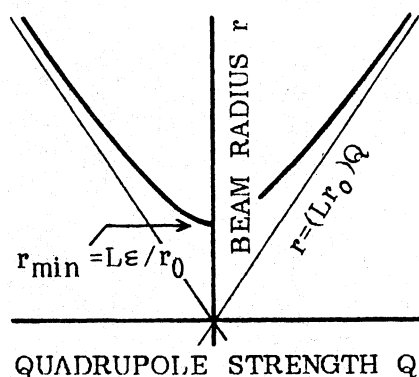
PF 2.5 GeV 電子線形加速器ではバンチャー部を含めた最初の 35 MeV の加速部を入射器と呼んでいる。この部分のビームエミッタンス (normalized emittance) はその後も保存され、加速器全体のビームトランスポートの基本的なパラメータとなる量である。エミッタンスは四極電磁石の磁場を変えながらその後のビームサイズを測定することによって求められる。今回はビームスクリーンのプロファイルの光を光学系によってフォトダイオード直線型アレイに導き測定する方法について報告する。尚、モニターTVの画像信号の強度を測定、処理して2次元のビーム分布を測定する方法も既に試されており近く運転システムに組み込まれる予定になっている。

2. ビームエミッタンスの測定方法

ビームの $r-p$ (横方向の位置及び運動量) 位相空間に於ける分布が楕円形をしていると仮定すると、ビームの半径 r [m] はその上流の四極電磁石の磁場の強度 Q [m^{-1}] に従って双曲線的に変化する。このときビームエミッタンス ϵ はこの双曲線の極小点 r_{min} と漸近線の傾き k から求めることができる。(因みに双曲線の極小点は上流の四極電磁石入り口に於けるビームの分散に比例し、漸近線の傾きはビーム半径に比例する。) 即ち四極電磁石とスクリーンの距離を L とすると、

$$\epsilon = KR / L^2$$

で求めることができる。



$$Q = (e/P) \int (dBy/dx) dz$$

図1. 四極電磁石強度 Q とビーム半径 r 。

3. フォトダイオードアレイによるビームサイズの測定

実験は35 MeVインジェクター出口の四極電磁石(Q0-3B)とその下流67.5 mmにあるスクリーンモニターを使用した。図2に示す様にスクリーン上の光をミラー2枚と光学レンズ(f300 mm及び50 mm)によって床上のフォトダイオードアレイに像が1対1になる様に導いた。スクリーンは仏デマルケスト(Desmarquest)社のアルミナセラミックAF995R、フォトダイオードアレイは浜松テレビ(株)の35素子型フォトダイオード直線アレイS1592で0.96*4.5 mmのシリコンダイオードが0.99 mm毎に35個並んでいるものを用いた。

フォトダイオードアレイからの信号は64チャンネルのサンプルホールド及びマルチプレクサ回路によって処理しオシロスコープで観測した。図3はフォトダイオードアレイの1つからの信号をサンプルホールド回路の初段アンプの後で見たものである。信号が長く尾を引いているのはスクリーンの残光によるものである。信号のサンプル時間は約50マイクロ秒で、サンプルホールド出力のビーム電流に対する依存性は図4に示す様にほぼ直線的である。図5はマルチプレクサ回路の出力をオシロスコープで観測したもので、チャンネル間の距離はビームライン上の鉛直方向1 mmに相当する。

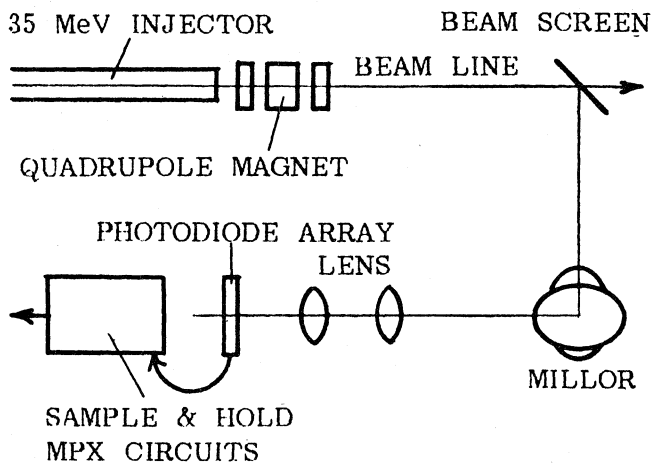


図2 実験のセットアップ

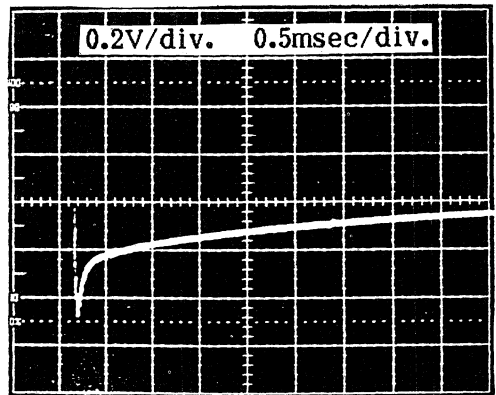


図3 フォトダイオード出力

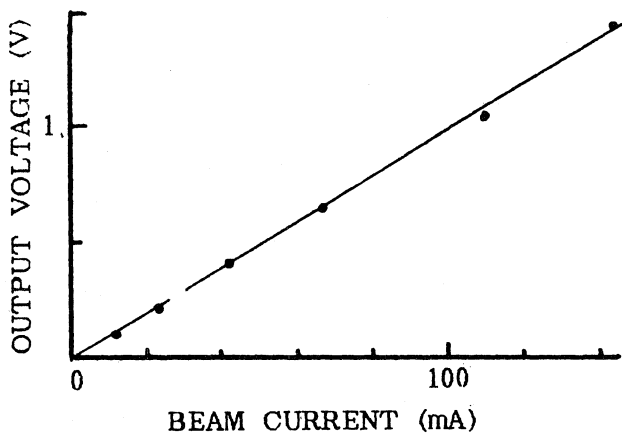


図4 サンプルホールド出力とビーム電流強度の関係

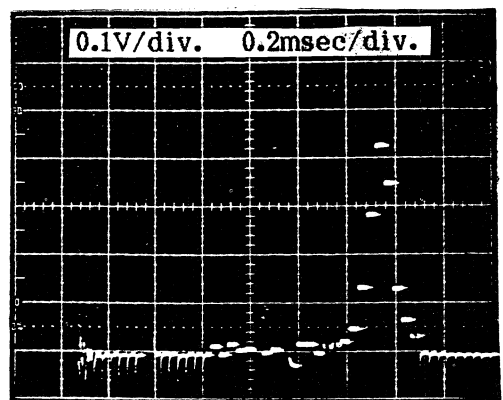
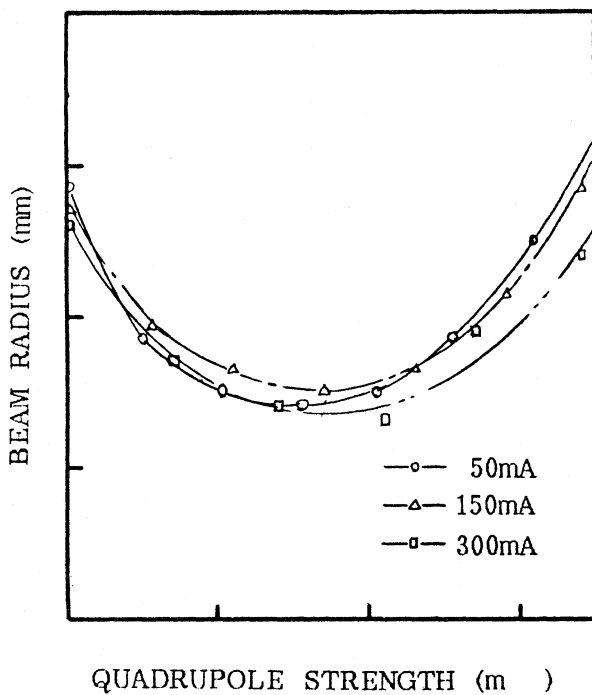


図5 マルチプレクス出力

4. 実験結果及び議論

測定はビーム電流 50 mA, 150 mA, 300 mA に対してそれぞれ 6-8 点、四極電磁石の強度を変えてビーム半径の測定を行った。図 6 にその結果を示す。また表 1 は図 6 から算出したビームエミッタンスを示す。

PF 2.5 GeV リニアックのビームトランスポートはエミッタンスを SLAC のデータを基にして $5\pi \times 10^{-3}$ (MeV/c.cm) と想定し、その 3 倍以上のアクセプタンスとなる様に設計した。結果をみるとこの電流の範囲では 35 MeV 入射器の出口では大きなエミッタンスの変化は見られない。また第 1 セクター入口でビームトランスポートのアクセプタンスがエミッタンスと同程度で少し苦しいが、ビームエネルギーが高くなるにつれ問題はなくなることがわかった。



I(mA)	k(mm/m ²)	r _{min} (mm)	$\pi\varepsilon$ (MeV/c.cm)
50	2.5/1.5	1.4	$1.2\pi \times 10^{-2}$
150	2.8/1.5	1.5	$8.8\pi \times 10^{-3}$
300	2.5/1.8	1.3	$4.8\pi \times 10^{-3}$

表 1. エミッタンス

図 6 実験結果

5. 謝辞

フォトダイオードを用いた光学測定方法は PF 光源系のコントロール/モニターグループで使用されており、今回の実験装置の多くを同グループの協力によって利用させて戴きました。柴田教授、桂氏に深く感謝します。