

BEAM BUNCHING IN THE PF LINAC INJECTOR

S. Ohsawa, A. Asami and J. Tanaka

National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

Measurements of beam bunching of the PF linac injector were made. These were performed by measuring the increase in the width of the energy spectrum from the injector when all of the klystrons in the first section were turned on 15° out of phase. The results indicate the bunch lengths less than 4° full width at one-fifth maximum. This value agrees with the design value of the prebuncher and the buncher of the PF linac.

1 はじめに

線形加速器においては、エネルギーの揃った良質なビームを得ることが重要で、その良質なビームの第1条件として、ビームのバンチ幅を小さくすることがあげられる。このバンチ幅は、プレバンチャーとバンチャーによって決定されるものである。

最近、PFのプレバンチャーとバンチャーのパラメータを変えながらバンチ幅の測定を行ったので計算値と比較しながら報告する。この計算値は、プレバンチャーとバンチャーの製作以前に出したものである。

2 集群特性の計算値

まずはじめに、プレバンチャーとバンチャーの製作に先だって行った、ビームの集群特性の解析結果について説明する。

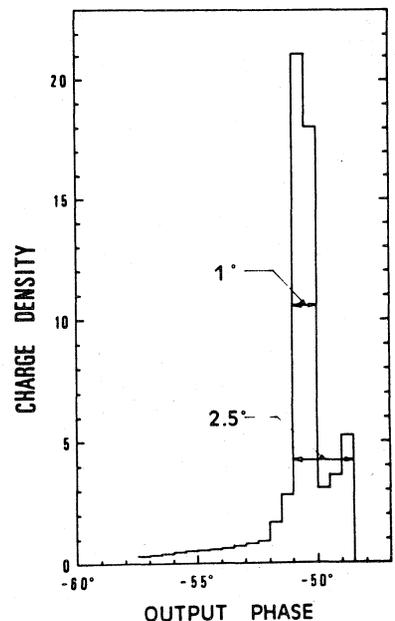
設計方針は第1にビームの位相を揃えること、第2に集群効率を高くすることとし、加速電場の強さを表わすパラメータ α とマイクロ波の位相速度 $\beta\omega$ を大型計算機でサーチした。ここではエネルギーを揃えることには重きをおかなかった。

計算には次の効果が入っている。

- ① マイクロ波が加速管壁で熱損失する効果
- ② ビーム負荷による損失効果
- ③ 空間電荷の効果
- ④ 空間高調波の効果

第1図はバンチャーから出てくるビームの集群を示す計算結果であり、横軸はビームの位相、縦軸は電荷密度を表わしている。

この図から半値幅は約 1° 、ビーム強度がピークの $1/5$ になるところでは約 2.5° 、であることが読みとれる。



第1図

3 バンチ幅の測定と結果

次にバンチ幅の測定方法とその結果について説明する。

ビームのバンチ幅は、エネルギー幅から算出する方法を用いた。精度を上げるために、ビームをマイクロ波の頂点から適当な角度ずらして加速した後、拡大されたエネルギー幅を測定することにした。

バンチ幅が $2\Delta\theta$ のビームを、マイクロ波の頂点から ϕ ずらして加速すると、ビームのエネルギー幅は次式の様 ΔE だけ広がる。ただし $\phi \geq \Delta\theta$

$$\Delta E = E |\cos(\phi - \Delta\theta) - \cos(\phi + \Delta\theta)| \quad \dots\dots (1)$$

E は ϕ が零の時に、電子が加速されて得るエネルギー利得である。 E と ϕ が充分大きければ、 ΔE はそれにともなって大きくなる。そのためバンチャー出口でのエネルギー幅は ΔE に対して無視できるので、バンチ幅 $2\Delta\theta$ が比較的精度よく測定できるわけである。

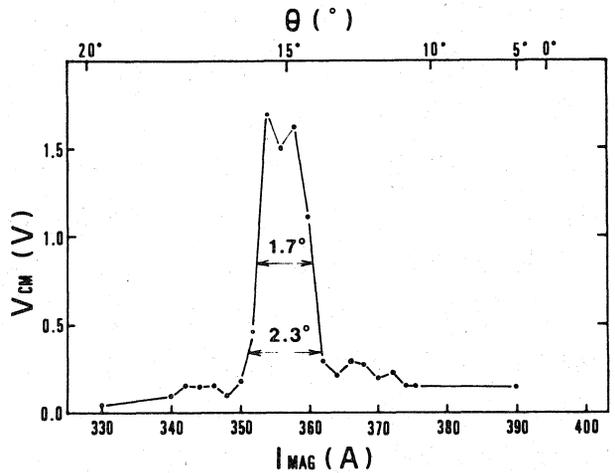
第2図は測定したエネルギースペクトルの一例である。ビーム電流は約70mAである。

この実験では、入射部を出たビームが第1セクターで、頂点から 15° ずれて加速される様に位相を設定した。エネルギー分析は第1セクター後部で行った。このときのビームエネルギーは約500eVである。第1セクターの各フライストロンのマイクロ波は、位相検出器によってすべて位相を揃えてある。縦軸はコアマニターの出力で電流に比例する。横軸下の目盛は偏向電磁石の電流であるが、これはビームエネルギーに置き換えられる。また横軸上の目盛は、(1)式の ϕ を表わしている。

この図からわかるように、確かにピークは 15° ずれた所に出ている。このずれは先に述べた設定値と一致する。スペクトル中の角度 1.7° と 2.3° は、バンチの位相幅を表わし、それぞれ半値幅と $1/5$ になるところでの幅である。

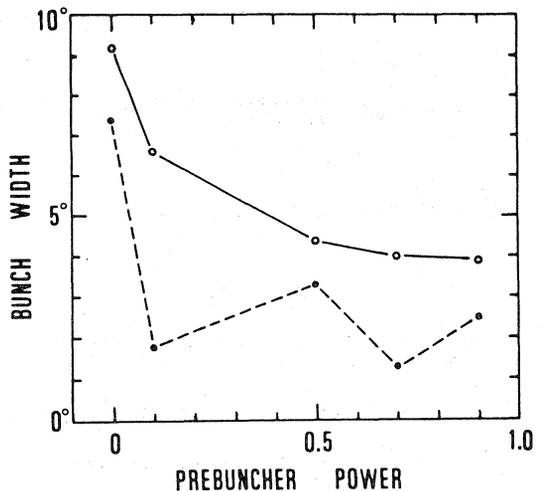
これらの測定値は、第1図の計算値に非常に近い値である。

第3-a図は、プレバンチャーのパワーを変化させたときのバンチ幅の変化を示している。パワーが小さいときはバンチ幅が広いが、それを増やすにつれて狭くなる。パワーの大きいところでは半値幅が約 2° で



第2図

バンチャーのパワーは0.7である。



第3-a図

以下黒丸は半値幅，白丸は $1/5$ での幅とする。

a) バンチャーのパワーは0.7である。

強度¹/₅のところでは約4°となっている。第2図のスペクトルより幅が広いのは、バンチャーのパワーがこちらの場合の方が小さいためである。パワーは目盛1のとき約4kwである。

第3-b図は、プレバンチャーに入力するマイクロ波の位相を変えたときにバンチ幅の変化する様子を示している。

位相が最適値から10°変化すると、バンチ幅は明らかに広がることわかる。

第3-c図は、バンチャーのパワーを変えたときのバンチ幅の変化を示すものである。

パワーを増してバンチャーで急速に加速した方が、バンチ幅は小さくなることわかる。パワーは目盛1のとき約10mwである。

以上はバンチ幅についてのみ述べてきたが、このほかにプレバンチャー、バンチャーの重要な特性として集群効率がある。これは360°の位相にわたって入る電子が、バンチャーを出るまでに集群される効率である。2での計算によれば、この値は約70%である。また、測定によって、電子銃から出たビームが最後まで透過する効率は、約70%であることが明らかになっている。³⁾この場合の電流は64mAである。

このように、集群効率も計算値と測定値がほぼ一致している。

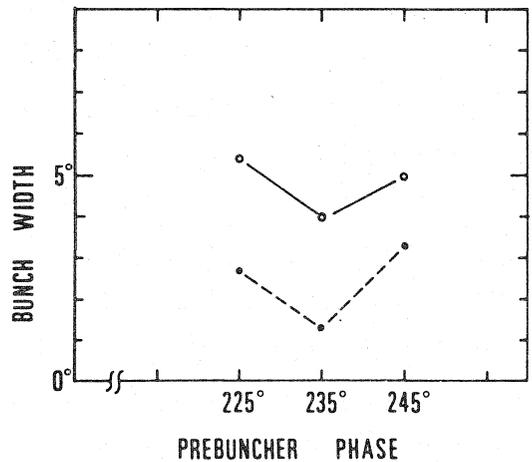
4 まとめ

PFリニアックのビームは電流が低になるところでバンチ幅が4°以下になっている。一方透過効率は、約70%である。

これらの値は集群特性の計算値とほぼ一致しており、プレバンチャーとバンチャーの性能は、概ね設計どおりであると言える。

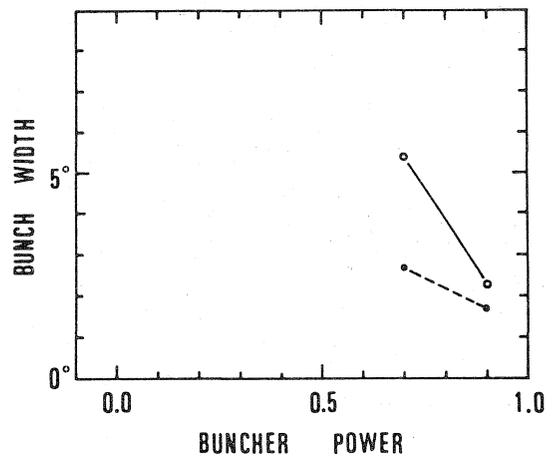
参考文献

- 1) 浅見他 第5回リニアック研究会報文集(1980)71
- 2) A. Asami et al. Proceedings of the 6th meeting on linear accelerator in Japan (1981) 59
- 3) A. Asami et al. Proceedings of the 7th meeting on linear accelerator in Japan (1982)



第3-b図

b) バンチャーのパワーは0.7である



第3-c図

c) プレバンチャーの位相は225°である。