

## BEAM CHARACTERISTICS OF THE TEST LINAC

T. Kurihara, H. Kobayashi, Y. Yamazaki, T. Urano, A. Asami

Photon Factory, National Laboratory for High Energy Physics,  
Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

### ABSTRACT

Construction of a linac test facility is now progressing. The linac is used both for testing of components of 2.5 GeV linac and for research on accelerator science and technology. Acceleration of high brightness beam is one of main themes of this linac. In this paper, performance of components of the linac and phase space dilution due to radial force of microwave field are described.

### テストリニアックのビーム特性

#### <はじめに>

テストリニアックでは、今後1つの重要なテーマの一つとしてビーム特性の改善があげられる。これは、ビームの高輝度化や、ビームのバンチ幅のコントロールを行うことにより、2.5 GeVリニアックを用いた新しい光源の開発等、将来のためのサーベイを行うことを目的としている。本リニアックの建設の経過<sup>1)</sup>や各種試験<sup>2)</sup>のための電子銃の開発については別に報告がなされている。

ここでは、テストリニアックで準備完了、または準備中の各構成品の概要を述べ、ついで最初に取り組もうとしている高輝度ビームの加速についての計画とその一部計算結果について報告する。

#### <加速器のコンポーネント>

本リニアックは、各種の試験に用いられ、その都度それに最適な構成を組み上げることを意図しているため、固定した構成というものはない。その中での汎用な大型構成品およびその概要は、以下の通りである。

クライストロンパルサー、クライストロン	: 30MW, 3.5us
電子銃パルサー	: 200kV, 3.5us
電子銃	: 200kV耐電圧
プレバンチャー (進行波)	: 210 mm
バンチャー加速管 (進行波)	: 1599.6 mm
レギュラー加速管 (進行波)	: 2028 mm
ヘルムホルツコイル、同電源	: 内径300mm, 1kgauss

この他にバンチャー加速管の直後のエネルギーアナライザーと、最終部でのエネルギーアナライザーが準備されている。本加速器は、パルス幅や、繰り返してそのビームを制限するのではなく、平均のビーム出力で規制するため、原則としてビームはすべてビームダンプまで導き、その電流値をインターロックにかける。このため四極電磁石による、ビームトランスポート系がある。

#### <Emittance Growthの検討>

自由電子レーザーをはじめとして高輝度ビームを必要とするフィールドが脚光

をあびるにつれ、加速器でも高輝度ビームに対する取り組みが非常に盛んになっているように思われる。さて、本ライナックでは非常に多くの研究がなされる予定となっているが、高輝度ビームの加速は、ほとんどすべての他の実験に影響を与えるため、最初に取り組むこととしている。例えば10 MeVのビームを2 mの間を2 mmφ以内で通すことに要求されるエミッタンスは  $\epsilon_n \sim 10 \pi \text{ mm mrad}$  という低い値となる。このような細いビームが実現できて、はじめて、BBU等の研究の際のビームの通過場所の特定がある精度で出来るということになる。一般にリニアックを対象にした場合、ダンピングリングのようなエミッタンスの改良装置を含まない場合を想定しているので、まず電子銃から高輝度ビームを出し、そのエミッタンスを劣化させないように加速することを目標としている。

エミッタンスの増大の原因は、主としてバンチャー部でのマイクロ波による径方向の力であろう。C.H.Kim<sup>3)</sup> にも PARMELA を用いたシミュレーションでそれを示している。これはRF加速電界の径方向の力は近似的には、径rに比例する力であり、極狭いマイクロ波の位相内の粒子に着目すると、リニアな力を受けることになり位相空間内で、回転はするがその面積は一定に保たれるはずである。バンチャー部ではビームは、マイクロ波位相に対して振動し、各々の粒子は集束、発散力をその粒子の、マイクロ波での位相振動の経過に応じて受け、狭いマイクロ波位相内へと集束する。集束した粒子は、それまでに受けた径方向の力が異なるため、位相空間内での回転が異なる粒子の集合体となり、結果として、それらを合わせ集めたビームの位相空間内で占める面積が広がる。これを防ぐ手段としてたとえば、HEPLのT.Smithらの提案<sup>4)</sup> するように3倍高調波をかさねた空洞で、軸上電界  $E_z$  をフラットにすることにより径方向の電界  $E_r$  を減少させる方法が考えられる。

われわれが今後どの様な形でビームの高輝度化を進めるかは別として、とりあえず、バンチャー部でのビーム径をコントロールすることによって、エミッタンスの増大を防ぐことを試みる。

例えば異なった、径方向の力を受けた粒子が位相空間上でどのような変化をするかを見るためにPARMELAを用いて計算してみる。電子銃の計算から得られた値<sup>2)</sup> のエミッタンス  $\epsilon = 0.00016 \text{ rad}\cdot\text{cm}$ 、 $\beta = 1000 \text{ cm/rad}$ 、 $\alpha = 75^\circ$  を用いる。これは図-1に相当するビームである。これを一般に用いられていると考えられる、単空洞のプレバンチャーを用いてバンチすると、その占める位相空間は、図-2に示す空間となる。先に述べたように、ビームの入射位相によってその位相空間での回転角が異なり、ビームサイズの大きいところで大きく振れ、ビームの中心部は一定のためリボンのようになっている。結果としてビームのエミッタンスは、この全面積となる。

一方、同様なことをM-レンズを追加して、ビームを収束しプレバンチャーの中心で焦点を結ぶビームに当

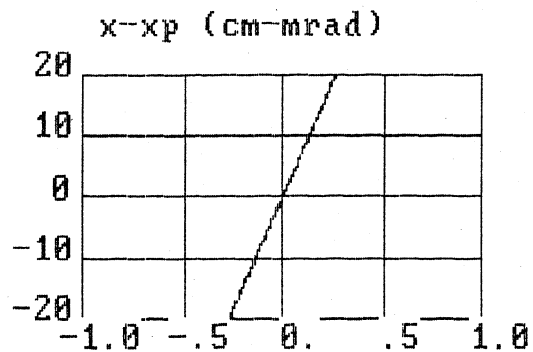


図-1 電子銃出力での位相空間

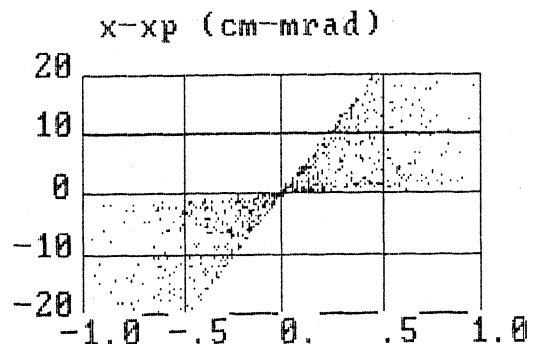


図-2 プレバンチャーによる  
Emittance Growth

てはめてみるとその位相空間の変化は、  
 図-3で表される。詳細は、さらに検討  
 が必要であるが、Emittance Growthに  
 は明らかにその劣化を引き起こすコンポ  
 ーネン中でのPhase space 上でのビー  
 ムの形が影響する。われわれは、当面は  
 Emittance Growth を引き起こすコン  
 ポーネンに対するPhase space 上の  
 形状の操作でビームのエミッタンスの劣  
 化を極力抑える方向としたい。

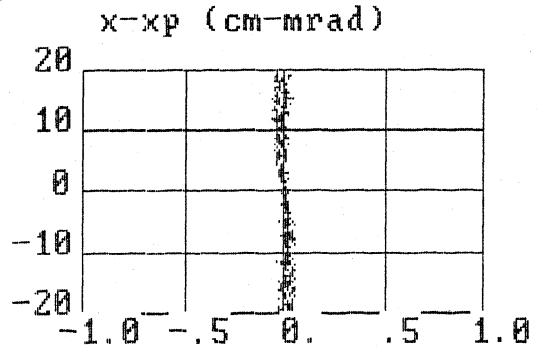


図-3 Mレンズを用いた場合の  
 Emittance の変化

<まとめ>

高輝度ビームの加速実験に必要な各コンポーネントが揃いつつあり、電子銃の試験等できるものから開始していく。電子銃ビームの輝度を極力劣化させずに加速していくことは、相当難しい問題を含んでいる。特にビームの計測系の精度をあげないと計算の評価が出来ないことになる。したがって、今後実験を進めるにしたがって、計測系の開発も並行して進める必要がある。これらを総合的に準備しつつ、新しい方式の検討、及びその計算、実験を行っていく。

<参考文献>

- 1)H. Kobayashi et al. :this meeting.
- 2)Y. Yamazaki et al. :this meeting.
- 3)K. J. Kim et al. Proc.1988 Linear Acc. Conf.(CEBAF)p427
- 4)T. I. Smith Proc.1986 Linear Acc. Conf.(SLAC)p421