

STUDIES ON ELECTRON INJECTOR OF LINAC FOR PICOSECOND SINGLE PULSE (I)

H. Kobayashi, T. Ueda, T. Kobayashi, and Y. Tabata  
Nuclear Engineering Research Lab., Fac. of Eng. Univ. of Tokyo

ABSTRACT

Improvements of the electron injector of the linac for producing an intense picosecond single beam have been studied.

An electron gun system which can generate 800 picosecond pulse of 4 amps with quasi-rectilinear flow beam have been developed.

Capture efficiency of the present injection system (including a sub-harmonic prebuncher and a buncher) was calculated using the gun output as input data.

1. まえがき

本ライツアップは据付完了以来5年を経過した。新しい装置は順調に稼働し利用面での多くの成果が得られた。この間種々の改良がほどこされ装置の安定化や出力ビームの増強等が行なわれた。現在の出力強度で、検出系等の工夫をすることも含めてかなり広範囲にわたって利用することができている。一方ビーム出力が多いということは、実験系全体の感度からみてやはり好ましいことであることに違いないし、ライツアップとしても短パルス電子線の大電流入射ということに興味ある問題であることよりビーム出力の増強を計画している。入射部にあける種々の問題点を整理し、検討し、ありふれた結果について報告する。

2. 入射部の構成

現在使われている入射部の構成を図-1に示す。この構成は据付当初からみると一部変更があるが基本的には同一である。サブハーモニックプレバンチャー (SHB) とプレバンチャー (バンチャー) はマグネチックレンズ2枚とソレノイドより成る集束系によって囲まれる形となっている。マグネチックレンズ (後方) によって加速管 I (ACC-I) への入射ビームを調整している。現在検討を進めていることは、現在のシステムで比較的高電圧値の高電圧時 (~5A) に、ビームはどのようなふるまいをしているのかということである。つまりこの間のビームの形状、透過率、加速管 I への入射の条件等を調べ、不具合な点があれば改良する方法をみつけるということである。

3. 電子銃からの出力電流と出力パルス幅

現状のグリッドパルサーと電子銃を用い、正確にその出力電流とパルス幅を知ることが必要であるが一方、これをテストベンチ等で測定することはかなりの労力を伴う。既に報告したように新しい本ライツアップには UHF 用板極管のグリッドカソード構造部が使われている。このため電子銃回路

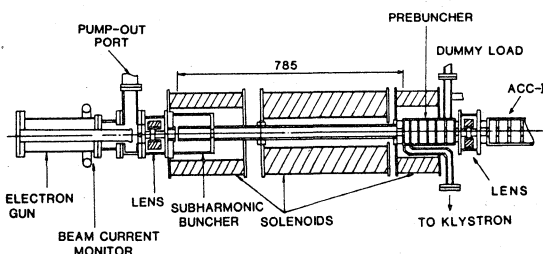


図-1. 現在の入射部断面図

と板極管を用いて簡単にシミュレーションすることが可能である。グリッドバイアス回路とグリッドパルサーはライプツウのものを用い、電子銃に用いられているものと同じグリッドカソード構造をもつ板極管をドライフし、板極管のアノード電圧を調整して、カソード近傍の電界強度と電子銃のそれと全く同一にすれば電子銃の動作を知ることができる。カソード電流やグリッド電流の比較から電子銃アノード電圧90kVと板極管アノード電圧500Vがほぼカソード近傍での電界強度が等しいと判断された。

このようにして得られた板極管のアノードへの到達電流の波形を図-2の(a)及び(b)に示す。(a)はアノード電圧500V、(b)は1500Vのときの波形である。この結果から、現在のグリッドパルサーと電子銃の組合せから定常的に出ている量は半値幅800ps

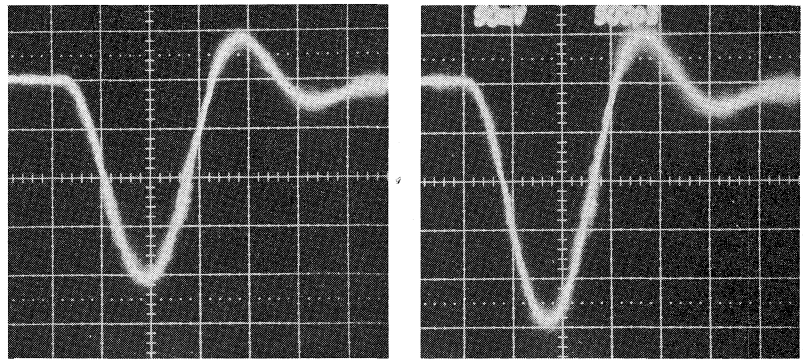


図-2. (a) 板極管出力電流  
500 ps/div, 1A/div

(b) 同  
500 ps/div 1A/div

尖頭電流4Aであることがわかった。これは2.2nCに相当する。又アノード電圧1500Vのときには半値幅800psで4.1nCが得られることがわかった。

#### 4. SHB及びバンクーセフシオン

SHB及びバンクーセフ部の計算は典型的に文献<sup>23)</sup>に述べられているスペースチャージを考慮した加速管内での運動方程式を解いた。但し一部をモデファイし入力電子の波形を図-3に示す三角形とした。このとき用いたバンクーセフ等の主要パラメータを表-1に示す。バンクーセフシオンの出口では電子銃出力の90%がメインビームに入り、~2%のサテライトビーム2ヶを伴うという結果になる。加速管Iのバンクーセフ部出口でのビームの時間形状を図-4に示す。

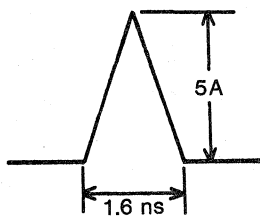


図-3. 入力電子の波形

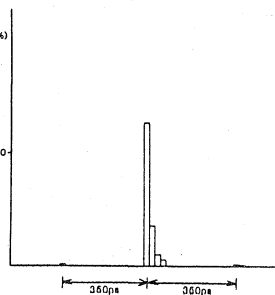


図-4. バンクーセフ部出口での  
タイムプロファイル

Section	$\alpha$	$\beta$
S.H.B	18 KVp-p	
Buncher I	0.67	0.7
	0.65	0.75
Buncher II	2.35	0.9
	2.29	0.95

表-1. バンクーセフ部計算パラメータ

三連胴より

#### 5. バンクーセフとビーム径

ビーム径はバンクーセフの際のスペースチャージに大きく影響する。計算に用いた式ではダクトの径との関係もあるがほぼ又単に逆比例する。今ビーム径を直径3.6.10mmについてメインビームに入力の何%がキョウアケエれるか計算し各75%,85%,90%とみた。ビーム径をあまり大きくすると収束磁場の不均一性の問題等も生じてくる可能性がありほぼ10mm中程度でパラレルに伝播するビームが効率が良いと考えられる。

## 6. ビーム収束系

前述のように現システムでの計算上の加速管軸方向の透過率は決して悪いものではない。一方電子銃の電流を上昇させると現在のシステムでは透過率が悪くなる。電子銃出力電流4~6Aでは30数パーセントの透過率である。このように計算上のキャパシティと現実の透過率の大きな差は主として電子銃の入射部収束系が原因と考えられその改善のための検討を行っている。その構想は、電子銃からほぼカソード径でビームととりまじりほぼその径に近づきリアンフローでSHBのバンチセクションを誘導しようとするものである。収束系は別に報告するが、その収束系への入力としての電子銃のビーム軌道の改善について次に述べる。

## 7. 電子銃ビーム軌道の改良

高バリエーション電子銃でかつカソード径の小さい本ライナックに用いているような電子銃ではアノード孔レンズの効果が大々く作用し、1A以上の電流でアノード孔以後更に収束傾向をもつ電子銃は製作困難である旨は昨年の本研究会で報告した。前述のように収束系との関係で電子銃出力ビームの軌道にある程度の自由度をもたせておくことは有効であろう。今回アノード孔に粗いメッシュをほることによりアノード透過率をほとんど下げずに電子銃出力ビームプロファイルとかなりの自由度をもって調整可能とすることができた。

アノード孔レンズは勿論、凹レンズとして働くがその効果を実測するために同様のウエーネット、アノード形状にしてアノード孔にメッシュをつけた場合とつけない場合の両方についてアノード孔以後ビームプロファイルを計測した結果を図-5に示す。これは電流4Aのときの結果である。この結果従来1A以上で収束傾向のみであったものに對し、4Aでウエネットをつくることができた。そこでウエネットの形状を変えてもうすしビームに広がりをもたせ平行な流れに近い形にしなると同じく図-5中の破線を示す。これらのことよりアノード孔の効果をやくすことにより4~5Aの出力の電子銃はかなり自由にその軌道を取扱うことができる。今後は収束系の検討とあわせて、最適な電子銃を作る予定である。

## 8. まとめ

SLACではS-バンドライナックでシングルバンチあたり16nCを得ている<sup>4)</sup>。これは178.5MHzのSHB2台とガン電圧200kVといった実が大々くまわっているものと思われる。これらのSHBの低周波数化、ガン電圧の向上は基本的に重要なことと思われる。収束系改善にはこれらの問題にもとり組みたいと考えている。

## 参考文献

- 1) H. Kobayashi et al. J. Fac. Eng. Univ. of Tokyo B-36 (1981) 85
- 2) H. Fujita et al. J. At. Energy Soc. Japan Vol-21 (1979) 662
- 3) G. Navrogyan et al. IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-20 (June 1973) 919
- 4) M. B. James et al. IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-28 (June 1981) 3461

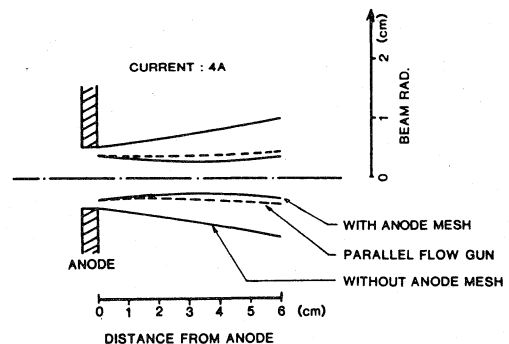


図-5. 電子銃出力ビームプロファイル