

HIGH-BRIGHTNESS DOUBLE-BUNCH ELECTRON BEAM GENERATION AT ISIR

Shuichi OKUDA, *Shoji SUEMINE, Juzo OHKUMA, Tamotsu YAMAMOTO
and Toichi OKADA

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, 8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka

567

*Unicon System

ABSTRACT

A new gun pulser of a 38 MeV L-band linac has been developed to generate a high-brightness double-bunch beam at ISIR. The charge of a bunch is 19 nC and the interval between the two bunches is 37 ns, which is settled with a delay line. The energies of the two bunches are different under ordinary conditions and agree after controlling the conditions of the rf components of the linac. The former beam is applied to developing a new pulse-radiolysis method and the latter to FEL experiments.

産研ライナックにおける2バンチビームの発生

1. はじめに

産研Lバンドライナックにおける将来計画で自由電子レーザー(FEL)の研究開発が提案され、具体的な検討と装置の開発、実験が進められている。増幅型FELでは高輝度単バンチビームが、また発振型FELではマクロパルス幅の長いマルチバンチビームが必要とされ、サブハーモニックプリバンチャー(SHPB)システムを持つ産研ライナックは、これらに対して優れた特性と可能性を有している。

発振型FELにおいては、特性の良いマルチバンチビームを得るために、既に報告しているバーストモードのグリッドバルサーが開発された[1]。周波数が12th SHPBの1/4の27 MHzと、その3倍の81 MHzにそれぞれ調整された2台の増幅器を合成して波形成形したバルサーを用いることによって、マクロパルス幅3.5 μ s、バンチ当り1 nCの電荷量を持ち、サテライトのほとんどないマルチバンチビームが得られている。マイクロパルスの間隔が基本波の周期の48倍であることから、ピーク電流の増大にもかかわらずエネルギースペクトルは、シングルモードとほぼ同じ形状を示し、半値幅も±0.9%であった。

自発放射光増幅(Self-Amplified Spontaneous Emission)型のFELでは、現状のSHPBシステムの特徴である高輝度単バンチビームに加え、光共振器の一往復時間だけの時間差でバンチを2個発生するダブルバルサーを使用し、発振型の光共振器の構成において2回増幅型のFELの可能性が試みられている。この時の2バンチのエネルギーはそろえる必要がある。エネルギーを違えた場合には偏向電磁石を用いて2バンチを分けることができる。これにより、励起用バンチ、参照光用バンチが分離でき新しい方法によるパルスラジオリシス法が可能であると考えられる。本稿では、ダブルパルスグリッドバルサーと2バンチビームの特性を中心に報告する

2. ダブルパルスグリッドバルサー

現在の電子銃システムは、定常モード運転におけるロングバルサーとシングルモードのショートバルサーの2台が、電子銃(Model 12, ARCO)と共にSF₆で加圧されたタンク内に設置された。ロングパルス、ショートパルスの選択およびパルス幅、インジェクション電流などの全てのコントロール

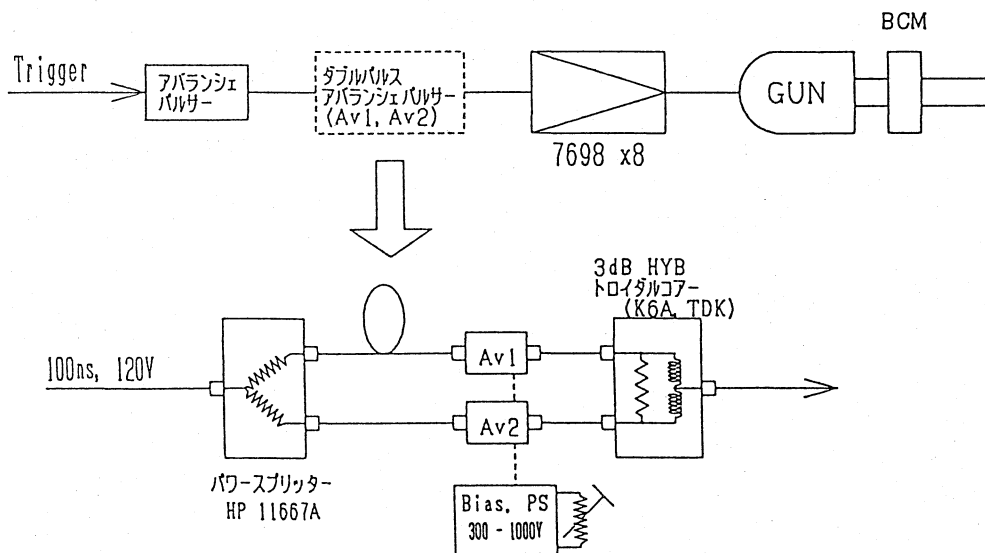


図1 ダブルパルスグリッドパルサー構成図

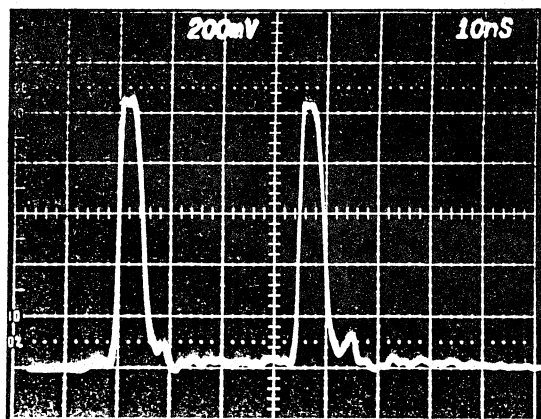


図2 アバランシェパルサー出力波形
(20 V/div., 10 ns/div.)

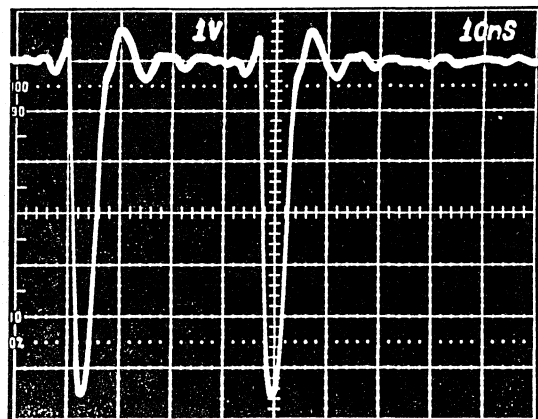


図3 増幅器出力電圧波形
(100 V/div., 10 ns/div.)

は制御卓で行うことができる。ショートパルサーは、出力電圧120Vのアバランシェパルサーと板極管の増幅器で構成され、単バンチビーム運転においては5nsのパルス幅で電子銃をドライブしている。したがって、ダブルパルスが発生させるには5nsのパルス幅を有する2台のアバランシェパルサーに、SHPBのマイクロ波周期の整数倍の時間差(今回は、108MHzの4倍の37ns)でトリガーをかけ、それぞれの出力を合成した後増幅器へ出力することとした。(図1)

2台のアバランシェパルサーは、2SC1890Aを2個カスケード接続したものをを用いている。2パル

スを合成する方法として、フェライトコア(K6A, TDK)と同軸ケーブルを用いた3dBハイブリッドを製作した。必要な時間差である37nsの遅延にはジッターなどの影響を考慮して、同軸ケーブルを用いた。この合成した2パルスの電圧波形を図2に示す。出力電圧は約105Vとなったが、電子銃のエミッション電流は増幅器のバイアス(Gain)を調整しているので問題は生じない。

図3は増幅器の出力電圧波形、図4は電子銃直後のビームカレントモニタ(BCM、コアモニタ)の波形を示す。この時の電子銃の高圧は96kV、パルス繰り返しは30ppsである。2番目のパルスのビー

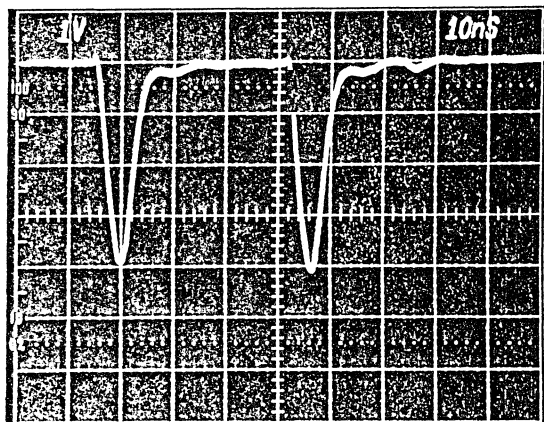


図4 電子銃直後のBCM波形
(4 A/div., 10 ns/div.)

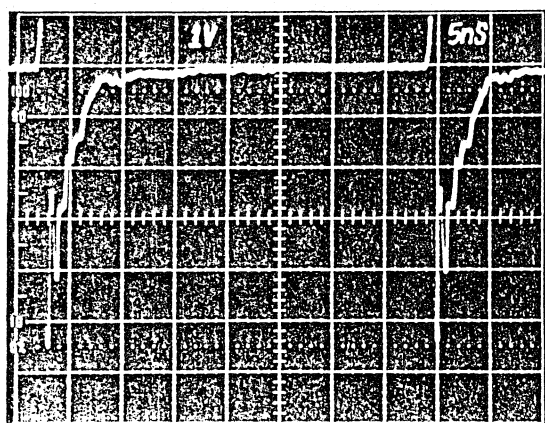


図5 加速管直後のBCM波形
(Injection Current 14 A, 5 ns/div.)

クが大きく見えるが、グリッドパルサーの波形から判断すると、BCMの特性から生じる前方ビームの影響と考えられる。最大エミッション電流は23 Aを確認しているが、増幅器の板極管 (7698) の使用時間から推測すると20 A程度は常時発生できると思われる。

3. 加速後の2バンチビームの特性

図5は電子銃のインジェクション電流14 Aの時の加速管直後の加速ビームのBCM波形を示す。単バンチ加速時とほとんど同じピーク値と形状である。

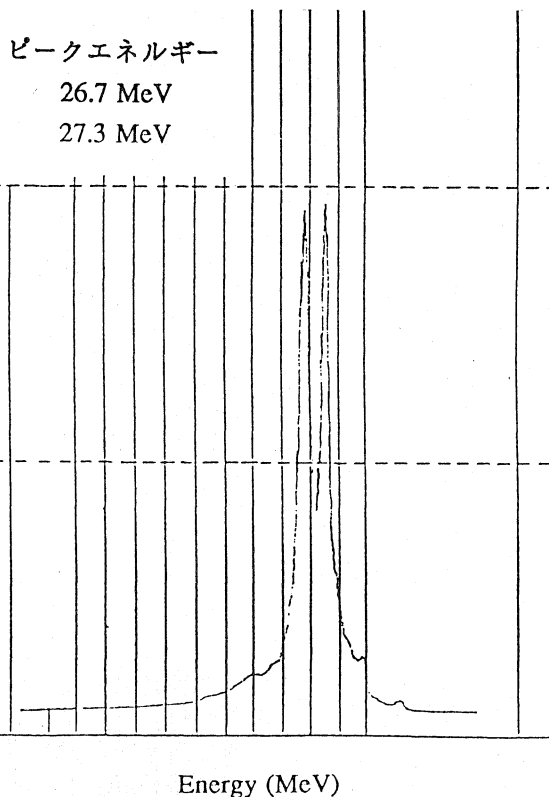


図6 スプリットしたビームのエネルギースペクトル (Injection Current: 14 A)

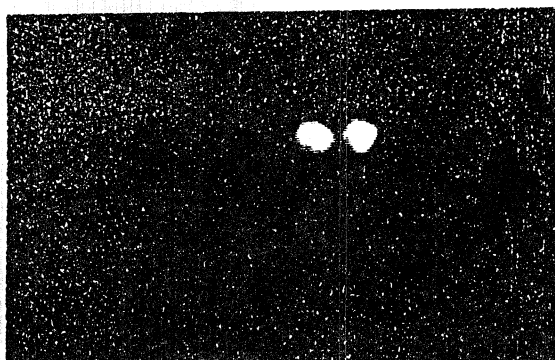


図7 2バンチのビームプロファイル

3.1 エネルギーがスプリットしたビーム特性

エネルギースペクトルの一例を図6に示す。この時のインジェクション電流は14 Aである。両バンチのエネルギー差とそれぞれのピーク値は、SHPB、バンチャーなどの位相およびRFに対するインジェクションタイミングの調整で変化させることができる。45° 偏向マグネットの設けられた

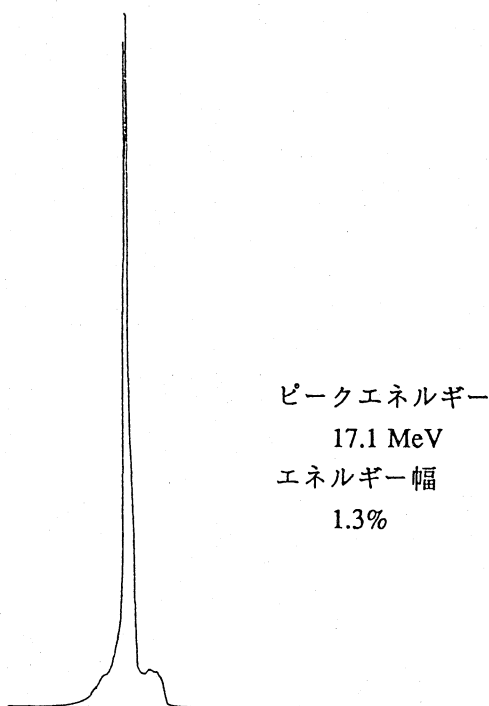


図8 揃ったビームのエネルギースペクトル
(Injection Current: 16 A)

トランスポート系の一部を使ってこのビームプロファイルを観測した。図7はビームウィンドーに置かれた蛍光板をTVカメラでモニタしたものである。2つのビーム間隔は約15 mmであった。

3.2 エネルギーを揃えたビーム特性

図8は、電子銃のインジェクション電流16 Aの時の加速ビームのエネルギースペクトルである。エネルギーをスプリットさせた場合と同様に、インジェクションタイミングを中心に調整を行うことによりエネルギーを揃えることができる。これにはエネルギーアナライザーマグネット部に設けられたファラデーカップの出力を直接オシロスコープで観測しながら、各々のバンチ波形が同一となり、ピーク値が最も大きくなる点を求めた。この時の電荷量は1バンチ当り約19 nCであった。ストリークカメラを使って空気媒質からのチェレンコフ光を観測すると、両バンチ共、僅のサテライトが残っているが、それぞれ約45 psのFWHMであった。

4. 今後の予定と課題

2バンチビームを目標通り安定に発生することができた。今後、3~4バンチを加速した場合は、ビームローディング、エネルギー幅などを考慮すると、2番目以降のバンチにおける電子銃のインジェクション電流を各々調整する(減少させる)必要があると思われる。この方法としては、光デターリンクを用いて、制御卓からアバランシェバルサの出力を調整するのが適切である。具体的には、トランジスタに印加しているバイアス電圧を低くすれば30%程度は出力電圧を安定に減少させることができる。またパルス間隔の37 nsはDelay Lineにより可変であるが、パルス間隔とは別にフェーズシフタ等を利用して位相を調整し、ビーム特性の微調整を行うことも必要であると思われる。パルス合成については、挿入損失の少ない方法を検討、開発することがバルサーとして重要な課題であると考えられる。今後も実験と装置の開発を進めていく予定である。

参考文献

- [1] K. Tsumori et. al., Proc. of the 16th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1991) 227.