

[12P-03]

IMPROVEMENT OF THE INJECTOR SYSTEM OF THE L-BAND ELECTRON LINAC AND THE INCREASE OF THE BEAM INTENSITY AT ISIR

S. Okuda, T. Yamamoto, S. Suemine* and G. Isoyama

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan

ABSTRACT

The configurations of the magnetic lenses in the injector system of the L-band electron linac were improved at The Institute of Scientific and Industrial Research in Osaka University. After the improvement the maximum peak beam current for injection increased to 28 A at a pulse width of 5 ns FWHM. The maximum charge of electrons in a bunch obtained so far, is 81 nC. The normalized emittance of the beam has been measured to be $130 \mu\text{mm} \cdot \text{mrad}$ at a charge of 34 nC/bunch. The characteristics of the beam and the prospects for increasing the charge are presented.

産研Lバンド電子ライナックの入射部の改善とビーム強度の増大

1. はじめに

阪大産研 38 MeV Lバンド電子ライナックから高強度の単バンチビームが得られる。主としてサブハーモニックプリバンチャー (SHPB) などの加速器要素の開発を行った結果、1984年にバンチ当りの電荷量として最大67 nCが得られた。1)その後、ビームの高輝度化、パルス特性の向上などを目的として、新しい大電流電子銃²⁾を開発し、現在実装使用を行っている。この間1997年に最大電荷量が73 nCに増加した。ただ電子銃出口の磁場レンズの配置が最適化されておらず、ベンチテストで得られた最大ピーク電流での入射が行われていなかった。またグリッドパルサーの立ち上がりにも改善の余地がある。本研究では、電子銃からの入射電流および単バンチビームの電荷量を増加させるためにこの前者の入射部の最適化を行った。

アメリカのアルゴンヌ国立研究所では、レーザー陰極の電子銃を利用したAWA加速器により、最大約100 nCのバンチ当りの電荷量を得ている。3)本研究では、単バンチビームの特性を測定し、AWAの結果と比較した。

産研では単バンチビームを利用して、パルスラジオリシス、Self-Amplified Spontaneous Emission (SASE) 型自由電子レーザー、コヒーレント放射の発生とその光源への利用などの研究が行われている。また今後の新しいビーム利用として、高強度放射が作り出す電場による新しい加速方式の実現などが期待される。

2. 産研ライナックと実験条件

2.1 ライナックの構成

産研Lバンドライナックの構成を図1に示す。新たに開発した電子銃に使用されているYU-156陰極・グリッドアセンブリ (EIMAC) の陰極径は20 mm ϕ である。陰極面積がY-796 (EIMAC) の2倍で、

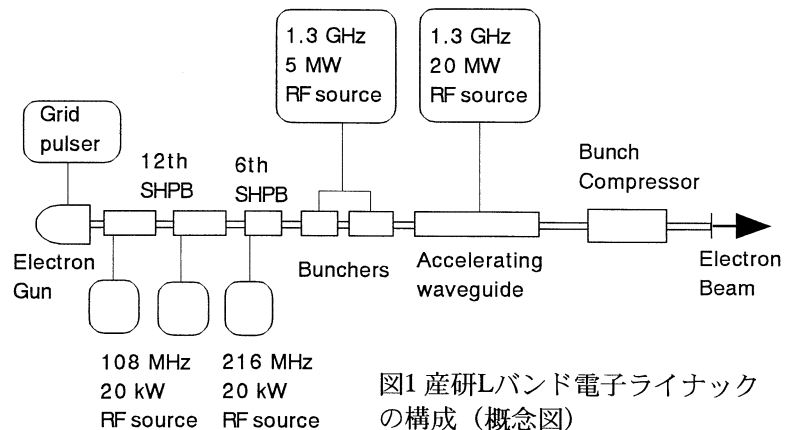


図1 産研Lバンド電子ライナックの構成 (概念図)

* Unicon System Corp.

その他の幾何学的条件は、両者ともほぼ同じである。電子銃テストベンチにおける実験では、パルス幅5 ns、陽極電圧100 kVにおいてビームのピーク電流30.1 Aが得られている。

高強度の単バンチ電子ビームを得るために、基本周波数の1/12と1/6のSHPBを使用している。電子銃からパルス幅5 ns、陽極電圧100 kVで入射したビームを、3台のSHPBと2台の基本周波数のバンチャーで時間的に圧縮し、単バンチビームを生成する。バンチ波形は、空気中でビームから発生したチェレンコフ光をストリークカメラで観測して求め、その微細構造をコヒーレント遷移放射の測定結果により評価した。またビームエミッタンスは、加速管出口において、Q電磁石とビームプロファイルモニタを利用する方法で測定した。

2.2 電子銃磁場レンズ配置の改善

電子銃のベンチテストにおいて達成された最大入射ピーク電流は30.1 Aである。しかしライナックに実装した状態での入射電流のこれまでの最大値は23 Aであった。YU-156陰極・グリッドアセンブリを用いて開発した電子銃内部でのビーム軌道を、EGN2eコードを用いて計算した結果を図2に示す。ビーム電流30 Aにおける結果である。産研ライナックでは、電子銃の下流に2台の磁場レンズが設置されている。その1台目の中心位置は、陰極から250 mmの距離にある。計算結果から、レンズの動作条件にも依存するが、ビームの広がりによってビームの10-40%が真空パイプにあたって失われることが明らかになった。陰極と磁場レンズの距離を近づけることにより30 Aに近いピーク電流の入射が可能になると考えられる。

以前に使用していた陰極の径は比較的大きく、イオンポンプによる排気のための真空パイプを電子銃直後に設置しており、これがレンズの設置位置に制限を与えていた。今回排気管とレンズの位置を入れ替えて、レンズの中心の位置が陰極から190 mmになるように入射系を改善した。さらに2台目のレンズも同様に電子銃側へ移動した。排気管位置の変更によって真空度が下がり、陰極からのエミッションが影響を受けることがないことをベンチテストにより確認した。

入射部の改善により、入射ビームの最大電流がこれまでの23 Aから28 Aに増加した。これ

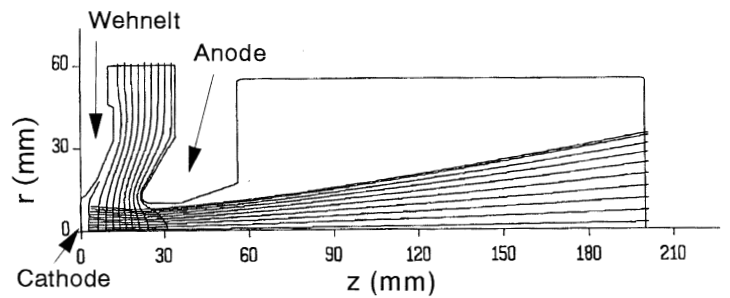


図2 電子銃内部での電子軌道の計算結果
(陽極電圧：100 kV, ビームのピーク電流：30 A)

表1 最大電荷量での単バンチビームの条件

Energy	27 MeV
Accelerator frequency	1300 MHz
Charge/bunch	81 nC
Peak current/bunch	3-4 kA
Bunch length (FWHM)	20-30 ps
Energy spread (FWHM)	2.5%
Normalized emittance	130 π mm \cdot mrad (at 34 nC/bunch)

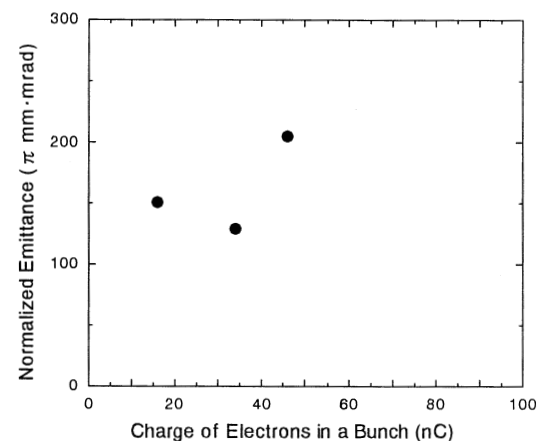


図3 単バンチビームのエミッタンスの測定結果

は、予測された結果とほぼ一致する。ベンチテストで得られた入射ビームの最大のピーク電流は30 Aであるが、加速器に実装した際の電流値が2 Aだけ低いのは、グリッドパルサーのわずかな特性の違いによると考えられる。

3. 単バンチビームの特性の測定結果

入射部の改善後、電子銃からの入射ビーム電流の最大ピーク値28 Aにおいて、加速後の単バンチビームの最大電荷量81 nCが得られた。この場合のビーム特性の測定結果を表1に示す。ビーム特性につ

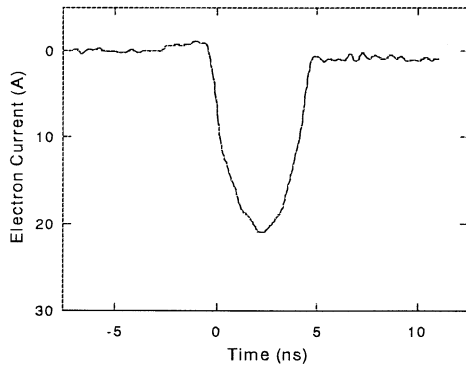


図4 電子銃からの入射ビームのパルス波形
(陽極電圧：90 kV)

いては現在、まだ測定例が多くなく、特に電荷量の多い場合の測定が十分でない。加速ビームとして重要なのは、強度とビームの質である。エネルギー広がり半値幅は、電荷量約50 nC以下で約1%であるが、これは電荷量と共に増大する。また今回測定した単バンチビームのエミッタンスを電荷量との関係で図3に示す。加速器の動作条件を選ぶと、さらに低いエミッタンスの値が得られる可能性がある。この測定では電荷量依存性の傾向を知ることはできないが、全体として比較的低いエミッタンスであることを示している。

今後さらに単バンチビームの電荷量を増すために重要な要素として、電子銃グリッドパルサーの特性の改善がある。電子銃からの入射ビームのパルス波形の例を図4に示す。パルスの立ち上がり時間(0.1-0.9)は2.1 nsである。現在使用しているグリッドパルサーは、電子銃の開発にともなって新たに開発したもののだが、初期のものを使用している。その後パルサーだけのテストと改善を行った結果、立ち上がり時間を1 ns以下にできる見通しが明らかになった。パルサーの立ち上がり時間が短くなると、5 nsのパルス幅に入る電荷量が増加する。このグリッドパルサーの改良によって、入射ビームのパルス当りの電荷量が10%以上増加することが予想される。電荷量100 nC/bunchを目標としている。

4. 他の加速器との比較と今後の利用

アルゴンヌ研究所におけるAWA加速器では、最大電荷量が約100 nCである。しかしエミッタンスを比較すると、電荷量約30 nCでは、われわれの場合、AWAの約1/5で、ビームの質がはるかに良い

ことがわかる。この原因は、AWAがレーザー陰極から短パルスで大電流の電子ビームを生成しているためと考えられ、彼らはRF電子銃の使用を計画している。これに対し、多段のSHPBを使用する方式は、比較的質の良いビームを得るために優れた方式であると考えられる。

今後産研における単バンチビームの電荷量の増加により、従来のパルスラジオリシス、SASE型FEL、コヒーレント放射の実験条件の向上が期待される。また応用研究として、ウェーク場発生と新たな加速方式の開発、レーザーコンプトン散乱の基礎研究を行うことを検討している。

5. まとめ

産研ライナックの単バンチビームは、入射部の改善により電荷量が増加し、また諸特性の測定結果から、従来の実験条件の向上および新しいビーム利用のために優れた特性を持つことが明らかになった。今後単バンチビームの特性をより詳細に測定すると共に、電荷量100 nC/bunchをめざす。

参考文献

- [1] S. Takeda, K. Tsumori, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori, T. Sawai, J. Ohkuma, S. Takamuku, T. Okada, K. Hayashi and M. Kawanishi, IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-32 (1985) 3219.
- [2] S. Okuda, T. Yamamoto, S. Suemine and S. Tagawa, Nucl. Instr. and Meth. A 417 (1998) 210.
- [3] M. E. Conde, W. Gai, R. Konecny, X. Li, J. Power and P. Schoessow, Phys. Rev. ST-AB 1, 041302 (1998) 1.