

PRESENT STATUS OF THE OSAKA UNIVERSITY SINGLE BUNCH ELECTRON LINAC

K. Tsumori, S. Takeda, T. Yamamoto, T. Hori, N. Kimura,
J. Ohkuma, T. Sawai, S. Suemine* & M. Kawanishi

Radiation Laboratory

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

*Unicon System

ABSTRACT

The original injection system of the Osaka Univ. Linac has been improved to new system using the multi subharmonic prebunchers which can accelerate more high charge single bunch beams.

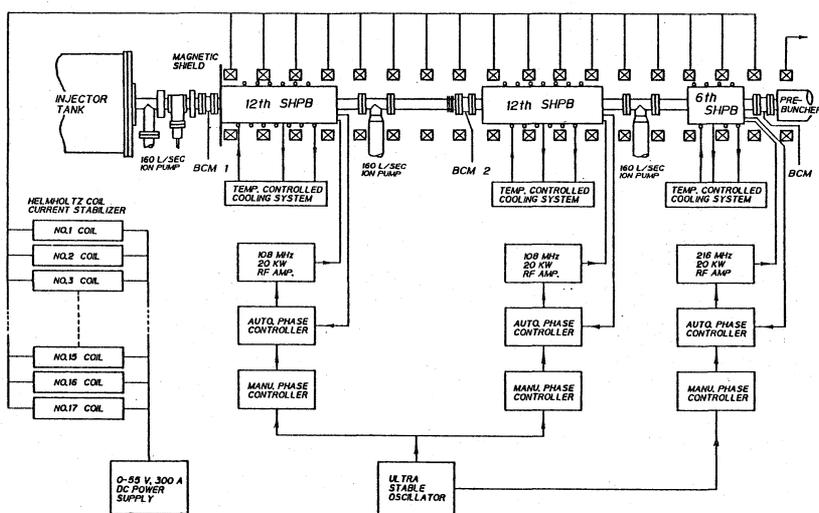
The new system is consists of the three SHPB's (108MHz x 2, 216MHz x 1) with each 20KW RF source and seventeen helmholtz coils. The best performance of the single bunch acceleration was obtained to 67nC by the improved machine.

(1) まえがき

シングルバンチビームの電荷量増大計画の一環として、バンチチョッパーの付加に引続き、SHPBの低周波化が立案され、すでにこの研究会で報告した^{1),2)}。昨年12月から今年1月中旬にかけて、この入射系の改造作業が順調に実施され、目標値を上回る67nCの、シングルバンチビームの加速に成功した。この電荷量はアルゴン国立研究所の40nCをはるかにしのぐ値であるが、更に電子銃システムの改善を行なうことで、80nC以上のビームが得られることは確実にした。今回はこの改造に関連した結果について報告する。

(2) 構成

第1図は改造後の入射系の構成を示したものである。既設の6th SHPBの取替えを含め、3台のキャビティーとそれらの冷却システム及び、108MHzのRFシステム2台が新しく設置された。又、10個の新しいヘルムホルツコイルを含め入射系を囲む合計17個について、それぞれの励磁電流が単独に調整出来る、スタビライザーを設け、ビームのプリリアンフローを可能にした。集束磁石内に置かれる、ビームカレントモニター(BCM)にフェライトコアを用いると、磁界



第1図 改造後の入射系の構成

の分布が局部的に乱れてビームの流れに影響を与えることが考えられるので、空芯のロゴスキークoilを用いたBCMを取付けた。このモニターについては本研究会の20-P-13で報告する。

(3) 主要部品

イ) SHPB用RFキャビテーター

テストキャビテーターで得られたデータ²⁾をもとにして製作されたSHPB用キャビテーターの諸元を第7表に示した。2種類のキャビテーターは、クラッド材(ステンレス-銅)の規格と機械加工の単純化のために、内・外部導体の直径と加速ギャップを同一寸法とし、キャビテーターの長さのみを変えて共振周波数を決定した。キャビテーターのQ値は必要以上に大きくすると、フィーリングタイムが長くなると共に同調がシャープになりすぎて、外乱による、ビームの不安定要素の一つになりかねないので、キャビテーターの内面を鏡面に仕上げるなど積極的な対策は行なわれなかった。しかし内・外部導体と側面(フランジ)の結合部などは、高周波的に良好な接触を保つ様に十分な配慮がなされ、又その外周はICF規格の超高真空シールで曲う2重構造を採用したが、結果は極めて良好であった。組立てが完了したキャビテーターは、グロー放電の様子を見るためにビューイングポートを取付け、リークテストの後にアルゴンガスを約0.01 Torr封入し、モニター端子を利用して仮に取付けた電極に、240VのDC電圧を与え、0.4Aのグロー放電による内面の清浄処理を約30分間行なった。10 μ s、30PPSで数KWの高周波電力にも耐えられなかったキャビテーターが、処理後は500PPS、20KWのフルパワーまで、全く放電を起さずに給電することが出来た。又、この処理を一度行なっておけば、その後キャビテーターを大気にさらしても、特に長時間でなければその効果は持続されていた。

	108 MHz	216 MHz
Cavity Length (mm)	812	394
Cavity Dia. (mm)	190	190
Drift Tube Dia. (mm)	60	60
Gap Length (mm)	34	34
Tuning Range (KHz)	400	32
Frequency Shift (KHz/°C) (25°C - 40°C)	1.83	1.09
Gap Voltage (KV/KW)	~3	-
Q _L	4400	1970
SWR	1.37	1.08
Temp. Control (°C)	0.1	0.1

第7表 空胴共振器の諸元

ロ) ヘルムホルツコイル

今回追加された10個のコイルは、形状、寸法、磁気特性を既設のものに準じて製作された。全巻数270回を10層に分け、その中間に冷却パイプが巻き込まれている。最大励磁電流20Aで中心磁場は320ガウスであった。巻棒はアルミニウム製で0.1mmの寸法精度に加工され、磁界と巻棒の中心がそれぞれ可能なかぎり一致する様に製作を依頼した。これは組立時に磁場中心を求めるよりも機械的な中心を出す方がアライメントが容易に行なえるからである。

ハ) RFシステム

終段はRCA765/-RCA72/4を用いたパワーアンプで、最大20KW、20 μ s、500PPSの性能を持っている。入射された電子を最適な条件にパンチするには位相の調整が重要で、又その安定度も要求されるので、手動の外に自動の移相器を設けた。キャビテーターに結合した小さなピックアップループで共振電力の一部を取出し、入力波とバランスドミキサーに入れ

て変化分を検出する方式で、パルス中の変化には応答出来ないが、ロングレンジの変動には有効である。

(4) 組立

第 / 図に示す様にこのライナックは加速部分をすべてヘルムホルツコイルで取囲む形式がとられているので、まずコイルの取付から始めた。自動レベルをビームセンターに合致させ、コイルの巻枠に取付けた光学治具の中心がこの基準線と一致する位置に順次固定した。次にプレバンチャーから上流に向かって真空部品を取付け、またキャビティーはビームセンターに合致させながら指定の位置に固定した。これらの真空部品は組立後リークその他で不都合が生じたとしても、コイルが邪魔になりその部分だけ取りはずすことは全く不可能なので、事前に確実なリークチェックと組立中のミスが無い様に細心の注意を払った。最後は、電子銃を排気したまま後方に待避させてあったインジェクタータンクを所定の位置にもどし、全システムの組立、排気が順調に完了した。

(5) ビームテスト

イ) 入射系のビームトランスミッション

SHPB を使用しない運転モードでは、電子銃からプレバンチャー入口迄のいわゆる入射系は、単なるビームの通路であり、しかも今回は、その長さが延長されて約 4.5m になったので、この間でロスが生じていないか調べることは重要である。パルス巾 8nS のビームを加速した時の加速管出口におけるトランスミッションの測定値は約 80% で、改造前と殆んど変わっていないことから、延長による影響は受けていないと判断した。又、この区間にも、ステアリングコイルが取付けられているが、殆んど必要が無く、ヘルムホルツコイルを含む全システムのアライメントが、正確であったことが裏付けられた。

ロ) SHPB のバンチング

3 台の SHPB によってビームがバンチされる状態は、BCM2 及び 3 によってモニターすることが出来る。写真 / a は、半値巾 5nS 、 20A のビームが、 5KW の RF で励振されている初段の 12th SHPB に入射された時、ドリフトスペースの先端 (BCM2) では、 2nS 、 50A に圧縮されている様子を示したものである。このビームが更に進んで 6th SHPB を通過すれば、約 500ps 、 200A に縮まるが、BCM3 の立上り特性から正確な波形を測定することは無理である。写真 / b は RF の位相によってバンチが変化する状態を示したもので、計算機シミュレーションの結果との対比について、いずれ詳細に調べてみたい。

ハ) SHPB の効用

一般に短パルス大電流のビームをライナックで加速するには、電子銃とそのパルサーの改良に努力がなされているが、パルス

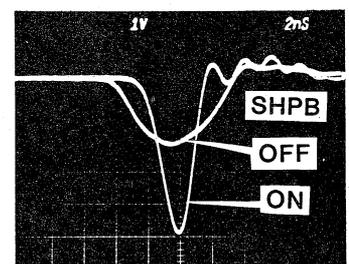


写真 / a ビームのバンチング

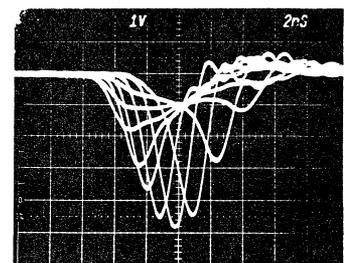


写真 / b 位相による
バンチの変化

巾が狭くなるにつれてむつかしくなってくる。しかしSHPBを/段付加すれば、トータルチャージを減少させずにパルス巾を容易に縮めることが出来るので、シングルバンチビームの発生用ばかりでなく、一般用として、もっと積極的にその利用を考えるべきである。

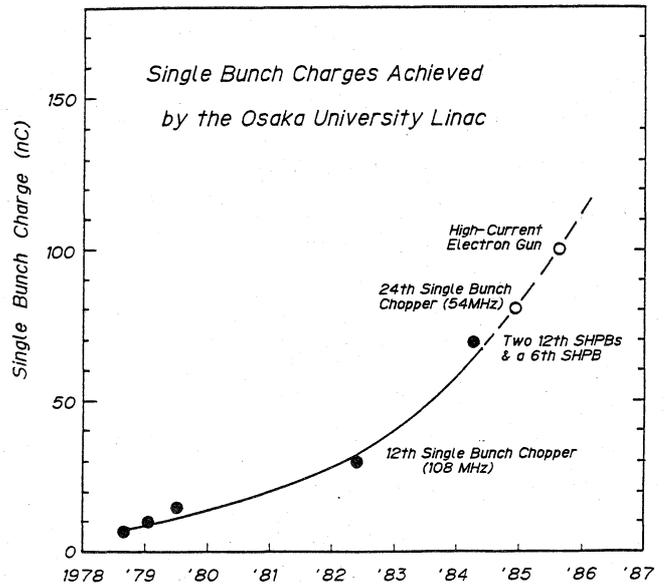
ニ) シングルバンチビームの加速

SHPBが/台から3台に増えたことによって調整箇所は多くなったが、しかし初段の/2thSHPBが切れのよい波形にバンチングしてくれるので、改造前にくらべビーム調整は、むしろ容易になった。いずれのSHPBも位相には敏感で、特に調整の最終段階では微調整が必要となる。RF電力は入射ビームの電流に関係するが、電荷量が増加してくると、/2thSHPBの初段で5~10KW、2段目及び6thSHPBには15KW以上が必要である。

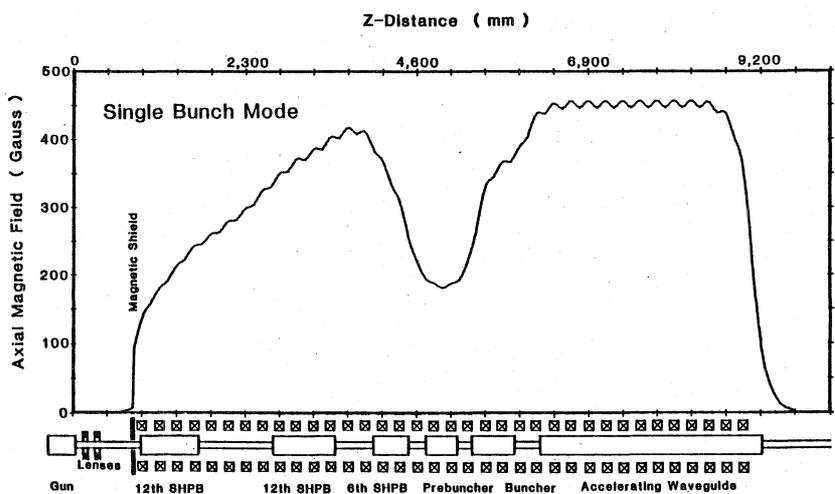
第2図はシングルバンチビームの電荷量が、年と共にどの様に増加の経過をたどって来たか示したものである。現在発生し得る最大値は67nCで、これはARCOMODEL12電子銃が、半値巾4.5nSのパルス巾で出し得る電流は26~30Aが限界でこれによって決ってしまう。現在すでに高性能な電子銃を、グリッドパルサーとペアーで開発するための研究が始められていて、その目標は立上り/nS、パルス巾4.5nS、電流値45Aを旨ざしている。電荷量が増大するにつれて加速管内における、ウェークフィールドが強くなり、エネルギースペクトルに影響を与えることは既に報告されているが、³⁾今回の改造によってこれ

らが更に顕著になり、スペクトルの悪化をもたらしている。この詳細については、本研究会の2/P-2に於て報告される予定である。

入射電子がSHPBによってバンチングしていく過程で、ビーム電流が変化するため、ヘルムホルツコイルの磁場のZ方向分布をビーム径が一定になる様に変えなけれ



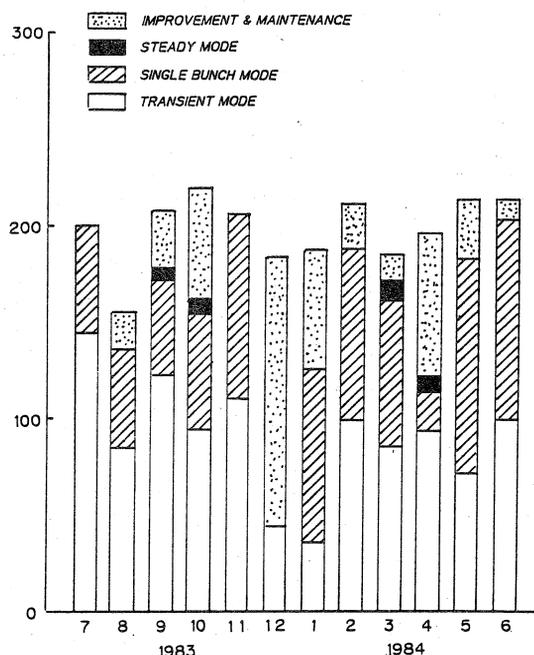
第2図 シングルバンチビームの増加の経過



第3図 ヘルムホルツコイルの磁場のZ方向分布

ばならない。第3図はその1例を示したもので、それぞれのコイル電流は、この値以下にすると、ビーム電流は減少する。プレバンチャー近くではビーム電流は更に増加を続けているはずであるが、磁場は逆に減少傾向にある。このことはすなわち、ビーム径を大きくして加速管との相互作用を弱める必要性が生じているのかも知れない。原因の一つには、ウェークフィールドの影響が考えられるが、確かなことはまだ判らない。

図に於て、1番目のコイルの近くに磁気シールド板が置かれているが、これが無いと漏洩磁束の影響で入射電子の軌道が曲げられ、これを修正するために2番目以後の磁場を強くしなければならなかったが、シールドを設けることで図の様に滑らかな変化になった。



第4図 月別運転実績

(6) 年間運転実績

モード別の年間利用実績を第4図に示す。昨年10月から360 PPSの運転が始められたが、そのためにRF窓が破損し、電子銃も不良になった。原因は組立当時から冷却水が流れていなかったため(バルブが閉、インターロック回路なし)、取替修理と冷却系にインターロック用フローズスイッチを取付けた。昨年12月から今年1月中旬まで入射系改善の作業とビームテストを行なった。4月は電子銃のグリッドエミッションが増加したので取替えた。最近シングルバンチの電荷量が増加したため、そのモードの利用が盛んになった。

参考文献

- 1) S. Takeda, et al., Proc. 7th Meeting on Linac in Japan, 115(1982).
- 2) K. Tsumori, et al., Proc. 8th Meeting on Linac in Japan, 23(1983).
- 3) S. Takeda, et al., Proc. 8th Meeting on Linac, 104(1983).