

Present status of 35 MeV linac at N.E.R.L., Univ. of Tokyo
and design of new linac system for picosecond pulse radiolysis

H. Kobayashi, T. Ueda, T. Kobayashi, M. Washio and Y. Tabata

Nuclear Engineering Research Lab., Fac. of Eng. Univ. of Tokyo

ABSTRACT

Picosecond single electron beam has been used as an irradiation source of pulse radiolysis system for research on radiation chemistry.

The absorption spectroscopy system based on a streak camera and picosecond single beams has been developed and has a time response of ~ 50 ps.

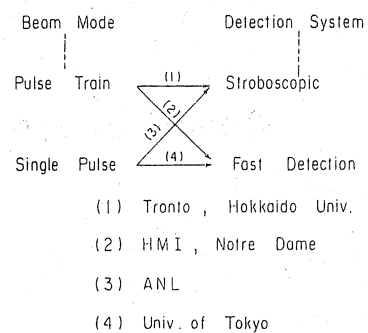
As a next plan, the construction of the double linac pulse radiolysis system which is expected to have a time response of less than 10 ps has been started. The design parameter of this system will be reported.

<1>序

本ライナックの建設が終了して間もない頃よりピコ秒領域の速い時間での放射線化学や物理の初期過程を研究するためには、ストリーワカメラを用いた吸収実験が必要であることが認識されていた。このためライナックのビームシステムを変更し光源用と照射用の2つのビームを作ることが計画され、基礎的なデータもとっていった。しかしストリーワカメラ側でゲート方式が考案され、この方式を採用することでライナックの大きな変更なしに高時間分解の吸収実験ができることになった。本報告ではこのストリーワカメラをディテクターとして用いた吸収システムを簡単に述べ、従来考えてきたダブルビーム方式の延長として2本のライナックを並行にし1本のライナックを照射線用に、他の1本を分拆光に用いる新システムでの吸収実験及びそのための新ライナック建設計画について述べる。

<2>吸収実験システム

ピコ秒シングルビームを中心とした吸収実験システムにおいて本年度は遂にその最終目標としていたストリーワカメラでの吸収実験システムを完成した。現在世界的にみてピコ秒領域で吸収実験パルスラジオリシスを行なっている方式および研究所は表-1に示すように各々その有しているビームモードと検出系をたぐみに組合わせて行なっている。我々が建設当初からめざしていたピコ秒シングルビームと速い検出系の組合わせ方式によって既にいくつかの使いやすいシステムが完成し多くの成果をあげることができた。一方そのスタート時からめざしていたものがストリーワカメラによる吸収実験であった。詳しいことは他に報告済みであるのでここでは述べない。単発現象を観測しうる測定器としては最も時間分解能の良いストリーワカメラを用いた吸収系が完成したことで当面はこれ以上の時間分解能はシングルショット方式では得ることはできないと推定される。一方実験側からみたときには種々それぞれに特色の



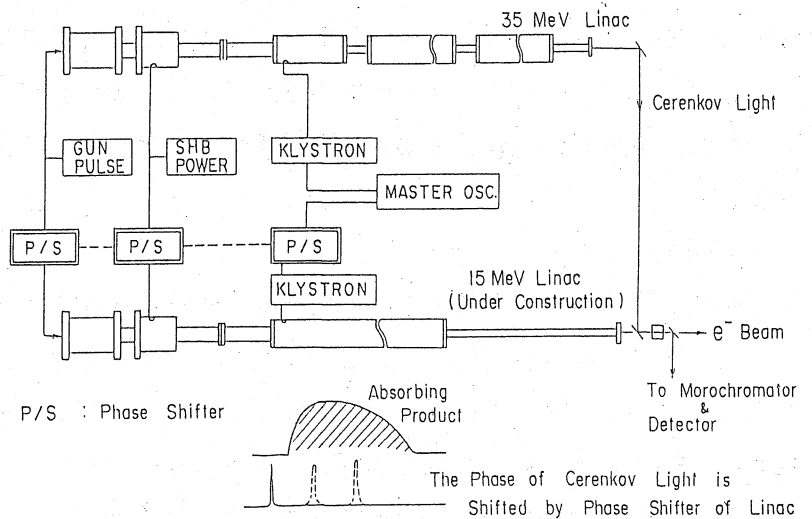
<表-1>ピコ秒パルスラジオリシスとその方法

ある試料があり又その信号の大ききもまちまちである。このようなことより表-1の(3)の組合せであるピコ秒シングルビームとストロボスコープ法の組合せは非常に魅力のある実験系であるがS-バンドライナックにおいてはそのような方式は世界的にみても存在しない。我々は数年前より種々の方面からS-バンドライナックを用いた超高時間分解能のパルスラジオリシシステムを種々検討してきた。この中でもストロボスコープ法は非常にすぐれた方法であることが認識されている。但し米国立アルゴンヌ国立研究所で行なっている方法はS-バンドライナックには適さないと判断した。種々の理由があるがその最大の理由は分岐光であるチェレンコフ光を発生する部分でビームの吸収線量値を大きく失うということである。又明確な数値は計算していないがビームの時間遅れをつくる部分での時間分解能のロスが見込まれることにより次に述べるダブルライナックによるストロボスコープパルスラジオリシシステムの方法を検討し計画をスタートした。これは前述のように本来はストリークカメラを用いた吸収実験を行うために検討してきた方式の延長でもある。この方式の時間分解能は計算上は10ピコ秒を楽々とクリアするはずであるが我々はこのような方式が現在世界に存在しないこと、及び予算的にみても最も楽な方法を選びたいことより、最大の時間分解能は必ずしも追求せず本方式の原理の証明を最優先にしたいと考えている。それでも従来世界で得られている最良の時間分解能23psよりは良いシステムが期待できる。

＜図-1＞ダブルライナック法によるストロボスコープパルスラジオリシ

本方式の原理図を図-1に示す。

時間分解能を出すためにビームと分岐光の時間位相は精密にスイープさせる必要がありこのため従来は光とミラーで遅延させていたのであるが本方式においてはビームを移相器によって移動させることを考えている。チェレンコフ光はレーザーと違いその特性より光の条件を変えずに遅延させることがかなり難しい。



＜図-1＞ダブルライナックによるパルスラジオリシの原理

本方式によれば、光学系を変化させる必要がなく、かつ位相変化によるビームの時間移動はビーム条件の変動をごくおずかにして行なうことができることが今迄の予備実験で得られている。

ビーム条件としてもチェレンコフ発生用はそれ専用、又照射線源としてのビームはそれ専用にするためエネルギーを各々独立にでき従来大きな問題であった照射線源としてのビームからの不要なチェレンコフ光を極力押えることができる。これらのことより従来の方式の欠点を補い、従来できなかった多くの実験に有効な手法と考えられる。又前述のように今回は最大の時間分解

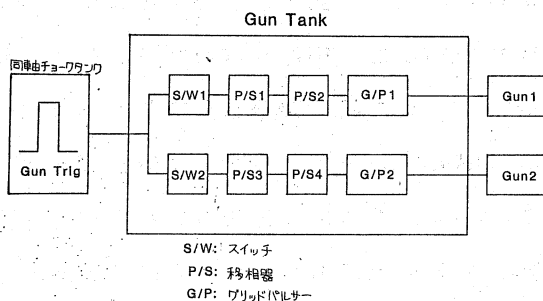
能のシステムとしての発展が考えられその基本方式としても重要と考えている。

<4>ライナック建設の検討

2つのラインでビームを加速することはそのモードをピコ秒シングルビームに限れば現在のライナックと多くの部分で共有できる部品が出て来る。以下簡単に全システムの構想について述べる。

<4-1>電子銃電源及びグリッドパルサー

電子銃の高電圧電源(OKV)は2台分を共有させることができる。グリッドパルサーは図-2のように2系統に分離して各々アバランシェ回路を用いたグリッドパルサーを用いる。従来用いていた真空管方式からのグリッドパルサーからアバランシェ回路への変更は経済的にも、スペースの点からも非常に重要である。最近アバランシェ回路によ



<図-2>ダブルライナックグリッドパルサートリカ系

るグリッドパルサーで真空管方式のそれを用いた場合の出力の5割強迄出カビームを加速することができている。もう一方の努力は必要であるが放射線専用の電子銃はピコ秒ビーム専用であることを考慮するとアバランシェ回路を用いたグリッドパルサーによるピコ秒シングルビームが真空管を用いた場合とほとんど同一になる可能性は十分にある。又一方光ファイバーを用いたグリッドパルスの高電圧部への伝送が東大工学部、細野らとの共同研究によ、可能であることが示されている。この方式のジッターを更に小さくすることが五式に可能かどうかは今のところ不明である。もし光ファイバーを用いた伝送がジッター等の点で完全に成功しその方式を採用する場合にはスイッチや移相器は低電圧部に設置することになりシステムは大幅に単純にすることができる。

<4-2>ワライストロン系

ワライストロンは一系統の追加をすればベターである。この場合にはワライストロン用のパルサーはインピーダンスを約半分にしパルス幅を現在の約半分にすることで2台のワライストロンを1台のパルサーでドライブする。これはピコ秒シングルビームの場合には可能であると推定される。又現加速管2本を直列に接続し1本のワライストロンでドライブする。この場合出力のエネルギーは通常35MeVが約28MeV迄低下する。それでもチェレンコフ光は十分得られることが確認されている。いずれにするかはもう少し検討する予定である。

<4-3>ビーム位相制御系

ビームの位相の制御は実験における時間軸であるのでかなり精密な移相器と移相器の制御系が必要となる。この移相器は、電子銃グリッドパルサー、サブハーモニクバンチャー、加速管の3ヶ所に全く同一の精密な移相器を入れる。精度が十分に本実験の要求を満足しかつ可変範囲が2nsの同軸ラインストレッチャーを用いることを計画している。これらのラインストレッチャーはパルスモーターでの駆動を予定している。

<4-(4)> 加速管

用いる可能性のある加速管は2種類である。一つはバンチャー部を有する加速管であり他の一つはレギュラーセクションのみである。これは経済的な理由のみでこのような検討を行なっているのであり、バンチャー幅や加速効率を考えれば最適設計は違った方式となることはあきらかである。計算は三角形ビームが電子銃からSHBに入射し、ドリフトチューブを通過後加速管で加速される過程をスペースチャージの効果を計算に入れて解かせてある。計算に用いたレギュラーセクションのみの加速管とバンチャー付加速管の諸定数を表-2に示す。計算条件として入射の電子パルス幅を半値幅0.8nsに固定し、横軸にピーク値、たて軸に出カローロン量をそれぞれ出カパルスのバンチャー幅をパラメータとして示したものが図-3である。この結果より大まかに言ってレギュラーセクションのみでは0.5nC、バンチャー付加速管では1nCが10ピコ秒内で出カされるとみて良いであろう。いずれかの加速管を用いるかの選定は種々の要因を考慮して決める予定である。

<4-(5)> 入射部

入射部は加速管を接続する前に十分その特性を把握する必要があると考え先行して建設を進めている。この構成を図-4に示す。

<5> まとめ

ピコ秒シングルビームを用いての実験も昔い当初目標としていた高時間分解での吸収実験ができるようになった。又一方では実験が進展するにつれ、それらをふまえての更に高時間分解、高感度の実験の要求が増大してきている。これらの要求にこたえるためにダブルライナック方式をとりあげた。これは従来の

(1)バンチャー部を含む加速管

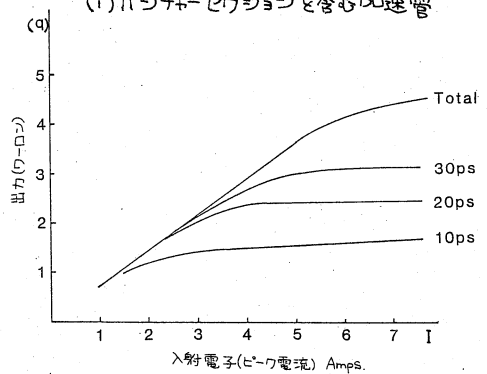
	Cav.Num.	β	I(N/m)	R(M Ω)	α
Buncher-1	3	0.775	0.124	42.9	1.50
Buncher-2	3	0.946	0.128	51.6	1.48
Buncher-3	3	0.991	0.145	54.4	1.46
Regular-1	7	1.000	0.160	55.4	1.44
Regular-2	8	1.000	0.190	56.2	1.39
Regular-3	8	1.000	0.200	56.8	1.32
Regular-4	7	1.000	0.222	57.4	1.24
Regular-5	7	1.000	0.248	58.0	1.18
1.75m-6	7	1.000	0.275	58.5	1.11

(2)レギュラー部のみの加速管

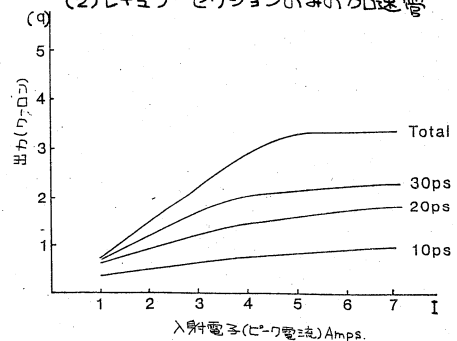
	Cav.Num.	β	I(N/m)	R(M Ω)	α
Regular-1	7	1	0.275	58.5	2.61
Regular-2	"	"	"	"	2.44
Regular-3	"	"	"	"	2.28
Regular-4	"	"	"	"	2.13
Regular-5	"	"	"	"	1.99
Regular-6	"	"	"	"	1.86
Regular-7	"	"	"	"	1.74
Regular-8	"	"	"	"	1.63
2.25m-9	7	1	0.275	58.5	1.62

<表-2> 加速管計算のための諸定数表

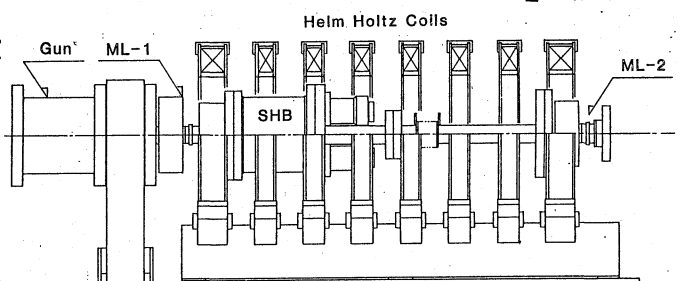
(1)バンチャーセクションを含む加速管



(2)レギュラーセクションのみの加速管



<図-3> 加速管の計算結果(ピコ秒シングルビーム) 入射電子(ピーク電流)と出カ電荷量の関係



<図-4> 入射部の構成

実験システムの開発に比してかなり大きな作業となっているが、幸い今迄積み重ねられてきた入射部の改良、開発や安定化のためのマイクロ波系の改良、ジッター等の改良等々、今迄の経験がかなり広範囲におたって役に立つようである。通常のマイクロ秒ビームの利用時との切換え作業のことをふまえて簡便に使えるシステムを作りたいと考えている。

参考文献

- 1) H. Kobayashi, T. Ueda, T. Kobayashi, Y. Yoshida, S. Tagawa and Y. Tabata 7th ICRR
- 2) C. D. Jonar Rev. Sci. Instrum., Vol. 46, No. 1, 62 (1975)
- 3) M. J. Bronskily, W. B. Taylor, R. K. Wolff, and J. W. Hunt, Rev. Sci. Instrum., Vol. 41, No. 3, 333 (1970)