

Design and Construction of Twin Linac Pulse Radiolysis System [III]

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

NUCLEAR ENGINEERING RESEARCH LABORATORY
THE FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITY OF TOKYO

Abstract

A Twin Linac Pulse Radiolysis System composed of two parallel linacs which can accelerate picosecond single beams has been developed. The system has a time response of ~ 20 ps. One linac of the two has been operated since 1977. The other one was constructed in April 1984. The paper describes the construction of the new linac of the two. The construction of an injector composed of an electron gun, a focusing system, a sub-harmonic prebunching cavity (SHB), a grid modulator of the gun, etc. is described.

1.<序> ツインライナックワパルスラジオリシスシステムはピコ秒シングルビーム加速のライナックワを2台並列にして、1つを放射線源として試料にあて、他の1つを分析光(チェレンコフ光)発生用として用い、2つのビームの時間差を0~2nsまで ~ 1 ps間隔で変えて時間軸とする、ピコ秒時間領域での吸収実験を目的としたパルスラジオリシスシステムである。放射線源としてのライナックワは既存のライナックワを用いる。チェレンコフ光発生用のライナックワは新しく製作した。チェレンコフ光発生用ライナックワの主な課題は(1)チェレンコフ光を発生させるに十分な強度とエネルギーを得ること。(2)ピコ秒シングルビームであること。(3)ビームのディレイが ~ 1 ps間隔で制御可能なこと。(4)製作費が安く実現可能なこと。以上のことを考慮してFig-1のシステムにした。チェレンコフ光発生用のライナックワの構成は、電子銃、サブハーモニックバンチャー(SHB)及びレギュラー加速管(既存)の構成であり、プレバンチャー(PB)及びバンチャー付加速管を用いなかったのは主に経済的理由のためである。従って今回は最低の要求を満たすべく、ビ

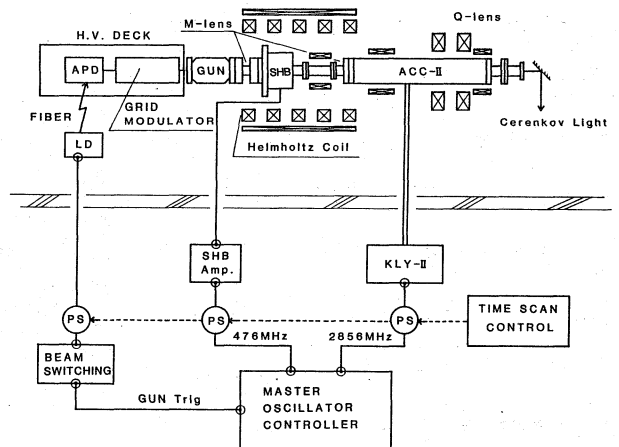


Fig-1
チェレンコフ光発生用ライナックワシステム

1 MeVエネルギーは15 MeV程度で、出力電荷は約300 pCを目標とした。

2. <チェレンコフ光発生用ライナックの設計と製作>

経済性と製作時間の短縮を心掛けて、現在あるライナックで利用できるものはすべて利用し、最少限度の費用で製作する方針で行った。その結果、今回製作、改造したところはFig-2に示す項目となった。主に入射部、タイムスキップシステム及び2台のライナックのビームスイッチングシステムを製作し、加速部、真空系、2856マイクロ波形、冷却系、制御系等は既存のものを使用した。ここでは主として入射部に関する項目について説明する。

2-1 <電子銃、グリッドパルサー及びグリッドトリガシステムについて>

電子銃はY796 (アイマック社)の球を使用した電子銃を製作した。特長としてはグリッドとカソードの間が150 μ mと非常に狭いためグリッドパルスの振り込み電圧が低くて済む。従ってグリッドパルサーの半導体化が可能であり、半導体でのグリッドパルサーを製作した。また、グリッドパルサートリガ系としては従来は同軸キューブタンクを使用してきたが今回は光ファイバーを用いて電子銃高圧デッキへのトリガの伝送を行った。光ファイバーによる方法は2種類を試みた。1つはレーザーダイオード(LD)とアバランシェフォトダイオード(APD)

項目	方式
1 電子銃	カソード Y-796 (アイマック社製)
2 グリッドパルサー	バラクタダイオードを用いた半導体化回路
3 グリッドトリガ系	光ファイバシステム 1. LD-APD 2. LED-PIN PHOTO
4 S.H.B 空胴	リゾナント形 既存と互換性あり
5 476 MHz マイクロ波系	前段トランジスタ増幅を追加して2系統に改造
6 入射部集束系	Mレンズ+1104ホルツコイル ステアリングコイルの追加
7 914 スキャンシステム	位相器 (~1 ps step) の パルス駆動方式
8 ビームスイッチングシステム	高速IC (ECL) による 制御ロジック回路

Fig-2

新しく製作及び改造した部位

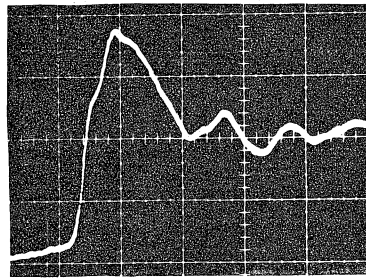


Fig-3 50mV/div 1ns/div
APDの出力波形

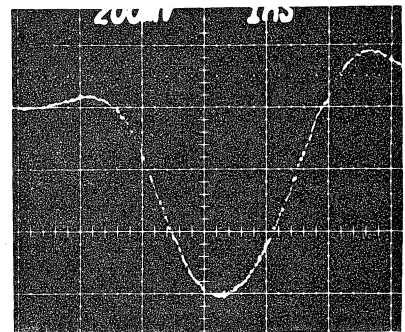


Fig-4 50V/div 1ns/div
バラクタダイオードを用いた
グリッドパルサー出力波形

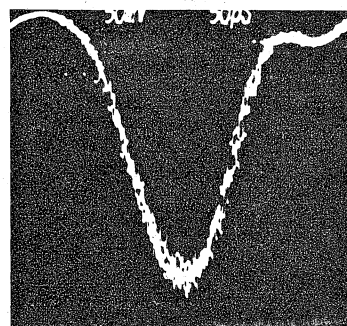


Fig-5 同軸ビームキャッチャーによるピコ秒シングルビームの三波形
3回重ねた三波形 50ps/div

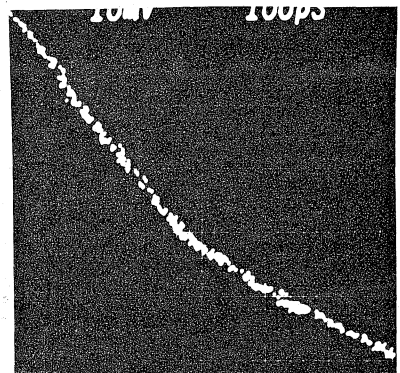


Fig-6 同軸ビームキャッチャーによるビーム splitter の三測定 100ps/div

との組合せ、他の1つはLEDとPINフォトダイオードでの組合せである。どちらの手法も、ジッターの少ないビーム加速に成功した。ここではLDとAPDを用いた時の結果について示す。Fig-3からFig-6まではトリガ系からビーム加速まで各々の出力波形をサンプリングで測定した結果である。特にFig-6においてビームのジッターを測定した結果、十分実用できることが確認された。

2-2<SHB空銅及び476MHzマイクロ波系について>

SHB空銅はリエントラント形でありその概略をFig-7に示す。チューナーは2ヶ所にとりつけ±3MHzのチューニングができるように設計している。製作方法はギャップ長を10mm固定とし、最初はLを長めに設計して低い共振周波数 f_0 に合わせる。その後、Lを除々に短かくしてその都度 f_0 を測定し

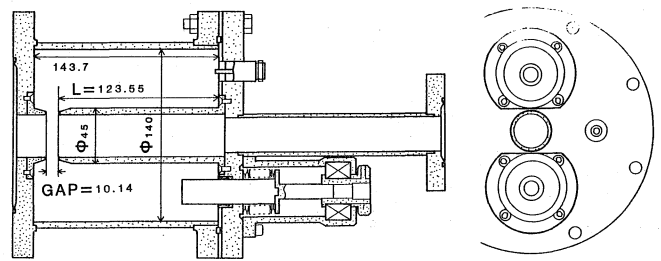


Fig-7 SHB空銅

Lの長さの削りしると f_0 の関係をグラフにしながら、最終的に476MHzに合わせた。この過程を示したものがFig-8である。また、Fig-9にはSHB空銅のギャップ中心でのZ方向及びr方向の電界強度分布を測定した結果を示す。シャントインピーダンスの測定も

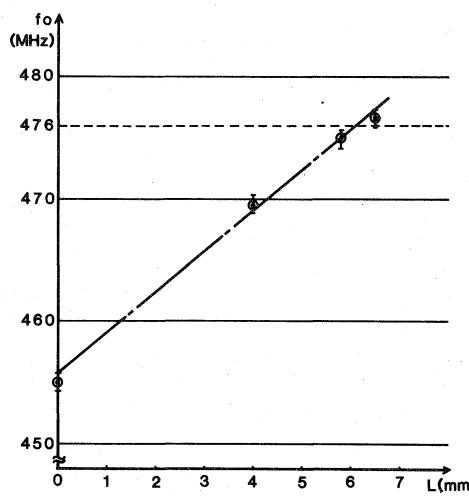


Fig-8
削りしると f_0 の関係

$$f_0 = 476 \text{ MHz} \pm 3 \text{ MHz}$$

$$Q_0 \approx 2600$$

$$R = 270 \text{ k}\Omega$$

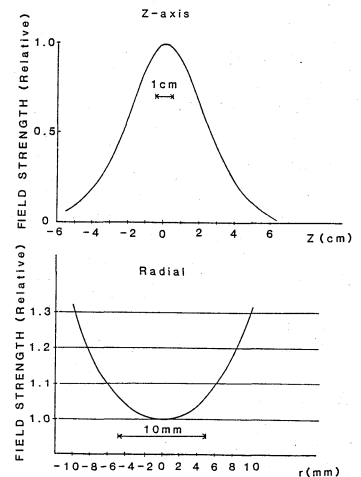


Fig-9
SHBの特性

行ったが、測定結果と実際に使用しているSHB POWERの関係が合わないのが今後の検討課題である。また、実際に真空にしてマイクロ波を入れたところ最初は全反射してPOWERがほとんど入らなかった。その後、徐々にエージングを行って1kWまでは入った。しかし磁場等の外乱があると非常に反射をおこしやすい。今後、この対策としてGap近辺での干タンコーティングも考えている。

476MHz マイクロ波系は、従来のシステムを改造することとした。すなわち、従来のSHBアンプは球を2段で使用して出カPOWERに十分余裕がある。そこでFig-10に示すように球の前段でトランジスタアンプ500wを追加することにより、各々の球を独立にして2系統の出カを出すこととした。そして、チェレンコフ光発生用ライナックの方のSHBマイクロ波系にはタイムスキャンのための位相器を球の前段に入れている。

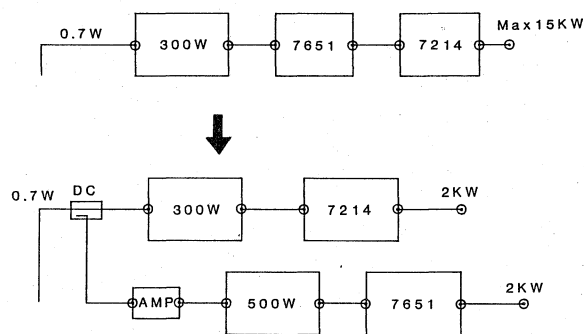


Fig-10
476MHz マイクロ波系の改造

2-3<入射部収束系について>

入射部収束系は従来より我々は入射部のビーム誘導の実験を重ねてきた結果、Fig-11のようにMレンズとヘルムホルツコイルの組合せを採用した。ヘルムホルツコイルは個々の重量は比較的軽く、簡単に前後の移動ができる。また、収束系の入口、出口にコアマニター等が取付けられるようになっている。今回は収束系の透過率等は測定できなかったのでも今後実験する予定である。

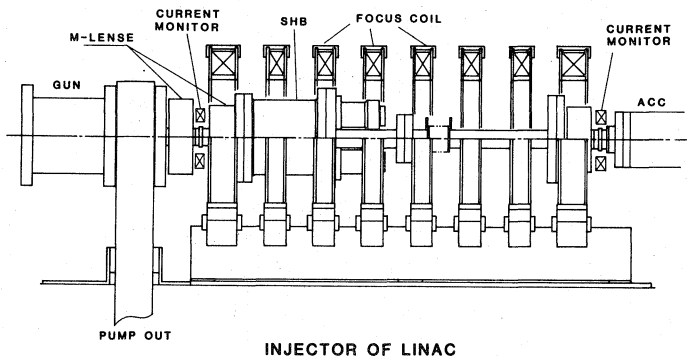


Fig-11 入射部の構成

3.<結果と今後の課題>

チェレンコフ光発生用ライナックとしては十分当初の目的を果たした。吸収実験の結果も時間分解能として立上り20ps程度の結果が得られた。今後、さらに実験精度の向上をめざすためには、ビームの安定性や2つのライナックのもつジッターの測定、さらにはビームのパルス中の測定、その他5人の向上のためにも種々の問題解決を行なっていかなければならない。最後に光ファイバー実験に関しては、細野氏、大沢氏等の実験も参考にさせていただきますのでここに御報告させていただきます。