

[F18p33]

Trigger System of ISIR L-Band Linac

T. Yamamoto, Y. Mizutani, S. Suemine, T. Kozawa, Y. Yoshida and S. Tagawa

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

Abstract

The trigger system for the synchronization of the picosecond L-band linac with a femtosecond white light continuum has been developed. The new synchronized circuit enabled the application of the femtosecond white continuum to picosecond pulse radiolysis method.

阪大産研 L-Band ライナックの高精度トリガーシステム

1. はじめに

大阪大学産業科学研究所附属放射線実験所は高強度・極超短パルス電子線の発生が可能な二台の線形加速器と密封コバルト大線源を有し、全学共同利用施設として、放射線の種々の物質に対する物理、化学、生物学的照射効果の基礎研究並びに応用に関する研究を行ってきた。

近年、従来の電子線・ガンマ線に加え、自由電子レーザー (FEL)、低速陽電子ビーム、遠赤外コヒーレント放射等の二次ビームや磁気パルス圧縮によるサブピコ秒パルスの発生に成功すると共に、これらの複数のビームを利用した物質科学への応用研究が進められている。

その第一段階として、放射線実験所ではフェムト秒レーザーとピコ秒線形加速器の複合利用のための同期システムの開発を行い、両者の同期運転・複合利用に世界で初めて成功した[1,2]。このシステムを用いたパルスラジオリシス法により、放射線誘起反応の初期過程の研究が行われている。その後、磁気パルス圧縮により生成したサブピコ秒パルス[3]とフェムト秒レーザーの組み合わせにより 3ps[4]の世界最高時間分解能での高速量子反応の測定が可能となり、またフェムト秒白色光の導入による 400nm から 1000nm までの波長域での測定が可

能になるなどの改良を行った。これらの改良には、高精度で、複数の機器に対応できる柔軟なトリガーシステムが必要になる。ここでは、フェムト秒白色光と電子線形加速器の同期システムを報告する。

2. 同期システム

図1にトリガーシステムの概要を示す。ピコ秒電子線パルスとレーザーパルスを同期させるためには、加速管 (1300MHz)、SHPB (108MHz, 216MHz)、レーザーのモードロック (81MHz) の高周波位相を高精度で制御しなけ

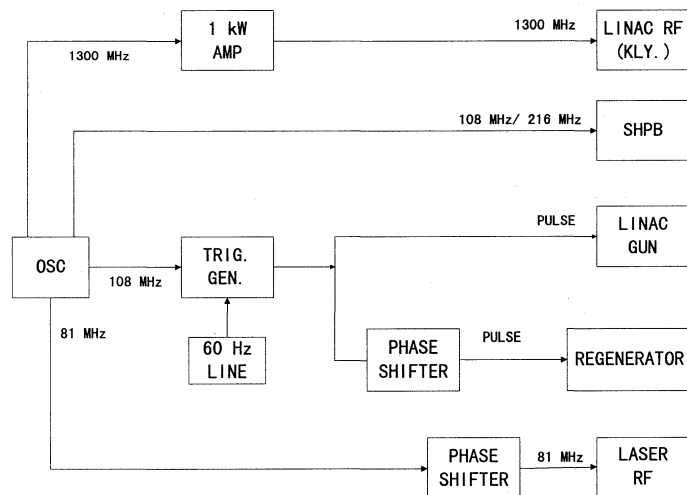


図1 トリガーシステムの概要

ればならない。そのために、それぞれのRFの最大公約数である27MHzを基準信号に3通倍、4通倍、8通倍、36通倍したRFを供給する。

マスターオシレーターはZETA社製のULTRA STABLE OSC.(MODEL 6660-1)を使用している。このオシレーターの基本周波数は54MHzで水晶発振器からえられている。81MHz信号の発生には、これに分配器、1/2分周器、3通倍器等を使用する。図2にオシレーターの構成を示す。水晶発振器のVCXOは発振周波数が54.25MHzで外部電圧により、±65kHzの可変が可能で、そしてケースは温度コントロールされており周波数の安定度は±0.0001%である。オシレーターの変動は108MHzの出力端で0.5Hzであった。

図3にトリガー・ジェネレーターの回路構成を示す。トリガー・ジェネレーターは主にECL回路で構成され、マスターオシレーターから供給される108MHzの高周波信号を基準信号とする。ライナックのピコ秒電子線パルスは、繰り返しが60Hzでこの基準信号に同期している。一方、フェムト秒レーザーは81MHzで発振しており、レーザーキャビティ内のピエゾ素子で外部から与えられるRFとの同期を行っている。ライナックの電子銃とレーザーに送られるトリガーパルスは両者の最大公約数である27MHzに同期しなければならない。このトリガーパルスは基準信号(108MHz)を1/4分周して、それぞれカウンター回路で37nSec毎(27MHz)の遅延を行い、108MHzと同期を取っている。各パルスは、ドライバー回路にイネーブル回路を付加しコンピューターによる制御が可能である。使用したECLはMOTOROLA社のMC10HシリーズでMECL10Kシリーズと同等品で、各出力パルスのジッターを<20psに抑えられる。

以上のシステムでライナックとフェムト秒チタンサファイアレーザーの同期を行っていたが、フェムト秒白色光を利用可能にするためには、さらに、強度の強い光が必要になるためNd:YAG

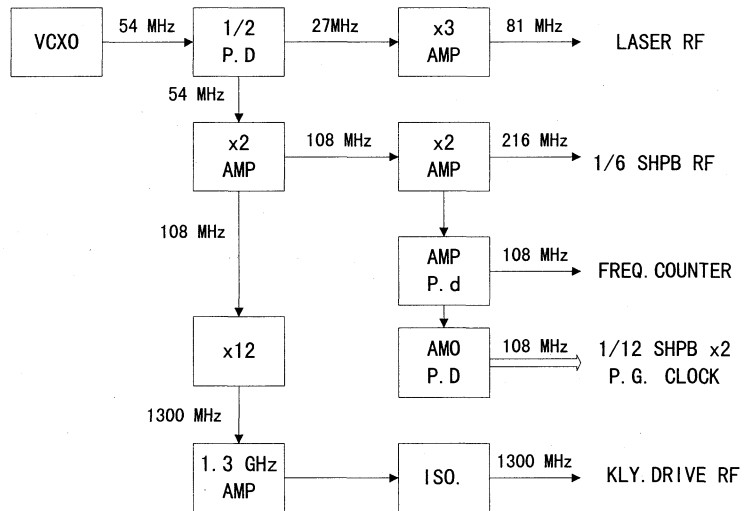


図2 オシレーターの構成

レーザー励起再生増幅器の導入を行った。このシステムの導入にはNd:YAGレーザーのフラッシュランプ・Qスイッチ、再生増幅器の2つのQスイッチの合計4つのトリガーが必要になり、そのうち、フラッシュランプへは電子銃トリガーより約200μs早いトリガーが必要である。当初、PRF Generatorからの60Hz信号からフラッシュランプへのトリガーを生成していたが、トリガーの時間精度が悪く安定なレーザー出力を得られなかった。そこで、再生増幅器の出力の安定化のために、ライナック全体に数百μsの遅延がかけられるようにトリガーシステムの改造を行った。当初、27MHzのRF信号をクロックとし、遅延を行ったが、ジッターが大きく十分な安定性が得られなかった。そこで、電子銃トリガーに同期している108MHzのRF信号をクロックとする遅延回路に変更した(図3)。その結果、加速器、再生増幅器とも安定な出力を得ることが可能になった。実験では、さらに、再生増幅器の出力を安定化させるため、PRF Generatorからの60Hz信号(図中INSTRU. OUT)を5分の1に分集し、これを、図中EXT. INJ. STARTに戻すことにより、12Hzで運転を行った。

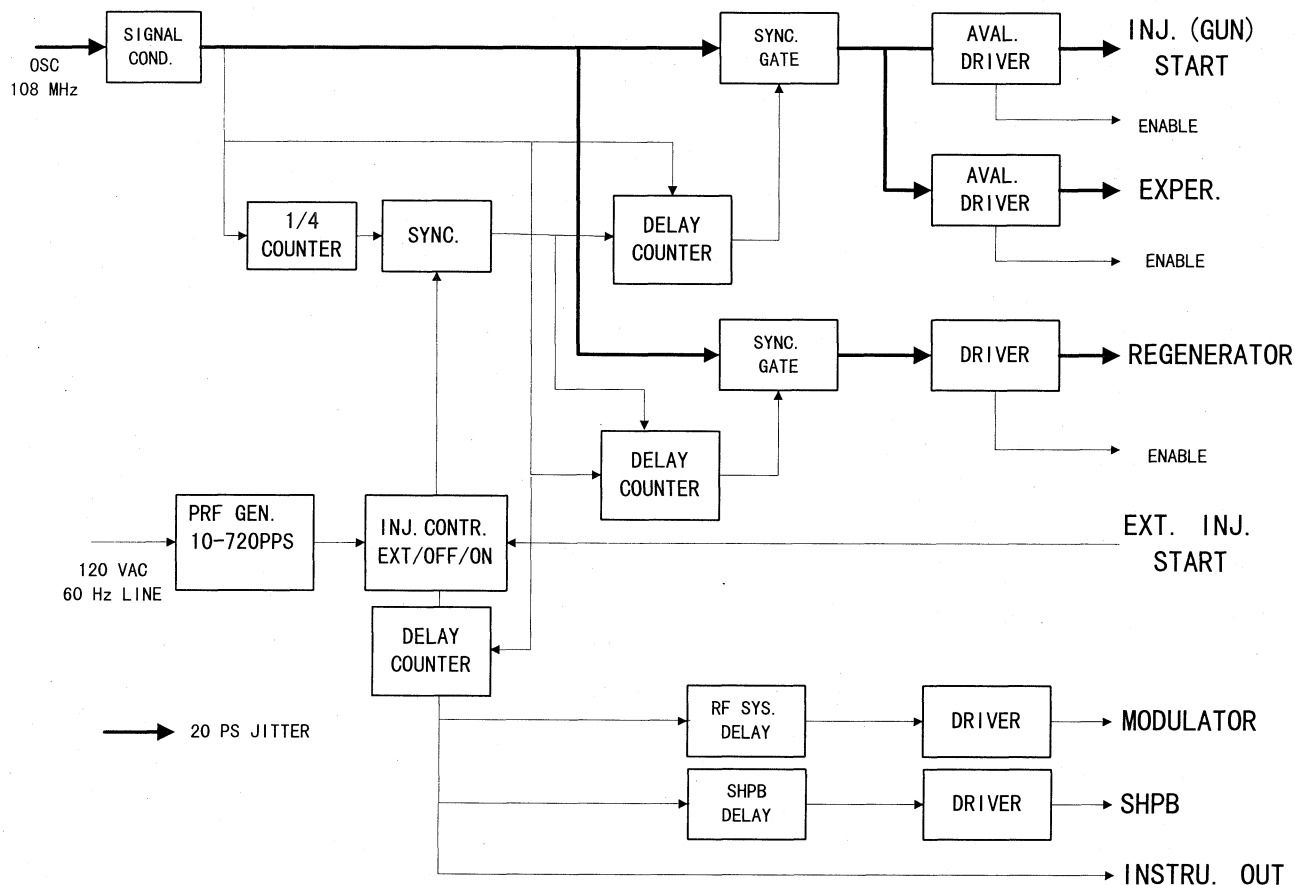


図3 トリガー・ジェネレーターの回路構成

レーザーの ON/OFF は、コンピューター制御のシャッターで行い、ビームの ON/OFF は従来通り、イネーブル回路を用いて行う。

以上に報告したトリガーシステムでフェムト秒白色光と電子線形加速器の複合利用が可能になり、溶媒和電子の形成過程等の放射線・物質相互作用の初期過程の研究が開始されている[4]。

3. まとめ

改良した制御系により線形加速器とフェムト秒レーザー、さらに、Nd:YAG レーザー励起再生増幅器の安定な同期運転に成功した。その結果、フェムト秒白色光の利用が可能になり、400nm から 1000nm までの広い波長範囲での時間分解過渡吸収分光測定が可能になった。

現在、阪大産研では、測定波長領域の拡大と共に時間分解能に関してもフェムト秒化を目指した研究が行われており、今後、加速器のトリガーシステムに要求させる時間精度はますます厳しくなるものと予想される。それに対応して、今後、さらに、トリガーシステムの改良を行っていく予定である。

[参考文献]

- [1] Y. Yoshida et al., Proc. Femtosecond Technol. '95, (1995) 63.
- [2] S. Tagawa et al., Proc. Femtosecond Technol.'96, (1996) 31.
- [3] T. Kozawa et al., Proc. 11th Symp. Accelerator Sci. and Technol. (1997) 77.
- [4] Y. Mizutani et al., Proc. 23rd Linear Accelerator Meeting in Japan (1998).