

New Picosecond Pulse Radiolysis System by Combing Electron Beams with Lasers

Yoichi YOSHIDA, Tohru UEDA, Toshiaki KOBAYASHI,
Seiichi TAGAWA*, Hiromi SHIBATA*

Nuclear Engineering Research Laboratory, Faculty of Engineering, University of Tokyo
**Research Center for Nuclear Science and Technology, University of Tokyo*

A new picosecond pulse radiolysis system for absorption spectroscopy by using 10 ps electron beams from the 28 MeV S-band linac and picosecond laser diodes has been developed. The system is one of the stroboscopic methods. The electron beams are used irradiation sources and laser pulses are used analyzing lights. The time resolution is about several tens picosecond which is determined by the pulse width of the laser.

電子ビームと半導体レーザーを用いたピコ秒パルスラジオリシスシステム

物質中で放射線が引き起こす反応を調べるうえで、パルスラジオリシス法は最も有効な手段である。これは、短パルス放射線により生成した電子、イオン、励起状態等の短寿命な中間活性種の光学的吸収・発光の時間的変化を測定し、それらの活性種の反応機構を直接的に調べる方法である。我々の所では、既にピコ秒の時間分解能を持つ吸収測定方法として、2台の電子線ライナックを使用した”ツインライナック”と呼ばれるストロボスコピック方式のシステムを開発したが、チェレンコフ光を利用するため、測定領域が紫外から可視光領域に限られていた。そこで、今回、半導体レーザーとライナックを組み合わせることにより、赤外領域が測定可能な新しいパルスラジオリシスシステム（LLツイン）のテストを行った。

1) 分析光源としての半導体レーザー

Fig.1は従来のツインと新しいLL方式の違いを示す。従来のツインでは、1台のライナックで試料を照射し、短寿命中間活性種を生成する。一方もう1台のライナックを同時に運転し、チェレンコフ光を発生させ、分析光としてしようした。新しいLL方式では、ライナックの代わりに半導体レーザーを分析光発生ようとして使用している。最近の半導体レーザーは、ピーク出力が0.1W程度で数十ピコ秒のパルスが安定に取り出せるものが安価に市販されており、波長も660nmから遠赤外の1550nmの間で幾つか選択できる。LL方式のメリットとしては次のことが挙げられる。

・チェレンコフ光では、赤外領域の強度が弱いため、この領域の測定は困難であったが、半導体レーザーでは可能となる。

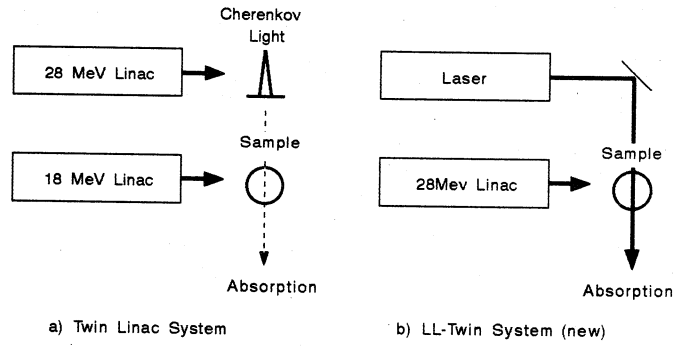


Fig. 1 Principle of the Picosecond Twin Linac System

- ・半導体レーザーは、完全に電氣的に駆動されるので、ジッターが少なく、また、ライナックとの同期運転が簡単である。
- ・光学系の設定が容易である。
- ・従来のツイン方式のように2台のライナックを同時運転する必要が無いため、ライナックの安定が向上し、吸収シグナルのS/Nが向上する。

2) LL-TWINシステム

Fig.2にLL方式のシステム図を示す。試料は28MeVライナックからの10psパルスで照射される。分析光として使用されるレーザー光はライナックと同期されて運転される。電子ビームとレーザー光間の時間ジッターは検出限界(10ps)以下に調整されている。試料の光学的過渡吸収は、レーザー光のみ照射(Aモード)、電子ビームのみ照射(Bモード)、電子ビームとレーザー光の同時照射(Cモード)の3通りの運転モード(ABCモード)が必要である。斜線で示した部分は、このABCモード発生のための制御系で同期回路及びABCモード回路及びゲート回路等から構成される。レーザーのトリガー系に挿入されているディレイを変化させることにより、吸収の時間変化を追跡することができる。光測定系は、光検出器、アンプ、A/D、マルチパラメーター等から構成されており、光量の精密測定を行う。システムの時間分解能は約70ps以下であり、これは、現在の所、半導体レーザーのパルス幅で決まっている。さらに短パルスのレーザーを使用することにより、電子線パルスの10psまで引き下げることが可能である。

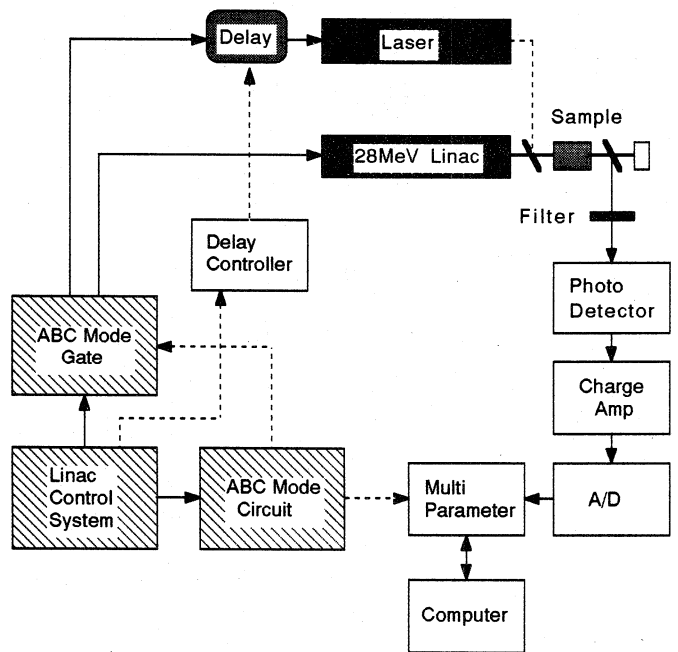


Fig. 2 Block Diagram of New LL-Twin System

3) 測定例

670nmのレーザー光で測定したn-ドデカンの過渡吸収の時間変化をfig.3に示す。この領域の吸収は、n-ドデカンの励起状態とカチオンラジカルがオーバーラップしている。吸収の立ち上がりは約100psであり、これはレーザーのパルス幅で決まっている。

4) まとめ

LL方式では半導体レーザーとライナックの同期運転（時間ジッター10ps以下）が容易であることが確かめられた。現在、10ps以下の半導体レーザーも開発されているので、さらに短い時間分解能が可能である。また、高調波を利用したものも開発されており、近い将来、紫外から赤外領域での測定が半導体レーザーが利用できるものと思われる。

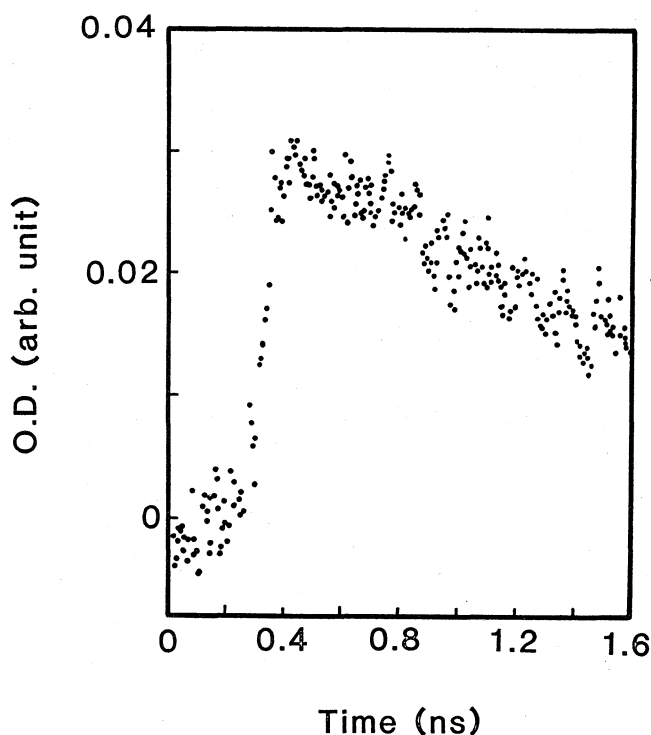


Fig.3 Typical time-dependent absorption obtained in LL-twin picosecond pulse radiolysis in pure n-dodecane monitored at 670 nm.

参考文献)

- H. Kobayashi, et al., Nucl. Inst. Meth., B24/25 1073, 1987;
- H. Kobayashi, et al., Radiat. Phys. Chem., 34, 447, 1989;
- Y. Yoshida, et al., Radiat. Phys. Chem., 34, 493, 1989;
- S. Tagawa, et al., Radiat. Phys. Chem., 34, 503, 1989.