

阪大産研パルスラジオリシスシステムの整備

総田浩司¹、佐伯昭紀、岡本一将、中野温朗、古澤孝弘、山本保、
末峰昌次、関修平、吉田陽一、田川精一
大阪大学産業科学研究所
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1

概要

大阪大学産業科学研究所では2001年3月にサブピコ・ピコ秒パルスラジオリシスで用いるフェムト秒レーザーを安定に発振させるために温度の安定化と防塵を目的とするクリーンルームの導入を行った。この導入に伴い、ナノ秒・ピコ秒パルスラジオリシスシステムの配置の変更をし、トリガー及び信号系等改良を行った。今回、クリーンルーム導入前後のナノ秒、ピコ秒パルスラジオリシスシステムによって得られたデータの比較を行い、改善点を含め装置全体について報告する。



図1：クリーンルームの外観

1. はじめに

X線や電子ビーム等の放射線はレントゲン撮影などの医療分野や原子力産業、物質の構造解析等の研究分野などで利用されている。一方で、今後、さらなる放射線の有効利用が期待されている。例えば、半導体リソグラフィ技術への応用、放射線によるガン治療等が挙げられる。そこで放射線が物質に与える影響は興味深いところであり、放射線誘起による中間活性種のピコ秒領域の時間挙動から最終生成物の分析にいたるまでさまざまな研究がされている。この分析方法の重要な手段の一つとしてパルスラジオリシス法が挙げられる。パルスラジオリシス法とは、放射線によって生成する短寿命中間活性種（ラジカル、励起状態等）の時間挙動を、その物質の吸収や発光を測定することによって直接的に観測する方法である。

大阪大学産業科学研究所では現在までサブピコ秒・ピコ秒からナノ秒以降の領域におけるパルスラジオリシス法を用いたさまざまな実験を行ってきた。また、同時にS/N比の改善や、高時間分解能化等のシステムの開発を行っている。そして今年3月にはピコ・サブピコ秒パルスラジオリシスの分析光として用いるフェムト秒レーザーを安定に発振させるためのクリーンルーム（クラス10000、 $0.5\mu\text{m}$ ）の導入を行った。（図1）導入に伴いナノ秒、ピコ・サブピコ秒パルスラジオリシス装置の測定場所の変更、トリガー及び信号系の改良を行った。以上をまとめ大阪大学産業科学研究所で実験を行っているナノ秒、ピコ・サブピコ秒パルスラジオリシス装置の現状について報告する。

2. 測定配置

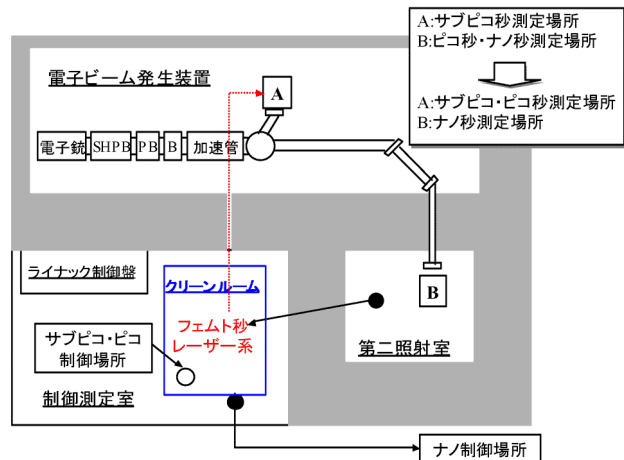


図2：全体配置図

図2に現在のライナック棟地下2階の全体配置図を示す。今回、クリーンルームを制御測定室に導入し、第二照射室の放射線影響下で稼動していたフェムト秒レーザーシステムを温度条件一定、防塵効果のある放射線の影響のないクリーンルーム内に移設した。（図3）それに伴って測定場所の確保、配線の簡略化を行うために、ピコ秒パルスラジオリシスシステムにおけるサンプルの照射場所を第二照射室Bから電子ビーム発生装置Aに変更した。同時に、ナノ秒・ピコ秒パルスラジオリシスシステムの制御場所を変更した。

¹ E-mail: kaseda03@sanken.osaka-u.ac.jp

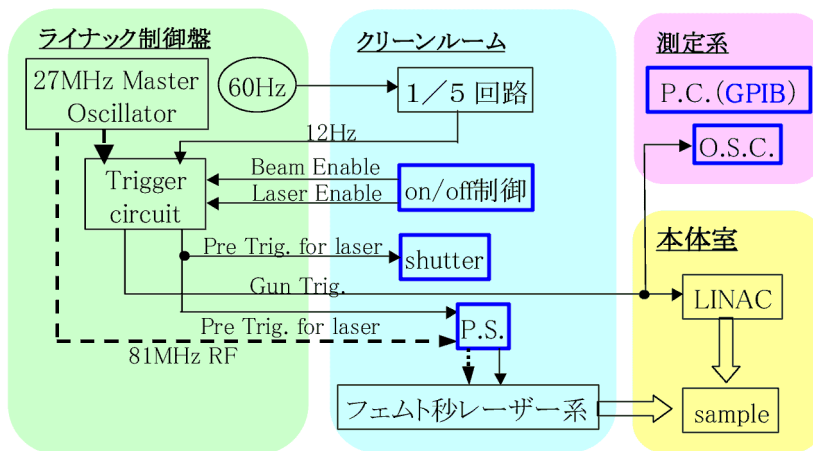


図6：ピコ秒白色パルスラジオリシス法で用いられるトリガー及び信号系

ガー(Pre Trigger for laser)にパルスを送るための基準信号となっている。レーザートリガーの一つはフェムト秒レーザー系へ、もう一方はストリークカメラにプレトリガーとして送られる。ストリークカメラでは励起源である電子線から発生するチェレンコフ光と分析光のレーザーを分割した一つを参照光として測定し、両者の時間間隔を直接的に測定し、時間ジッターを補正している。

吸収の時間挙動はストロボスコピック法という手法で測定を行っている。ストロボスコピック法とは電子線とレーザーの時間差をレーザー系によって決まる81MHzの位相差とパルスセクターから決まるトリガーのタイミング両方の違いによって変化する。

3.3 ピコ秒白色パルスラジオリシス

ピコ秒白色パルスラジオリシスではサブピコ秒パルスラジオリシスシステムと違い、分析光として白色光を用いている。白色光は増幅したフェムト秒レーザー（基本波）を水セルに集光させることによって得られ、観測波長領域は360nm～1000nmにわたる。

フェムト秒レーザー系はアルゴンイオンレーザー、チタンサファイアレーザー、YAGレーザー、再生増幅器から構成されている。サブピコ秒パルスラジオリシスシステムと同様に発生したチタンサファイアレーザーをYAGレーザーで励起した再生増幅器を通し、12Hz以下の繰り返しでシステムを動作させている。

ライナックからの電気信号60Hzを1/5に切りだし12HzでTrigger circuitに入り、Gun triggerやPre Trigger for laserが作り出される。

4. 実験データと結果

クリーンルーム導入以前、レーザーの配置されていた第二照射室では自動開閉装置の開閉時に最も温度変化の影響が発生し、長時間かかる測定中に安定

して発振しないことがあった。また、放射線の影響下に配置していたことから長期的な面でミラーの劣化等の問題もあった。さらに、レーザーの発振場所(図2第二照射室)から15m程距離のある実際サンプルを測定する場所(図2A)へ光パルスを長距離輸送していたこともレーザーが不安定である要素の一つであった。

しかし、今回、導入したクリーンルームで防塵効果、温度の安定化によってフェムト秒レーザーが長時間安定に発振することが可能となった。また、レーザーの発振場所(図2クリーンルーム)と実際サンプルを測定する場所(図2A)の距離が短くなり、セッティングが簡略化さ

れたことと、レーザーの強度を比較的落とさず使用することが可能となった。

また、ナノ秒パルスラジオリシスシステムでは配線を簡略化し、データの通るケーブルはシールドした配管を通すことによって、ノイズを減少することができた。

図7にサブピコ秒パルスラジオリシス法で測定した実験結果の一例を示す。

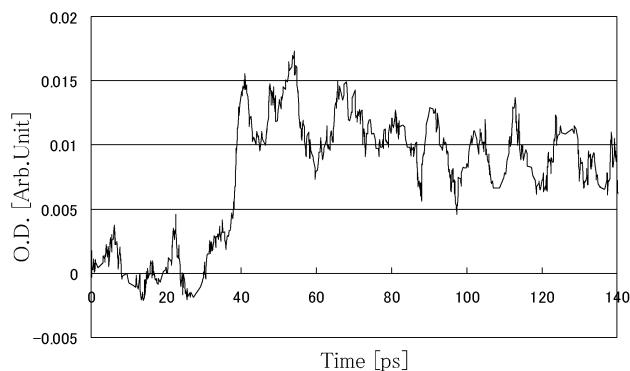


図7：サブピコ秒パルスラジオリシス法で測定した250mM ビフェニルシクロヘキサン溶液の時間挙動(780nm)

参考文献

- [1] T.Kozawa, et al., *Nucl.Instrum.Meth.*, **A440** (2000) 251
- [2] Y.Yoshida et al., *Radiat.Phys.Chem.*, **60** (2001) 313
- [3] S.Seki et al., *Macromolecules.*, **32** (1999) 1080