

# 超高速化学反応計測装置

工学研究院 武田淳・関谷隆夫

## <装置の概要>

近年、光物理過程の基礎研究分野をはじめ、半導体物理、化学、生物などの様々な分野で、化学反応における中間物質、或いは生成する様々な励起種・クラスターの動的過程を測定する要求が高まっています。この要求に応える高速分光を実現するものとして、本装置が平成11年により導入されました。通常の光学測定では、定常光を光源として用いるために時間的に積分された情報が得られ、仮に計測する物質が化学的、物理的に変化しても、その変化前、変化後それぞれの時間平均化された情報しか得ることができません。ところが、短時間の光照射と、高感度の計測を組み合わせることで、ミリ秒～フェムト秒領域における光学応答の時間変化、すなわち、反応中間体のダイナミクスを追跡することが出来ます。物質を短パルス光により光励起した後に基底状態に戻るまでの過程で生じる電子状態の変化、励起状態緩和過程などを、過渡吸収、時間分解蛍光測定装置により測定します。測定における時間分解能は、励起光源として用いるレーザのパルス幅によって決まりますが、様々な時間領域に対応するため本装置ではパルス光源としてフェムト秒パルスレーザとナノ秒パルスレーザの2種類を備えています。光照射と集光の光学系を工夫することで、固体や液体、低温から高温など、様々な状態の試料に対応できるようになっています。

## <フェムト秒パルスレーザ>

フェムト秒レーザは、ポンピングレーザ (Millennia)、フェムト秒チタンサファイアレーザ (Tsunami)、再生増幅アンプ用ポンピングレーザ (Merlin)、再生増幅チタンサファイアレーザ (Spitfire) からなる大型レーザ装置です。1kHz の繰り返しで波長 810~770nm、パルス幅 ~100fsec のパルス光を ~500μJ で出力します。また、付属の高調波波長変換器により、レーザ波長を第 2 高調波 (~400nm)、第 3 高調波 (~266nm) に変換することが可能です。

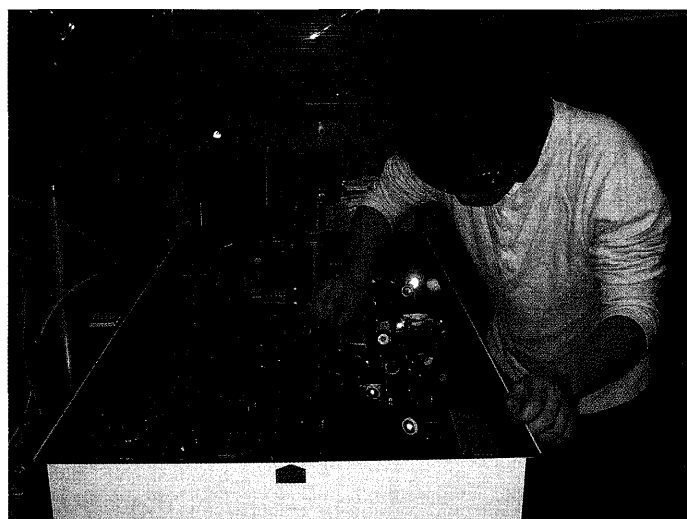
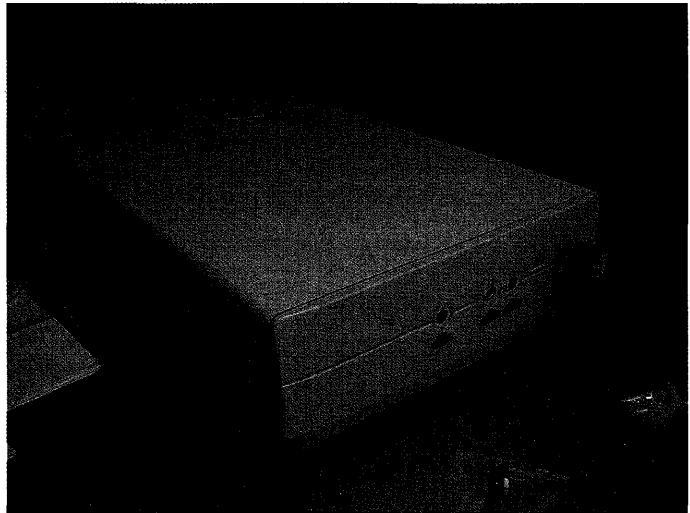


Fig. フェムト秒パルスレーザ

## <ナノ秒パルスレーザ>

ナノ秒パルスレーザは、ナノ秒パルス Nd:YAG レーザとナノ秒パラメトリックオシレータにより構成されています。ナノ秒パルス Nd:YAG レーザについては、ナノ秒パラメトリックオシレータを励起するために必要な高調波発生器を含み、30Hz の繰り返しで波長 355nm、パルス幅 6~9nsec 以下のパルス光を 320mJ 以上で出力します。ナノ秒パラメトリックオシレータは、

440-690nm および 735-1800nm の可視から赤外までの幅広い波長範囲において、4-7nsec のパルス幅で出力でき、様々な励起エネルギーに対応できるようになっています。また、第2高調波発生器を組み込むことで、220-345nm、366-450nm の紫外領域の波長を出力することも可能です。



#### <過渡吸収測定装置>

フェムト秒レーザーからの出力を2つに分け、一方を測定試料を励起するポンプ光として、他方をその変化を探るプローブ光として用いることにより、過渡吸収分光測定を行うことができます。これにより、100 フェムト秒〜ピコ秒オーダの電子状態変化、反応中間体の生成消滅過程などが計測できます。ポンプ光・プローブ光間の光路差を1ミクロン単位で調整できるリニアステージ、吸収変化を感度良く計測できるロックインアンプが用意されています。

Fig. ナノ秒パルスレーザー

#### <蛍光寿命測定装置>

蛍光寿命測定装置は、5 ps の高時間分解能を有することで、時間分解発光スペクトル測定から発光性分子の光ダイナミクスの直接観測が可能で、光励起状態から刻々と変化する過程を直接とらえることが可能です。分光器とストリークスクープの組み合わせにより、多波長同時に時間分解計測を行うことが可能で、蛍光寿命のみならず、レーザーの時間分解能に応じた時間領域でのスペクトル変化を追跡することができます。フォトンカウンティングを用いることにより、シングル

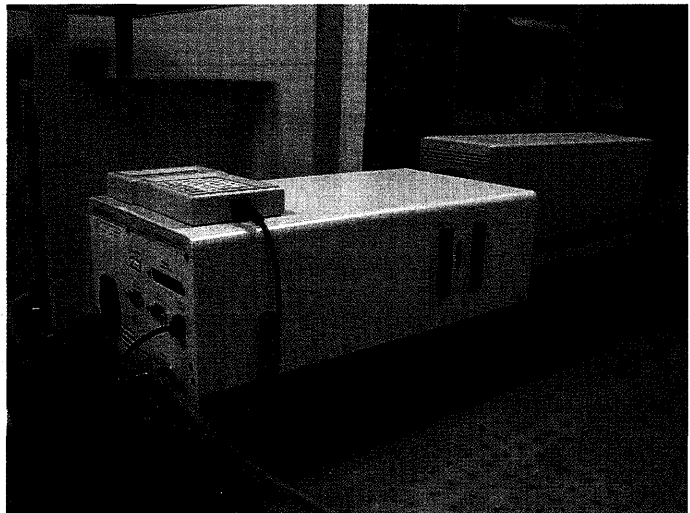


Fig. 蛍光寿命測定装置

フォトンレベルでの超高感度の測定が

行え、多彩な蛍光現象に対応出来ると思われれます。測定器の制御や測定条件の設定は、専用のソフトウェアを用いて制御できるので、誰にでも簡単に操作できます。

#### <研究対象の例>

高速分光の研究対象は様々ですが、代表的な例を以下に示します。

- ・光励起された電子の変化（半導体など）

光から電気信号への変換、多数の電子の相互作用、励起子の生成と緩和

- ・分子間のエネルギー移動

分子から溶媒へ、アンテナ分子から反応中心へ（光合成）

- ・光による分子の変化

光異性化（フォトクロミズム）、光構造変化、光誘起相転移、光化学反応

- ・他の波長の光の発生

紫外・可視、遠赤外光の発生

- ・超高速光スイッチ

光通信、光コンピュータ

<最後に>

フェムト秒、ナノ秒レーザーともクラス VI に指定されているレーザーであり、適正な保険に入っており、担当者から説明される注意事項を理解した者のみに使用することを許可します。また、これらのレーザーの取り扱いには高度に熟練する必要があります。装置に関心がある、測定を行いたいなどの相談に応じますので、ご連絡下さい。