

## 10 環境情報実験

### 題目：レーザー誘起燐光法を用いた光学的温度計測

#### 1. 目的

燐光の強度，寿命，スペクトルが温度依存性を有する感熱燐光体からの燐光を，紫外レーザー等を励起光源として計測することで，高速移動体表面の温度など，熱電対やサーモグラフィ等の従来法では計測が困難な物体の温度を非接触・瞬時計測する方法を学び，分光計測法について理解を深めることを目的とする。

#### 2. 実験装置

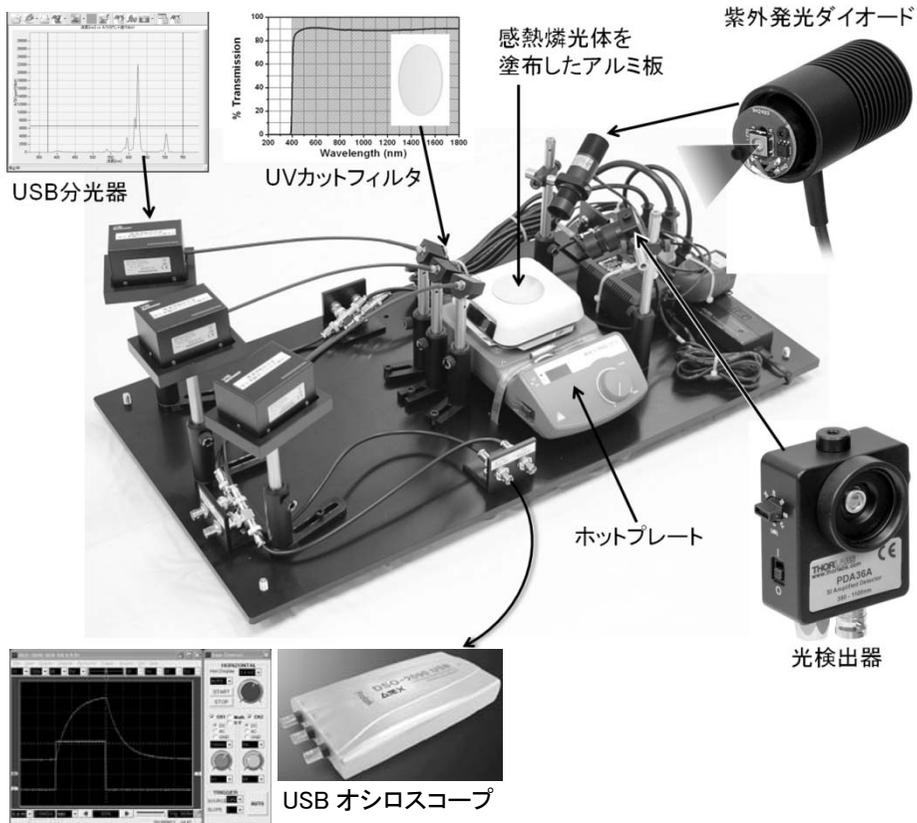


図1 レーザー誘起燐光法による光学的温度計測装置

図1にレーザー誘起燐光法による光学的温度計測装置の外観を示す。レーザーの代わりに励起光源として用いる紫外発光ダイオード(中心波長365nm, 最大出力190mW)からの紫外光を, アルミ板に塗布した感熱燐光体(後述)に照射すると, 感熱燐光体から波長620nm周辺のオレンジ色の燐光(phosphorescence)が放出される。この燐光の強度や寿命を, 前期の機械情報工学実験でも使用したUSB分光器(波長感度域340~780nm, 縦分解能16bit)や, 光検出器(増幅器一体型Siフォトダイオード)及びUSBオシロスコープを用いて計測する。燐光の強度や寿命は温度によって変化するため, ホットプレートにより温度を任意の値に設定しつつ燐光の強度や寿命を検定(calibration)しておく, 逆に燐光の強度や寿命を測定することにより感熱燐光体の温度を求めることができる。

### 3. 感熱燐光体

感熱燐光体(thermographic phosphor)とは, セラミック母材中に希土類金属を微量添加した粉末状の物質である。レーザー等でエネルギーを与えると基底状態から励起状態へ遷移し, 再び基底状態に戻る際にエネルギー差に応じた燐光を発する。発光準位及び非発光準位への遷移確率は温度に依存するため, 燐光の強度・波長・寿命は温度依存性を示す。本実験で用いる感熱燐光体は $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ (ユーロピウム付活硫酸化ランタン)であり, 無機系接着剤と混合して図1中のアルミ板に刷毛で塗布し, 焼結してある。

### 4. 燐光強度の温度検定

燐光強度の計測では, 発光ダイオードからの励起紫外光を連続照射しながら, USB分光器を用いて燐光スペクトルを計測し, スペクトル中の最大ピーク波長である620nmにおける燐光強度を読み取る。図2に計測される燐光スペクトルの温度変化の例と, 620nmにおける燐光強度の温度検定曲線の例を示す。温度が高くなるに従い, 燐光強度が小さくなることわかる。このような温度検定曲線を一度作成しておけば, 温度がわからない場合でも, 620nmの燐光の強度を測定すれば, 検定曲線からその温度を求めることができる。当然のことながら, 計測される燐光強度に影響を与える条件(例えば, 発光ダイオードからの励起紫外光の強度や, USB分光器の

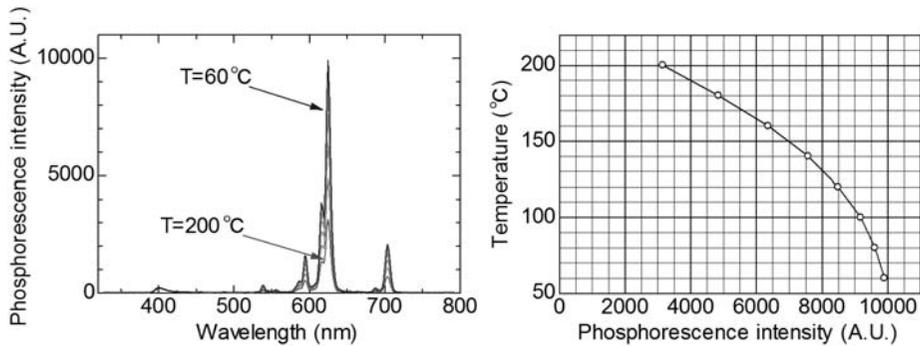


図2 燐光スペクトルの温度変化(左)と燐光強度の温度検定曲線の例(右)

光ファイバ及びレンズの設置位置や角度などは、検定時と温度測定時で同一である必要がある。

### 5. 燐光寿命の温度検定

燐光寿命  $\tau$  の計測においては、発光ダイオードからの励起紫外光をパルス照射に切り替え、励起パルス光オフ時から燐光強度が 63.2%減衰するのに要する時間を計測する。図3に、光検出器及びUSB オシロスコープを用いて計測される燐光強度の時間変化及び燐光寿命  $\tau$  の計測例と、燐光寿命の温度検定曲線の例を示す。温度が高くなるに従い、燐光寿命が短くなることがわかる。このような温度検定曲線を一度作成しておけば、温度がわからない場合でも、燐光寿命を測定すれば、検定曲線からその温度を求めることができる。

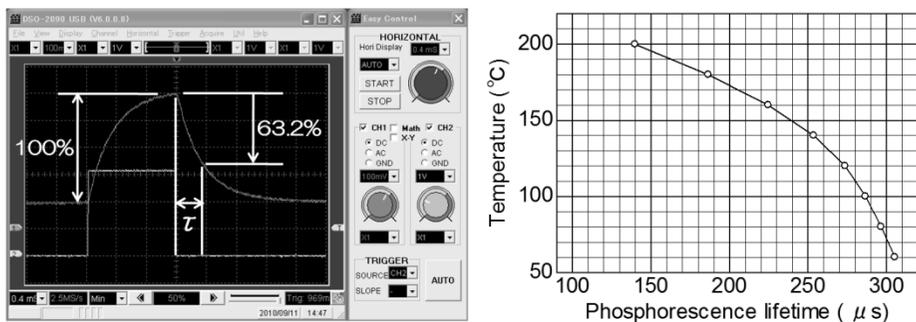


図3 燐光寿命  $\tau$  の計測方法(左)と燐光寿命の温度検定曲線の例(右)

## 6. レーザー誘起燐光法による温度計測

前章で作成した燐光強度及び燐光寿命の検定曲線を用いて温度計測を行う。本来であれば、高速移動体表面の温度計測や燃焼機器内部の壁面温度計測など、従来法では計測が困難な物体の温度を非接触・瞬時計測することが目的であるが、本実験では、他グループが任意に設定した温度に対し、自グループで作成した検定曲線から温度を求め、グループ間で測定温度の正確さを競う。

## 7. レポート課題

- 1) 本実験で使用した感熱燐光体(蛍光体)の成分であるユーロピウム(Eu)や硫酸化ランタン( $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}$ )とはどのような物質でどのような用途に用いられるか、インターネットや図書館の文献から調べなさい。
- 2) 輻射(Radiation)と、蛍光・燐光(Fluorescence・Phosphorescence)では、発光のメカニズムが全く異なる。そのメカニズムの違いについてインターネットや図書館の文献から調べ、以下のキーワードを用いて説明しなさい。  
キーワード：太陽や白熱電球，黒体輻射スペクトル，熱エネルギーをもつ全ての物体，水銀灯や蛍光灯，分子・原子・電子，基底準位・励起準位，遷移， $E = h/\lambda$
- 3) 本実験では燐光寿命  $\tau$  として「初期値から 63.2%減衰するのに要する時間」を計測しているが、なぜ「63.2%」なのか、一次遅れ(初期値応答)の式を用いて説明しなさい。
- 4) 他グループが任意に設定した温度に対し、燐光強度及び燐光寿命の測定値と検定曲線から温度を求め、グループ間で正確さを競った結果の勝因・敗因について、できるだけ定量的に考察しなさい。
- 5) 燐光の強度による温度測定に対して、燐光の寿命による温度測定にはどのような長所及び短所があるか考察しなさい。
- 6) 温度測定部位への感熱燐光体の塗布は一般的になるべく薄く塗るのが望ましい。その理由と、特にどのような場合に薄いほうがよいか考察しなさい。