

# フォトルミネッセンス励起スペクトル測定システムの構築

## Development of photoluminescence excitation measurement system

花岡優哉<sup>1)</sup>  
指導教員 黒木雄一郎<sup>1)</sup>

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 電子セラミック研究室

本研究では、測定時及びデータ比較時における研究効率の上昇を目指して、PLE 測定の半自動化、データの 3D グラフ化を目的とした PLE 測定用の光学系の構築を行った。マクロによる励起光波長変更の半自動化や、PL データを統合するソフトの開発より効率良く PLE データを取得し、取得した PLE データを 3D グラフとして描画することにも成功した。今後は製作した光学系で実際に試料を測定及び分析することで、本装置の有用性を明確にする。

キーワード：分光器，光学系，python，Photo luminescence excitation

### 1. はじめに

励起光波長を変化させながら PL (Photo luminescence) スペクトルを測定する方法を PLE (Photo luminescence excitation) 測定と呼ぶ。試料から放出された PL は励起波長と発光波長の 2 つの関数から求められることになり、吸光された励起光のエネルギーに対応した PL スペクトルのデータを得ることが出来る。これにより、PL 測定ではスペクトルが同じ形状をした試料であっても、PLE スペクトルが異なった場合に、試料の違いが区別できるようになる。このように PLE 測定を行うと試料に関する情報は飛躍的に増加する<sup>[1,2]</sup>。幅広い励起光波長範囲での PLE 測定を行いたい場合、毎回手動で分光器を操作し励起光波長を変化させることは非常に作業効率が悪い。また、測定された膨大な量のデータを各励起光波長ごとにグラフ化して比較することに関しても、直感的な可読性を向上させるための余地がある。本研究では、PLE 測定用の光学系の製作を行うと共に、測定時及びデータ比較時における研究効率の向上を目指して、PLE 測定の半自動化及びデータの 3D グラフ化を目的とする。

### 2. 方法

製作した PLE 測定系は、  
① 励起光波長を変える

- ② PL データを測定
- ③ ①②を繰り返して得た大量の PL データをソフトで統合し、PLE データを作成する
- ④ PLE データを 3D グラフ化する

という流れで PLE データを取得する。従って本研究は「PLE 光学系の構築」と「統合ソフト及び 3D 可視化ソフトの開発」の 2 つに分類される。

#### 2-1. PLE 光学系の構築

検討した光学系のイメージを図 1 に示す。ランプには、可視光範囲において自然日光に近いスペクトルを示すキセノンランプを採用した。ランプ設置の際は、ランプハウスから排出される熱が暗室内にこもらないように、ランプハウス部分を暗室外に設置した。また、ランプの高さを分光器と一致させるために、分光器を乗せるための土台を製作した。酸化皮膜で覆われている黒皮鉄板を下板として採用することで、錆びにくく、かつレンズ等の光学部品をマグネットベースで固定することが可能となった。

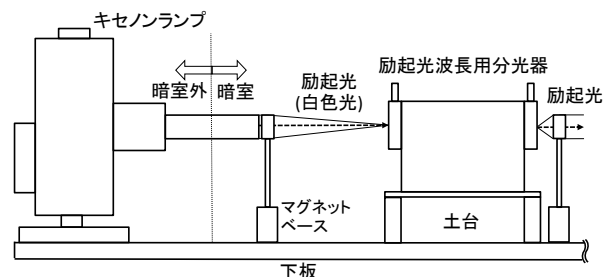


図 1. 検討した光学系のイメージ図

表1にPL光学系に使用した機器とソフトの一覧を示す。

表 1. 光学系内の機器とソフトの仕様

機器	型名	メーカー
PL 測定ソフト	SpectraWiz	StellarnetInc
分光器	MC-20L	リッコー応用工学
波長駆動装置	DU-2S	リッコー応用工学
キセノンランプ	UXL-500D-0	ウシオ電機

PLE 測定用の光学系を構築するにあたり、手作業による励起光波長変更を改善するために、マクロを用いての半自動化を行った。フリーソフト

「HiMacroEX」を使用し、露光時間、積算回数、初期波長等の初期条件を設定すると、それに合わせて自動的に励起光波長を変更することが出来る。

### 2-2. データ統合及び可視化ソフトウェアの開発

開発したソフトウェアは、測定した大量の PL データを統合する為の「データ統合ソフト」と、PLE データを 3D グラフとして描画する為の「3D 可視化ソフト」の 2 つである。プログラミング言語には、専門的なライブラリが充実しており、かつ 3D グラフ等の描画が容易な python を採用した。

### 3. 結果

現状では PLE 測定データは得られていない。従って、適当に選出した PL データに模したデータ群に対して制作したソフトを適用し、データの統合及び 3D グラフ化を行った。ソフトにより統合される前の PL データを図 2 に、統合された後の PLE データを図 3 に示す。また、統合したデータを 3D グラフ化したものを図 4 に示す。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	File	Open	Save	Print	Exit	Help	...	...	...	...	...	...	...
2	SCiPE	Wave	750.82nm	Pwr	1.050	Val	16.420	Time	6.0000ms	Avg1	Sm1	Sz0	Tcoeff
3	343.00	1.1652E+002											
4	343.50	1.0947E+002											
5	344.00	1.1198E+002											
6	344.50	1.1944E+002											
7	345.00	1.1582E+002											
8	345.50	1.0964E+002											
9	346.00	1.1256E+002											
10	346.50	1.1919E+002											
11	347.00	1.2297E+002											

図 2. 測定した PL データの一つ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		343	343.5	344	344.5	345	345.5	346	346.5	347	347.5	348	348.5
2		500	116.52	109.47	111.99	119.44	115.82	108.64	112.56	119.19	122.97	124.02	115.61
3		400	116.52	109.47	111.99	119.44	115.82	108.64	112.56	119.19	122.97	124.02	115.61
4		300	116.52	109.47	111.99	119.44	115.82	108.64	112.56	119.19	122.97	124.02	115.61
5		550	116.52	109.47	111.99	119.44	115.82	108.64	112.56	119.19	122.97	124.02	115.61
6		700	116.52	109.47	111.99	119.44	115.82	108.64	112.56	119.19	122.97	124.02	115.61
7		750	116.52	109.47	111.99	119.44	115.82	108.64	112.56	119.19	122.97	124.02	115.61
8		800	116.52	109.47	111.99	119.44	115.82	108.64	112.56	119.19	122.97	124.02	115.61
9													
10													
11													

図 3. 統合された PL データ群 (PLE データ)

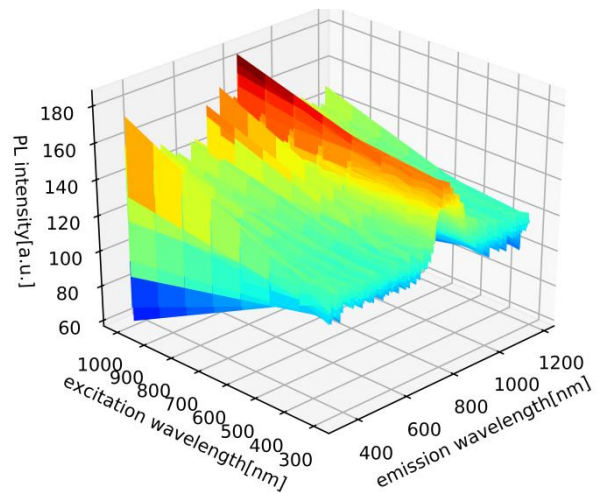


図 4. 3D グラフ化した PLE データ

PL 統合ソフトは、各 PL データを一つのファイルに統合することができる。また、3D 可視化ソフトに関しては、発光強度ごとにグラデーションで色を変化させ、ピークの視認性を工夫した。

### 4. まとめ

本稿では、半自動化 PLE 測定用光学系の検討と、PLE データの 3D グラフ化ソフトの制作を行った。マクロの導入や制作したソフトによって、PLE データを効率よく取得できる。また PLE データを 3D グラフとして描画することでデータの可読性を向上させることにも成功した。

### 5. 今後の展望

今後は未完成である光学系の製作を行い、実際に試料の測定及び分析を行うことで、本装置の有用性を明確にする。

### 参考文献

- [1] 田島道夫, 清水良祐” 高効率赤外領域フォトルミネッセンス励起スペクトル測定装置の開発”, 応用物理学会, 56(9), 1183-1189(1987)
- [2] Damon N. Hebert, Julio A. N. T. Soares, Angus A. Rockett” Photoluminescence and Photoluminescence Excitation Spectroscopy of Cu(In, Ga)Se<sub>2</sub> Thin Films”, Materials Research Society, 1165-M03-05(2009)