絶対PL量子収率測定装置

C9920-02、-02G、-03、-03G

発光量子収率の絶対値を瞬時に測定。薄膜だけでなく溶液や粉末サンプルにも対応。

超高感度なCCDセンサによる多波長同時計測で瞬時に測定が可能

発光材料の開発では、発光材料自身の発光効率の改善が不可欠です。そのためには、発光量子収率（発光材料が吸収する光のフォトン数に対する発光により放出される光のフォトン数の割合）の正確な測定方法が必要となります。絶対PL量子収率装置は、フォトルミネッセンス法（以下PL法）により発光材料の発光量子収率の絶対値（内部量子効率）を測定する装置です。

装置は、キセノンランプと分光器による励起光源、窒素ガスフローが可能な積分球、多波長同時計測が可能なマルチチャンネル検出器と専用ソフトウエアから構成されます。裏面照射型冷却CCDセンサの採用により瞬時に測定が行え、専用ソフトウエアにより操作も簡単です。

サンプルは、薄膜だけでなく溶液や粉末にも対応が可能です。工業分野における各種発光材料（有機EL材料や白色LED用蛍光体、フラットパネルディスプレイ用蛍光体など）をはじめ、生物分野における蛍光プローブなどの開発から研究分野における蛍光サンプルなどの測定に至るまで、様々な分野への応用が考えられています。

オプションとして定電流電源や専用のソフトウエアなどの構成品を加えることにより、エレクトロルミネッセンス法を用いて外部量子効率を測定するC9920-12や輝度配光特性を測定するC9920-11に拡張することが可能です。

アプリケーション

◆ 各種発光材料の発光量子収率測定
- 有機ELディスプレイ用発光（蛍光、りん光）材料
- 生体用蛍光プローブ
- 量子ドット

◆ 各種蛍光体の発光量子収率測定
- 無機ELディスプレイ用発光材料
- 白色LED用蛍光体
- フィールドエミッションディスプレイ、プラズマディスプレイ用蛍光体

HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

フォトルミネッセンス法により
発光材料の絶対発光量子収率を瞬時に測定

フォトルミネッセンス(PL)法により発光材料の発光量子収率の絶対値を測定します。
分光器を用いることにより、さまざまな波長での励起が可能です。
各種サンプルホルダを用意していますので、薄膜だけでなく溶液や粉末の測定にも対応します。

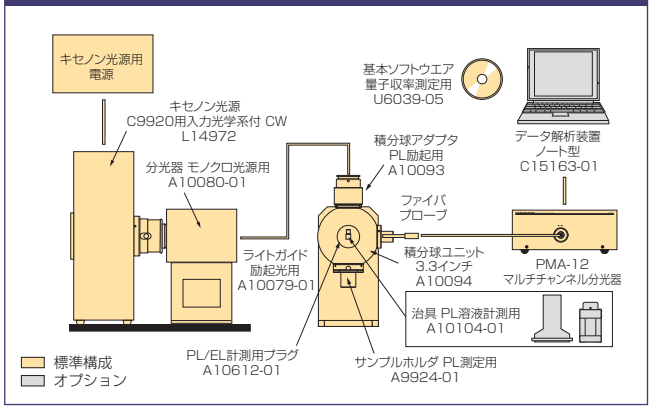
特 長

- PL計測により、発光材料の絶対発光量子収率を測定
- 積分球の採用により全光束を測定可能
  （素子ごとによる発光放射パターンのばらつきの影響なし）
- 超高感度、高S/N測定が可能
  （裏面照射型冷却CCDセンサの採用により）
- 薄膜、溶液、粉末などさまざまなサンプルに対応
- 温度制御可能（対象：粉末、最大300 ℃）
- 液体窒素冷却（－196 ℃ (77 K)）可能（対象：溶液）
- 励起波長の自動制御（C9920-02G / -03G対応）
- 豊富な解析機能
  - ・発光量子収率
  - ・励起波長依存性（C9920-02G / -03G対応）
  - ・発光スペクトル
  - ・PL励起スペクトル（C9920-02G / -03G対応）

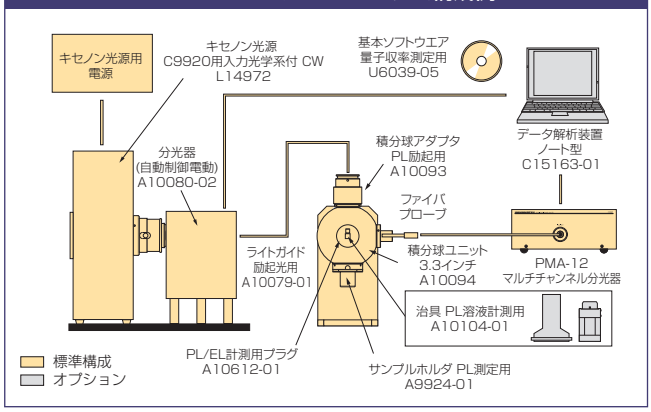
セレクション

	対応波長 300 nm～950 nm	対応波長 400 nm～1100 nm
手動制御分光器	C9920-02	C9920-03
自動制御電動分光器	C9920-02G	C9920-03G

C9920-02、-03 システム構成例



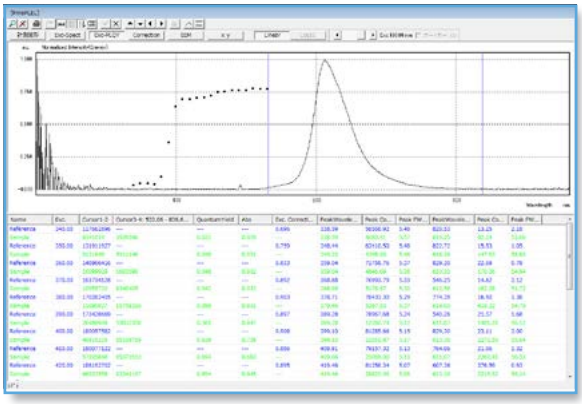
C9920-02G、-03G システム構成例



専用のPL量子収率測定ソフトウエアにより多彩な解析を実現

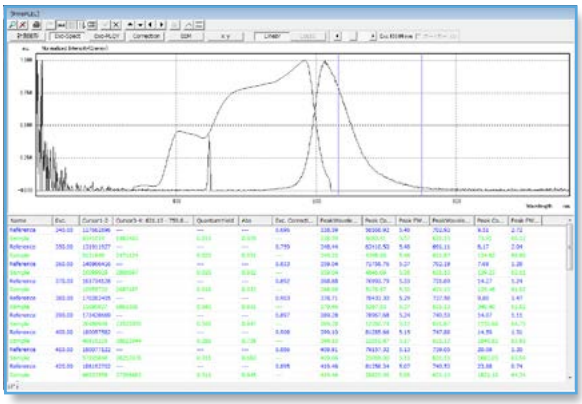
測定例

励起波長依存性



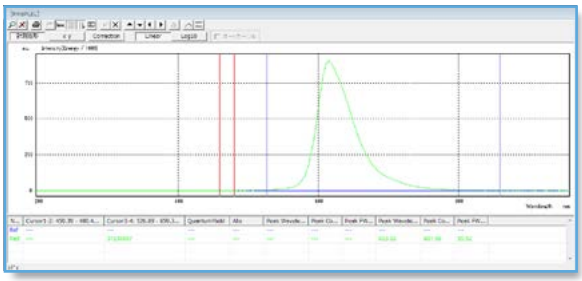
発光量子収率の依存性表示画面です。自動分光器搭載のモノクロ光源を使用することにより、サンプルの発光量子収率の波長依存性を簡単に測定することが可能です。

PL励起スペクトル



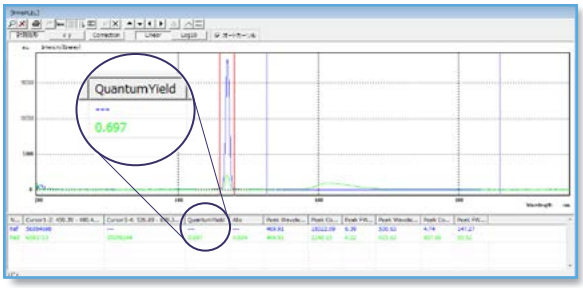
励起光源として自動分光器搭載のモノクロ光源を使用することにより、サンプルの励起スペクトルを測定することができます。2本のカーソルで選択された発光波長範囲におけるPL励起スペクトルが簡単に得られます。

発光スペクトル



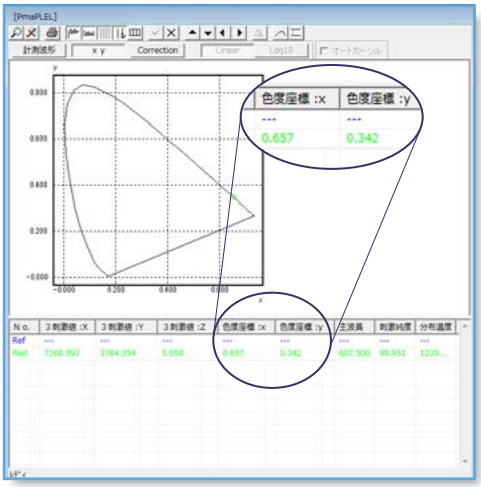
励起光除去機能適用後に表示される発光スペクトルです。発光量子収率測定で得られるサンプルの発光スペクトルには、サンプルに吸収されなかった励起光成分が含まれます。励起光除去機能を使用することにより、サンプル自身の発光スペクトルを表示することが可能です。

発光量子収率



発光量子収率計測時の基本画面です。測定後に励起光及び発光の範囲をカーソルにより調整することで簡単に発光量子収率値を求めることができます。また表には量子収率の値の他、励起光及びサンプルの発光強度、ピーク波長、ピークカウント、及びピークバンドの半値幅が表示されます。

x y 座標表示

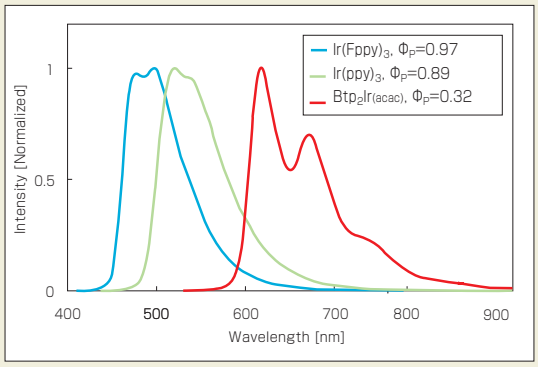


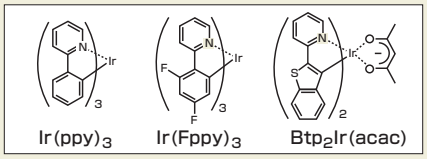
ソフトには、発光スペクトル表示機能の他にx y座標表示機能も含まれています。計測したサンプルの色度座標（x y）の他、3刺激値（X、Y、Z）等が表示されます。

薄膜だけでなく溶液や粉末用のサンプルホルダを装備し多彩な発光解析アプリケーションに対応

測定例

有機LED用りん光材料のりん光量子収率



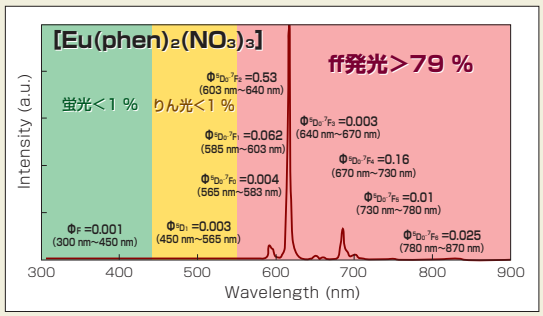


有機LED用りん光材料として盛んに研究されているイリジウム錯体のりん光量子収率(Φ_P)をジクロロエタン中で測定しました。結果として、青色材料$Ir(Fppy)_3$と緑色材料$Ir(ppy)_3$は、それぞれ約0.97、約0.89と高いΦ_Pを示しました。一方、赤色材料である$Btp_2Ir(acac)$は約0.32と低いΦ_Pを示すことが分かります。これらのりん光材料は、ほぼ100 %の効率で三重項状態を形成することから、$Btp_2Ir(acac)$のΦ_Pの低下は、効率的に起こる$T_1 \rightarrow S_0$項間交差(三重項状態T_1から基底状態S_0への無輻射遷移)によることが分かります。

※ 九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター 安達研究室、群馬大学大学院工学研究科　飛田研究室との共同研究
A. Endo, K. Suzuki, T. Yoshihara, S. Tobita, M. Yahiro, and C. Adachi, *Chem. Phys. Lett.*, **460**,*155 (2008)*.

希土類錯体の高効率な分子内エネルギー移動

エネルギー移動効率　Ligand　→　f-level >80 %



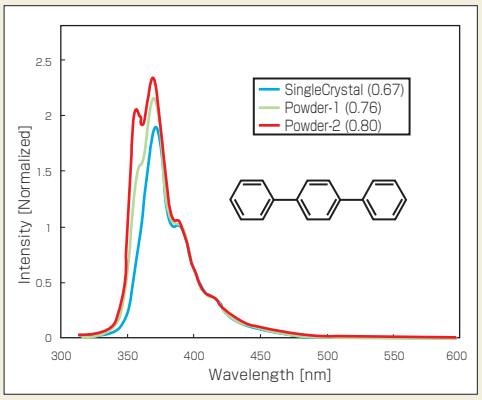
希土類錯体は、「可視領域に鋭い発光を示す」「配位子による光励起エネルギーを使った高効率でクリーンなエネルギー変換材料」として注目されています。

今回、希土類錯体$[Eu(phen)_2(NO_3)_3]$の粉末状態における発光量子収率の測定を行いました。

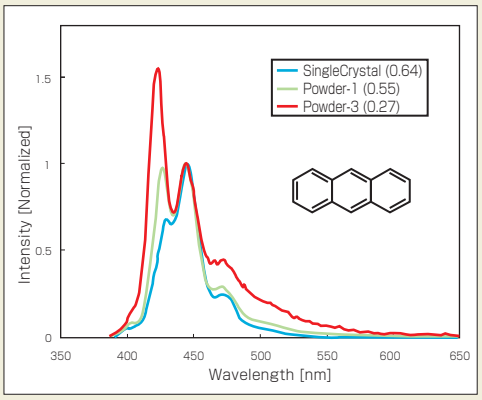
結果として、1,10-フェナントロリン(Phen)を直接励起し、ユーロピウム(Eu)の発光量子収率として約0.8が得られました。Phenの発光が観測されないことから、約80 %以上の高効率でPhenからEuへのエネルギー移動が起こっていると考えられます。

※ 試料及び資料提供：青山学院大学　長谷川 美貴 様

p-ターフェニルとアントラセン単結晶の蛍光量子収率とすりつぶし効果



図A. p-ターフェニル単結晶の蛍光スペクトル



図B. アントラセン単結晶の蛍光スペクトル

代表的な有機物質であるp-ターフェニルとアントラセンの高純度単結晶の蛍光量子収率をそれぞれ測定しました。

p-ターフェニルでは、高純度単結晶の蛍光量子収率として0.67が得られました(図A-青線)。また、この単結晶をすりつぶすことで蛍光量子収率が0.80へと増加しました(図A-赤線)。一方、高純度単結晶アントラセンはすりつぶすことで蛍光量子収率が0.64から0.27へと減少しました(図B)。

p-ターフェニルでは、蛍光量子収率の増加と共に蛍光スペクトルの短波長側の構造が現れることから、蛍光量子収率の増大は粉末の微細化に伴う再吸収の抑制によるものと考えられます。

アントラセンでは、すりつぶしにより蛍光スペクトルの短波長側の発光成分に加えて長波長側にも新たな発光成分が現れることが分かりました。この長波長側の発光成分は、アントラセン二量体の蛍光スペクトルと類似していることからダイマー型状態からの発光であると帰属されました。このことから、アントラセン単結晶の蛍光量子収率の減少はすりつぶしによって導入された二量体が構造的欠陥となり消光中心として作用したことが原因と考えられます。

※ 産業技術総合研究所　計測フロンティア研究部門　加藤隆二 様、古部昭広 様／学習院大学　小谷正博 様／筑波大学 名誉教授　徳丸克己 様 との共同研究
R. Katoh, K. Suzuki, A. Furube, M. Kotani, and K. Tokumaru, *J. Phys. Chem. C*, **113**, 2961 (2009).

生物分野をはじめ、さまざまな分野へ応用

測定例

標準溶液の発光量子収率再評価

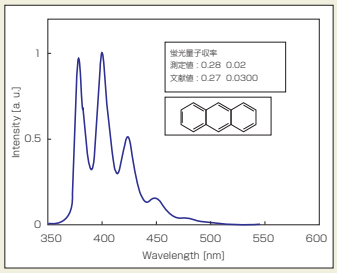


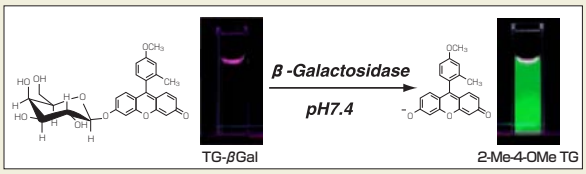
図. アントラセン溶液の蛍光スペクトルと蛍光量子収率

C9920-0X (X=2, 3) は分光光源、積分球、マルチチャンネル分光器から構成され、絶対法による発光量子収率測定が可能です。C9920を用い、従来の相対量子収率測定法における発光標準として広く使われている代表的な標準溶液の蛍光量子収率を再評価したところ、ほとんどの標準溶液の量子収率測定値が文献値とよく一致しました。これにより、発光量子収率測定におけるC9920-0Xの高い信頼性が証明されました。

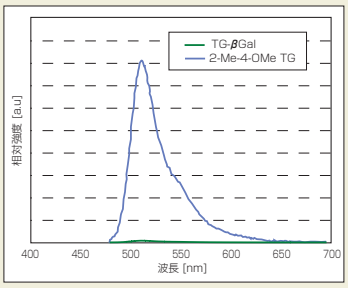
※群馬大学大学院工学研究　応用化学・生物化学専攻　飛田 成史 様、北里大学　理学部化学科　石田 斉 様との共同研究
K. Suzuki, A. Kobayashi, S. Kaneko, K. Takehira, T. Yoshihara, H. Ishida, Y. Shiina, S. Oishi, and S. Tobita, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **11**, 9850 (2009).

蛍光バイオプローブの量子収率

酵素反応検出用蛍光プローブ：量子収率測定により、酵素反応前後の発光量の比較が可能



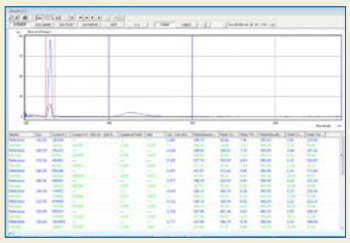
化合物	蛍光量子収率
TG-βGal	0.01
2-Me-4-OMe TG	0.72



β-ガラクトシダーゼ活性検出蛍光プローブTG（Tokyo Green）-βGalは、ほぼ無蛍光（Φ_f= 0.01）ですが、β-ガラクトシダーゼと反応することにより、強蛍光性を示します。量子収率Φ_fを比較することにより、酵素反応前後での発光量の違いが定量的に求められます。

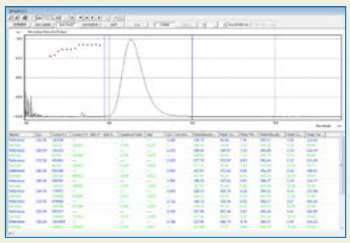
※ データ提供：東京大学 大学院薬学系研究科薬品代謝化学教室　浦野 泰照 様

白色LED用蛍光材料（BAM）



BAM測定画面

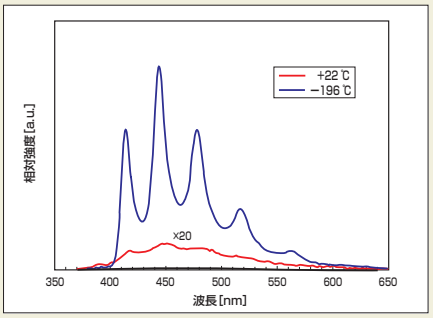
C9920-02Gの波長スキャンモードにて得られたBAMの測定例です。各励起波長における発光量子収率値、励起光及びサンプルの発光強度、ピーク波長、ピークカウントなどが表示されます。



BAM粉末データ

BAMの発光量子収率を励起波長に対してプロットした図です。BAMの発光量子収率値が励起波長によって異なっていることが分かります。

−196 ℃(77 K)におけるベンゾフェノンのりん光量子収率



測定例

ベンゾフェノンの有機溶媒中におけるりん光量子効率を常温（+22 ℃(295 K)）と低温（−196 ℃(77 K)）で測定し、両者の比較を行いました。ベンゾフェノンは基底状態から励起一重項状態への光励起後、高い収率（Φ_{ISC}〜1.0）で励起三重項状態を生成することが知られています。

一般的な有機化合物では、りん光は禁制遷移のために常温で観測が困難とされますが、ベンゾフェノンでは弱いながらもりん光スペクトルが観測されました（Φ_p〜0.01）。一方、極低温では常温に比べ、りん光強度が大幅に増加し、高いりん光量子収率（Φ_p>0.8）を示すことが分かりました。

※ 群馬大学大学院工学研究　応用化学・生物化学専攻　飛田研究室との共同研究

多岐にわたるユーザーの要望に応え
4種類のシステムをラインアップ

仕　様

■ C9920-02、-02G、-03、-03G

型名	C9920-02	C9920-02G	C9920-03	C9920-03G
PL計測波長範囲	300 nm～950 nm		400 nm～1100 nm	
分光器光源				
励起光源	150 W　Xe光源			
励起波長	250 nm～800 nm	250 nm～950 nm	375 nm～800 nm	375 nm～1000 nm
バンド幅	10 nm以下(FWHM)	約2 nm～5 nm (スリットによる可変)	10 nm以下(FWHM)	5 nm以下(FWHM)
サンプル光劣化防止	メカニカルシャッタによる励起光遮断			
励起波長制御	手動	自動	手動	自動
マルチチャンネル分光器				
測定波長範囲	200 nm～950 nm		350 nm～1100 nm	
波長分解能	＜2 nm		＜2.5 nm	
受光素子チャンネル数	1024 ch			
素子冷却温度	−15 ℃			
AD分解能	16 bit			
分光器光学配置	ツェルニターナ型			
ファイバタイプ	バンドルファイバ(1.5 m)			
ファイバ受光面積	Φ1 mm			
積分球				
材質	スペクトラロン			
サイズ	3.3型(インチ)			
サンプルホルダ（オプション）				
薄膜	シャーレ フタ無(5個)　A10095-01が必要　※基板は含みません			
粉末	シャーレ フタ付(5個)　A10095-03が必要			
溶液（常温）	治具 PL溶液計測用　A10104-01が必要			
溶液（低温）	−196 ℃(77 K)、サンプルホルダ 極低温計測用　A11238-01が必要			
温度制御	室温～+300 ℃ 、サンプルホルダ 温度制御用 A13924-03とコントローラ 温度制御用　C13923-01が必要			
サンプル容器（オプション）				
粉末	シャーレ フタ付(5個)　A10095-03が必要			
溶液（常温）	枝付セル(3本)　A10095-02が必要			
溶液（低温）	−196 ℃(77 K)、サンプルチューブ 極低温計測用（5本）　A10095-04が必要			
ソフトウエア				
測定項目	発光量子収率測定			
	蛍光体発光効率測定(量子収率×吸収率)			
	量子収率の励起波長依存性(-02G、-03G対応)			
	発光スペクトル(ピーク波長、FWHM)			
	PL励起スペクトル(-02G、-03G対応)			
	色計測(色度、色温度、演色性 など)			
	自己吸収補正(光学系 透過･蛍光計測用(極低温対応) A11238-03が必要)			

■ データ解析装置(オプション)

型名	C15163-01
OS	Windows® 11 Pro
インターフェース	USB 2.0、USB 3.0

オプション部品や構成品の追加により多彩な測定対象に対応

オプション

サンプルホルダ

溶液用

- **治具 PL溶液計測用**　A10104-01
- **サンプルホルダ 極低温計測用**　A11238-01
  溶液サンプルを液体窒素冷却するために使用します。
- **光学系 透過・蛍光計測用（極低温対応）**　A11238-03
  溶液や薄膜の発光スペクトル、透過スペクトルを測定するための光学系です。

粉末用

- **サンプルホルダ 温度制御用**　A13924-03
  粉末サンプルの温度を最大300 ℃まで設定することが可能です。
  白色LED用の蛍光体などを実際の使用環境に近い状態で測定可能です。
  温度制御範囲：室温～+300 ℃対応
  ※コントローラ 温度制御用 C13923-01が必要となります。

サンプル容器

溶液用

- **枝付セル（3本）**　A10095-02
- **サンプルチューブ 極低温計測用（5本）**　A10095-04
  液体窒素温度で溶液サンプルを計測する場合に利用します。

粉末用

- **シャーレ フタ無（5個）**　A10095-01
- **シャーレ フタ付（5個）**　A10095-03
  粉末を計測する場合に利用します。蛍光発光を抑えた合成石英製で1セット5個入りとなります。
  サンプルホルダ PL測定用 A9924-01で使用します。

その他

- **コントローラ 温度制御用**　C13923-01
  サンプルホルダ 温度制御用 A13924-03と組み合わせて、温度制御を行うために使用します。

励起光源

LED励起用アダプタ

- **アダプタ 量子収率LED励起用**　A11133
  LEDによる励起を可能にするためのアダプタです。砲弾型およびSMD型に対応しています。
  LEDおよび駆動電源はお手持ちのものをご使用ください。

C9920-02、-03からC9920-02G、-03Gへのアップグレード

分光器

- **分光器（自動制御電動）**　A10080-02
  キセノン光源を波長選択するための分光器です。発光量子収率の励起波長依存性測定やPL励起スペクトル測定が可能になります。
  ・励起波長：250 nm～1000 nm
  ・バンド幅：約2 nm～5 nm（スリットによる可変）

キセノンランプは、お手持ちの物をご使用ください。

保守品・メンテナンス

- **サンプルホルダ PL測定用**　A9924-01
  追加用のサンプルホルダです。C9920-02、-02G、C9920-03、-03Gには、標準で1個添付されています。

- **デュワビン 極低温計測用**　A11238-02
  溶液サンプルを液体窒素冷却するためのデュワビンです。
- **スペア部品 A9924-01用**　A11372-01
- **スペア部品 A10612-01（溶液用）**　A11372-02
- **キセノンランプ**　L14971
  キセノン励起光源の交換用バルブです。

- **PMA-12（検出器）シャッタ追加**
  お手持ちのPMA-12（検出器）を使用して有機EL量子収率を測定する場合、外部シャッタコントロールのために機能追加が必要です。
- **感度校正**
  精度の高い計測を維持するために、定期的な感度補正データの再取得をお薦めします。

極微弱光測光、分光測光技術により
蛍光寿命を測定

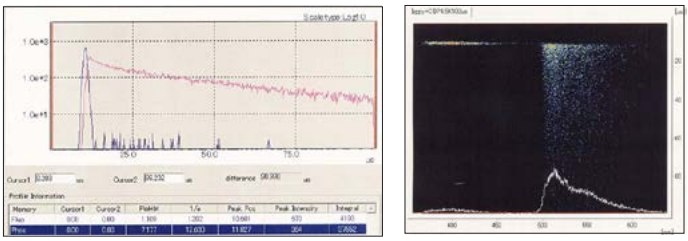
関連製品

物質の蛍光寿命は量子収率とも密接に関係しており、光物理過程を解明する上で重要なパラメータです。
当社の微弱光測光、分光測光技術を組み合わせ、紫外～近赤外領域において最適なシステムを提供します。

ピコ秒蛍光寿命測定用ストリークカメラ

レーザとストリークカメラとの組み合わせにより、ピコ秒～ミリ秒の蛍光、りん光寿命を高ダイナミックレンジで測定します。計測結果は、波長軸／時間軸からなる２次元の画像として観測されるため、蛍光成分、りん光成分それぞれの寿命を視覚的にとらえることができます。

◆ りん光材料の時間分解発光スペクトル測定例



▲ りん光材料 $Ir(ppy)_3$：ホストCBP薄膜の4.5 Kにおける時間分解発光スペクトルの蛍光、りん光減衰曲線 、およびストリーク像
データ提供：九州大学 最先端有機光エレクトロニクス研究センター　安達 千波矢 様

- Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国、日本およびその他の国における登録商標または商標です。
- その他の記載商品名、ソフトウエア名等は該当商品製造会社の商標または登録商標です。
- カタログに記載の測定データにおけるご提供者の氏名・所属等は、現在と異なる場合があります。
- カタログに記載の分光感度特性グラフは代表例を示すもので、保証するものではありません。
- カタログに記載の測定例は代表例を示すもので、保証するものではありません。
- カタログの記載内容は2024年３月現在のものです。本内容は改良のため予告なく変更する場合があります。

浜松ホトニクス株式会社　www.hamamatsu.com

□ 仙台営業所　〒980-0021　仙台市青葉区中央3-2-1（青葉通プラザ11階）　TEL（022）267-0121　FAX（022）267-0135
□ 東京営業所　〒100-0004　東京都千代田区大手町2-6-4（常盤橋タワー 11階）　TEL（03）6757-4994　FAX（03）6757-4997
□ 中部営業所　〒430-8587　浜松市中央区砂山町325-6（日本生命浜松駅前ビル）　TEL（053）459-1112　FAX（053）459-1114
□ 大阪営業所　〒541-0052　大阪市中央区安土町2-3-13（大阪国際ビル10階）　TEL（06）6271-0441　FAX（06）6271-0450
□ 西日本営業所　〒812-0013　福岡市博多区博多駅東1-13-6（いちご博多イーストビル５階）　TEL（092）482-0390　FAX（092）482-0550

□ システム営業推進部　〒431-3196 浜松市中央区常光町812　TEL（053）431-0150　FAX（053）433-8031

Cat. No. SSMS0015J21
MAR/2024 HPK