

技術資料

キセノンフラッシュランプ



キセノンフラッシュランプ

キセノンフラッシュランプは、瞬間的な高いピーク出力を有するパルス点灯光源です。

小型で発熱が少なく取り扱いが容易などの優れた特長を有しており、紫外域から赤外域まで（160 nm ～ 7500 nm）の連続スペクトルにより、分析からイメージングまで幅広い用途に応用できます。

浜松ホトニクスは、高品質・高精度なキセノンフラッシュランプを提供します。専用設計されたトリガソケット・電源などの周辺機器、さらにはそれらを一体化したモジュールを用意しており、キセノンフラッシュランプの特性を最大限に引き出します。

1	構造	P04
1-1	陽極・陰極	
1-2	トリガプローブ	
1-3	スパーク	
1-4	照射窓	

2	動作	P06
2-1	発光原理	
2-2	回路構成	

3	特性	P07
3-1	発光パルス波形	
3-2	遅延時間（ディレイ時間）と時間的フラツキ（ジッタ時間）	
3-3	主放電電流	
3-4	発光スペクトル分布	
3-5	輝度特性	
3-6	配光特性	
3-7	ランプ入力エネルギー	
3-8	光出力安定性	
3-9	光出力安定化へのアプローチ	

4	寿命	P19
---	----	-----

5	電磁ノイズ	P20
---	-------	-----

6	トリガソケット	P21
6-1	構成	
6-2	動作	

7	電源	P22
7-1	主放電電源部	
7-2	トリガ電源部	
7-3	設計上の注意	

8	応用例	P24
8-1	水質分析	
8-2	大気分析・ガス分析	
8-3	鉱物 / 宝石検査	
8-4	色分析	
8-5	半導体検査・プロセスコントロール	
8-6	食品検査	
8-7	検体検査（血液・尿）	
8-8	紫外～可視分光分析	
8-9	高速液体クロマトグラフ	
8-10	MTPリーダ	
8-11	イメージングフローサイトメトリ	

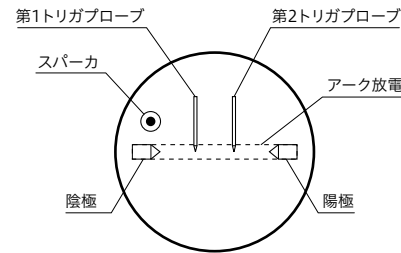
キセノンフラッシュランプは、高純度キセノンガスを封入したランプです。ガラス製または金属製の封体内には陽極・陰極・トリガプローブ・スパークが組み込まれています。キセノンフラッシュランプモジュールは、金属製の筐体内にキセノンフラッシュランプとトリガソケット・電源などの周辺機器が内蔵されています。



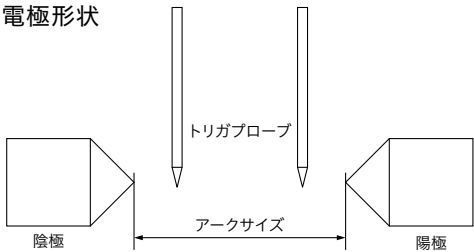
1-1 陽極・陰極

陽極と陰極は独自設計した電極であり、電子放出能力が高い・動作温度が低い・電極の消耗が少ないなどの特長を有しています。電極形状は円錐状になっており、先端部に電界を集中させて高安定な発光が得られるように設計されています。陽極－陰極間の距離はアークサイズと呼び、その距離に応じたアーク放電が形成されます。

■ 図1 内部構造



■ 図2 電極形状



1-2 トリガプローブ

発光を安定的に起こすための電極です。電極形状は針状になっており、先端部に電界が集中するように設計されています。トリガプローブの本数はアークサイズによって異なります。

1-3 スパーク

キセノンフラッシュランプを確実に発光させるための電極です。

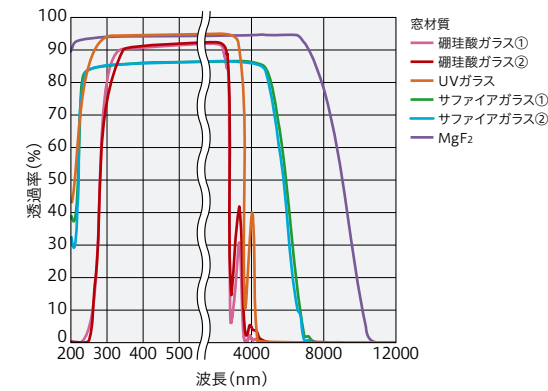
1-4 照射窓

放射波長範囲は窓材質によって異なります。

■ 表1 各窓材質の透過波長範囲

窓材質	透過波長範囲 (nm)
UVガラス	185 ～ 2500
硼珪酸ガラス	240 ～ 2500
サファイアガラス	190 ～ 5000
MgF ₂	160 ～ 7500

■ 図3 各窓材質の透過率 (代表値)

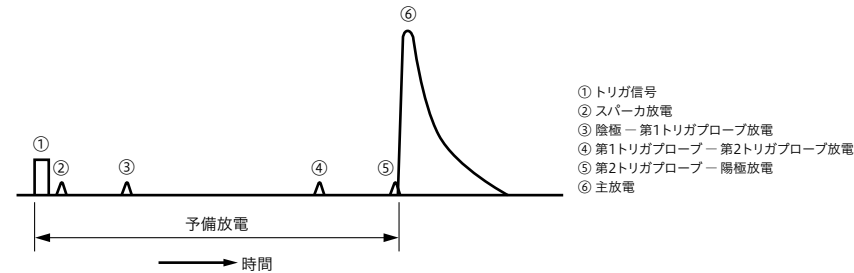


2-1 発光原理

キセノンフラッシュランプの発光は、陽極 - 陰極間の放電によって生じます。この放電を主放電と呼び、安定した主放電は予備放電によって形成されます。予備放電は、トリガ電圧と呼ばれるスパイク状の電圧を陰極・スパーク・トリガプローブ・陽極の各電極に供給することで形成されます。

キセノンフラッシュランプは、トリガ信号に同期して発光します。トリガ信号を入力すると、トリガ電圧が各電極に供給されると同時にスパークで放電が行われて紫外線を放射します。この紫外線により、各電極から光電子が放出されて高純度キセノンガスをイオン化します。次に、陰極 - 第1トリガプローブ間で放電が生じます。この後、各トリガプローブ間で放電が生じて予備放電が形成されます。陽極 - 陰極間の主放電はこの後直ちに予備放電に沿って起こります。

■ 図4 発光動作(アークサイズ 3.0 mm)

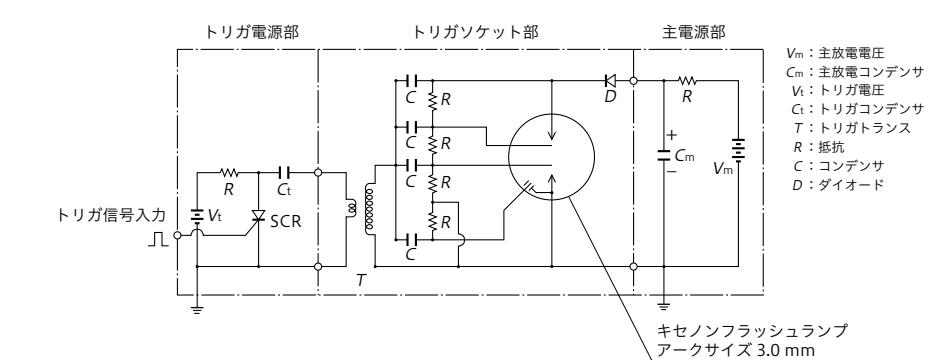


トリガ信号の入力から発光に移るまで一定の時間があり、これはアークサイズ(トリガプローブ本数)・封入ガス圧などによって異なります。

2-2 回路構成

キセノンフラッシュランプは、以下回路構成図で示すようにトリガソケット・電源と組み合わせて動作させます。キセノンフラッシュランプモジュールではそれらが一体化されています。

■ 図5 回路構成図例



キセノンフラッシュランプ



トリガソケット



専用電源



キセノンフラッシュランプモジュール

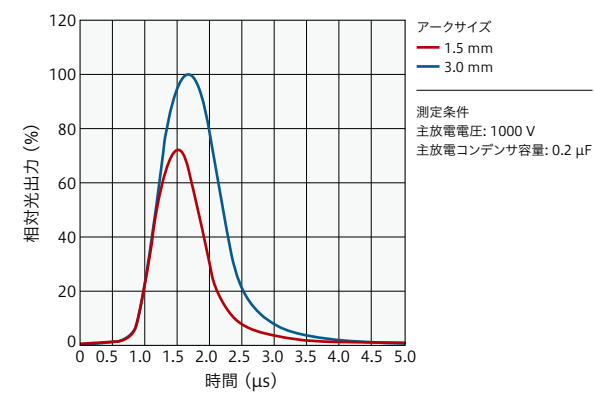
3-1 発光パルス波形

発光パルス波形は、アークサイズ・主放電電圧・主放電コンデンサ容量とキセノンフラッシュランプ - 主放電コンデンサ間のインダクタンス(トリガソケットのケーブル長など)によって決まります。

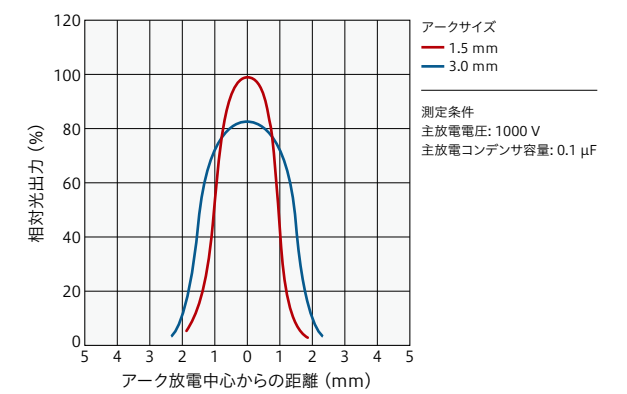
(1) アークサイズによる違い

アークサイズが長いと広い発光パルス幅(長い発光時間)で高い光出力が得られます。一方、アークサイズが短いと高い輝度が得られます。

■ 図6 発光パルス波形(代表値)



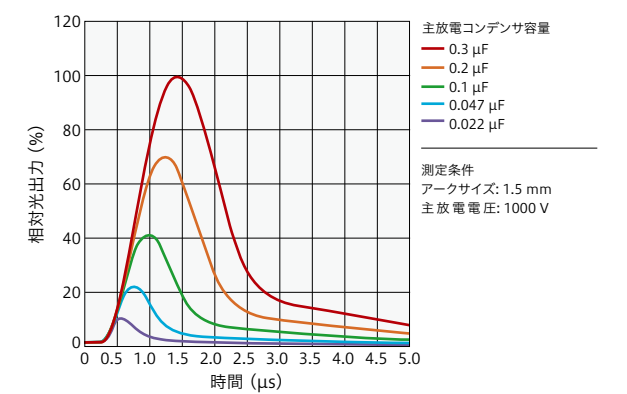
■ 図7 輝度特性(代表値)



(2) 主放電コンデンサ容量による違い

主放電コンデンサ容量が大きいと最大ランプ入力エネルギーが高くなり、高い光出力が得られるとともに、発光パルス幅が広がります(発光時間が長くなります)。

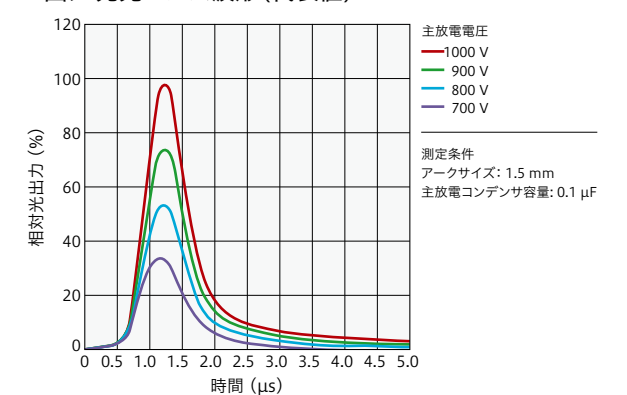
■ 図8 発光パルス波形(代表値)



(3) 主放電電圧による違い

主放電電圧が大きいと最大ランプ入力エネルギーが高くなり、高い光出力が得られます。主放電コンデンサ容量による違いとは異なり、発光パルス幅(発光時間)は変わりません。

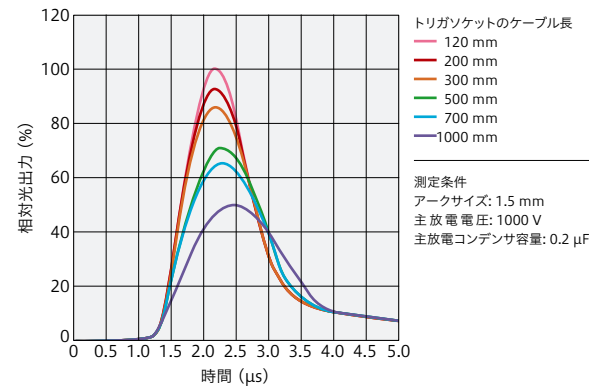
■ 図9 発光パルス波形(代表値)



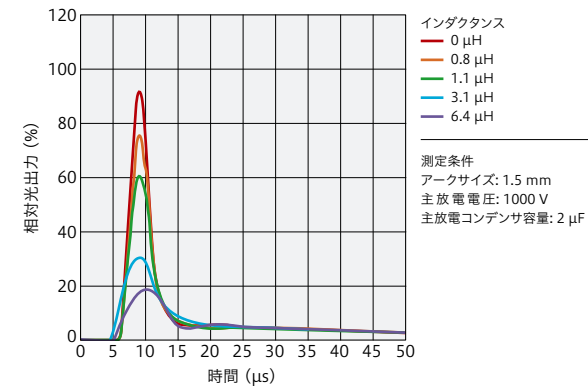
(4) インダクタンスによる違い

キセノンフラッシュランプ - 主放電コンデンサ間のインダクタンス(トリガソケットのケーブル長など)が変わることにより、発光パルス波形は変化します。

■ 図10 発光パルス波形(代表値)
・トリガソケットのケーブル長による違い

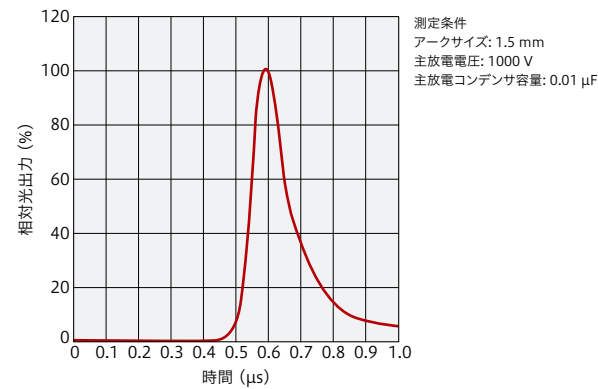


■ 図11 発光パルス波形(代表値)
・キセノンフラッシュランプ - 主放電コンデンサ間に挿入したコイルによる違い

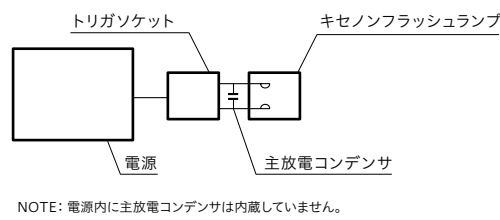


発光パルス幅(発光時間)を短くするにはインダクタンスを小さくする必要があります。そのためには、キセノンフラッシュランプ - 主放電コンデンサ間のケーブル長を短くする方法とキセノンフラッシュランプに主放電コンデンサを直接取り付けする方法があります。キセノンフラッシュランプに主放電コンデンサ(0.01 μF)を直接取り付けた場合、半値幅は約150 nsとなります。

■ 図12 発光パルス波形(代表値)
・キセノンフラッシュランプに主放電コンデンサ(0.01 μF)を直接取り付けた場合



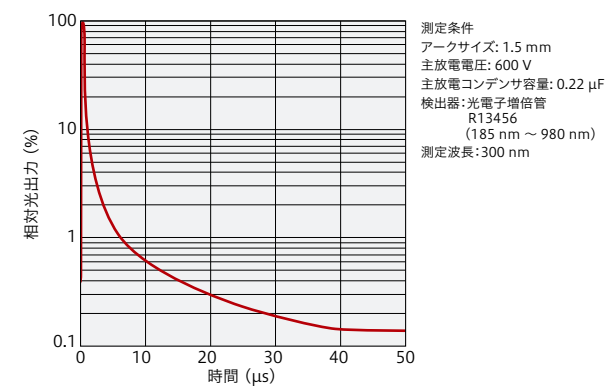
セットアップ構成



(5) 発光時間とイオン消滅時間

封入した高純度キセノンをイオン化して発光するため、消光するまでの時間はランプ入力エネルギーなどによって変わります。イオンが消滅するまでの時間が約400 μsのキセノンフラッシュランプの場合、消光までの時間は約30 μsとなります。

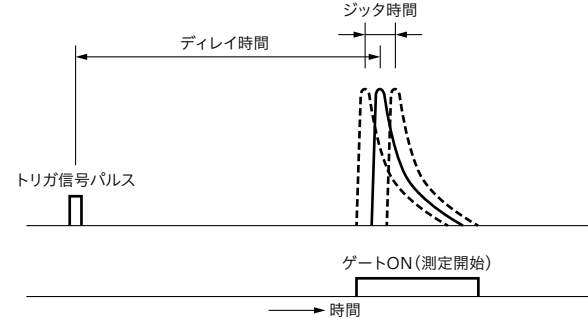
■ 図13 発光パルスの立ち下がり時間(代表値)
・5 Wキセノンフラッシュランプモジュール(L9455-01)



3-2 遅延時間(ディレイ時間)と時間的フラツキ(ジッタ時間)

発光パルスはトリガ信号の入力から数μs後に生じます(ディレイ時間)。また、発光のタイミングには発光パルスごとに数百nsの時間的な揺らぎ(ジッタ時間)が生じます。ディレイ時間とジッタ時間は、キセノンフラッシュランプの予備放電時間・主放電電圧や電源のトリガ系部品(フォトカプラ・サイリスタの応答時間など)によって異なります。そのため、高精度な測定にはディレイ時間とジッタ時間を考慮して、計測回路の信号取込時間を設定する方法(A/Dコンバータのゲートは開くなど)をとる必要があります。

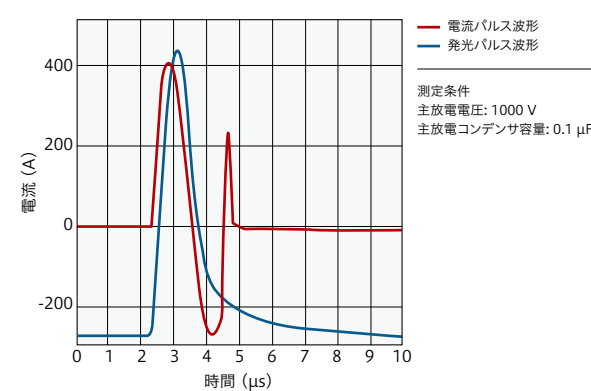
■ 図14 発光動作



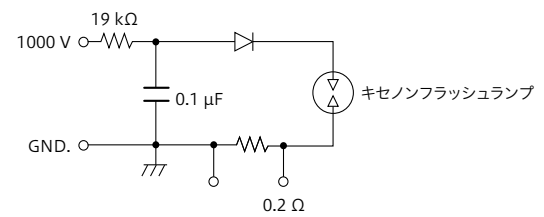
3-3 主放電電流

主放電電圧 1000 V、主放電コンデンサ容量 0.1 μFの場合、400 A以上のランプピーク電流が流れます。そのため、ダイオードを陽極側に挿入することでリングングを抑えとともに、電源の故障を防止し、ランプの点灯性を向上させます。

■ 図15 主放電電流波形(代表値)



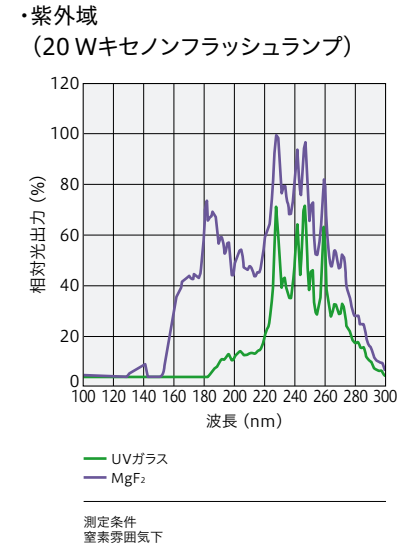
セットアップ構成



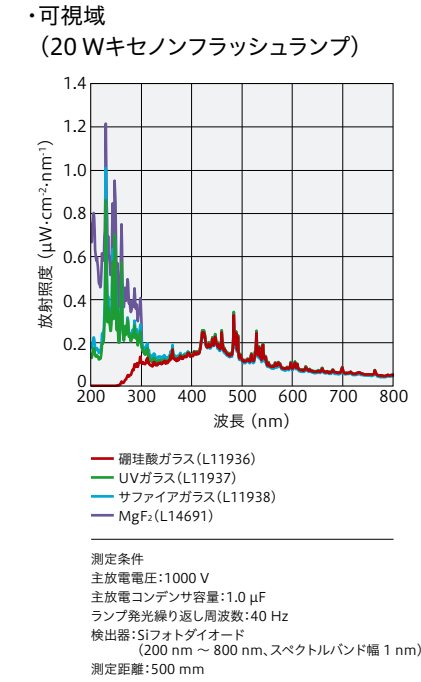
3-4 発光スペクトル分布

紫外域から赤外域まで(160 nm ～ 7500 nm)連続したキセノンガス特有の輝線スペクトルを有しています。この発光スペクトルは、封入ガス圧やランプ入力エネルギーなどにより変化します。また、窓材質の透過率によっても異なります。

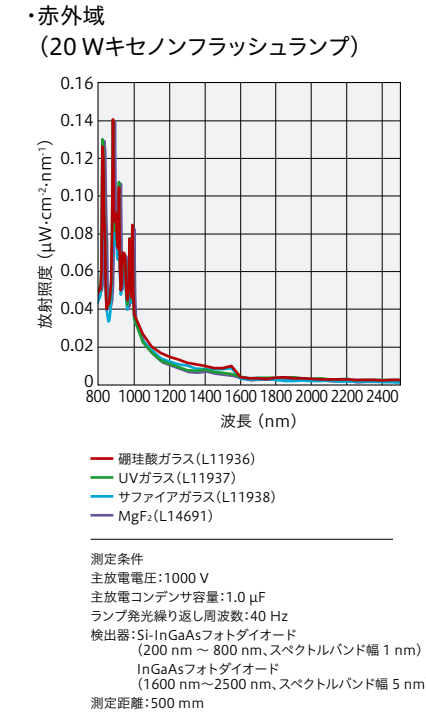
■ 図16 発光スペクトル分布 (代表値)



■ 図17 分光放射照度 (代表値)



■ 図18 分光放射照度 (代表値)



発光スペクトル分布は、ランプの電流密度に大きく依存します。低電流では赤外域が増強されて、高電流では紫外域が増強されます。以下の計算式が示すように、ランプピーク電流と主放電電圧は比例関係にあります。

■ ランプ平均電流

$$I_{rms} = \frac{C_m V_m}{\sqrt{t \cdot 1/3 / f}} = C_m V_m \sqrt{\frac{t}{t \cdot 1/3}}$$

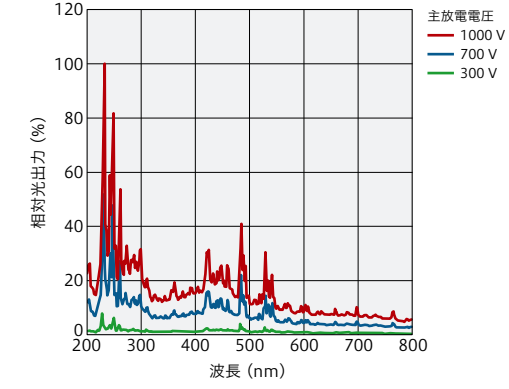
■ ランプピーク電流

$$I_{pk} = V_m \sqrt{C_m / L} = \frac{\pi C_m V_m}{t \cdot 1/3}$$

C_m : 主放電コンデンサ容量
 V_m : 主放電電圧
 $1/f$: 周期
 $t \cdot 1/3 = \pi \sqrt{L C_m}$ = 電流1/3パルス幅
 $L = \frac{1}{\pi^2 f^2 C_m}$: 0.5 μH (回路のインダクタンス)

■ 図19 分光放射照度 (代表値)

・主放電コンデンサ容量を一定 (0.1 μF) にして主放電電圧を変化させた場合

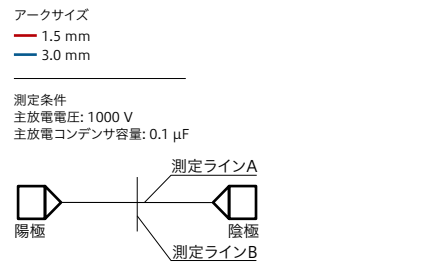
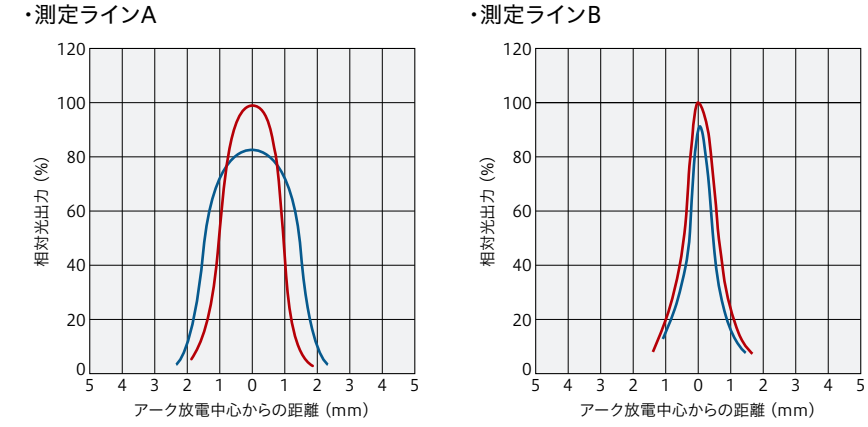


主放電電圧 (V)	ランプ入力エネルギー (mJ)
1000	50.0
700	24.0
300	4.5

3-5 輝度特性

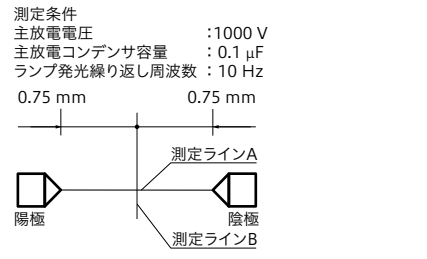
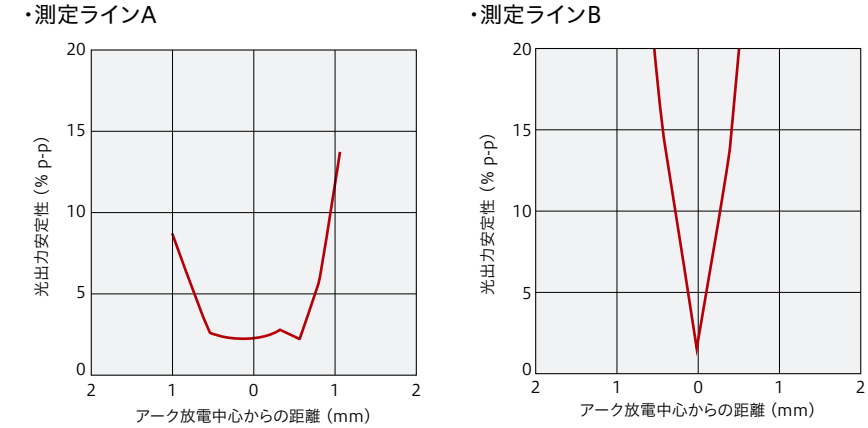
輝度はアークサイズによって異なり、アークサイズが短いと輝度が高くなります。一方、アークサイズが長いと全放射光量が高くなります。

■ 図20 輝度特性 (代表値)

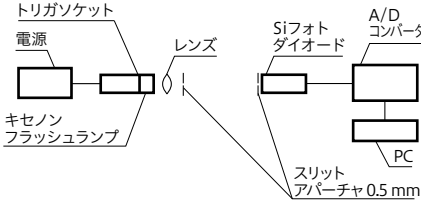


キセノンフラッシュランプの光出力安定性は位置によって異なります。輝度はアーク放電中心部が最も高く、輝度安定性についても同様にアーク放電中心部が最も安定しています。例えば、凸レンズや凹面鏡を用いて集光した上でファイバやスリット・アパーチャに光を通す光学系を用いるなど、安定性が求められる用途に対してはアーク放電中心部の光のみの使用を推奨しています。

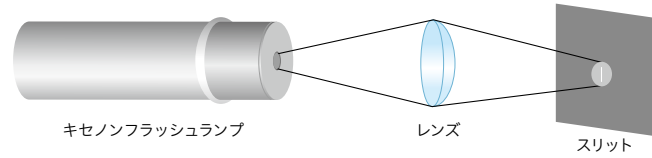
■ 図21 輝度安定性 (代表値)



セットアップ構成



■ 図22 放射光取り込み例

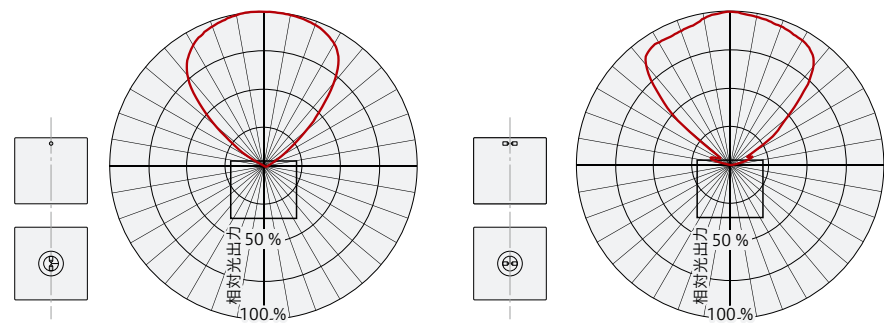


3-6 配光特性

配光特性は窓材質には依らず、ランプの形状やアークサイズに依存します。

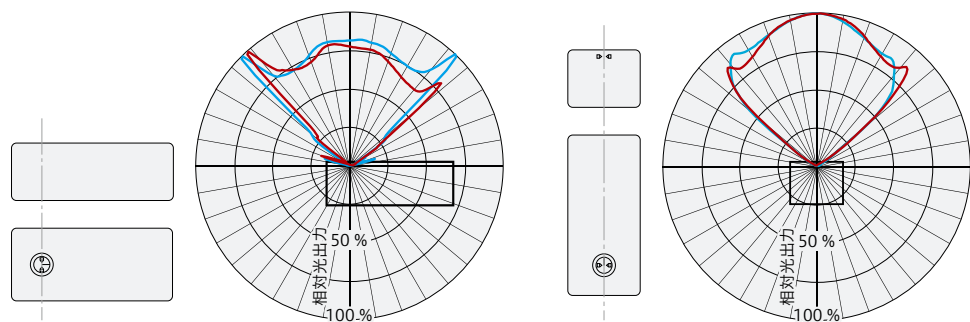
■ 配光分布 (代表値)

・図23 2 Wキセノンフラッシュランプモジュール(L13651-01)



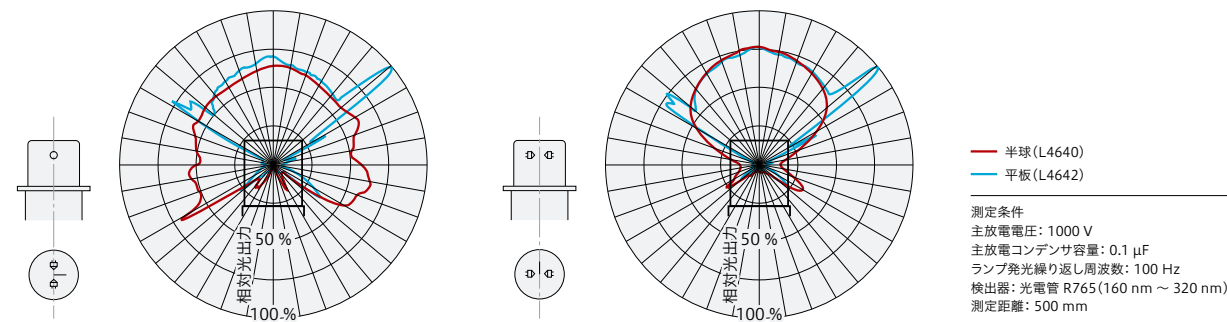
測定条件
主放電電圧: 600 V
主放電コンデンサ容量: 0.141 μ F
ランプ発光繰り返し周波数: 79 Hz
検出器: 光電管 R765 (160 nm ~ 320 nm)
測定距離: 500 mm

・図24 5 Wキセノンフラッシュランプモジュール



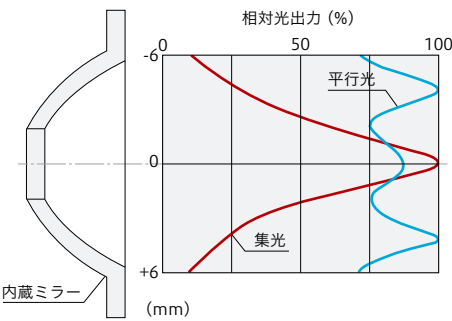
測定条件
主放電電圧: 600 V
主放電コンデンサ容量: 0.22 μ F
ランプ発光繰り返し周波数: 126 Hz
検出器: 光電管 R765 (160 nm ~ 320 nm)
測定距離: 500 mm

・図25 10 Wキセノンフラッシュランプ



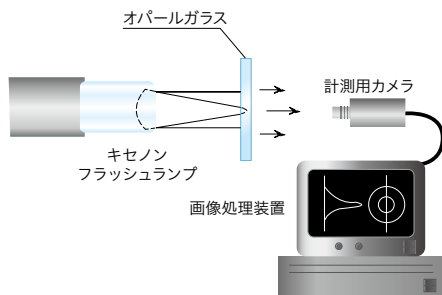
測定条件
主放電電圧: 1000 V
主放電コンデンサ容量: 0.1 μ F
ランプ発光繰り返し周波数: 100 Hz
検出器: 光電管 R765 (160 nm ~ 320 nm)
測定距離: 500 mm

・図26 15 Wキセノンフラッシュランプ

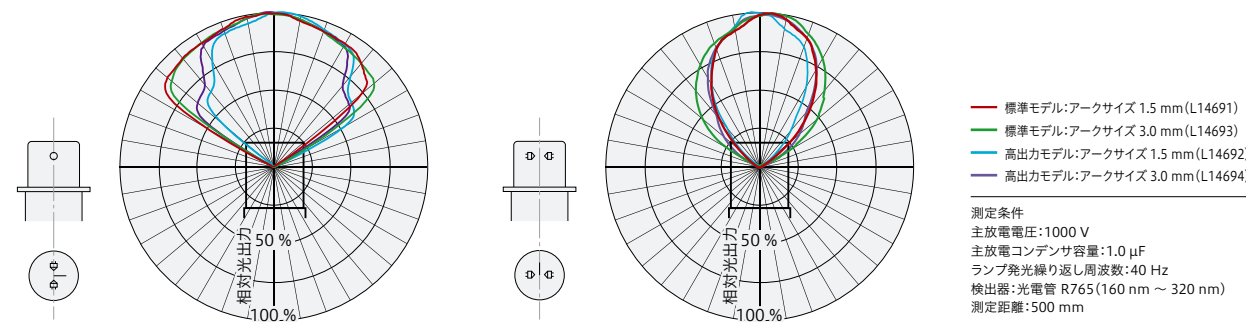


測定方法

集光タイプの配光特性はミラーの焦点位置にオパールガラス板を設置して測定します。また、平行光タイプの配光特性はオパールガラス板をキセノンフラッシュランプから10 mmの位置に設置して測定します。

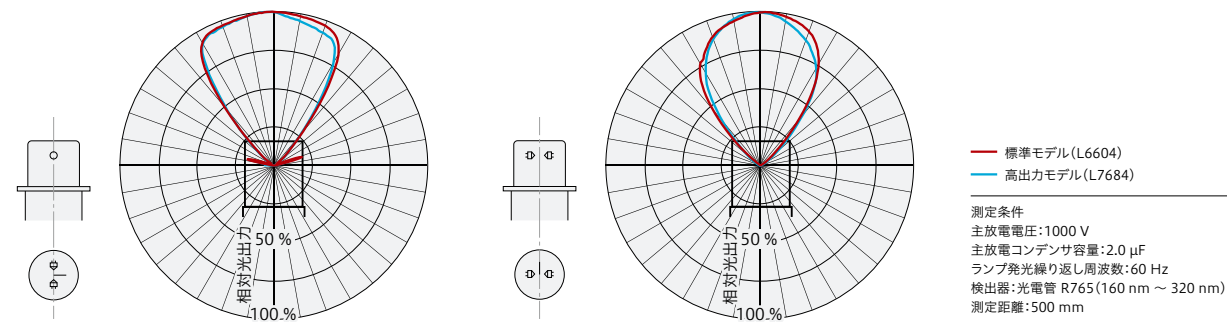


・図27 20 Wキセノンフラッシュランプ・20 Wキセノンフラッシュランプモジュール



測定条件
主放電電圧: 1000 V
主放電コンデンサ容量: 1.0 μ F
ランプ発光繰り返し周波数: 40 Hz
検出器: 光電管 R765 (160 nm ~ 320 nm)
測定距離: 500 mm

・図28 60 Wキセノンフラッシュランプ



測定条件
主放電電圧: 1000 V
主放電コンデンサ容量: 2.0 μ F
ランプ発光繰り返し周波数: 60 Hz
検出器: 光電管 R765 (160 nm ~ 320 nm)
測定距離: 500 mm

3-7 ランプ入力エネルギー

光出力はランプ入力エネルギーに比例しています。高安定な発光パルスを得るために、弊社ではランプ入力エネルギーを規定しています。最大ランプ入力エネルギー(1フラッシュ)と最大ランプ発光繰り返し周波数は以下の計算式を応用することで求められます。

$$E = 1/2 \times C_m \times V_m^2$$

E : ランプ入力エネルギー(1フラッシュ)(J)
 P : 平均ランプ入力(連続)(W)

C_m : 主放電コンデンサ容量(F)
 V_m : 主放電電圧(V)
 f : ランプ発光繰り返し周波数(Hz)

$$P = E \times f$$

例えば、20 Wキセノンフラッシュランプを推奨専用電源 C13316-10(主放電コンデンサ容量 1.0 μF (10⁻⁶ F))を使用して主放電電圧 1000 Vで動作させると、最大ランプ入力エネルギー(1フラッシュ)は計算式から以下のように0.5 Jと求められます。

$$E = 1/2 \times 10^{-6}(F) \times 1000(V)^2 = 0.5(J)$$

また、上記の場合20 Wキセノンフラッシュランプの最大ランプ発光繰り返し周波数は計算式から以下のように40 Hzと求められます。

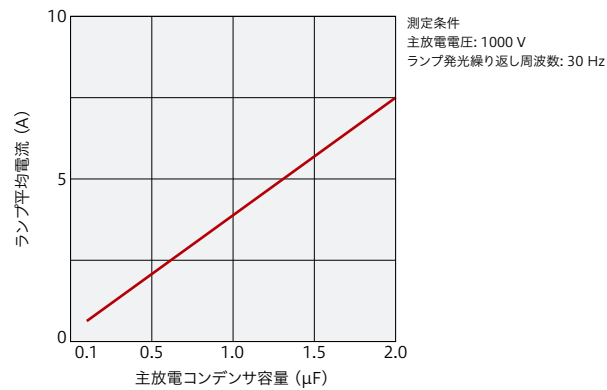
$$f = 20(W) / 0.5(J) = 40(Hz)$$

ランプを選択する際は、最大ランプ入力エネルギーと最大ランプ発光繰り返し周波数を考慮して、最大平均ランプ入力(連続)が定格を超えないようにする必要があります。

主放電コンデンサ容量を変えた場合のランプ平均電流とランプピーク電流は以下ようになります。

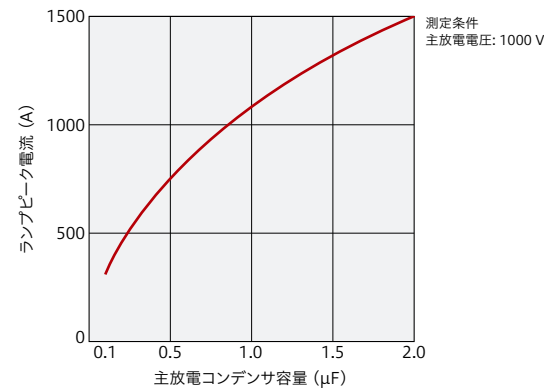
■ 図29 ランプ平均電流(代表値)

・主放電コンデンサ容量を変えた場合



■ 図30 ランプピーク電流(代表値)

・主放電コンデンサ容量を変えた場合



3-8 光出力安定性

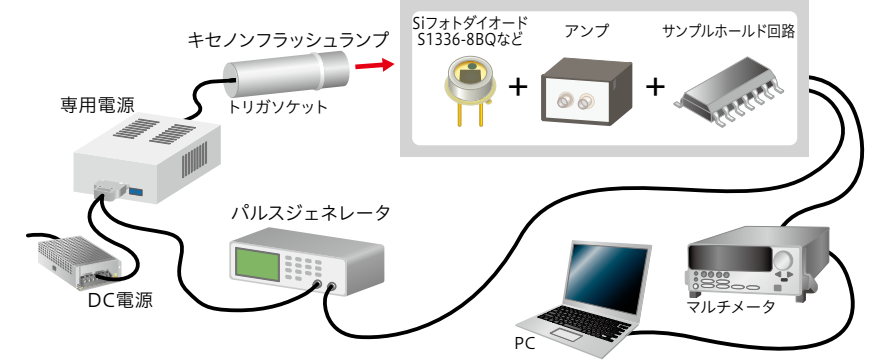
光出力安定性は、1フラッシュごとの光出力強度の変動で表されており、平均値に対する最大値と最小値の差(p-p)と平均値に対するデータのばらつきの大きさ(CV)で規定しています。

$$\text{光出力安定性}(\% CV) = \text{光出力標準偏差} / \text{平均光出力} \times 100$$

$$\text{光出力安定性}(\% p-p) = (\text{最大光出力} - \text{最小光出力}) / \text{平均光出力} \times 100$$

光出力安定性の測定には、リアルタイムに近い状態で評価するためにサンプルホールド回路を用いています。キセノンフラッシュランプの発光パルスを受光器(Siフォトダイオード)に入射させて、演算増幅器を用いて光電流を積分します。この積分値をサンプルホールド回路を用いて直流的な値として測定しています。弊社のサンプルホールド回路は、発光パルス波形の立ち下がりにおけるピーク出力の約80 %の値で信号を保持するように設定しています。発光パルスの急峻な立ち上がりではなく、緩やかな立ち下がり信号を保持することで、キセノンフラッシュランプのディレイ時間とジッタ時間の影響を最小限に抑えることができます。

■ 図31 セットアップ構成

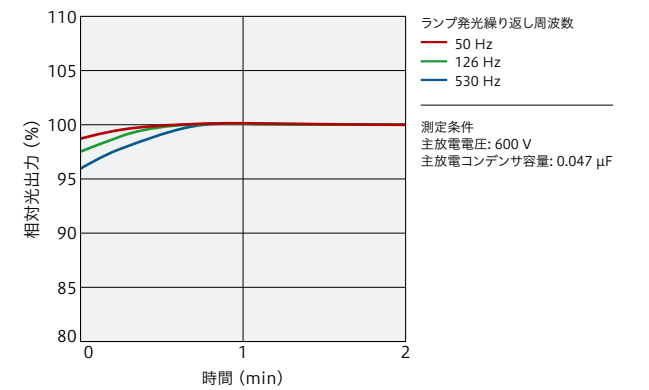


(1) 点灯初期の光出力安定性

点灯直後に全出力を放射しますが、点灯初期の光出力安定性は製品や動作条件などによって異なります。連続動作の場合、光出力が安定するまでに数分掛かります。これは封入ガス圧が点灯後に温度上昇に伴って変化するためです。ランプ発光繰り返し周波数が高いほど最大光出力になるまでに時間を要しますが、他のランプに比べると発熱が少ないため、点灯初期のウォームアップ時間(安定動作までの時間)が抑えられます。ランプ発光繰り返し周波数が高くて点灯時間が短い間欠点灯(バーストモード)で使用する場合には、温度による大きな初期変動はありません。

■ 図32 点灯初期の光出力安定性(代表値)

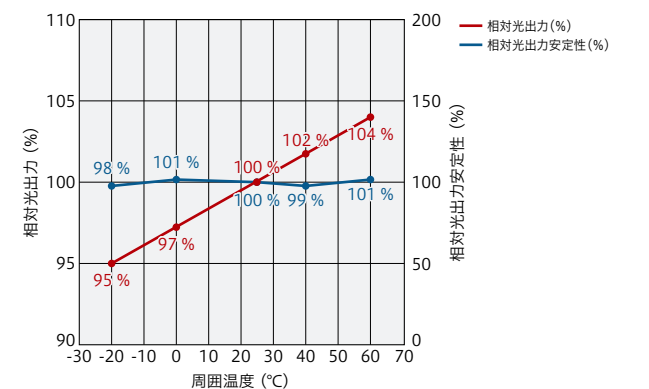
・5 Wキセノンフラッシュランプモジュール



(2) 周囲温度による違い

光出力強度は周囲温度によって変化します。封入ガス圧の変化に伴い、発光効率が変化するため、安定した特性を得るには周囲温度の変化を極力少なくする必要があります。

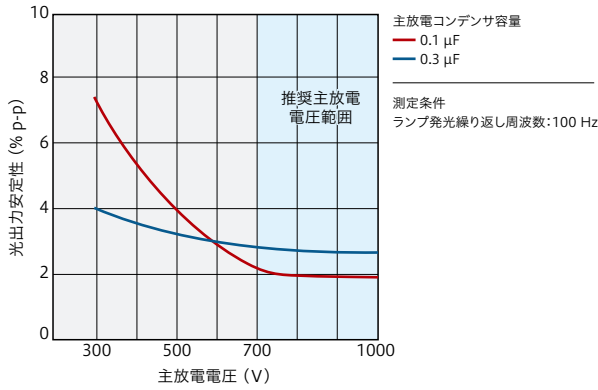
■ 図33 光出力安定性(代表値)



(3) 主放電電圧による違い

光出力安定性は主放電電圧によって異なります。推奨主放電電圧範囲外では光出力安定性が大きくなるため、推奨主放電電圧範囲内で使用してください。

■ 図34 光出力安定性(代表値)



(4) トリガエネルギーによる違い

光出力安定性は予備放電の安定性に依存します。トリガエネルギーが高すぎると不安定になり、低すぎると点灯性が悪くなります。弊社専用電源ではトリガエネルギーを以下のように設定しています。キセノンフラッシュランプの不安定という特長を生かすためには、このトリガエネルギーに留意して設計する必要があります。

■ 表2 専用電源のトリガエネルギー

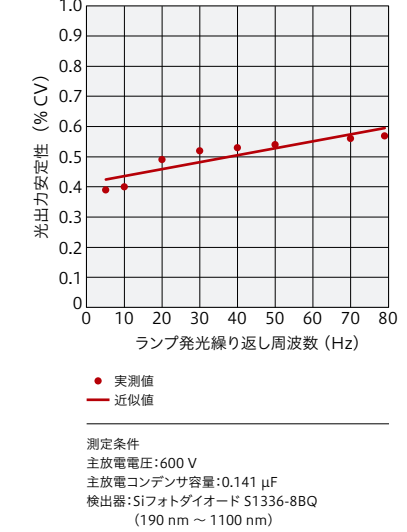
最大平均ランプ入力(連続) (W)	トリガ電圧(DC) (V)	トリガコンデンサ容量(μF)	トリガエネルギー (mJ)
10	140	0.22	2.2
15	170	0.22	3.2
20	170	0.22	3.2
60	180	0.22	3.6

(5) ランプ発光繰り返し周波数による違い

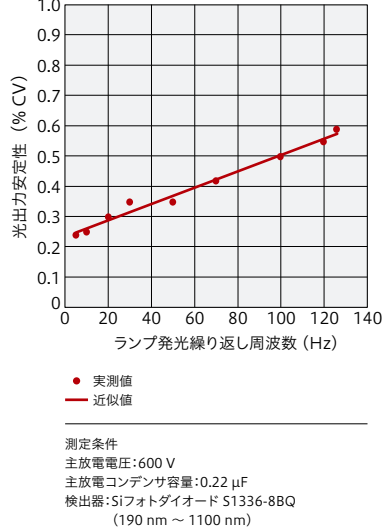
ランプ発光繰り返し周波数は低いほど安定した光出力が得られます。ただし、高い安定性と点灯性で動作させるために、適切なランプ入力エネルギーとトリガエネルギーを供給した上で、ランプ発光繰り返し周波数は10 Hz以上を推奨しています。
以下に最大ランプ入力エネルギーにおけるランプ発光繰り返し周波数別の光出力安定性を示します。

■ 光出力安定性(代表値)

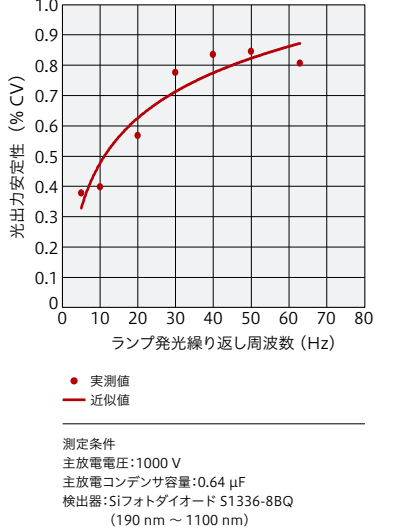
・図35 2 Wキセノンフラッシュランプモジュール



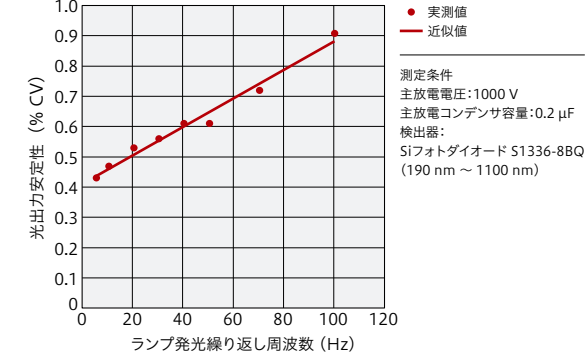
・図36 5 Wキセノンフラッシュランプモジュール



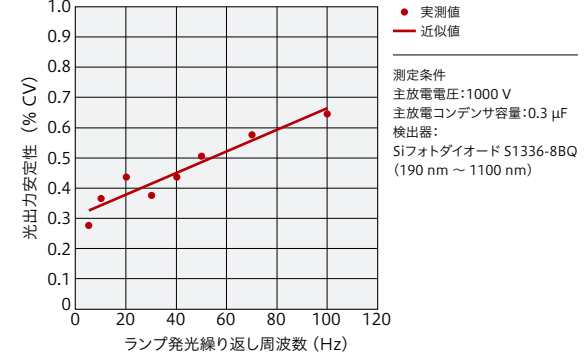
・図37 20 Wキセノンフラッシュランプモジュール



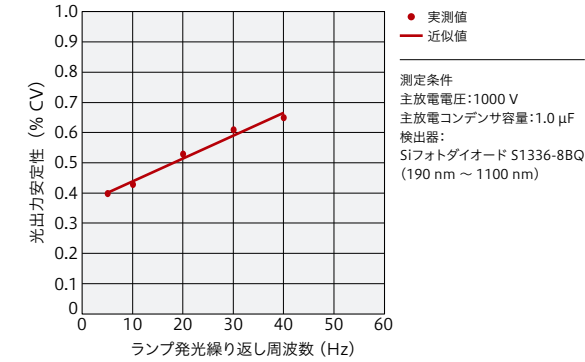
・図38 10 Wキセノンフラッシュランプ



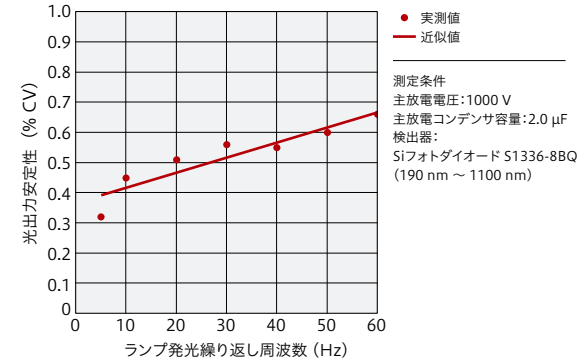
・図39 15 Wキセノンフラッシュランプ



・図40 20 Wキセノンフラッシュランプ



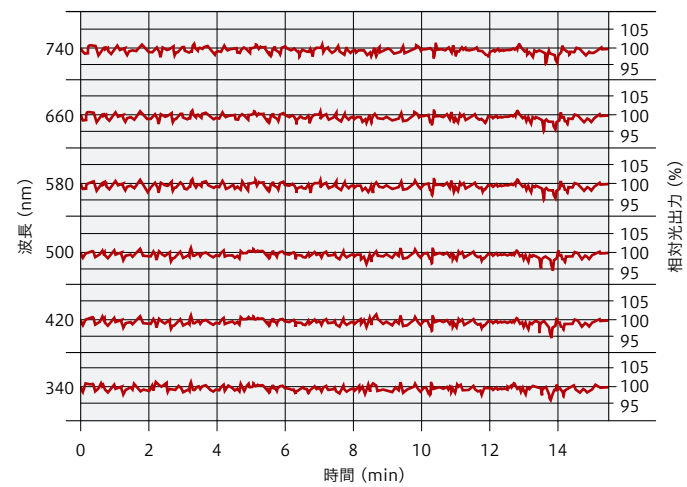
・図41 60 Wキセノンフラッシュランプ



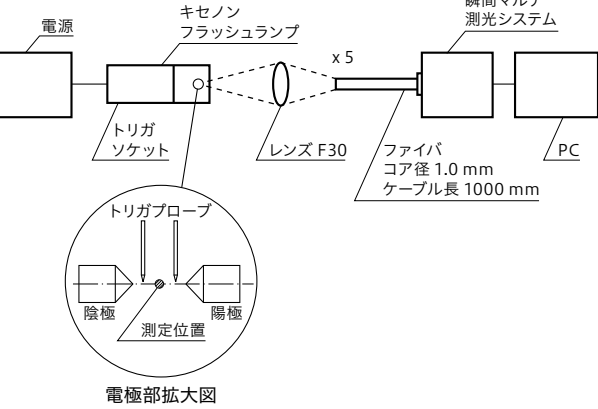
(6) 波長による違い

波長別の光出力安定性を見ると1フラッシュごとにほぼ同じ動きをしています。この特長は1波長を参照信号とし、もう1つの波長をサンプル信号とした分光分析法によるSN比の高い測定を可能にします。

■ 図42 光出力安定性(代表値)



セットアップ構成



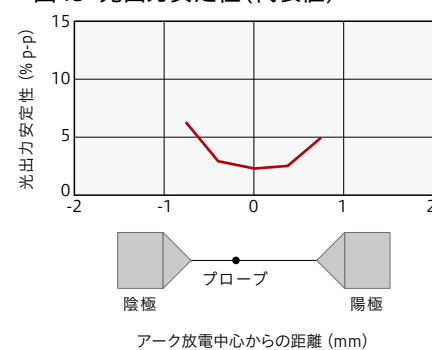
3-9 光出力安定化へのアプローチ

キセノンフラッシュランプを高い光出力安定性で使用するためには、以下の点に留意してください。

(1) アーク中心の光を使用する。

キセノンフラッシュランプはアーク放電の計測位置によって光出力安定性が異なり、アーク放電の中心に近いほど光出力安定性の高い光が取り出せます。

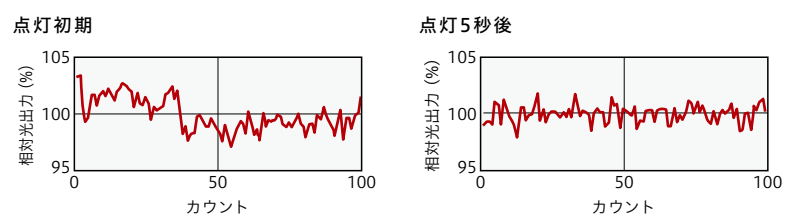
■ 図43 光出力安定性(代表値)



(2) 点灯初期の光を使用しない。

キセノンフラッシュランプは点灯初期のウォームアップ時間(安定動作までの時間)を避けることで光出力安定性の高い光が取り出せます。

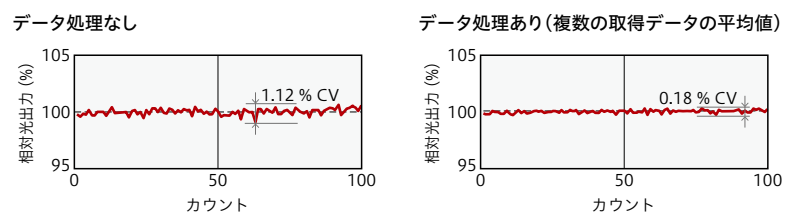
■ 図44 光出力安定性(代表値)



(3) データを平均化する。

データ処理により複数の取得データを平均化することで、光出力安定性が改善されます。

■ 図45 光出力安定性(代表値)



(4) 照射窓を下に向けて取り付けない。

照射窓を下に向けた取付は推奨していません。
ランプ内部からの汚れが照射窓に付着して、光出力の低下などを招く可能性があります。

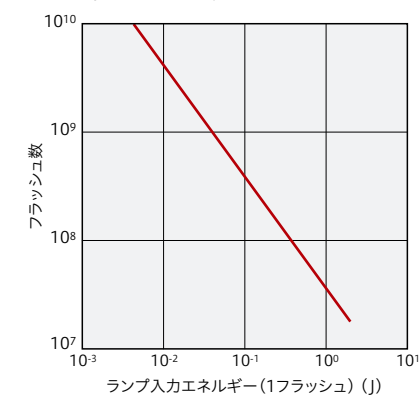
トリガソケットおよび電源を設計する場合、以下の点に留意して設計してください。

主放電電圧の変動は光出力に影響しますので、高い安定性を有する直流電源を使用してください。また、キセノンフラッシュランプは点灯後、一定時間残留イオンが存在します。例えば、ランプ入力エネルギー 0.05 J の場合、イオン消滅時間は約400 μ sとなります。残留イオンの消滅時間はランプ入力エネルギーが高いほど長くなります。イオン消滅時間以上の速さで点灯させるとキセノンフラッシュランプが連続放電して不安定な動作をするため、使用条件に応じた残留イオンの消滅時間を考慮して、主放電コンデンサへの充電時間を設定してください。また、高安定に動作させるためにトリガエネルギーは適切な数値を設定してください。

寿命はランプ入力エネルギー(1フラッシュ)に大きく依存しており、一般的にランプ入力エネルギー(1フラッシュ)が大きいほど、寿命が短くなる傾向にあります。また、一般的に短波長側の光出力低下が大きい傾向にあります。

■ 図46 ランプ入力エネルギー別寿命特性(代表値)

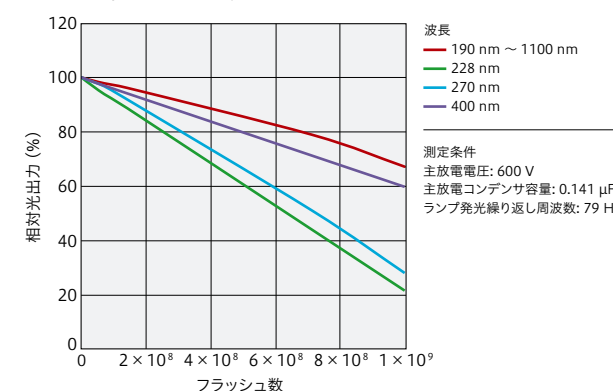
・10 Wキセノンフラッシュランプ



NOTE: 10 Wキセノンフラッシュランプの特性保証ランプ入力エネルギー範囲は0.01 J ~ 0.1 Jです。

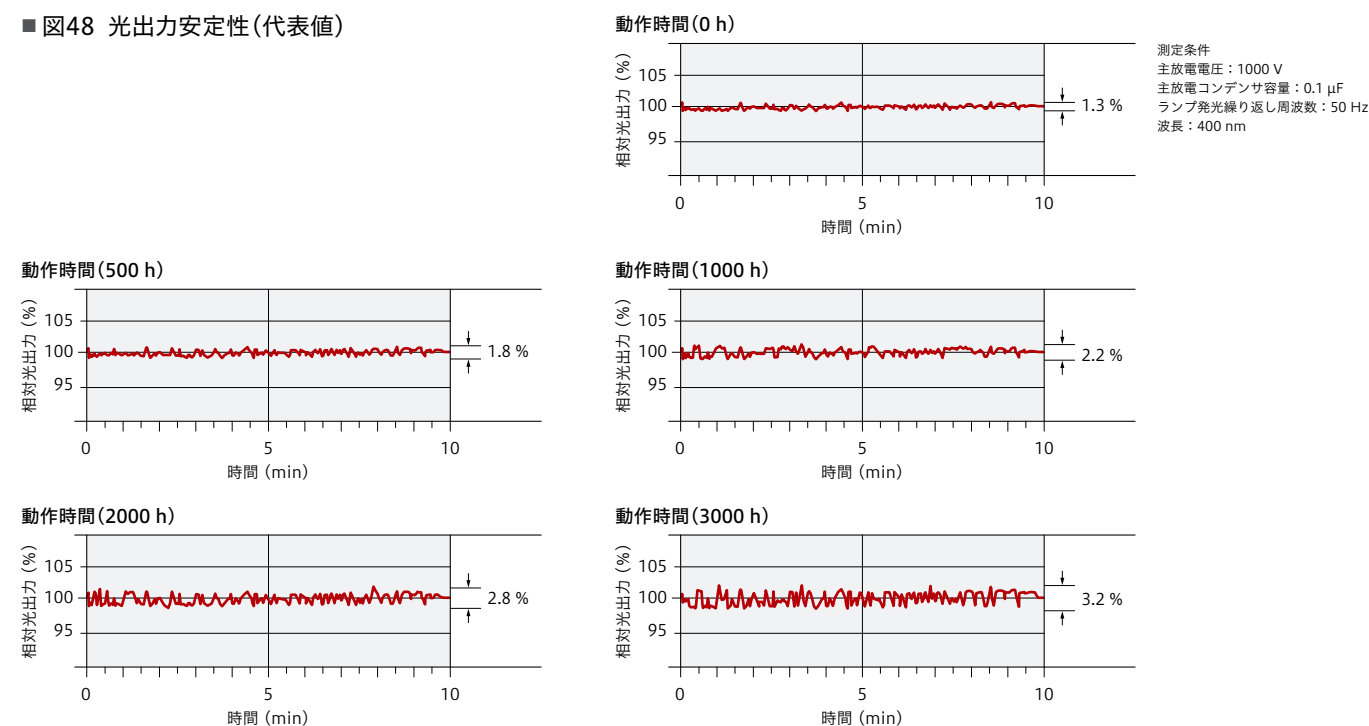
■ 図47 波長別寿命特性(代表値)

・2 Wキセノンフラッシュランプモジュール



保証寿命は製品ごとに異なります。保証寿命の定義は、規定の動作条件下で190 nm ~ 1100 nmでの光出力が初期値の50 %に低下した時点、または光出力安定性が仕様のMax.の値を超えた時点としています。

■ 図48 光出力安定性(代表値)

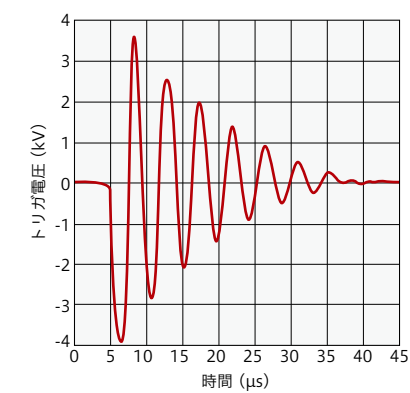


5 電磁ノイズ

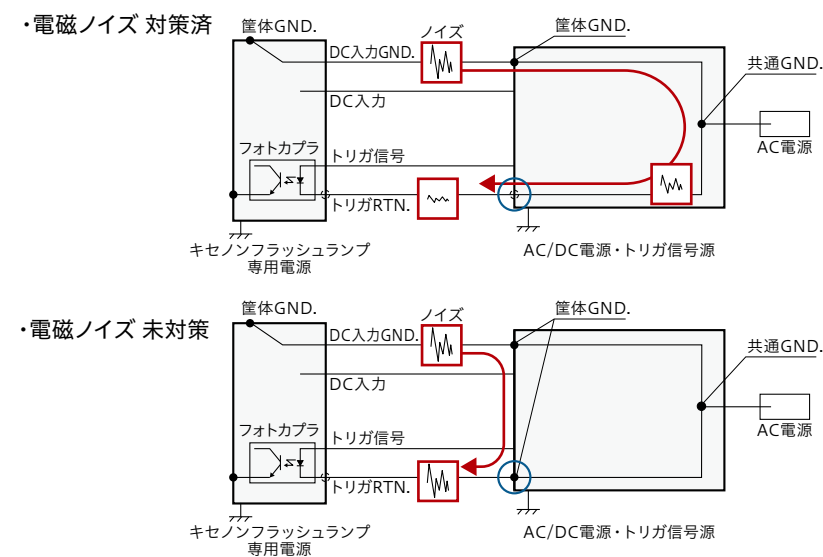
キセノンフラッシュランプは1フラッシュに5 kV p-p ～ 7 kV p-pのトリガ電圧が供給されます。また、主放電が起きると、瞬間的に数百Aの電流が流れて、それに伴う電磁ノイズが発生します。

電磁ノイズ対策が不十分な例として、トリガRTN.とDC電源のGND.が筐体などで導通している場合が挙げられます。その場合、電磁ノイズは筐体や共通GND.を介してトリガRTN.に伝搬して、キセノンフラッシュランプ専用電源が正しいパルス波形を検出できず、キセノンフラッシュランプが不点灯となります。電磁ノイズ対策として、共通GND.をノイズ源から遠ざけることにより、トリガRTN.への電磁ノイズの伝搬を最小限に抑えることが可能です。キセノンフラッシュランプ専用電源では、フォトカプラを用いてトリガRTN.とDC電源のGND.を絶縁することにより、トリガRTN.への電磁ノイズの伝搬を防いでいます。

■ 図49 トリガ波形(代表値)



■ 図50 GND.の電磁ノイズ対策



周辺機器への影響を考慮して、以下のような電磁ノイズ対策を行うことが望ましいです。

- (1) ランプおよびトリガソケットは、金属のシールドボックスに入れる。
- (2) トリガソケットはシールド線タイプを使用する。
- (3) 電源・モジュールの筐体に必ずGND.を接続する。その際、受光器のGND.とは分けて接続する。
- (4) 電源・モジュールへの入力ケーブルは、シールド処理を行ったものを使用する。
例えばD-subコネクタを使用する場合、入力ケーブルのシールド線とコネクタカバーの接続部は、メタルテープなどの導電性材料にて確実に接触するように加工する。

■ 20 Wキセノンフラッシュランプ専用電源 GND.端子接続例
筐体とGND.端子を接続してください。



■ D-sub入力コネクタケーブル シールド処理例
シールド線とコネクタカバーが確実に接触するようにメタルテープで加工してください。

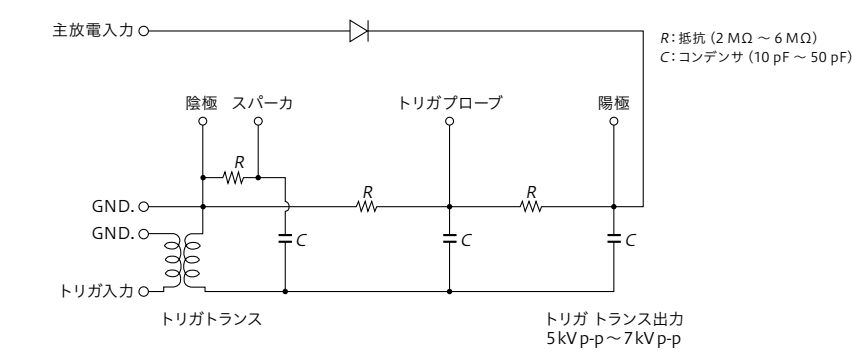


6 トリガソケット

6-1 構成

キセノンフラッシュランプの動作にはトリガソケットが必要です。トリガソケットは高電圧発生トランス(トリガトランス)・分圧抵抗・バイパスコンデンサおよびダイオードより構成されています。キセノンフラッシュランプモジュールには、トリガソケットと同じ回路構成が内蔵されています。

■ 図51 回路構成例(1本プローブ用)



6-2 動作

トリガトランスの一次側の入力に100 V ～ 300 V(2.8 mJ以下)のパルス電圧を供給すると、二次側に5 kV p-p ～ 7 kV p-pの高電圧パルスが発生します。この発生したパルス電圧は、バイパスコンデンサを通り、スパーク・トリガプローブの各電極に供給されて予備放電が形成されます。続いて、所定の電圧が供給された陰極・陽極の電極に主放電が形成されます。トリガソケット内の各分圧抵抗・バイパスコンデンサの値は安定動作するよう設定してあります。また、主放電側にあるダイオードは波形整形するとともにトリガエネルギーが主放電コンデンサに漏れることを防ぎ、低い電圧でも安定に動作させる役目をしています。

トリガソケットのケーブル長は発光パルス幅(発光時間)・ランプ入力電流・トリガエネルギーに影響します。ケーブル長を長くした場合、発光パルス幅が長くなり、ランプ入力電流とトリガエネルギーは小さくなる傾向にありますので、点灯性が悪化する可能性が高くなります。ケーブル長を短くした場合、発光パルス幅が短くなり、ランプ入力電流が大きくなる傾向にありますので、連続点灯や点灯飛びに加えて、キセノンフラッシュランプの寿命が短くなる可能性があります。そのため、ケーブル長は納入時のままご使用いただくことを推奨しています。また、キセノンフラッシュランプとトリガソケットの出力側(分圧抵抗・バイパスコンデンサ)は、ケーブルなどを使用せずに直接繋いでください。ケーブルなどを介してキセノンフラッシュランプを繋いだ場合、トリガソケットからのトリガエネルギーが小さくなり、点灯性が悪化する可能性が高くなります。

電源は主放電電源部とトリガ電源部から構成されています。

7-1 主放電電源部

主放電電源部は、キセノンフラッシュランプにエネルギーを供給するためのものです。キセノンフラッシュランプの光出力はランプ入力エネルギーにほぼ比例しますので、出力電圧の安定した直流高電圧電源と高品質な主放電コンデンサが必要となります。

7-2 トリガ電源部

キセノンフラッシュランプの安定動作には予備放電も一定でなければなりません。予備放電のためのトリガ電源部は、トリガトランスに供給する電源・スイッチ素子(サイリスタなど)・トリガエネルギーを供給するトリガコンデンサなどからなる制御回路で構成されています。トリガ信号をサイリスタのゲートへ入力すると、トリガコンデンサに充電された電荷がトリガエネルギーとなって放出されて、トリガトランスの一次側へ入力されます。

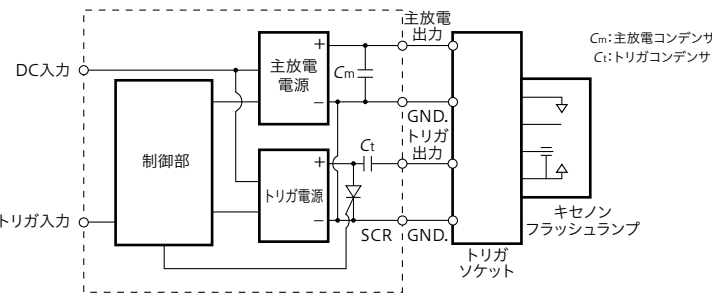
7-3 設計上の注意

キセノンフラッシュランプは点灯後、一定時間残留イオンが存在します。残留イオンの消滅するまでの時間は、封入ガス圧・主放電電圧・主放電コンデンサ容量・アークサイズなどによって異なり、光出力が大きいくほど長くなります。例えば、主放電電圧 1000 V・主放電コンデンサ容量 0.1 μ F・アークサイズ 1.5 mmの場合、イオン消滅時間は約400 μ sとなります。主放電電源からイオン消滅時間以上の速さで主放電電圧を主放電コンデンサに充電すると、トリガの入力に関わらずキセノンフラッシュランプが連続放電して不安定な動作をするため、電源を設計する場合はこの残留イオンの影響を避ける工夫が必要です。

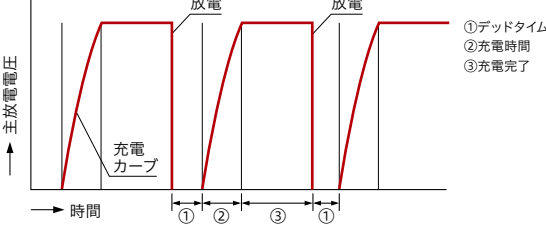
(1) 高速充電式電源(弊社回路方式)

主放電コンデンサへの充電を高速かつ定電流で行います。キセノンフラッシュランプ点灯後、イオン消滅までの間、充電を休止する時間(デッドタイム)を設ける方式です。回路構成が複雑となる欠点がありますが、CR充電方式とは異なり、電流制限直列抵抗の必要がないことから電源損失が少なく、また高繰り返しができるといった特長があります。

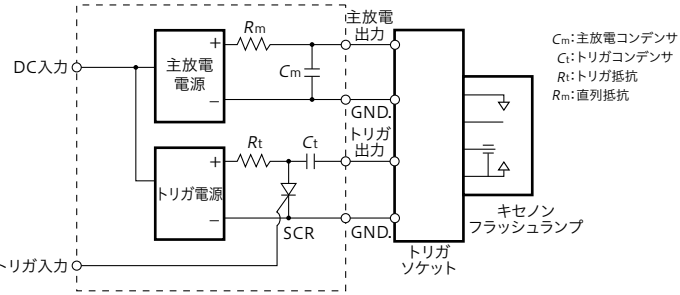
■ 図52 回路構成例



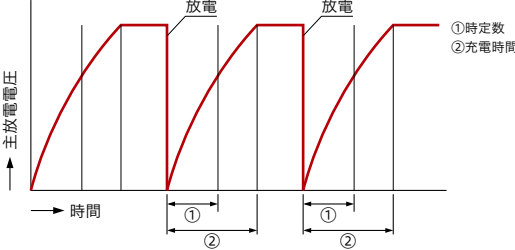
■ 図53 主放電コンデンサ充電波形



■ 図54 回路構成例



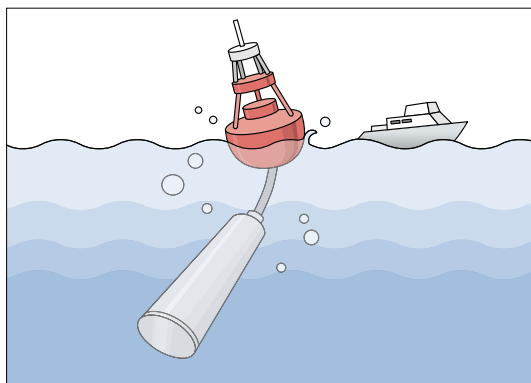
■ 図55 主放電コンデンサ充電波形



8 応用例

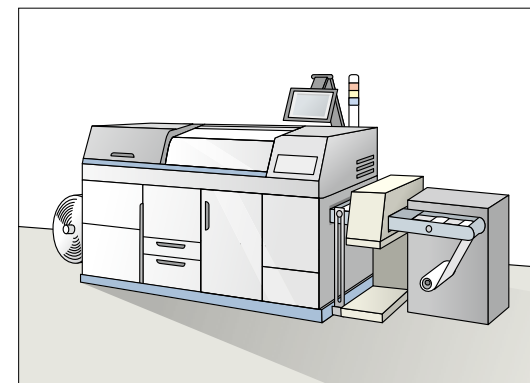
8-1 水質分析

河川・海水・地下水などの水の汚染は、環境悪化や健康被害の原因となります。水を汚染する物質は極めて多く、主な成分については法律などでその基準値と測定方法が規定されています。水質分析にはいくつかの指標や測定手法があり、キセノンフラッシュランプはブロードなスペクトルを生かして、紫外線を用いた吸光法・蛍光法により、全リン・全窒素などの測定に使用されます。



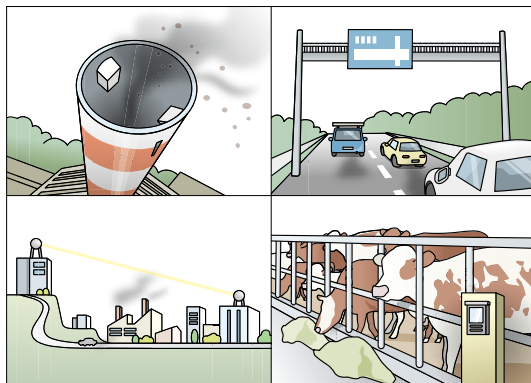
8-4 色分析

人は光を色として認知しており、その色の特定波長の強度を調べるのが分光測色です。キセノンフラッシュランプはブロードなスペクトルにより、印刷物をはじめ、LED・ディスプレイ、食品・薬品、フィルム・フィルタの評価などに広く使用されています。



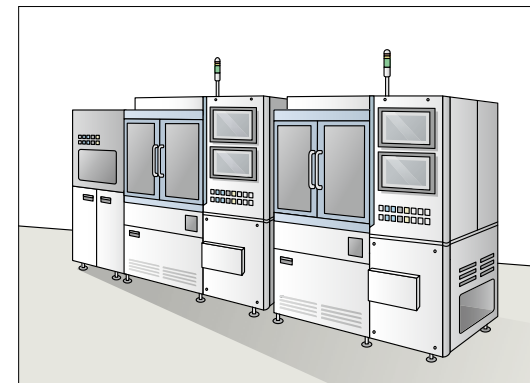
8-2 大気分析・ガス分析

光学式の大気分析・ガス分析には、紫外線を用いる方式と赤外線を用いる方式があります。ガス分子には固有の吸収波長があり、その吸光度を計測することでガスの濃度を計測します。工場の煙突からの有害ガスや大気の汚染レベルの測定では、メンテナンス性を考慮して長寿命な光源が求められていることからキセノンフラッシュランプが適しています。SN比の良い測定ができることも特長の1つです。



8-5 半導体検査・プロセスコントロール

半導体製造装置にはキセノンフラッシュランプの高い光出力を生かすことができます。ウェーハの欠陥検査やエンドポイントモニタなどに使用されています。



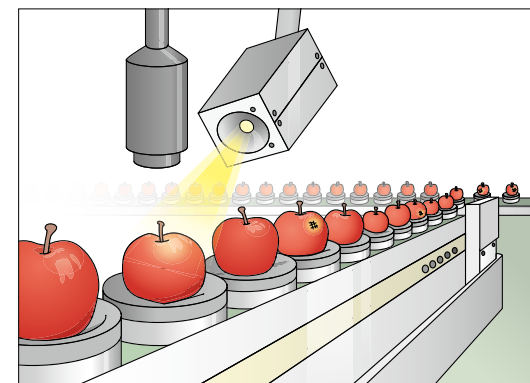
8-3 鉱物 / 宝石検査

鉱物 / 宝石測定では、励起光として紫外線を使用しており、その蛍光・燐光の画像検査やスペクトル測定により、天然物と人工物を見分けます。蛍光・燐光は微弱であるため、励起光は高出力であることが求められています。キセノンフラッシュランプの採用は高いスループットを実現します。



8-6 食品検査

食品検査では、糖分・水分測定、異物検査など、さまざまな品質を判定する必要があります。キセノンフラッシュランプは、中赤外域までブロードなスペクトルを有しており、かつ低発熱なため、サンプルを傷付けずに判定が可能です。今後、スマート農業における現場でのリアルタイム計測への応用が期待されています。



水質分析

大気分析・ガス分析

ガス分析

ガス分析

鉱物 / 宝石検査

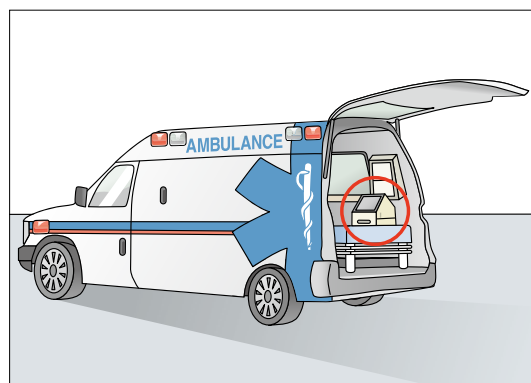
色分析

半導体検査・プロセスコントロール

食品検査

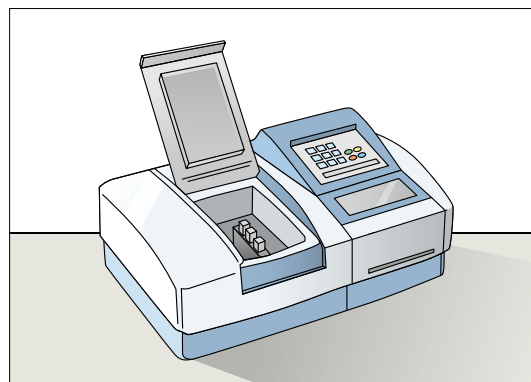
8-7 検体検査(血液・尿)

血液や尿の成分（タンパク質・糖・酸素など）を定量測定する検体検査は、病気診断や治療判定に利用されています。また、測定方法の1つである光の吸光度を用いた手法は幅広く採用されています。キセノンフラッシュランプは小型でありながら、ブロードなスペクトルによりすべての波長域を1つのランプでカバーします。そのため、携帯型分析機器への組み込みが可能となり、POCT（臨床現場即時検査）に貢献します。また、発熱を最小限に抑えられるため、試薬に熱影響を与えることなく正確な測定を可能にします。



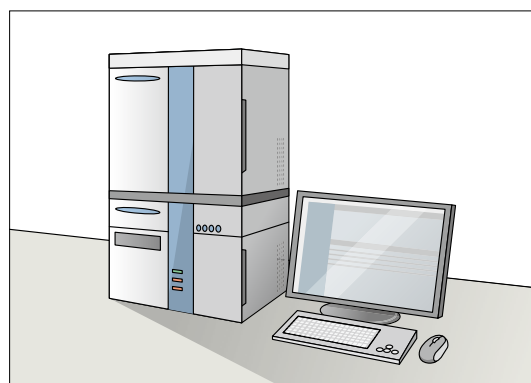
8-8 紫外－可視分光分析

紫外－可視分光分析は、試料の吸収・透過・反射スペクトルを測定することにより、定量・定性分析ができます。キセノンフラッシュランプのブロードなスペクトルを生かすことにより、紫外域から可視域までを1つのランプでカバーすることができます。



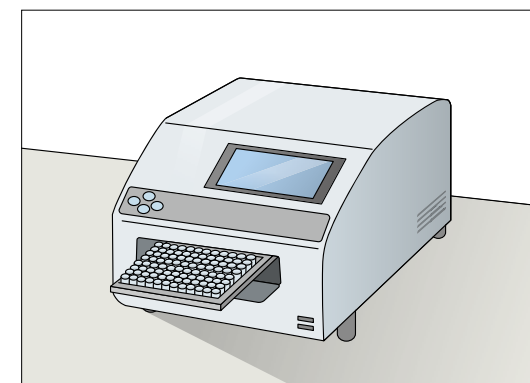
8-9 高速液体クロマトグラフ

高速液体クロマトグラフでは、液体試料内の成分を分離のために流す液体を移動相と言います。移動相は送液ポンプにより、カラム（固定相）から検出器へ一定速度で流れていきます。複数の成分が混合した液体試料をカラム内で分離して、カラム出口に設置した検出器で吸収・蛍光スペクトルを測定することにより、成分の定量・定性分析ができます。高い光出力が求められる蛍光測定にはキセノンフラッシュランプが適しています。



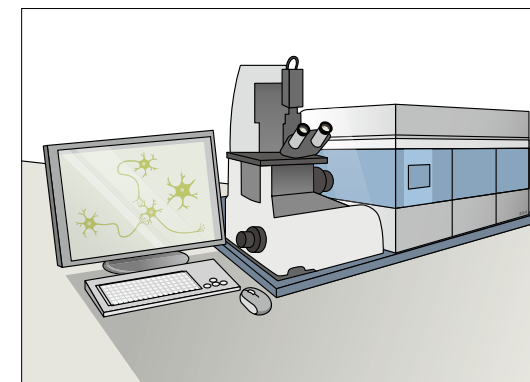
8-10 MTPリーダー

MTPリーダーは、マイクロプレート内の多数の試料の吸光・蛍光・発光スペクトルを測定する必要があるため、セノンフラッシュランプの高い光出力は利点となります。また、MTPリーダーは試料への熱影響を嫌うことから、発熱の少ないキセノンフラッシュランプが選ばれています。



8-11 イメージングフローサイトメトリ

フローセル内を高速に1列で流れる細胞にレーザを照射して、その散乱・蛍光スペクトルを測定することにより、細胞の性質や構造を解析する手法をフローサイトメトリと言います。そのフローサイトメトリに細胞の画像診断機能を加えたイメージングフローサイトメトリには、高速で流れる細胞を正確に捉えるためにキセノンフラッシュランプが使用されます。



検体検査(血液・尿)

紫外－可視分光分析

高速液体クロマトグラフ

MTPリーダー

イメージングフローサイトメトリ

※本資料の記載内容は製品の動作や特性を説明するためのものであり、製品を保証するものではありません。

●本資料の記載内容は2022年11月現在のものです。製品の仕様は、改良等のため予告なく変更することがあります。

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(青葉通ブラザ 11階)	TEL (022)267-0121	FAX (022)267-0135	
☐ 筑波営業所	〒305-0817	つくば市研究学園5-12-10(研究学園スクウェアビル7階)	TEL (029)848-5080	FAX (029)855-1135	
☐ 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	
☐ 電子管営業推進部	〒438-0193	静岡県磐田市下神増314-5	TEL (0539)62-5245	FAX (0539)62-2205	