

# OMA-2 快速测定微秒级脉冲灯的光谱分布和光谱效率

卫禹洲 黄润兰 黄瑞平 董子丰 陈锡荣 张存浩

(中国科学院大连化学物理研究所)

**提要:** 采用 OMA-2 系统, 测定了脉宽为 3 微秒的脉冲氙灯在 2200~8800 Å 波段的光谱分布和光谱效率。

研究了不同放电电压、不同充气压力对脉冲灯光谱输出的影响。结果表明, 随放电电压和充气压力的增加, 脉冲氙灯的紫外光谱效率从 13% 增加到 17% 左右, 紫外总辐射能量也显著提高。

## Quick measurement of spectral distribution and efficiency of $\mu\text{s}$ level flash-lamp using OMA-2 system

Wei Yuzhou, Huang Runlan, Huang Ruiping, Dong Zhifong, Chen Xirong, Zhang Cunhao

(Dalian Institute of Chemical Physics, Academia Sinica)

**Abstract:** By using OMA-2 system (Optical Multichannel Analyzer), the spectral distribution and UV spectral efficiency in 2200 to 8800 Å region of a flash-lamp with a pulse width (FWHM) of about 3  $\mu\text{s}$  have been measured. Only four pulses are required for making each measurement.

The influence of variation of discharge voltage and the gas pressure of the flash-lamp on its spectral distribution has been investigated. The UV spectral efficiency is increased from 13% to 17% with the increasing of discharge voltage and gas pressure. The total UV emission energy also increases appreciably.

### 一、前言

微秒级脉冲闪光灯已广泛地作为泵浦染料激光器、引发化学激光器、光解碘激光器的脉冲光源。为了提高激光器的总体效率, 必须使闪光灯的光谱输出和激光器所需的引发光谱相匹配。采用“光谱仪照相法”进行测

试, 数据处理相当麻烦, 误差也较大; 采用一般光电法, 一次闪光只能测得一个或几个波长的相对光强, 要测出闪光灯的全面光谱分布, 需要许多次的组合才能完成, 加上闪光灯每次闪光的不重复性, 测量误差也较大。

采用 OMA-2 系统进行测量, 可克服上述方法的缺点, 不但一次闪光可同时记录

收稿日期: 1982年3月2日。

500 个波长的光信号, 而且数据处理和操作都非常方便, 测得的光谱曲线又可永久储存在磁盘上。通过记录仪也可随时画出光谱分布图。

## 二、实验系统校正

根据仪器说明书, 1254 型探测头的响应率随波长不同而有很大变化。因此必须对实验系统进行波长响应的校正。我们采用的方法如下: 由中国计量科学院对溴钨灯进行光谱标定, 得到此溴钨灯的标准光谱分布曲线。通过计算机模拟处理, 得到此曲线的拟合方程:

$$\ln E_{\lambda} = -554.3310 + 219.5011 \ln \lambda \\ - 29.3024 (\ln \lambda)^2 + 1.2932 (\ln \lambda)^3 \\ e^{\ln E_{\lambda}} = E_{\lambda}$$

式中,  $E_{\lambda}$  为辐射照度 (瓦·厘米<sup>-2</sup>·10 毫微米),  $\lambda$  为波长 (毫微米)。把此方程输送到 1215 型微处理机, 并把  $\ln E_{\lambda}$  还原为  $E_{\lambda}$ , 得出标准灯的标准光谱分布曲线。然后用本系统对标准灯进行光谱测定, 得到相应的光谱曲线, 将此曲线除以标准曲线, 就得到了整个系统的波长响应曲线。

## 三、实验方法和数据处理

### 1. 实验方法

根据探测头工作波段范围, 我们对脉冲氙灯从 2200 至 8800 Å 分四个波段进行光谱分布测试, 即: (1) 2200~3600 Å (用紫外滤光片); (2) 2200~4600 Å (不用滤光片); (3) 4600~6800 Å (用 4000 Å 以下截止滤光片); (4) 6800~8800 Å (用 6000 Å 以下截止滤光片)。用滤光片可防止光谱线级次重叠和散射光的影响。

实验测定时, 微处理机选用“定时模式 3”, 即在闪光时刻电子束不扫描靶面, 让光信号贮存在靶面上, 然后一次扫描取出信号,

得到测试曲线。将此曲线除以本测试系统的响应曲线, 得到相应的闪光灯的光谱分布曲线。再把此分布曲线和  $F_2$  吸收谱线相乘, 就得到了可被  $F_2$  吸收的有用光谱分布曲线。然后把曲线存贮在磁盘上, 并通过 X-Y 记录仪把曲线描绘下来。

### 2. 数据处理

由于我们感兴趣的主要是闪光灯中可被  $F_2$  吸收的那部分光效率, 故我们对光谱分布曲线进行如下的数据处理:

#### (1) 相对光谱效率

选择  $F_2$  吸收光谱的主要范围 2500~3500 Å 波段进行积分运算, 将其结果除以整个分布曲线的积分面积, 就得到该波段的相对光谱效率:

$$\int_{2500 \text{ \AA}}^{3500 \text{ \AA}} E_{\lambda} d\lambda / \int_{2200 \text{ \AA}}^{8800 \text{ \AA}} E_{\lambda} d\lambda$$

#### (2) 有用光谱效率

通过计算机处理可得到  $F_2$  吸收光谱曲线的拟合方程为:

$$\ln A = -6.226430 - 8.095116 \times 10^{-2} \lambda \\ + 1.137303 \times 10^{-3} \lambda^2 \\ - 3.611936 \times 10^{-6} \lambda^3 \\ + 3.381488 \times 10^{-9} \lambda^4$$

$$e^{\ln A} = A.$$

式中  $A$  是  $F_2$  的克分子吸收指数 (升·莫尔<sup>-1</sup>·厘米<sup>-1</sup>)。把此方程送到微处理机中, 并把  $\ln A$  还原为  $A$ , 就能显示出  $F_2$  吸收光谱分布曲线, 把此曲线归一化后再和闪光灯的光谱分布曲线相乘, 所得之积除以整个分布曲线积分面积, 就得到可被  $F_2$  吸收的有用光谱效率:

$$\int_{2200 \text{ \AA}}^{4500 \text{ \AA}} A' \cdot E_{\lambda} d\lambda / \int_{2200 \text{ \AA}}^{8800 \text{ \AA}} E_{\lambda} d\lambda$$

$A'$  为  $F_2$  吸收归一化系数, 即在 2845 Å 处为全部吸收, 此处  $A' = 1$ 。

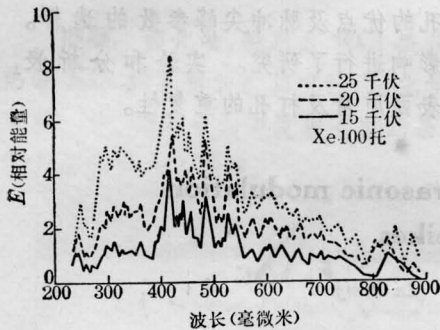
#### (3) 相对辐射能量之比

为了对不同条件下灯的总辐射能和紫外光能进行相对比较, 用真空热偶计 ( $CaF_2$  窗

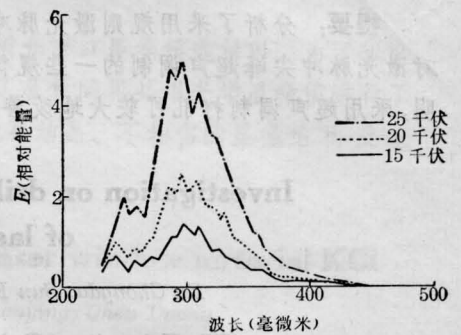
表 1 不同放电电压比较

灯 型	电容量 (微法)	放电电压 (千伏)	放电能量 (焦耳)	紫外光谱效率 (2500~3500 Å)	辐射总光能之比 (归一化)	紫外辐射能之比 (归一化)	对 F <sub>2</sub> 有用吸 收光效
φ 15×390 直管灯 (Xe=100 托)	2.1	15	236.3	13.2%	0.4	0.3	13.0%
φ 15×390 直管灯 (Xe=100 托)	2.1	20	420	15.2%	0.7	0.6	14.3%
φ 15×390 直管灯 (Xe=100 托)	2.1	25	656.3	17.4%	1.0	1.0	17.1%

注: 为了便于比较,表中辐射总光能之比、紫外辐射能之比为对最高放电电压所得结果作归一化后之比。



不同放电电压的光谱分布



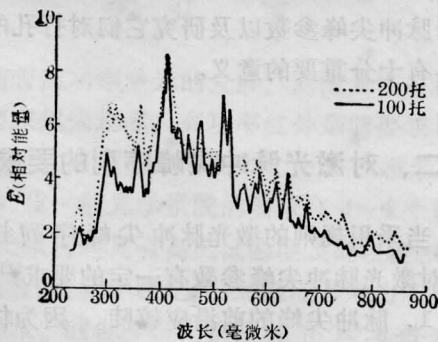
不同放电电压 F<sub>2</sub> 有用吸收光谱分布

图 1

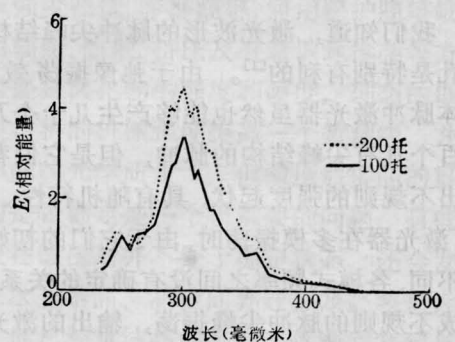
表 2 不同充气压力比较

灯 型	充气压力 (托)	电容量 (微法)	放电电压 (千伏)	放电能量 (焦耳)	紫外光谱效率 (2500~3500 Å)	辐射总光能之比 (归一化)	紫外辐射能之比 (归一化)	对 F <sub>2</sub> 有用吸 收光效
φ 15×390 直管灯 (Xe)	100	0.35	44	338.8	14.8%	0.8	0.7	14.5%
φ 15×390 直管灯 (Xe)	200	0.35	44	338.8	16.9%	1.0	1.0	16.4%

注: 为了便于比较,表中辐射总光能之比、紫外辐射能之比为对最高充气压力所得结果作归一化后之比。



不同充气压力的光谱分布



不同充气压力 F<sub>2</sub> 有用吸收光谱分布

图 2

(下转第 16 页)

尤其有趣的是,若将吡啶的 CARS 和 CSRS 谱图进行比较还发现,在 CARS 过程中活泼的一些振动模在 CSRS 过程中同样起作用,但在 CSRS 谱图中能产生强谱线的某些振动模,在 CARS 谱图中却不出现。而且在一般的喇曼散射光谱谱图中也没有较高强度而频率相近的散射谱线,因此,我们倾向性认为,在 CARS 谱图中出现的 973.5 厘米<sup>-1</sup>和 1010.3 厘米<sup>-1</sup>“反常”谱线并不是通过通常的喇曼过程产生,而是由于在介质中发生了其它的混频过程所致,其中最可能的

是双光子共振四波混频过程。

对美国纽约市立大学 J. R. Lombardi 教授的讨论和中国科学院安徽光机所蔡小鸿同志给予的帮助表示深切的谢意。

### 参 考 文 献

- [1] W. B. Roh *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, 174.
- [2] A. Lau *et al.*; *Opt. Commun.*, 1977, **21**, 399; W. Werncke *et al.*; *Chem. Phys. Lett.*, 1979, **61**, 105.
- [3] D. Klick *et al.*; *Appl. Opt.*, 1981, **20**, 1178.
- [4] I. Chabay *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **28**, 27.

(上接第 19 页)

口)配合光点检流计(AC15/4型)对灯的总辐射光能进行测定,得到总辐射能之比为:

$$\frac{\text{灯}_a \text{检流计偏转格数 } I_a \times (\text{能量/格})}{\text{灯}_b \text{检流计偏转格数 } I_b \times (\text{能量/格})} = \frac{I_a}{I_b}。$$

灯的紫外辐射能之比为:

$$\frac{I_a}{I_b} \times \frac{\text{灯}_a \text{紫外光效 } \eta_a}{\text{灯}_b \text{紫外光效 } \eta_b} = \frac{I_a}{I_b} \times \frac{\eta_a}{\eta_b}。$$

由于 OMA-2 系统探测头线性度为 ±2%,再考虑到闪光灯闪光不重复性 ≤±5%,故实验测量精度为测量值的 ±7%。我们所测脉冲灯的紫外光谱效率在 13~17% 左右,因此实验所得各效率的数据平均误差约为 ±1.0%。

## 四、实验结果与讨论

### 1. 放电电压对光输出的影响

改变脉冲氙灯的放电电压测定其光谱分布和相对光谱效率,结果列于表 1 和图 1。

实验结果表明,随着放电电压升高,脉冲氙灯的辐射总光能、紫外辐射能、紫外光谱效率及对 F<sub>2</sub> 吸收有用光效等都随之提高。这和文献[1~4]用“照相法”、“一般光电法”所得实验结果规律相符。在我们实验条件下,还没有出现饱和效应。

### 2. 充气压力对光输出的影响

对充 Xe 压分别为 100 托、200 托的脉冲灯进行了测试,结果见表 2 和图 2。

实验结果可以看出,充气压力从 100 托提高到 200 托,辐射总光能、紫外辐射能、紫外光谱效率、对 F<sub>2</sub> 有用吸收光谱效率等都随之提高。和文献[3~5]用一般测试方法所得实验结果规律相符。

实验结果表明:随放电电压和充气压力的增加,脉冲氙灯的紫外(2500~3500 Å)光谱效率从 13% 提高到 17% 左右,紫外总辐射能量也显著提高。因此为使脉冲氙灯紫外辐射增加,用高压放电、高充气压力是有利的。

本工作在实验过程中得到了林从敬、孙发信、吴树源、徐文刚等同志的协助;在 OMA-2 仪器的使用上得到钱嘉猷、崔铁基等同志的协助;在对曲线进行计算机拟合方面得到了吉山同志的协助,在此深表感谢。

### 参 考 文 献

- [1] M. A. Gusinow; *J. Appl. Phys.*, 1975, **46**, No. 11, 4847.
- [2] T. Efthymiopoulos, B. K. Garside; *Appl. Opt.*, 1977, **16**, No. 1, 70~76.
- [3] Yu. G. Basov, S. A. Boldyrer *et al.*; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1975, **5**, No. 8, 1009.
- [4] 中国科学院上海光机所,《脉冲氙灯》。
- [5] M. A. Gusinow; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1975, **QE-11**, No. 12, 929.