

New S₂₅ 与 LEP* 光电阴极 光谱响应特性的研究

常本康

(南京理工大学光电技术学院, 南京 210014)

摘 要 研究了 New S₂₅ 与 LEP* 光电阴极的光谱响应特性. 从理论上分析了光电子逸出深度, 光电阴极结构参量和光电阴极厚度对光谱响应特性的影响. 并对实用三碱阴极的潜力进行了理论预测. 明确指出集 New S₂₅ 与 LEP* 之长获得的实用三碱阴极可以和 III-V 族 NEA 阴极媲美.

关键词 光电阴极, 光谱响应特性.

1 引 言

New S₂₅ 光电阴极^[1]是美国夜视实验室发表的, 至今仅见一条光谱响应曲线. 而 LEP* 光电阴极是 Dolizy 用光学方法获得的^[2], 并在实际器件得到应用^[3]. 这两种多碱阴极的性能参数见表 1, 其光谱响应曲线如图 1. 研究这两个阴极的光谱响应特性, 对揭示三碱阴极的光电发散机理, 挖掘其潜力以及研制新型光电成像器件具有指导意义.

Table 1 Characterization parameters of New S₂₅ and LEP* photocathodes

Kind	peak value sensitivity mA/W	peak value position (nm)	maximum sensitivity $\mu\text{A/Lm}$	long wavelength threshold (μm)	$E_A + E_G$ eV	E_A eV
New S ₂₅	60	670	530	1.00	1.24	0.24
LEP*	90	670	705	0.96	1.29	0.29

本文利用笔者推导的多碱阴极光谱响应公式^[4~6], 研究了光电子逸出深度, 光电阴极结构参量和光电阴极厚度对光谱响应的影响. 并预测了实用三碱光电阴极的潜力.

2 New S₂₅ 和 LEP* 光电阴极光谱响应特性研究

New S₂₅ 与 LEP* 属第二类光电阴极, 其光谱响应表达式为^[5]:

$$S(\lambda) = \frac{C\lambda^{-0.5}[1 - (\lambda/\lambda_j)]^{1/2}}{\alpha_r(\lambda) - \beta} e^{12400/\lambda} [e^{-\beta D} - e^{-\alpha_r(\lambda)D}] \quad (1)$$

式中 C 为常数; λ 为入射光波长; λ_j 为光电阴极光谱响应截止波长; P 为光电阴极结构参量; β

= (1/L) 为光电子逸出深度的倒数; D 为光电阴极厚度; $\alpha_r(\lambda)$ 是多碱阴极吸收系数, 其表达式为

$$\alpha_r(\lambda) = (3.7503 - 1.3328 \times 10^5 \lambda^{-1} + 1.7181 \times 10^9 \lambda^{-2} - 9.3539 \times 10^{12} \lambda^{-3} + 1.9730 \times 10^{16} \lambda^{-4}) \times 10^5 \text{ cm}^{-1} \quad (2)$$

计算 New S₂₅ 与 LEP* 光电阴极光谱响应 $S(\lambda)$ 的性能参数如表 2. 为了使计算值更接近理论值, 与文献[5] 相比, 一些性能参数作了修改. 利用表 2 参数, 计算的 New S₂₅ 与 LEP* 光谱响应曲线如图 1 所示. 理论与实验吻合得较好. 由表 2 可知, 对第二类光电阴极, L, P 和 λ_j 是影响 $S(\lambda)$ 的主要因素.

Table 2 Parameters used to calculate $S(\lambda)$ of New S₂₅ and LEP* photocathodes

Kind	D/nm	L/nm	$\beta/(10^5 \text{ cm}^{-1})$	E_j/eV	P	B	λ_j/nm
New S ₂₅	120	51.8	1.93	1.24	1.05	1.50×10^4	1000
LEP*	120	55.0	1.82	1.29	1.30	1.55×10^4	976

2.1 光电子逸出深度 L

利用表 2 New S₂₅ 阴极参数代入(1)式, 考察了不同的光电子逸出深度. 计算结果如图 2. 由图 2 可知, 随着光电子逸出深度增加, 光谱响应峰值位置不变, 整个光谱响应得到改善.

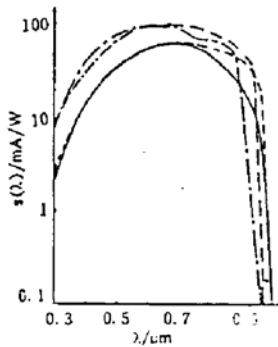


Fig. 1 Spectral response of New S₂₅ and LEP* photocathodes
New S₂₅: — exp. -- cal.
LEP*: - * - exp.; - · - cal.

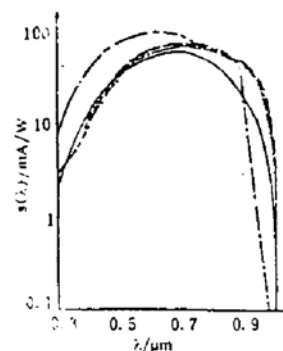


Fig. 2 The influence of β on $S(\lambda)$
- · - LEP* . exp.; — New S₂₅ . exp.
-- $\beta = 1.86 \times 10^5$; · · $\beta = 1.80 \times 10^5$; - · · $\beta = 1.75 \times 10^5$

2.2 阴极结构参量 p

利用 2.1 的研究成果, 采用 $\beta = 1.75 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$, 研究了阴极结构参量 p 对 $S(\lambda)$ 的影响. 结果如图 3 所示. 结构参量 $p = 1.25$ 时, 计算的光谱响应接近 LEP* 的光谱响应. 在 $p = 1.35$ 时, 光谱响应基本超过了后者, 而且在短波处明显超过长波处. 可知 $p = 1.35, \beta = 1.75 \times 10^5$, 其它参数和 New S₂₅ 相同, 其性能明显优于 New S₂₅ 和 LEP* 光电阴极.

2.3 阴极厚度 D

Dolizy 认为, LEP* 阴极厚度在 80~120 nm

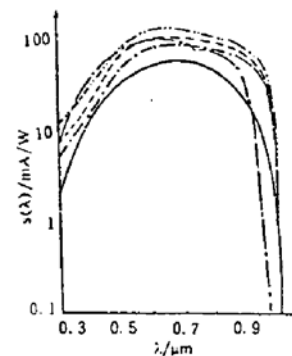


Fig. 3 The influence of p on $S(\lambda)$. experimental: — new S₂₅; - · - LEP* ; calculated: -- $p = 1.15$; -- $p = 1.25$; - · · $p = 1.35$

之间. D 取何值较为合适, 利用公式(1)和 LEP* 的性能参数, 计算结果如图 4. 随着阴极厚度增加, 短波响应迅速下降, 长波响应上升到峰值后也趋于下降. 这说明对某一入射波长有一最佳的阴极厚度. 为此, 研究了入射光波长在 $0.65 \sim 0.80 \mu\text{m}$ 范围厚度对光谱响应的影响, 计算结果如图 5 所示. 可知, 当入射光波长为 $0.65 \mu\text{m}$ 时, 最佳阴极厚度是 75 nm ; 为 $0.70 \mu\text{m}$ 时, 是 85 nm ; 为 $0.75 \mu\text{m}$ 时, 是 90 nm ; 为 $0.80 \mu\text{m}$ 时是 100 nm . 这说明在阴极厚度一定时, 对应于某一入射波长, 有一对应的吸收系数, 从而有一对应的光谱响应. 增加阴极厚度 D , 峰值响应和长波响应移向长波.

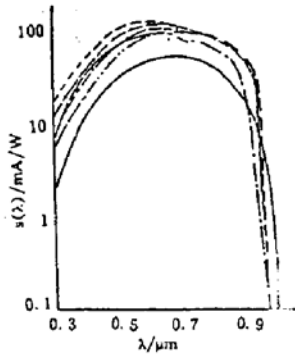


Fig. 4 The influence of D on $S(\lambda)$. experimental;

— new S₂₅; - · - LEP*

calculated;

- - $D = 80 \text{ nm}$; - · - $D = 100 \text{ nm}$; — $D = 120$

nm ; - · - $D = 140 \text{ nm}$

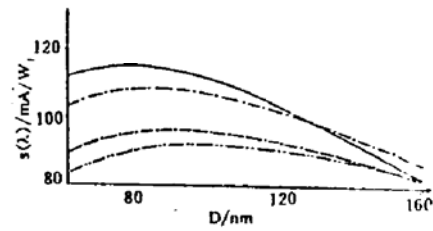


Fig. 5 Plot of $S(\lambda)$ as a function of photocathode thickness for LEP* photocathode;

— $\lambda = 0.65 \mu\text{m}$; - · - $\lambda = 0.70 \mu\text{m}$;

- · - $\lambda = 0.75 \mu\text{m}$; - · - $\lambda = 0.80 \mu\text{m}$

3 实用多碱阴极潜力预测

对实用多碱阴极的潜力好多学者进行过预测^[7,8]. 本文用光谱响应特性曲线从理论上阐述这一问题.

众所周知, 在实用三碱阴极中, New S₂₅ 光电阴极长波响应最好, E_j 达 1.24 eV ; 而 LEP* 阴极峰值响应最高, 达 90 mA/W . 如果象 Dolizy 那样, 用光学方法监测多碱阴极的成份, 制备基底层 Na_2KSb , 而采用 New S₂₅ 表面处理工艺敏化阴极表面, 从而获得峰值响应具有 LEP* 阴极的优点, 而长波响应具有 New S₂₅ 阴极的长处, 则计算的光谱响应曲线如图 6 所示. 为了便于对比, 在图 6 中给出了 III-V 族阴极 $\text{InAsP} : \text{Cs-O}$ 的光谱响应曲线, 可知, 集 New S₂₅ 与 LEP* 优点的改进型三碱阴极, 其光谱响应性能基本接近 $\text{InAsP} : \text{Cs-O}$ 光电阴极.

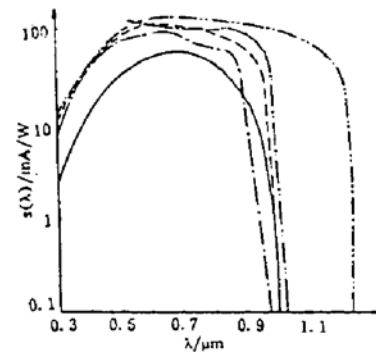


Fig. 6 Theoretical spectral response of practical trialkali photocathodes

experimental: — new S₂₅; - · - LEP; - · -

$\text{InAsP} : \text{Cs-O}$, $1300 \mu\text{A/cm}$

calculated: - - $D = 100 \text{ nm}$; $E_j = 1.24 \text{ eV}$; -

· · - $D = 100 \text{ nm}$; $E_j = 1.00 \text{ eV}$

更进一步, 如果采用 $E_j = 1.00 \text{ eV}$, 即零电子亲和势, 其它参数同上. 计算结果见图 6, 其性

能明显优于 InAsP : Cs-O 光电阴极, 积分灵敏度将超过 $1400 \mu\text{A}/\text{Lm}$ 大关^[9].

结 论 1) 根据 New S₂₅ 与 LEP* 光电阴极光谱响应特性研究结果, 增加光电子逸出深度, 光电阴极结构参量, 可使改进后的 New S₂₅ 光电阴极获得 LEP* 阴极的峰值响应; 而增加 LEP* 阴极的光谱响应截止波长, 可使 LEP* 阴极的光谱响应曲线接近负电子亲和势阴极 InAsP : Cs-O 的光谱响应.

2) 采用 LEP* 阴极的基底制备工艺和 New S₂₅ 阴极的表面处理技术, 可以得到性能优越的实用三碱阴极, 其积分灵敏度将超过 $1000 \mu\text{A}/\text{Lm}$, 长波光谱响应将获得明显改善.

3) 零电子亲和势多碱阴极在性能上将明显优于 NEA III-V 族光电阴极, 积分灵敏度将超过 $1400 \mu\text{A}/\text{Lm}$.

参 考 文 献

- [1] H. Adrian Stahl, 用铯蒸汽敏化半透明氧化银层后的化合结构, 夜视仪器译文集,《夜视仪器译文集》编译组, 1973, 5, 145~147
- [2] Pierre Dolizy, Optical method for investigating alkali antimonide photocathodes. *Vacuum*, 1980, 30(11/12): 489~495
- [3] Jacques Dupuy, Joost Schrijvers, Gerard Wolzak, XX1610 The super second generation' image intensifier, *Proc. SPIE.*, 1989, 1072: 13~18
- [4] 常本康, 刘元震, 改进型三碱阴极量子产额谱的研究. *真空科学与技术*, 1990, 10(3): 175~178
- [5] 常本康, 刘元震, 果玉忱, 三碱阴极量子产额谱的研究. *华东工学院学报*, 1991, (3): 23~28
- [6] 常本康, S₂₅ 与 New S₂₅ 光阴极光谱响应的特性研究. *光学学报*, 1992, 12(3): 279~283
- [7] C. Ghosh, Photoemission and optical processes in multialkali photocathodes. *Phys. Rev. (B)*, 1980, 22(4): 1972~1979
- [8] Wu Quande, Liu Libin, Multiakali effects and polycrystalline properties of multialkali antimonide photocathodes. *Advance in Electronics and Electron Physics*, 1985, 64B: 373~383
- [9] 常本康, 多碱阴极表层浅氧敏化初探. *应用光学*, 1985, (4): 16~21

A Study of Spectral Response Characterization on New S₂₅ and LEP* photocathodes

Chang Benkang

(School of Electronic Engineering and Opto-Electric Technique,
Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210014)

(Received 9 February 1993; revised 17 June 1993)

Abstract In this paper, spectral response characterization of New S₂₅ and LEP* photocathodes is studied. Influences of photocathode structure parameter, photoelectron escape depth and photocathode thickness on spectral response characterization are theoretically analysed. Its potentiality for practical trialkali photocathodes is calculated. It shows that to make trialkali photocathodes having the merits of New S₂₅ and LEP* photocathodes can compare with the NEA photocathodes on spectral response characterization.

Key words photocathode, spectral response characterization.