

# 基于制备成功率和量子效率提升的 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极<sup>\*</sup>

李旭东<sup>1)†</sup> 姜增公<sup>1)</sup> 顾强<sup>1)</sup> 张猛<sup>1)</sup> 林国强<sup>1)</sup> 赵明华<sup>2)</sup> 郭力<sup>2)</sup>

1) (中国科学院上海高等研究院, 上海 201210)

2) (中国科学院上海应用物理研究所, 上海 201808)

(2022 年 4 月 26 日收到; 2022 年 5 月 8 日收到修改稿)

为制备产生高品质电子源的高量子效率半导体 Cs-Te 光阴极, 基于 INFN-LASA 的 Cs-Te 光阴极制备方法, 发展一套 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极的方法. 在 SINAP 和 SARI 的光阴极制装置上制备的 Cs-Te 光阴极, 波长 265 nm 紫外光照射下, 量子效率大于 5%, 并且制备成功率达到 100%. 只要制备腔室真空好于  $10^{-8}$  Pa, 这套制备方法就能制备高量子效率的 Cs-Te 光阴极, 且不因制备装置和操作人员的改变而改变.

**关键词:** 光阴极, Te 断续, Cs 持续沉积, 量子效率

**PACS:** 85.60.Ha, 29.25.Bx, 07.30.Kf

**DOI:** 10.7498/aps.71.20220818

## 1 引言

迄今为止, 高品质电子源领域使用的光阴极: 高量子效率光阴极寿命有限, 长寿命光阴极量子效率很低, 没有任何一种光阴极能够满足产生高亮度电子束团的所有要求. 为了选择一种适合特定应用的光阴极, 需在寿命、驱动激光波长和量子效率之间进行权衡<sup>[1,2]</sup>. Cs-Te 光阴极是一种半导体, 禁带宽度为 3.3 eV, 具有高量子效率 (10%)、寿命长 (几周到几个月)、皮秒级响应 (优于 250 fs) 和暗电流小等优点, 并且制备工艺简单, 实现了寿命和量子效率之间的完美平衡<sup>[3-8]</sup>. 虽然 Cs-Te 光阴极也需紫外光驱动, 但是随着激光器技术的发展, 紫外驱动激光器问题一定程度上已经得到解决. 因此 Cs-Te 光阴极是世界各国电子加速器的可靠成熟首选电子源. 国际上有很多实验室的自由电子激光

装置 (如 LANL<sup>[9]</sup>, DESY<sup>[10-12]</sup>, SLAC<sup>[13]</sup>, ANL<sup>[14,15]</sup>, KEK<sup>[16,17]</sup>) 上成功采用了 Cs-Te 光阴极. 国内在光子检测领域对 Cs-Te 光阴极的研究较多, 而在电子源领域对 Cs-Te 光阴极的研究相对较少.

虽然 Cs-Te 光阴极制备相对于其他高量子效率半导体光阴极的制备简单, 只需超高真空就可以成功. 但是世界上不同实验室的不同制备设备得到 Cs-Te 光阴极质量参差不齐, 量子效率也有高有低; 甚至同一实验室, 同一制备人员制备的 Cs-Te 光阴极也各不相同. 为解决这个问题, 需要发展普适的制备方法. Cs-Te 光阴极制备最常用的两种方法: 顺序<sup>[18-21]</sup>与共蒸<sup>[22,23]</sup>. Te, Cs 顺序沉积制备的 Cs-Te 光阴极量子效率偏低, 而共蒸制备方法需精确控制 Te 与 Cs 比例, 因此需要发展一些新方法制备 Cs-Te 光阴极.

本文利用 SINAP 光阴极制备装置对传统的 Te, Cs 顺序沉积制备 Cs-Te 光阴极进行较详细研

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金 (批准号: 11905276, 12075302)、上海市自然科学基金 (批准号: 22ZR1470300) 和上海市市级科技重大专项 (批准号: 2017SHZDZX02) 资助的课题.

<sup>†</sup> 通信作者. E-mail: [lixudong@sari.ac.cn](mailto:lixudong@sari.ac.cn)

究. 为了解决光阴极制备过程中暗电流的影响, 开发 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极的新方法. 利用 SARI 光阴极制备装置对 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极进行了更加全面的研究, 验证了这种方法的普适性.

## 2 光阴极制备装置

Cs-Te 光阴极寿命虽然比 GaAs 光阴极<sup>[24,25]</sup>和  $K_2CsSb$  光阴极<sup>[26]</sup>长, 但是与金属光阴极寿命相比还有很大差距, 对  $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  污染很敏感. 在电子加速器领域使用的 Cs-Te 光阴极需要在超高真空下进行制备、转移、存储和使用, 且制备及传输设备复杂昂贵.

### 2.1 SINAP 的光阴极制备装置

利用真空转移技术, 设计了一套集装载、清洗、蒸镀沉积和传输为一体的光阴极制备装置, 保证制备的 Cs-Te 光阴极品质, 如图 1 所示. 此装置由基底安装及氙离子溅射清洗室、制备室、蒸发源室及相应光阴极传输系统组成, 用全金属门阀隔开基底安装及氙离子溅射清洗室与制备室, 蒸发源室

与制备室也用全金属门阀隔开 (独立的蒸发源室靠制备腔室的真空泵维持真空), Te 和 Cs 源可分开装也可装在一起.

### 2.2 SARI 的光阴极制备装置

SARI 光阴极制备装置借鉴已有 SINAP 光阴极制备装置的设计、加工、组装、调试及使用经验, 进一步提高光阴极制备装置制备室的真空度, 以便获得性能更优异的 Cs-Te 光阴极. SARI 光阴极制备装置主要由基底安装及加热清洗室、制备室、蒸发源室 (自带离子泵, 真空达到  $1 \times 10^{-8}$  Pa) 及转移室组成, 制备室及转移室间还有转接室, SARI 光阴极制备装置见图 2.

## 3 Cs-Te 光阴极制备

### 3.1 Cs-Te 光阴极制备 (Te, Cs 顺序沉积)

借鉴 INFN-LASA<sup>[27,28]</sup> 制备高量子效率 Cs-Te 光阴极的成功经验, 基于 SINAP 光阴极制备装置制备 Cs-Te 光阴极. 获得超高真空后, Ta 蒸发舟内部卤素灯上加 4.4 V, 3.23 A 的电压电流, 蒸发高纯 Te ( $>99.9999\%$ ), 图 3 是 Ta 蒸发舟.

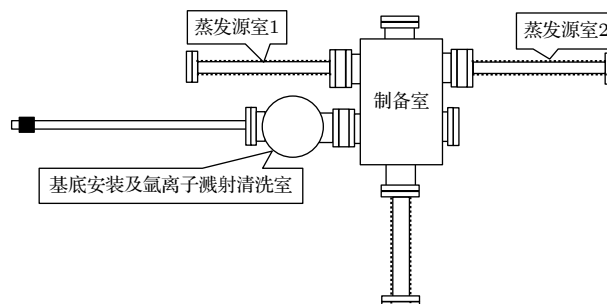


图 1 SINAP 光阴极制备装置

Fig. 1. SINAP photocathode preparation device.

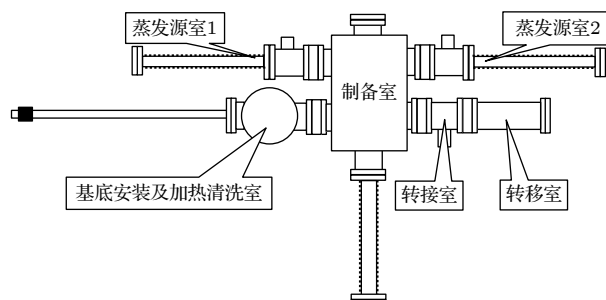
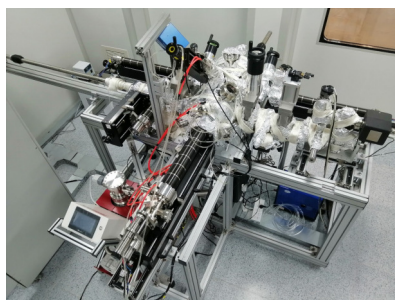


图 2 SARI 光阴极制备装置

Fig. 2. SARI photocathode preparation device.



图3 Ta蒸发舟

Fig. 3. Ta evaporation boat.

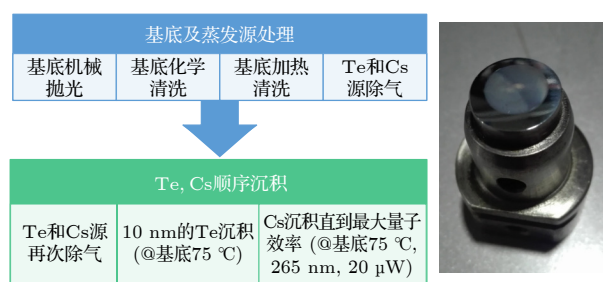


图4 Te, Cs顺序沉积制备Cs-Te光阴极的步骤及Mo基底上的Cs-Te光阴极

Fig. 4. The Cs-Te photocathode preparation steps with Te, Cs sequential deposition and the Cs-Te photocathode on Mo substrate.

首先处理 Mo 基底 (包括基底机械抛光和化学超声清洗); 接着把基底装入制备室, 真空加热清洗; 然后在温度为 75 °C 的基底上沉积 10 nm 的 Te, Te 厚度由膜厚仪实时测量; 最后阴阳极间电压为 400 V, UV LED 产生的 265 nm 紫外光照射下, 经过长时间除气的 Cs 源沉积在 75 °C 的 Te 上, Cs 与 Te 反应生成高量子效率 Cs-Te 光阴极. 制备的

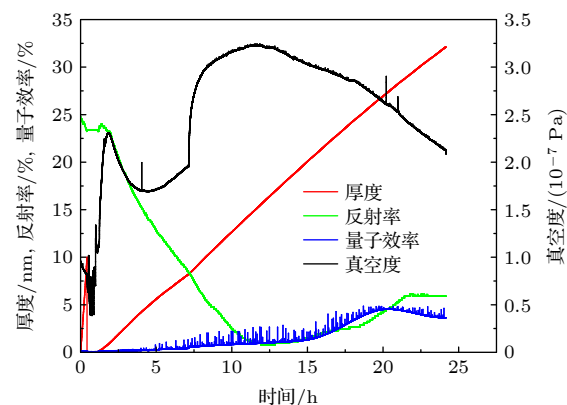


图5 Te和Cs源的沉积厚度、反射率、量子效率和真空度随时间的变化

Fig. 5. The variation of deposition thickness, reflectivity, quantum efficiency and vacuum degree of Te and Cs evaporation sources with time.

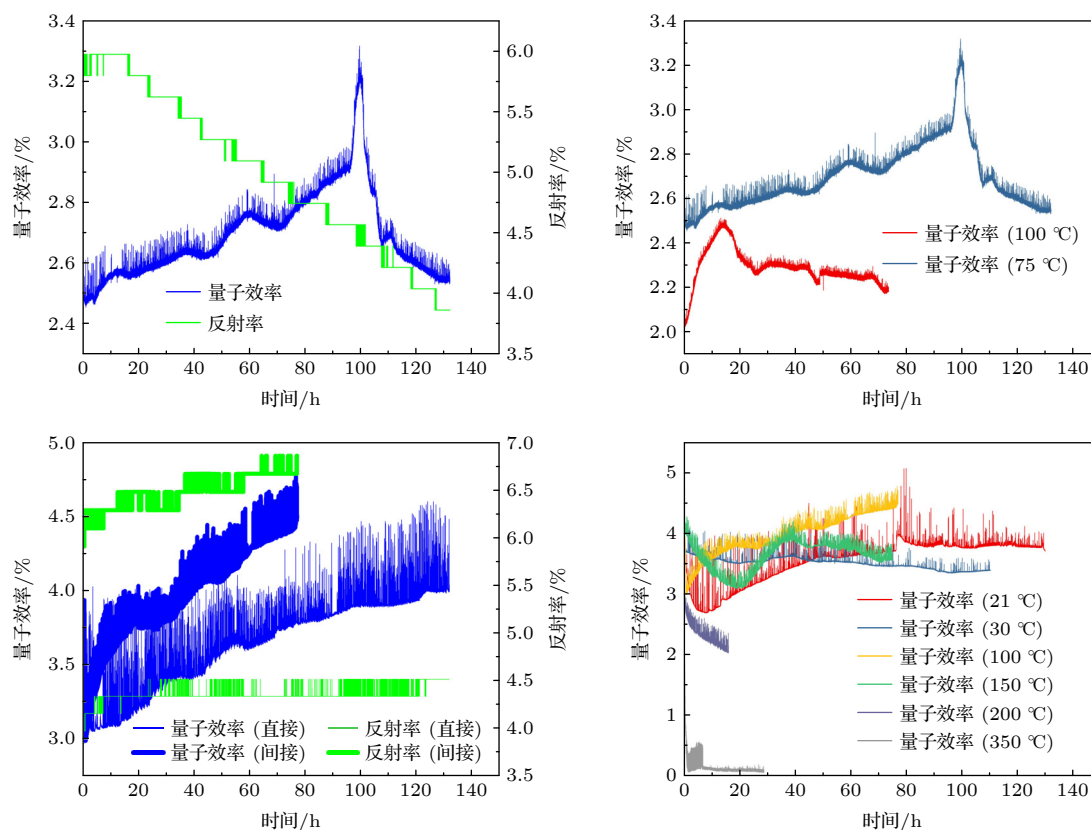


图6 Cs-Te光阴极的热退火研究

Fig. 6. Thermal annealing study of Cs-Te photocathode.

Cs-Te 光阴极量子效率在 265 nm 处大于 4%，典型 Te, Cs 顺序沉积制备 Cs-Te 光阴极步骤及 Mo 基底上的 Cs-Te 光阴极见图 4. 图 5 是 Cs-Te 光阴极制备过程中, Te 和 Cs 源厚度、反射率、量子效率和真空度随时间的变化图。

热退火对 Cs-Te 光阴极量子效率有很大影响, 如图 6 所示. 热退火研究的结果表明: 退火可以提高 Cs-Te 光阴极的量子效率; 退火温度越高, 退火时间越短; 直接退火和间接退火 (温度降至室温, 然后升高至 100 °C) 都可以提高 Cs-Te 光阴极的量子效率; Cs-Te 光阴极可在更高的温度 (100 °C) 下长时间工作。

先沉积 10 nm 的 Te, 再沉积 Cs 制备 Cs-Te 光阴极时, 几次制备后, Cs 源沉积期间暗电流先快速增大, 然后缓慢下降, 最后几乎不再减小, 此后的 Cs-Te 光阴极制备过程中, 暗电流都很大不利于实时观测. 可能是腔室内非基底 (阳极和挡板) 上有 Cs-Te 光阴极, 如图 7 所示. 非基底上的 Cs-Te 光阴极产生的暗电流很难去掉, 尝试了加热、充 O<sub>2</sub>、充空气 (20 Pa, 3 d, 需重新长时间烘烤才能恢复超高真空) 3 种方法去掉非基底上 Cs-Te 光阴极的暗电流. 前两种方法很难去掉, 第 3 种方法对 Cs-Te 光阴极的暗电流降低效果也不理想。

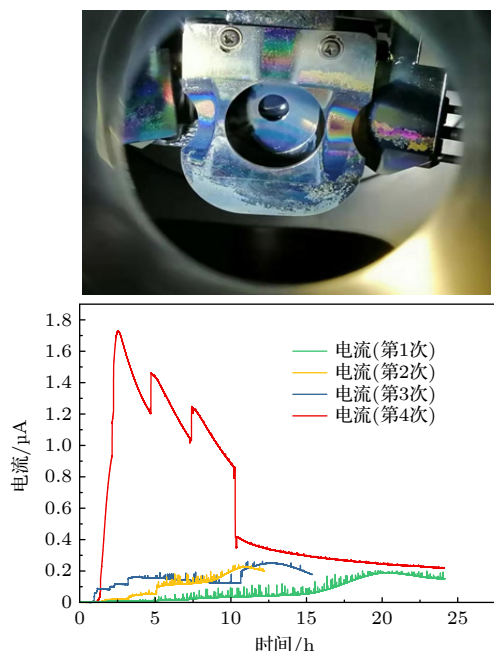


图 7 基底和非基底上的 Cs-Te 光阴极, 几次制备过程中电流 (光电流+暗电流) 变化

Fig. 7. The Cs-Te photocathode on substrate and non-substrate, the current (photocurrent + dark current) variation during several preparation processes.

### 3.2 Cs-Te 光阴极制备 (Te 断续、Cs 持续沉积)

#### 3.2.1 SINAP 光阴极制备装置

为了降低暗电流在 Cs-Te 光阴极制备过程的干扰, 项目组借鉴 GaAs 光阴极 Cs 和 O<sub>2</sub> 的 Yo-Yo 激活方法, 发展了新的 Cs-Te 光阴极制备方法: Te 断续、Cs 持续沉积. 同一蒸发源支架上安装 Cs 和 Te, SS304 管上开缝替代 Ta 蒸发舟来蒸发 Te, 如图 8 所示. Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光



图 8 开缝的 SS304 管

Fig. 8. The SS304 pipe with slit.

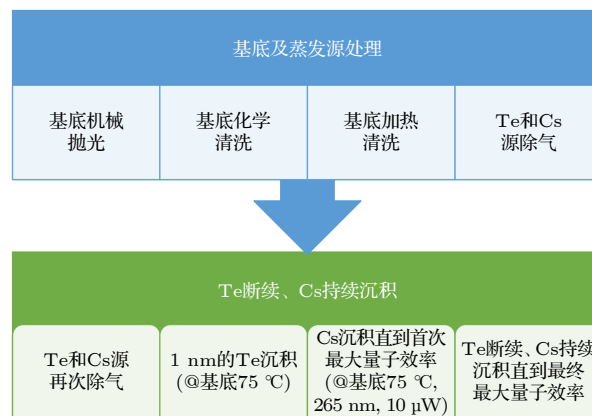


图 9 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极过程

Fig. 9. The Cs-Te photocathode preparation process with Te intermittent, Cs continuous deposition.

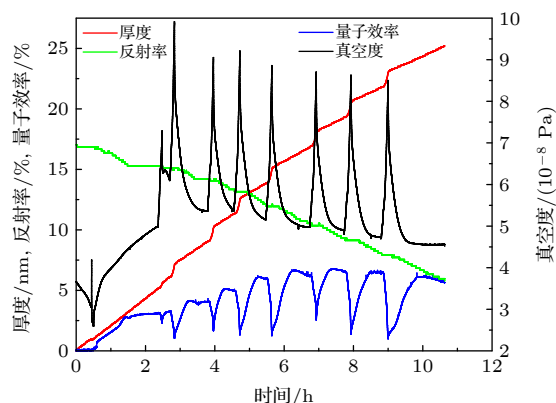


图 10 Te 和 Cs 源的沉积厚度、反射率、量子效率和真空度随时间的变化

Fig. 10. The variation of deposition thickness, reflectivity, quantum efficiency and vacuum degree of Te and Cs evaporation sources with time.



阴极的典型过程,如图9所示.在Cs-Te光阴极制备过程中,Te和Cs源的沉积厚度、反射率、量子效率和真空度随时间的变化如图10所示.制备的Cs-Te光阴极量子效率在265 nm处大于5%.

Te断续、Cs持续沉积与Te, Cs顺序沉积制备的Cs-Te光阴极对比,如图11所示. Te断续、Cs持续沉积制备Cs-Te光阴极初步解决了制备过程中暗电流较大的问题.大幅度提高Cs-Te光阴极的量子效率,使量子效率到达极大值,同时节约Te和Cs源,缩短制备时间.10 nm的Te时,部分基底上的Te未能与Cs生成Cs-Te光阴极,Cs-Te光阴极量子效率最佳的Te厚度约为6—7 nm.热退火不能再次增加Te断续、Cs持续沉积制备的Cs-Te光阴极量子效率,如图12所示.

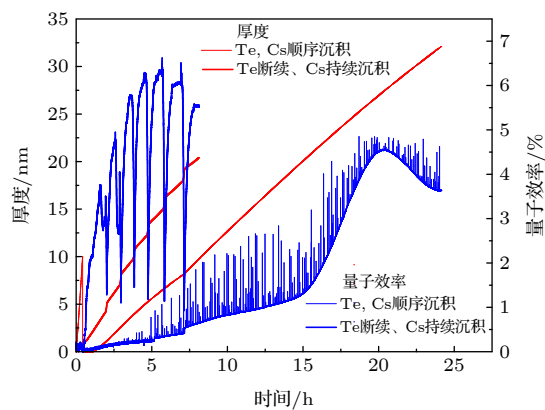


图 11 Te, Cs 顺序沉积与 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极对比

Fig. 11. The comparison of Cs-Te photocathode preparation between with Te, Cs sequential deposition and Te intermittent, Cs continuous deposition.

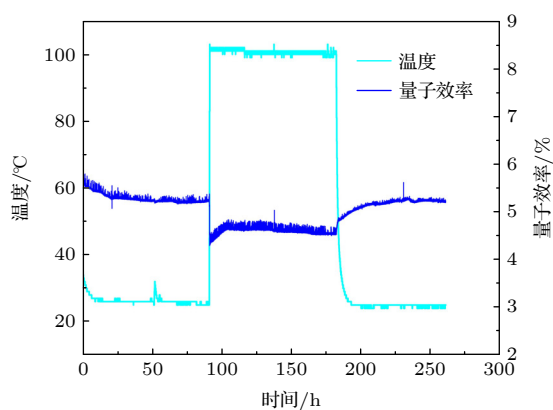


图 12 热退火 Cs-Te 光阴极时, 量子效率与温度的关系

Fig. 12. The relationship between quantum efficiency and temperature during thermal annealing of Cs-Te photocathode.

### 3.2.2 SARI 光阴极制备装置

用Te断续、Cs持续沉积的方法在SARI光阴极制备装置上制备Cs-Te光阴极:光电流由Keithley 6485A收集,阴阳极间距离为2 mm,阴极接地,由独立的电池提供200 V电压,电场强度 $10^5$  V/m;蒸发源与基底间距离为5 cm;制备室静态真空好于 $1 \times 10^{-9}$  Pa,光阴极制备时动态真空好于 $1 \times 10^{-7}$  Pa;SS316 L基底表面粗糙度为5 nm,温度为100 °C;UV LED产生波长为265 nm的紫外光作为驱动光.制备过程中光电流收集电路及制备好的Cs-Te光阴极,如图13所示.

光阴极的制备过程中,Cs-Te光阴极在波长265 nm紫外光照射下,量子效率随时间变化,如图14所示.采用Te断续、Cs持续沉积方法制备的Cs-Te光阴极,在265 nm处量子效率大于5%.

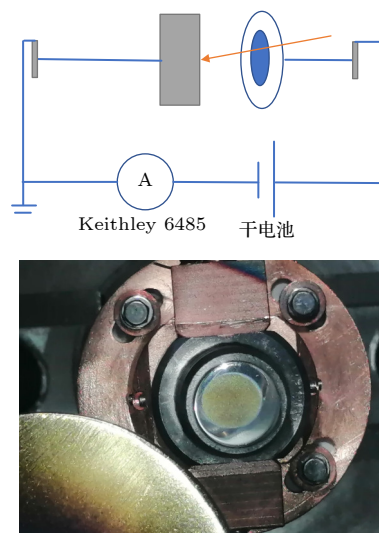


图 13 制备过程中光电流收集电路及制备好的 Cs-Te 光阴极

Fig. 13. Photocurrent collection circuit during the photocathode preparation process and Cs-Te photocathode.

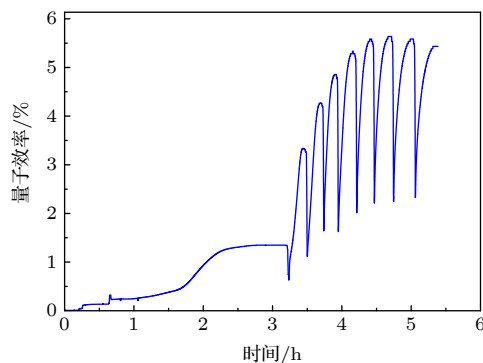


图 14 Cs-Te 光阴极制备过程中, 量子效率变化

Fig. 14. The quantum efficiency changes during the Cs-Te photocathode preparation process.

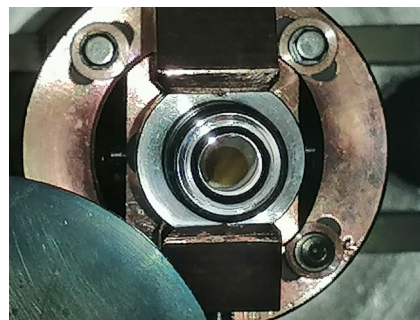
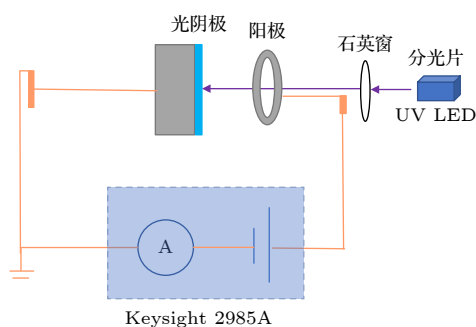


图 15 光阴极制备过程中, 光电流收集电路及制备好的 Cs-Te 光阴极

Fig. 15. Photocurrent collection circuit during the photocathode preparation process and Cs-Te photocathode.

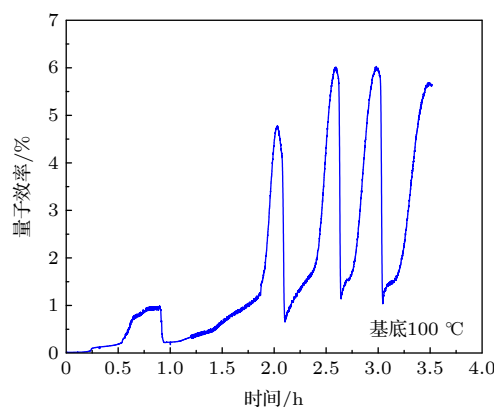
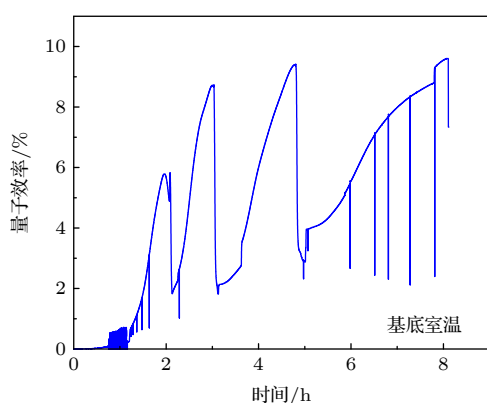


图 16 基底在室温和 100 °C 时, 光阴极制备过程中 Cs-Te 光阴极量子效率变化

Fig. 16. The change of the quantum efficiency of Cs-Te photocathode during the preparation process at substrate room temperature and 100 °C.

用 Keysight 2985A (自带“ $\pm 1000$  V”电压源) 代替 Keithley 6485A 来收集阴阳极间的光电流, 偏置电压设置为 200 V. 光阴极制备过程中, 光电流收集电路及制备好的 Cs-Te 光阴极, 如图 15 所示. 基底在室温和 100 °C 时, 制备的 Cs-Te 光阴极在 265 nm 处量子效率大于 5%, 如图 16 所示.

## 4 讨论

Cs-Te 光阴极的制备成功与否除了与制备方法息息相关外, 还与腔室真空度有很大关系. 在制备过程中, 真空度越高越好, 有害气体越少, 形成更利于光电子发射的 Cs-Te 光阴极晶体结构. SARI 光阴极制备装置相较于 SINAP 光阴极制备装置, 除制备室真空度由  $6.5 \times 10^{-9}$  Pa 提升到  $5.2 \times 10^{-10}$  Pa. 另外还增加一个光阴极转接室和转移室, 用于转运高量子效率半导体光阴极到电子枪中使用, 蒸发源室增加离子泵, 基底清洗方式由氩离子溅射清洗换成真空加热清洗.

热退火处理 Te, Cs 顺序沉积和 Te 断续、Cs

持续沉积两种方法制备的 Cs-Te 光阴极, 效果有很大不同. 可能原因是 Te, Cs 顺序沉积制备时, 由于沉积的 Te 源太厚, 只有表面 Te 与 Cs 生成 Cs-Te 光阴极, 里面部分 Te 未与 Cs 形成 Cs-Te 光阴极, 而热退火有助于 Te 和 Cs 移动, 形成新的 Cs-Te 光阴极, 量子效率有所增加. 而 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极时, Te 与 Cs 的反应更加充分, 生成的 Cs-Te 光阴极厚度更大, 量子效率更高.

Te, Cs 顺序沉积和 Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极, 热退火和气体导致 Cs-Te 光阴极量子效率降低等过程中, Cs-Te 光阴极的晶体结构、表面粗糙度、化学组分等随时间的变化需要原位在线进一步研究. Te 断续、Cs 持续沉积, Te, Cs 顺序沉积和 Te, Cs 共蒸制备 Cs-Te 光阴极产生电子束团的发射度需比较.

## 5 结论

通过在 SINAP 和 SARI 的光阴极制备装置上

发展 Te 断续、Cs 持续沉积方法制备的 Cs-Te 光阴极, 在 265 nm 紫外光照射下, 量子效率大于 5%, 达到国际同等水平. 此制备方法让 Cs-Te 光阴极量子效率最大化, 并且制备成功率达到 100%. 在不同光阴极制备装置间, Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极的量子效率几乎没有区别, 同时不同制备操作人员都能制备同样高量子效率的 Cs-Te 光阴极. Te 断续、Cs 持续沉积制备 Cs-Te 光阴极的方法向全自动、无人值守生产 Cs-Te 光阴极迈出了重要的一步, 对 Cs-Te 光阴极的工业化生产有一定帮助. 另外, 此方法还可用于其他高量子效率半导体光阴极 (如 Cs<sub>3</sub>Sb 和 K<sub>2</sub>CsSb) 的制备.

## 参考文献

- [1] Michelato P 1997 *Nucl. Instrum. Meth. A* **393** 455
- [2] Musumeci P, Navarro J G, Rosenzweig J B, Cultrera L, Bazarov I, Maxson J, Karkare S, Padmore H 2018 *Nucl. Instrum. Meth. A* **907** 209
- [3] Xiang R, Quan S W, Lin L, Ding Y T, Lu X Y, Jiao F, Wang G M, Zhao K 2004 *High Energy Phys. Nuc.* **28** 771 (in Chinese) [向荣, 全胜文, 林林, 丁原涛, 鲁向阳, 焦飞, 王桂梅, 赵夔 2004 高能物理与核物理 **28** 771]
- [4] Xiang R, Arnold A, Buettig H, Janssen D, Justus M, Lehnert U, Michel P, Murcek P, Schamlott A, Schneider Ch, Schurig R, Staufenberg F, Teichert J 2010 *Phys. Rev. Spec. Top-Ac.* **13** 043501
- [5] Bossert J, Ganter R, Schaer M, et al. 2014 *Proceedings of the 36th International Free Electron Laser Conference* Basel, Switzerland, August 25–29, 2014 THP046
- [6] Aryshev A, Shevelev M, Honda Y, Terunuma N, Urakawa J. 2017 *Appl. Phys. Lett.* **111** 033508
- [7] Panuganti H, Piot P 2017 *Appl. Phys. Lett.* **110** 093505
- [8] Pierce C M, Bae J K, Galdi A, Cultrera L, Bazarov I, Maxson J 2021 *Appl. Phys. Lett.* **118** 124101
- [9] Kong S H, Kinross-Wright J, Nguyen D C, Sheffield R L, Weber M E 1995 *Nucl. Instrum. Meth. A* **358** 284
- [10] Schreiber S, Lederer S, Michelato P, et al. 2018 *Proceedings of the 38th International Free-Electron Laser Conference* New Mexico, USA, August 20–25 2018 WEP003
- [11] Huang P, Qian H, Chen Y, et al. 2019 *Proceedings of the 39th International Free Electron Laser Conference* Hamburg, Germany, August 26–30 2019 WEP062
- [12] Loisch G, Chen Y, Koschitzki C, et al. 2022 *Appl. Phys. Lett.* **120** 104102
- [13] Filippetto D, Qian H, Sannibale F 2015 *Appl. Phys. Lett.* **107** 042104
- [14] Wisniewski E E, Velazquez D, Yusof Z, Spentzouris L, Terry J, Sarkar T J, Harkay K 2013 *Nucl. Instrum. Meth. A* **711** 60
- [15] Wisniewski E, Antipov S, Conde M, et al. 2015 *Proceedings of the 6th International Particle Accelerator Conference* VA, USA, May 3–8 2015 WEPTY013
- [16] Terunuma N, Murata A, Fukuda M, et al. 2010 *Nucl. Instrum. Meth. A* **613** 1
- [17] Tamba T, Miyamatsu J, Sakaue K, et al. 2019 *Proceedings of the 10th International Particle Accelerator Conference* Melbourne, Australia, May 19–24 2019 TUPTS111
- [18] Kong S H, Kinross-Wright J, Nguyen D C, Sheffield R L 1995 *J. Appl. Phys.* **77** 6031
- [19] Michelato P, Di Bona A, Pagani C, et al. 1996 *Proceedings of the 5th European Particle Accelerator Conference* Barcelona, Spain, June 10–14 1996 p1475
- [20] Dai J, Quan S W, Chang C, Liu K X, Zhao K 2012 *Chin. Phys. C* **36** 475
- [21] Monaco L, Michelato P, Sertore D, et al. 2019 *Proceedings of the 39th International Free Electron Laser Conference* Hamburg, Germany, August 26–30 2019 WEA04
- [22] Chevallay E, Divall Csatari M, Doeberst S, et al. 2012 *Proceedings of the 3rd International Particle Accelerator Conference* LA, USA, May 20–25 2012 TUPPD066
- [23] Gaowei M, Sinsheimer J, Strom D, et al. 2019 *Phys. Rev. Accel. Beams.* **22** 073401
- [24] Niu J, Zhang Y J, Chang B K, et al. 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 044209 (in Chinese) [牛军, 张益军, 常本康, 等 2011 物理学报 **60** 044209]
- [25] Hao G H, Han P Y, Li X H, et al. 2020 *Acta Phys. Sin.* **69** 108501 (in Chinese) [郝广辉, 韩攀阳, 李兴辉, 等 2020 物理学报 **69** 108501]
- [26] Wang J G, Liu Y W, Li F, et al. 2021 *Acta Phys. Sin.* **70** 218503 (in Chinese) [王国建, 刘燕文, 李芬, 等 2021 物理学报 **70** 218503]
- [27] Michelato P, Pagani C, Sertore D, di Bona A, Valeri S 1997 *Nucl. Instrum. Meth. A* **393** 464
- [28] Sertore D, Michelato P, Monaco L, et al. 2014 *J. Vac. Sci. Technol. A* **32** 031602

# Cs-Te photocathode preparation with Te intermittent and Cs continuous deposition based on improved preparation success rate and quantum efficiency<sup>\*</sup>

Li Xu-Dong<sup>1)†</sup> Jiang Zeng-Gong<sup>1)</sup> Gu Qiang<sup>1)</sup> Zhang Meng<sup>1)</sup>

Lin Guo-Qiang<sup>1)</sup> Zhao Ming-Hua<sup>2)</sup> Guo Li<sup>2)</sup>

1) (*Shanghai Advanced Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201210, China*)

2) (*Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201808, China*)

( Received 26 April 2022; revised manuscript received 8 May 2022 )

## Abstract

In order to prepare high-quantum-efficiency semiconductor Cs-Te photocathode which can produce a high-quality electron source, based on the INFN-LASA Cs-Te photocathode preparation method, the Cs-Te photocathode preparation method with Te intermittent, Cs continuous deposition is developed. The Cs-Te photocathode with quantum efficiency greater than 5% under 265 nm UV irradiation is successfully prepared in the photocathode preparation device of SINAP and SARI, and the fabrication success rate reaches 100%. As long as the preparation chamber vacuum degree is better than  $10^{-8}$  Pa, the Cs-Te photocathode with high quantum efficiency can be prepared by this preparation method, which will not be different due to the changes of preparation equipment and operators.

**Keywords:** photocathode, Te intermittent, Cs continuous deposition, quantum efficiency

**PACS:** 85.60.Ha, 29.25.Bx, 07.30.Kf

**DOI:** 10.7498/aps.71.20220818

---

<sup>\*</sup> Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 11905276, 12075302), the Natural Science Foundation of Shanghai, China (Grant No. 22ZR1470300), and the Shanghai Municipal Science and Technology Major Project, China (Grant No. 2017SHZDZX02).

<sup>†</sup> Corresponding author. E-mail: [lixudong@sari.ac.cn](mailto:lixudong@sari.ac.cn)





## 基于制备成功率和量子效率提升的Te断续、Cs持续沉积制备Cs-Te光阴极

李旭东 姜增公 顾强 张猛 林国强 赵明华 郭力

## Cs-Te photocathode preparation with Te intermittent and Cs continuous deposition based on improved preparation success rate and quantum efficiency

Li Xu-Dong Jiang Zeng-Gong Gu Qiang Zhang Meng Lin Guo-Qiang Zhao Ming-Hua Guo Li

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 71, 178501 (2022) DOI: 10.7498/aps.71.20220818

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7498/aps.71.20220818>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

#### 光学共振增强的表面铯激活银纳米结构光阴极

Optical resonance enhanced Cs activated nano-structured Ag photocathode

物理学报. 2020, 69(6): 068501 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20191420>

#### 离子束表面处理对光电阴极发射的影响

Effect of ion-beam surface treatment on photocathode emission

物理学报. 2021, 70(21): 218503 <https://doi.org/10.7498/aps.70.20210587>

#### 基于MXene涂层保护Cs<sub>3</sub>Sb异质结光阴极材料的计算筛选

Computational screening of photocathodes based on layered MXene coated Cs<sub>3</sub>Sb heterostructures

物理学报. 2021, 70(21): 218504 <https://doi.org/10.7498/aps.70.20210956>

#### 真空沟道结构GaAs光电阴极电子发射特性

The electron emission characteristics of GaAs photocathode with vacuum-channel structure

物理学报. 2020, 69(10): 108501 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20191893>

#### 纳米半导体中多重激子效应研究进展

Recent advance in multiple exciton generation in semiconductor nanocrystals

物理学报. 2018, 67(2): 027302 <https://doi.org/10.7498/aps.67.20171917>

#### CsI光阴极在10100 keV X射线能区的响应灵敏度计算

Calculation of CsI photocathode spectral response in 10–100 keV X-ray energy region

物理学报. 2018, 67(8): 085203 <https://doi.org/10.7498/aps.67.20180029>