

# WSZ 极紫外探测器及其信号采集电路的研究

王光明 赵宝升 魏培永 朱香平

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

**摘要** 采用电荷分割方法设计了 WSZ(Wedge-Strip and Zig)极紫外光探测器,其基于 MCP 的结构和单光子成像的特点使其在极弱光的探测方面具有独特的优势. 设计了用于该探测器的快速三通道电荷放大电路和信号采集电路,以探测脉宽 100~200 ms、总电荷量 1~20 pC 的电子脉冲. 在真空条件下使用紫外光源对电路进行模拟试验,获得了峰值大小与阳极面板面积成比例的、噪音范围在 10 mV 以内的三路脉冲信号. 模拟实验结果证明,该探测器预计分辨率有望达到  $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ .

**关键词** 极紫外; WSZ 多阳极面板; 电荷敏感放大

**中图分类号** TN23; O434.2 **文献标识码** A

## 0 引言

EUV 探测器是为研究地球等离子层的冷等离子体而设计的. 在地球等离子层中,  $\text{He}^+$  离子的含量是最丰富的, 典型的密度最大值是  $1000 \text{ cm}^{-3}$ , 占到了等离子体粒子数的 20%<sup>[1]</sup>. 30.4 nm 的极紫外光(EUV, Extreme Ultraviolet)是由于地球磁体中  $\text{He}^+$  粒子的谐振散射所形成的, 它是孤立于其他谱线的而且是最亮的一条谱线.

人类从上个世纪 80 年代就开始通过发射人造卫星的方式观测地球空间环境. 1992 年美国航空航天局(NASA)年发射的 EUVE(Extreme Ultraviolet Explorer)卫星是通过探测 6~76 nm 的极紫外光来探测地球等离子图像<sup>[2]</sup>. 2000 年 3 月 25 日, 美国 IMAGE(Imager for Magnetopause-to-Aurora Global Exploration)飞船在范定堡空军基地升空, 并成功拍摄到地球等离子层的图像, 这也是人类拍摄到的第一张全球等离子体层的影像<sup>[3]</sup>. 在极紫外探测方面, 国内目前只开展了一些调研和初步设计工作, 还未见相关报道. 中国科学院西安光学精密机械研究所从 2003 年开始了对极紫外探测器的研究, 并在球面 MCP、多阳极面板和信号采集电路等关键技术取得了一定成绩, 但距整机还有一定的距离.

## 1 WSZ 多阳极探测器的结构

用于极紫外探测的阳极探测器种类很多, 目前比较成熟的有 MAMA(Multi-Anode Microchannel-plate Array)探测器<sup>[4]</sup>、WSZ(Wedge-Strip and Zig)探测器<sup>[5]</sup>、时间延迟(Delay-line)探测器<sup>[6]</sup>等. 其中 WSZ 多阳极探测器是目前应用较多的一种探测器. EUVE 卫星和 IMAGE 飞船所携带的极紫外探测

器都是 WSZ 多阳极探测器.

基于 WSZ 的极紫外探测器的关键技术主要包括光学系统、球面 MCP、WSZ 多阳极面板、信号采集电路等. 该探测器结构图如图 1.

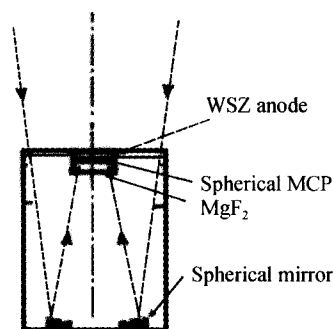


图 1 EUV 探测器结构  
Fig. 1 Configuration of the EUV detector

成像系统采用单反结构, 焦平面为球形因此接收面必须使用球面 MCP. 2004 年 11 月西安光机所赵宝升等人试验并研制成功曲率半径 70 mm, 有效面积为  $\varphi 50$  的球面 MCP, 填补了国内球面 MCP 技术的空白. 该项技术已申请国家发明专利.

WSZ 多阳极探测器的结构如图 2. 来自光学系统的 30.4 nm 的像面成在第一块 MCP 的阴极涂层上, 阴极产生的光电子进入并通过第一块、第二、第三块 MCP, 光电子得到连续的倍增, 其增益可达  $10^7 \sim$

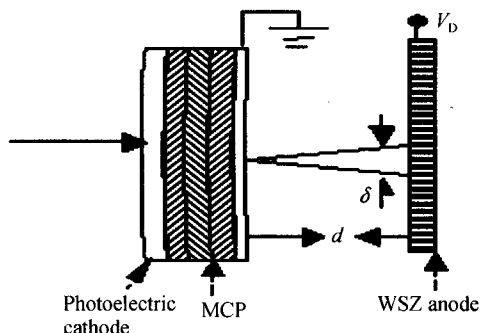


图 2 WSZ 多阳极探测器结构  
Fig. 2 Configuration of the WSZ detector

$10^8$ ,由第三块 MCP 输出的具有一定能量的电子云被 WSZ 多阳极面板收集,采集到的电信号经过处理后还原成图像信号。

来自 MCP 的电子可以用 WSZ 阳极收集器来探测,如图 3. 图中共有三个收集电子区,W 区(楔

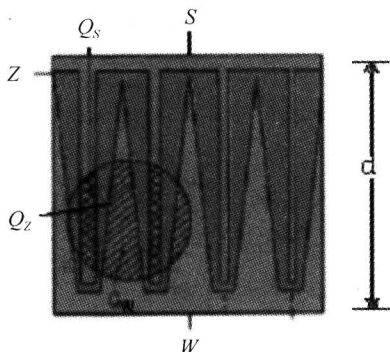


图 3 WSZ 多阳极面板结构  
Fig. 3 Configuration of WSZ anode

形区),S 区(条形区),Z 区(之形区). 一般来说,当 MCP 出来的电子云打到 WSZ 阳极收集器上后,阳极收集器就可以得到各个区收到的电荷, $Q_W, Q_S, Q_Z$ ,这样就可以根据式(1)确定电子云的中心位置<sup>[7]</sup>

$$x = \frac{Q_S - X_{\text{talk}} Q_Z}{Q_W + Q_S + Q_Z}$$

$$y = \frac{Q_W - X_{\text{talk}} Q_Z}{Q_W + Q_S + Q_Z}$$

$X_{\text{talk}}$ 是串扰的修正系数,它和三个阳极之间的电容耦合相关。

## 2 WSZ 多阳极探测器信号采集电路设计

信号采集电路主要由电荷放大电路、模数转换电路和逻辑控制电路组成. 整个电路采用 5 V 直流电压供电,功率消耗小于 10 mW. 系统结构如图 4.

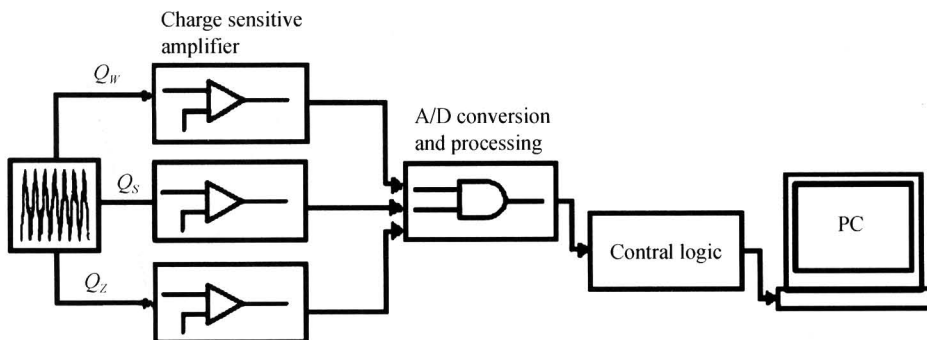


图 4 信号采集电路结构示意图  
Fig. 4 A schematic of the data acquisition circuits

### 2.1 放大电路设计

电荷放大电路主要由前置放大电路(见图 5)和二级运算放大电路(见图 6)组成. 前置放大电路使用高准确度集成运算放大器 AD743 构成电荷放大电路输出电压与输入电荷量的关系为  $V_{\text{out}} = \frac{Q_{\text{in}}}{C_1}$ .

二级运放使用四路通用放大器 LM324,放大器电压放大倍数  $A_V$  仅由外接电阻  $R_i, R_f$  决定: $A_V =$

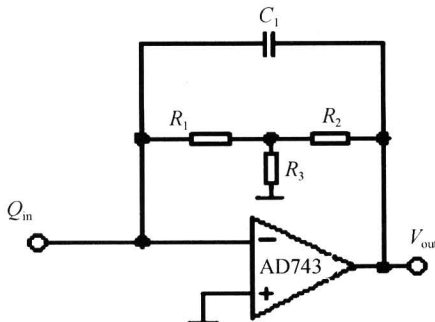


图 5 电荷放大电路  
Fig. 5 Change amplify circuit

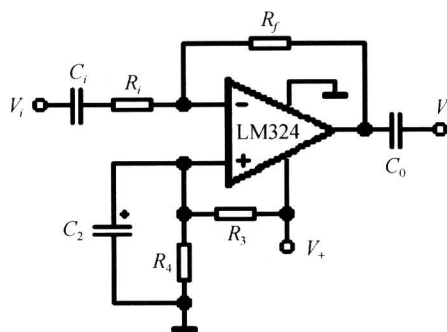


图 6 二级运算放大电路  
Fig. 6 Operational amplify circuit

$-R_f/R_i$ . 负号表示输出信号与输入信号相位相反. 实际电路中使用 100 倍放大倍数.

### 2.2 A/D 转换和数字电路设计

模数转换系统由 12 位串行 A/D 转换器 TLC2543 和 8 位单片机 AT89S52PLDD 组成,见图 7. 单片机采集的数据通过串口经 MAX232 转换成 RS232 电平向上位机(PC 机)传送,数据用 MATLAB 软件进行后期处理.

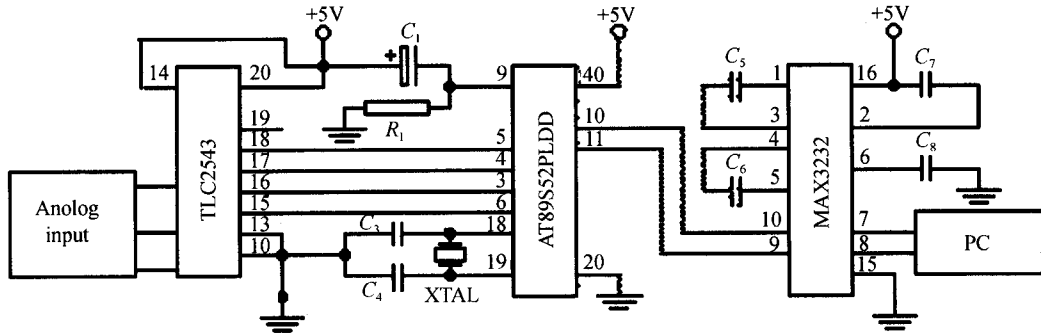


图 7 串行采集/传输电路原理

Fig. 7 Schematic of the serial acquisition and transport circuits

### 3 信号采集电路的测试结果及分析

#### 3.1 试验测试系统结构

试验使用高压汞灯作为紫外光源和金属银作为光电阴极,试验系统结构图如图 8. 图中阳极面板被分成  $60^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $180^\circ$ 三个部分,用于收集从 MCP 倍增后的电子.

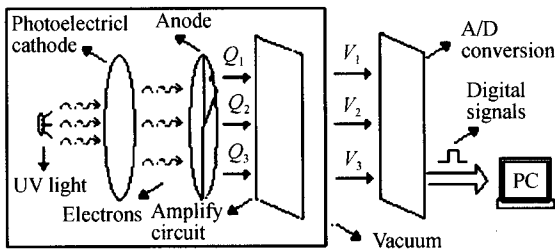


图 8 试验测试系统结构

Fig. 8 Configuration of the test system

#### 3.2 试验结果及分析

图 9 为试验中两次打开紫外光源得到的三路脉冲信号,  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  分别对应于阳极面板上  $60^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $180^\circ$ 三个接收区.

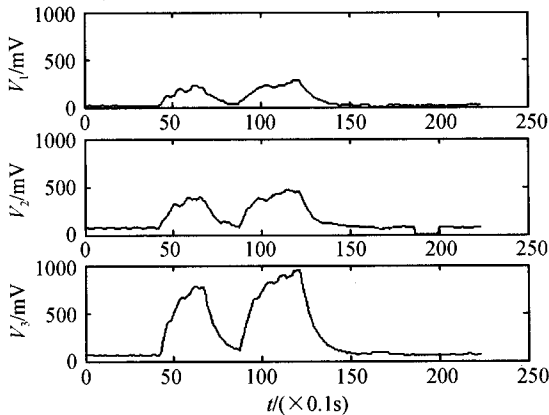


图 9 试验采集到的脉冲信号随时间的分布

Fig. 9 Temporal distribution of electron pulses

从图 9 可以看出电荷放大电路的电压特性曲线与理论曲线吻合,脉冲信号峰值大小基本上与阳极面板的面积成正比;三路电路的零点漂移分别在  $30\text{ mV}$ 、 $80\text{ mV}$ 、 $70\text{ mV}$  左右,噪音在  $10\text{ mV}$  以内;

电容充放电过程中噪音较小,电容充电过冲造成顶点噪音较大. 本次试验进一步验证了 WSZ 多阳极探测器的可行性,设计的信号采集电路在噪音和线形放大倍数等方面基本满足探测器的要求.

致谢:感谢与中国科学院北京空间中心徐荣栏研究员、李磊博士等老师的有益讨论和指导.

#### 参考文献:

- 1 Sandel B R, Broadfoot A L, Curtis C C, *et al.* The extreme ultraviolet imager investigation for the IMAGE mission. *Space Science Reviews*, 2000, **91** (1/2): 197 ~ 242
- 2 Siegmund O H W, Malina R F, Coburn K, *et al.* Microchannel plate EUV detectors for the extreme ultraviolet explorer. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 1984, **NS-31**(0018): 776 ~ 779
- 3 Fuselier S A, Gary S P, Thomsen M F, *et al.* Generation of transient dayside subauroral proton precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 2004, **109** (A12): A12227
- 4 Kimble R A, Abraham James, Argabright V St, *et al.* In-flight performance of the MAMA detectors on the space telescope imaging spectrograph. *SPIE*, 1999, **3764**(11): 209 ~ 225
- 5 Siegmund O H W, Lampton M, Bixler J, *et al.* Wedge and strip image readout systems for photon-counting detectors in space astronomy. *J Opt Soc Am*, 1986, **3** (0740): 2139 ~ 2145
- 6 Ali I, Orner R D, Jagutzki O, *et al.* Multi-hit detector system for complete momentum balance in spectroscopy in molecular fragmentation processes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 1999, **149** (4): 490 ~ 500
- 7 Mason G M, Gold R E, Krimigis S M, *et al.* The ultra low energy isotope spectrometer (ULEIS) for the ACE spacecraft. *Space Science Reviews*, 1998, **86**(1/2): 409 ~ 448
- 8 Xu Ronglan, Li Lei, Lin Yunlong, *et al.* The Global Magnetospheric Study Using EUV and FUV Imager Low-Earth-Orbit Satellite. *Proceedings of the 5th Asia-*

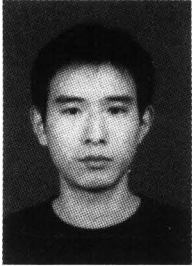
## The Research of WSZ Extreme Ultraviolet Detector and the Data Acquisition Circuits

Wang Guangming, Zhao Baosheng, Wei Peiyong, Zhu Xiangping  
*Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS, Xi'an 710068*

Received date: 2005-09-05

**Abstract** WSZ (Wedge-Strip and Zig) extreme ultraviolet (EUV) detector was designed by the charge division theory. Based on MCP and single photon imaging, the detector has original advantages on faint light detection. Three channels data acquisition circuits were designed to detect pulses with 100~200 ns widths and 1~20 pC total charges. The circuits were tested under vacuum condition and electron pulses proportionate to the areas of the anodes with noises less than 10 mV are gathered and processed. It is reasoned to expect a resolution of  $100 \times 100$  of this detector.

**Keywords** Extreme Ultraviolet; WSZ anode; Charge sensitive amplify



**Wang Guangming** was born in 1981. He graduated from Xi'an Jiaotong University of Applied Physics in 2003. Now he is studying in the photoelectronics Laboratory of Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of Chinese Academy of Science.