

# 非晶硒化镉快速光电探测器瞬态 光电导的测试研究\*

曾锦川 郭亨群 叶天水 陈两坤 王加贤 刘泰山

(华侨大学应用物理系, 泉州 362011)

**提要** 报道了淀积条件对非晶态硒化镉( $\alpha$ -CdSe)薄膜微区结构的影响,并对利用 $\alpha$ -CdSe薄膜为光敏介质的快速光电探测器的瞬态光电导进行了比较深入的测试研究。

**关键词** 快速光电探测器,瞬态光电导,硒化镉薄膜

## 1 引言

当前国际上正加紧研究开发应用 $\alpha$ -CdSe薄膜等新型材料作为快速光电探测器的光敏介质,由于它具有光电响应速度快,制作工艺简便,价格便宜等优点,引起人们的普遍关注<sup>[1]</sup>。

本科研课题组近期研究结果表明, $\alpha$ -CdSe的微区形貌及晶粒线度同薄膜衬底的淀积温度及淀积速率等淀积条件关系密切,因而以 $\alpha$ -CdSe薄膜为光敏介质的快速光电探测器的光电特性同淀积条件的关系也很密切。本文首先介绍应用透射电镜对不同淀积条件下制备的各种薄膜样品,进行微区形貌、晶粒线度及衍射花样的检测。实验结果显示,降低衬底的淀积温度或降低样品的淀积速率,均会导致CdSe晶粒线度缩小,从而使其非晶化程度提高。在此基础上介绍 $\alpha$ -CdSe光电探测器对锁模激光瞬态响应特性的测试研究,结果表明降低样品的淀积温度,是提高探测器响应速度的有效途径之一。

## 2 $\alpha$ -CdSe 薄膜的制备及其微区结构分析

### 2.1 薄膜样品的制备

$\alpha$ -CdSe薄膜是利用DMD-450型多层镀膜机,采用热蒸发法在真空度为 $2.8 \times 10^{-3}$  Pa情况下,将纯度为99.99%的CdSe淀积在衬底上制备而成的。衬底分厚度为0.8 mm的载波片及加复合膜的铜网两种。薄膜的淀积条件由淀积衬底温度、蒸发电流、淀积时间及热退火处理等因素决定。适当调节蒸发电流和淀积时间,可以控制膜层厚度。本文涉及的测试样品包括淀积温度为25℃,100℃,150℃和200℃等,淀积速率分0.75  $\mu\text{m}/\text{h}$ 及1.50  $\mu\text{m}/\text{h}$ 等8种样

\* 国家自然科学基金及国务院侨办基金资助课题。

收稿日期:1993年12月21日,收到修改稿日期:1994年2月12日

品。薄膜制备后还可分热退火及未经退火两种形式处理样品。退火温度为 50 ℃, 在空气中恒温 1 h, 然后自然冷却至室温。

## 2.2 微区形貌分析及晶粒线度测定<sup>[2]</sup>

应用 JEM-CX II 型电子透射显微镜, 对镀制在铜网上的 8 种样品进行微区形貌分析及晶粒线度测定。该电镜放大倍数为 270 k(可调), 加速电压为 80 kV。图 1, 图 2 和图 3 分别表示淀积温度为 25 ℃, 100 ℃ 和 150 ℃, 以及淀积速率为 0.75 μm/h 及 1.50 μm/h 的条件下, α-CdSe 薄膜样品微区形貌显微图像(放大倍数 100 k)。由测量得知, 图 1, 图 2 和图 3 中样品晶粒平均线度分别为 10, 35 和 55 nm 左右。

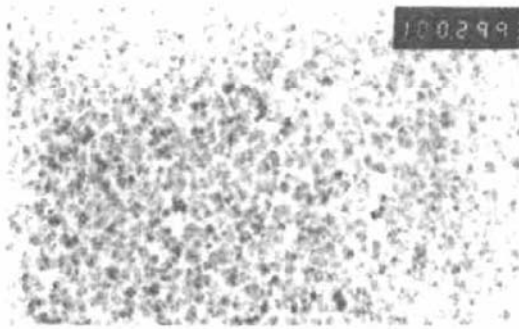


Fig. 1 Electron micrograph showing microarea appearance of α-CdSe sample deposited at 25 ℃ in a rate of 0.75 μm/h

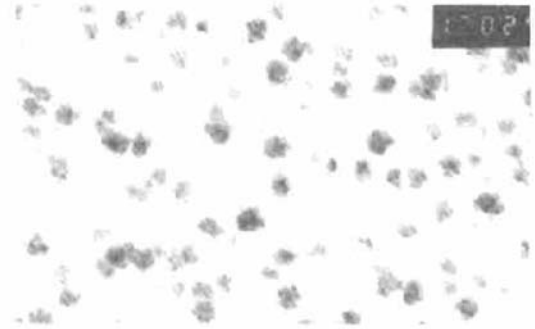


Fig. 2 Electron micrograph showing microarea appearance of α-CdSe sample deposited at 100 ℃ in a rate of 0.75 μm/h

对以上 8 种样品晶粒线度测定结果如表 1 所示。由表 1 可见, 样品的晶粒线度随淀积温度及淀积速率的不同而变动。其变动规律是: 在本实验条件下, 当淀积速率相同时, 若淀积温度超低, 则样品的晶粒线度越小; 当淀积温度相同情况下, 若淀积速率越低, 则晶粒线度越小, 非晶化程度越高。

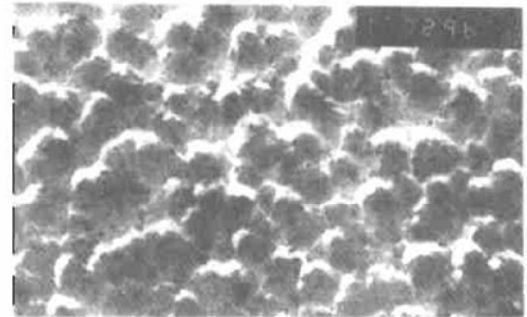


Fig. 3 Electron micrograph showing microarea appearance of α-CdSe sample deposited at 150 ℃ in a rate of 1.50 μm/h

Table 1 Results from measuring α-CdSe grain size under different deposition conditions

Deposition temperature (°C)	25		100		150		200	
Deposition speed (μm/h)	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50
Grain size (nm)	10	15	35	50	45	55	60	

## 2.3 电子衍射实验

利用上述透射电镜对样品进行了衍射实验。图 4 和图 5 表示 CdSe 样品在淀积温度和淀积速率分别为 100 ℃, 1.50 μm/h 和 200 ℃, 0.75 μm/h 的电子衍射花样。分析对比以上 8 种样品的衍射花样表明, 若淀积温度较高且淀积速率也较大, 相应地电子衍射花样为一系列较敏

锐的衍射环,表明样品的晶粒线度较大。反之若淀积温度较低、淀积速率较小,则衍射环变得较宽、较弥散,表明晶粒线度较小,非晶化程度比较高。此结果同表 1 晶粒线度测定数据相一致。

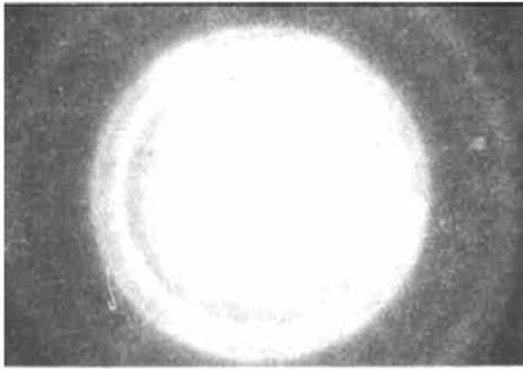


Fig. 4 Electron diffraction pattern of  $\alpha$ -CdSe sample deposited at 100 °C in a rate of 1.50  $\mu\text{m}/\text{h}$



Fig. 5 Electron diffraction pattern of  $\alpha$ -CdSe sample deposited at 200 °C in a rate of 0.75  $\mu\text{m}/\text{h}$

### 3 $\alpha$ -CdSe 快速光电探测器瞬态响应

#### 3.1 测试装置

用掩模法在以载波片为衬底的  $\alpha$ -CdSe 薄膜上,采用真空热蒸发法镀上微带铝电极。为了同测试时所使用的特征阻抗为 50  $\Omega$  的传输电缆相匹配,微带线结构特征阻抗也应为 50  $\Omega$ 。制备时取电极长 5.0 mm,宽 1.5 mm,距离为 80  $\mu\text{m}$  的两电极之间的  $\alpha$ -CdSe 薄膜作为光照激活区。衬底底面均匀蒸镀铝膜作为接地极。微带片固定在一个特制的连接微带——传输电缆装置中,微带线与传输电缆芯导体用低温银浆连接,两端电缆分别接到偏置电压及输出信号检测器上。

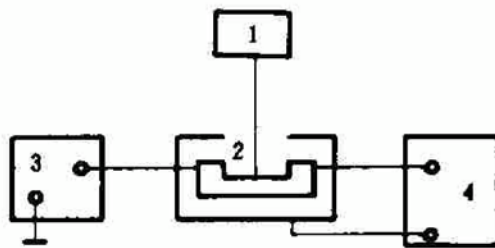


Fig. 6 Block diagram showing the test of the steady-state photoconduction

1—Source of white light; 2—Sample box;  
3—Power source; 4—Microcurrent detector

#### 3.2 稳态光电导检测

探测器稳态光电导的测试方框图如图 6 所示。白光光源用 6 V 5 W 的白炽灯,光源与探测器的距离为 3 cm,微小电流采用 ZC36 型  $10^{-11}$  A 微电流测试仪检测。检测时探测器两端加一定的偏压。光照时微电流测试仪显示的是光电流  $I_p$ ,无光照时则显示相应的暗电流  $I_d$ ,其比值即为光电导  $\sigma_p$  相对于暗电导  $\sigma_d$  增大的倍率。由不同淀积温度(均经退火处理)的  $\alpha$ -CdSe 薄膜制备的探测器稳态光电导实验数据如表 2 所示。

Table 2 Data from steady-state photoconduction experiment of  $\alpha$ -CdSe photodetector

Deposition temperature, (°C)	Dark current $I_d$ (A)	Photocurrent $I_p$ (A)	$\sigma_p/\sigma_d$
100	$7.10 \times 10^{-8}$	$7.75 \times 10^{-8}$	11
150	$1.11 \times 10^{-7}$	$1.12 \times 10^{-6}$	10
200	$4.90 \times 10^{-8}$	$2.10 \times 10^{-7}$	4

由表 2 可见,  $\alpha$ -CdSe 光电探测器光电导与相应的暗电导之比值  $\sigma_p/\sigma_d$  同样品的淀积温度关系密切。实验表明, 淀积温度越低, 其比值  $\sigma_p/\sigma_d$  越大, 即探测器灵敏度越高。换言之, 提高光电探测器灵敏度的有效途径之一是降低薄膜样品的淀积温度。

### 3.3 瞬态光电导测试研究

研究探测器瞬态光电导的测试装置如图 6 所示。并将图中 1 改为激光光源, 用对撞脉冲锁模 Nd:YAG 激光器输出序列超短光脉冲, 经倍频后波长为  $0.53 \mu\text{m}$ 。测得平均脉冲宽度为 10 ps, 脉冲能量为 10 mJ。电源 3 可用 40 V 干电池, 探测器输出电脉冲波形用 500 MHz 的示波器检测, 外加示波照相记录波形。图 7 表示淀积温度为  $100^\circ\text{C}$  的  $\alpha$ -CdSe 样品在激光脉冲激励下, 输出电脉冲波形, 图中 (a) 和 (b) 的纵坐标均为  $200 \text{ mV/div}$ 。

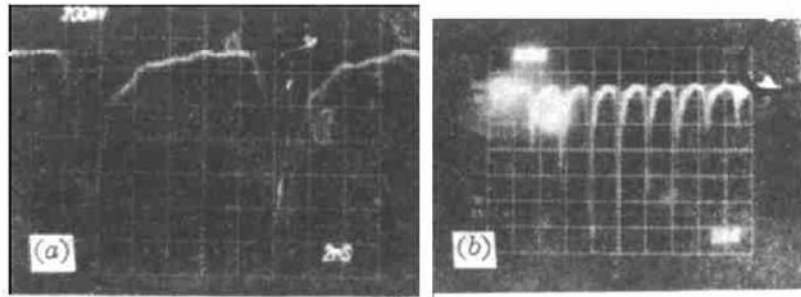


Fig. 7 Output waveform of electrical pulses from  $\alpha$ -CdSe sample deposited at  $100^\circ\text{C}$

(a) Horizontal scale is 2 ns/div (b) Horizontal scale is 10 ns/div

由图 7 (a) 可得, 输出电脉冲周期将近 10 ns, 半宽度为 1.6 ns。淀积温度为  $150^\circ\text{C}$  的样品输出电脉冲波形如图 8 所示, 图中横坐标为 10 ns/div, 纵坐标为  $100 \text{ mV/div}$ 。实验证实, 用淀积温度不同的样品制备的  $\alpha$ -CdSe 快速光电探测器, 对超短光脉冲的响应速度各不相同, 其规律为: 在其他实验条件及光电转换条件均相同的情况下, 淀积温度越低的样品, 输出电脉冲的半宽度越小, 即响应速度越快, 如表 3 所示<sup>[3]</sup>。

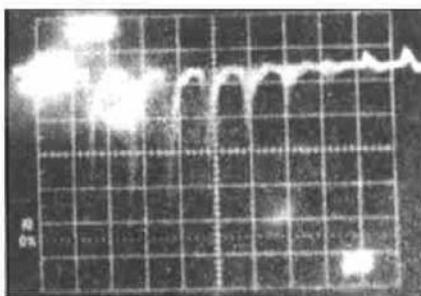


Fig. 8 Output waveform of electrical pulses from  $\alpha$ -CdSe sample deposited at  $150^\circ\text{C}$

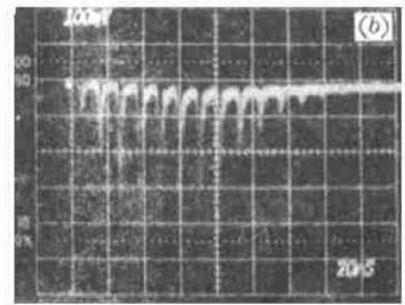
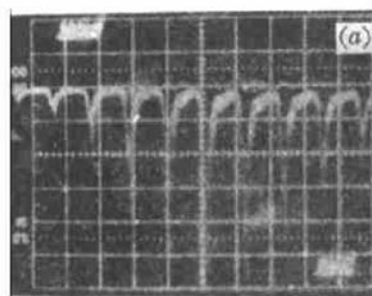


Fig. 9 Output waveform of electrical pulses from PIN photodetector under the irradiation of locked mode laser pulses train

(a) Horizontal scale is 10 ns/div. (b) Horizontal scale is 20 ns/div.

作为对比, 将进口的 8801-21 型 PIN 快速光电探测器在上述同等条件下进行检测, 测得其输出电脉冲半宽度为 2 ns。图 9 为该探测器在超短光脉冲激励下输出电脉冲波形。图中 (a) 和 (b) 的横坐标分别为 10 ns/div 和 20 ns/div, 纵坐标均为  $100 \text{ mV/div}$ 。

**Table 3 Width of output electric pulses from  $\alpha$ -CdSe photodetector and PIN photodetector prepared under different deposition temperature**

	Output electric pulses from $\alpha$ -CdSe photodetector			Output electric pulses from PIN photodetector
	100 °C	150 °C	200 °C	
Deposition temperature	100 °C	150 °C	200 °C	
Halfwidth of pulses	1.6 ns	2.0 ns	2.5 ns	2.0 ns

**致谢** 本文有关 CdSe 薄膜的检测工作,得到福建省测试技术研究所和厦门大学测试中心的大力支持。谨向祝健、倪子绵和张文珍等老师致谢。

### 参 考 文 献

- 1 叶天水等. 应用激光, 1990, 10(5): 207
- 2 G. W. Lorimer, S. A. Al-Salman, G. Cliff. Developments in Electron Microscopy and Analysis, 1977, 369
- 3 郭亨群等. 光学学报, 1992, 12(9): 855

## Test and Study of the Transient Photoconduction of $\alpha$ -CdSe Fast Photodetector

Zeng Jinchuan Guo Hengqun Ye Tianshui  
Chen Liangkun Wang Jiaxian Liu Taishan

(Department of Applied Physics, Huaqiao University, Quanzhou 362011)

**Abstract** The authors indicate the effect of deposition conditions on the microarea structure of an  $\alpha$ -CdSe film, and investigate the transient photoconduction of an fast photodetector by means of  $\alpha$ -CdSe as the photosensitive medium.

**Key words** fast photodetector, transient photoconduction, CdSe film