

# 长波长低暗电流高速 $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ MSM 光电探测器\*

史常忻

K. Heime

(上海交通大学微电子技术研究所) (亚琛工业大学半导体电子学研究所)

1990年9月18日收到, 1990年12月20日修改定稿

本文首次介绍了用低温 MOVPE 技术, 研制成功具有非掺杂 InP 肖特基势垒增强层的  $InGaAs$  金属-半导体-金属光电探测器 (MSM-PD)。其暗电流在 1.5 伏下小于  $60 \text{ nA}$  ( $100 \times 100$  微米 $^2$ ); 响应时间  $t_r$  小于 30 ps (6 伏)。其灵敏度在 6 V 下为 0.42 A/W。

## 一、引言

金属-半导体-金属光电探测器 (MSM-PD) 具有工艺简单、平面结构便于与高速 FET-IC 单片集成的优点, 是光电子集成中的重要接收器之一, 八十年代起国内外许多工作均致力于此<sup>[1-3]</sup>。 $In_{0.53}Ga_{0.47}As$  材料具有在 1.3—1.5  $\mu\text{m}$  范围内良好的光谱响应, 是长波长光纤通讯中的理想材料。但是 n 型  $InGaAs$  的肖特基势垒过低<sup>[4]</sup>, 很难实现低的漏电流(这是低噪音光电接收器所必需的), 因此是制造  $InGaAs$  MSM-PD 的一大障碍。

近年来, 国外不少研究者采用生长各种非晶格匹配的势垒增强层, 以增高肖特基势垒高度, 例如有:  $GaAs/InGaAs$  结构<sup>[5]</sup>,  $AlGaAs/InGaAs$  结构<sup>[6]</sup>和  $InAlAs/InGaAs$ <sup>[7]</sup> 结构等。在势垒增强层和  $InGaAs$  本征吸收层中间均需生长过渡层, 以减少其晶格应力。最近 Yang 等人<sup>[8]</sup>采用常压 CVD 技术, 在  $InGaAs$  上生长掺  $FeInP$  势垒增强层的方法研制成  $InGaAs$  MSM-PD, 本文介绍一种用低压 MOVPE 技术, 生长不掺杂 InP 势垒增强层方法研究成功的  $InGaAs$  MSM-PD, 无需过渡层, 工艺简便, 暗电流低, 器件性能良好。

## 二、器件制造

用低压 MOVPE 技术, 在 (100) 方向的半绝缘 InP 衬底上生长 0.3 微米厚不掺杂的 InP 缓冲层, 然后生长 n 型  $In_{0.53}Ga_{0.47}As$  本征吸收层, 厚度为 1 微米, 杂质浓度为  $1-2 \times 10^{15}$  厘米 $^{-3}$ 。最后, 生长 0.1 微米厚的不掺杂 InP 层, 做为肖特基势垒增强层, 无过渡层。

MSM-PD 采用平面交叉指状电极结构, 其宽度和间距均为 3 微米, 光照有源区面积

\* 本课题得到中国国家自然科学基金会和德国德意志研究联合会的联合资助。

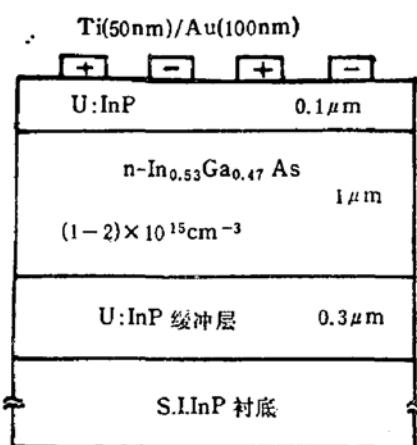


图 1 InGaAs MSM-PD 结构示意图

为 $(100 \times 100)$ 微米 $^2$ ,电极为双层金属 Ti 和 Au,其厚度分别为 500 埃和 1000 埃。用电子束蒸发和常规剥离技术完成。形成肖特基结之前,表面无需任何特殊的处理,工艺简单。在金属键合点下,预淀积有 0.3 微米厚的  $\text{SiO}_2$  绝缘层,以减少漏电流和寄生电容,并可增强金属对衬底的附着力,改善键合性能提高器件可靠性。试验器件上没有抗反射涂层,其结构示意图如图 1 所示。

### 三、实验结果

#### 直流特性

器件的暗电流和不同光强下光电流的直流特性分别如图 2(a) 和 (b) 所示。在 1.5 伏下,其暗电流为 55.64 nA, 比文献[8]报道的暗电流小。器件的击穿电压均大于 10 伏,表明具有良好的肖特基势垒。在 6 伏下,灵敏度为 0.42 A/W。

#### 响应时间

用脉冲响应法测量了器件的光电流响应速度, 测量系统框图见图 3。用 FWHM 时

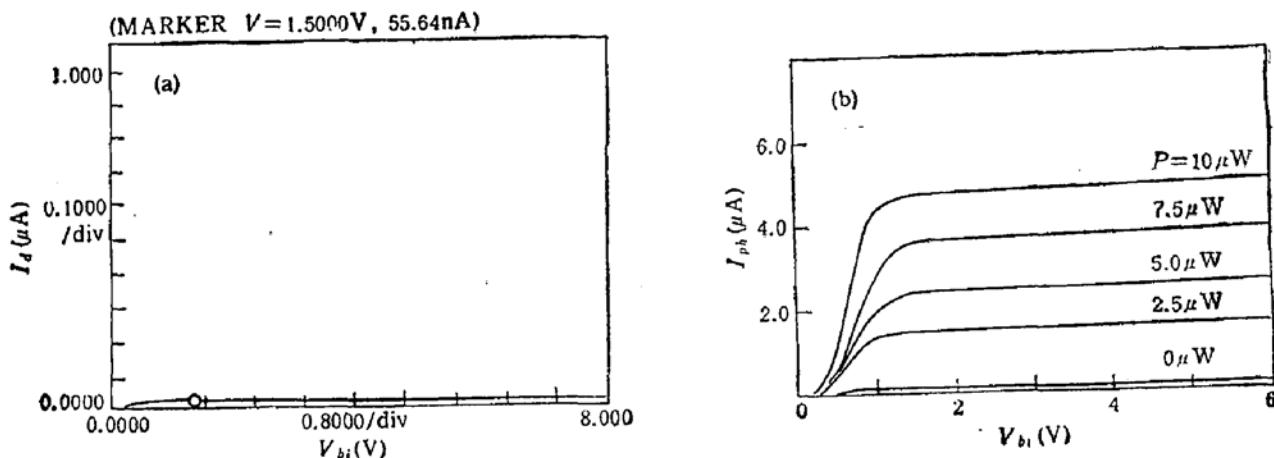


图 2 (a) MSM-PD 的暗电流和光电流 I-V 曲线·(b) 不同光强下的光电流 I-V 曲线

间小于 20 ps 的半导体激光器做为脉冲光源 ( $\lambda = 1.27 \mu\text{m}$ ), 由采样示波器触发。待测器件装在微波带衬底上, 光电流响应信号经微波偏置 T 接头 (HP 3315 A) 和采样探头 (HP 1430C,  $\tau_s \leq 20\text{ps}$ ), 输入到采样示波器 (HP 182C) 上, 显示同时也可以在绘图仪上描出曲线。

测量了在不同偏压下的光电流响应, 如图 4(a) 所示, 上升时间, 下降时间和 FWHM ( $V = 6$  伏) 分别为 33 ps, 28 ps 和 47 ps。扣除采样头的时间常数 (取 15 ps), 则分别小于 30 ps, 24 ps 和 44 ps, 图 4(b) 是响应时间与偏置电压的关系, 与理论计算的平带电压  $V_{FB} = 5.7$  伏相一致。

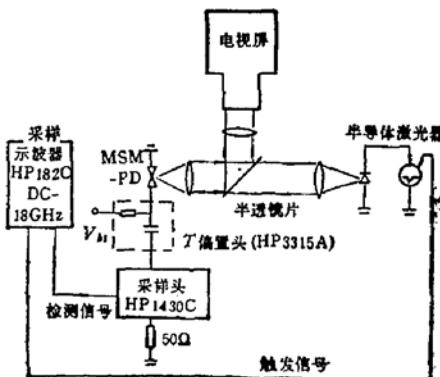


图 3 器件光电流响应测量系统框图

#### 四、结语

用低压 MOVPE 技术和不掺杂 InP 做为肖特基势垒增强层, 可以制成性能良好的长波长, 低漏电流, 高速 InGaAs MSM 光电探测器。其器件结构简单, 工艺方便, 是长波长光纤通讯中有前途的光电接收器。

作者感谢亚琛工业大学的 Mr. Stollenwerk 和 Mrs. Weimer 在工艺上给予的帮助。

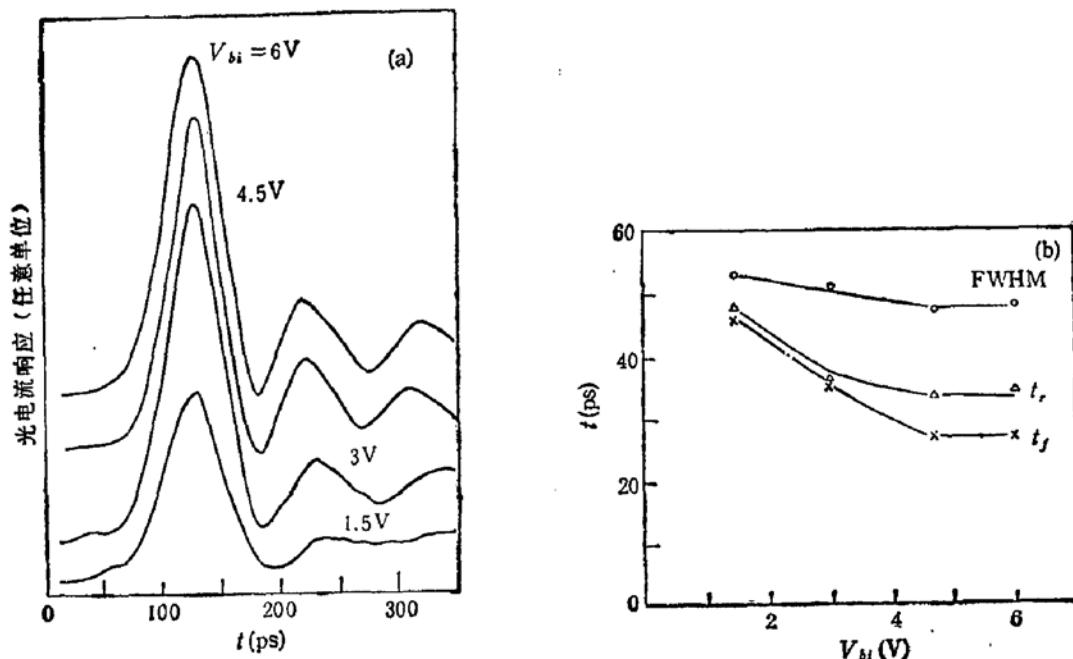


图 4 (a) 不同偏压下器件的光电响应 (b) 响应时间与偏置电压的关系

#### 参 考 文 献

- [1] M. Ito, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **47**, (11), 1130 (1985).

- [2] N. Yamanaka and T. Takade, *IEEE Photonics Technology Lett.*, 1(10), 310(1989).
- [3] 李志奇, 王庆康, 李晓明, 史常忻, 上海半导体, No. 1, 1(1990).
- [4] K. Kajiyama, Y. Mizushima and S. Sakata, *Appl. Phys. Lett.*, 23(8), 458(1973).
- [5] H. Schumacher *et al.*, *IEEE EDL*, 9(11), 607(1988).
- [6] W. P. Hong, G. K. Chang and B. Bhat, *IEEE Trans. on ED*, 36(4), 659(1989).
- [7] J. B. D. Soode *et al.*, *IEEE Photonics Technology Lett.*, 1(8), 250(1989).
- [8] L. Yang *et al.*, *IEEE Photonics Technology Lett.*, 2(1), 56(1990).

## Long-Wavelength Low Dark Current High Speed $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ MSM Photodetectors

Shi Changxin and Klaus Heime

(Institute of Microelectronics Technology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China)

(Institute of Semiconductor Electronics, Technical University of Aachen, Aachen, W, Germany)

### Abstract

A long-wavelength, low dark current, high-speed  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  Metal-Semiconductor-Metal Photodetector (MSM-P) with undoped InP Schottky barrier-enhancement layer, grown by LP-MOVPE is reported. The 60 nA of dark current  $(100 \times 100)\mu\text{m}^2$  at 1.5V, 30ps of rise time and 0.42A/W of responsivity at 6V are obtained.