

研究快报

高探测率的 GaAs/AlGaAs 多量子阱
长波长红外探测器钟战天^{a,b} 周小川^{a,c} 杜全钢^{a,c} 李承芳^b 周鼎新^d王 森^b 吴荣汉^b 於美云^d 徐俊英^b 蒋 健^{a,c}

(a——中国科学院表面物理国家实验室, 北京, 100080)

(b——中国科学院半导体研究所, 北京, 100083)

(c——中国科学院物理研究所, 北京, 100080)

(d——航空航天部上海 803 所, 200233)

1992年2月20日收到

探测器采用 50 周期 GaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As 多量子阱结构的分子束外延材料, 并制成直径为 320 μm 的台面型式单管, 其器件主要性能和指标如下: 探测峰值波长为 9.2 μm , 工作温度为 77 K, 峰值电压响应率 $R_v = 9.7 \times 10^3 \text{ V/W}$, 峰值探测率 $D^* = 6.2 \times 10^{10} \text{ cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$.

EEACC: 7230C

一、前 言

量子阱红外探测器是近几年发展起来的一种新型红外探测器, 是目前红外传感技术的发展方向。它具有响应速度快, 量子效率高, 可变波长, 热稳定性和均匀性好等优点, 在军事和民用方面占有重要地位, 已成为国际上极为重视的高技术研究前沿课题。我们进行了 GaAs/AlGaAs 多量子阱红外探测器材料生长和物理研究, 在国内首次做成了光耦合的波导样品和测出多量子阱阱间共振隧穿效应造成的负阻振荡曲线, 研制出高质量的多量子阱长波长红外探测器。其主要性能和指标如下: 工作温度 77 K, 峰值波长为 9.2 μm , 峰值电压响应率 $R_v = 9.7 \times 10^3 \text{ V/W}$, 峰值探测率 $D^* = 6.2 \times 10^{10} \text{ cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$, 已达到国际水平^[1-4]。

二、材料结构设计和生长

我们采用 Kronig-Penney 模型并根据所需波长计算出相应的阱宽及势垒高度, 从而确定 GaAs 层厚度和 AlGaAs 层组分, 为了降低暗电流要加宽势垒层厚度。我们利用英国 VGV80H 分子束外延系统, 在半绝缘 GaAs 衬底上先外延 1 μm 厚 n^+ -GaAs 层, 接着生长出阱内掺杂 50 周期的 (75 Å)GaAs/(300 Å)Al_{0.3}Ga_{0.7}As 超晶格量子阱结构, 最后再生长 0.5 μm 厚 n^+ -GaAs 层。外延材料的质量是制成高性能红外探测器的关键, 为此我

们多次改进外延设备,利用 SIMS, TEM 和 REM 等多种分析来调整材料生长条件,确保高质量外延材料。

三、探测器器件制备

通过光刻和湿法腐蚀工艺制成直径为 $320\ \mu\text{m}$ 的台面形式单管,其电极是用 AuGe/Ni 合金形成欧姆接触制成,并采用 45° 斜面背入射。探测器

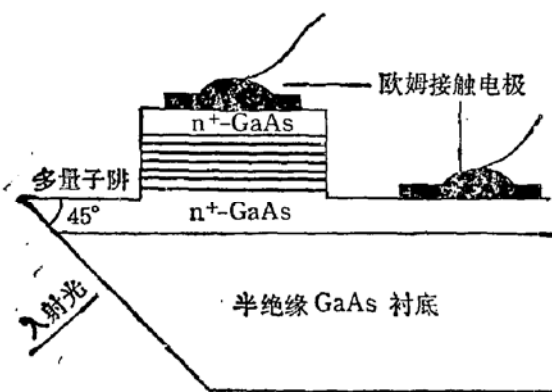


图 1 多量子阱红外探测器结构示意图

器件结构示意图如图 1。器件制备工艺流程要进行合理设计,达到工艺简单。尽量增大欧姆接触面积,避免电极间短路,增加管子成品率。精确控制台面腐蚀深度,使其恰好穿过量子阱区域。确定最优合金条件形成良好欧姆接触电极。

四、测试结果

图 2 表示无光照 77 K 温度下伏安特性曲线,在其中部显示出明显的负阻振荡现象。暗电流在 $0.2\ \mu\text{A}$ 以下。这说明我们生长的探测器材料是高质量的,并证明器件无漏电和良好的欧姆接触。

峰值探测率 D^* 等光电测量利用 Keithley 220 恒流源给出恒定偏流, EG&G 5210 锁相放大器测出电压响应和噪音信号。所有测量采用 500 K 黑体和 800 Hz 的调制频率。抽样测试 G236 样品的测试结果表明,峰值波长为 $9.2\ \mu\text{m}$, 工作温度为 77 K, 峰值探测率 D^* 最高达 $6.2 \times 10^{10}\ \text{cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$, 如表 1 所示。

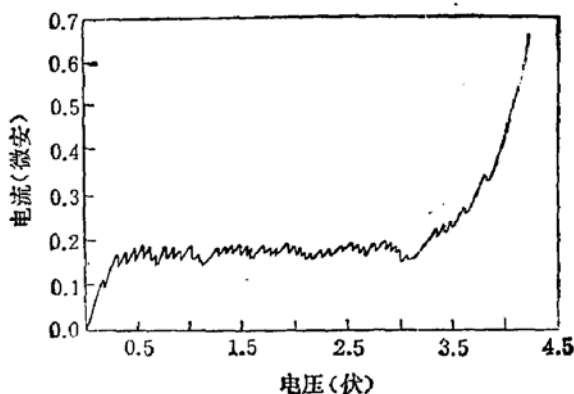


图 2 无光照伏安特性曲线

表 1 GaAs/AlGaAs 多量子阱红外探测器的主要光电性能

管芯号	黑体电压响应率 ($\times 10^4$) V/W	峰值电压响应率 ($\times 10^5$) V/W	黑体探测率($\times 10^{10}$) $\text{cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$	峰值探测率($\times 10^{10}$) $\text{cm}\sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$
1	2.3	9.7	1.5	6.2
2	1.8	7.8	1.0	4.3
3	1.8	7.7	1.2	5.2

感谢方晓明,徐贵昌,牟善明,朱勤生,王昌衡,夏建白,曹作萍,段海龙,黎健,郑婉华在材料生长和测量分析方面的帮助。

参 考 文 献

- [1] M. Kobayashi *et al.*, SPIE 1341, Infrared Tech. XVI, 46 (1990).
- [2] Andersson *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 58 (20), 2264 (1991).
- [3] B. F. Levine *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 56 (9), 851 (1990).
- [4] A. Zussma *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 70 (9), 5101 (1991).

High-Detectivity GaAs/AlGaAs Multiquantum Well Long-Wavelength Infrared Detector

Zhong Zhantian^{a,b} Zhou Xiaochuan^{a,c} Du Quangang^{a,c} Li Chengfang^b Zhou Dingxin^d
Wang Sen^b Wu Ronghan^b Yu Meiyun^d Xu Junying^b and Jiang Jian^{a,c}

(a: Laboratory for Surface Physics, Academia Sinica, Beijing 100080)

(b: Institute of Semiconductors, Academia Sinica, Beijing 100083)

(c: Institute of Physics, Academia Sinica, Beijing 100080)

(d: Shanghai 803 Research Institute, The Ministry of Aero-Space Industry,
Shanghai, 200233)

Abstract

We report high-detectivity ($D^* = 6.2 \times 10^{10} \text{ cm} \sqrt{\text{Hz}}/\text{W}$), high-responsivity ($9.7 \times 10^3 \text{ V/W}$) GaAs/Al_xGa_{1-x}As multiquantum well detector, sensitive in the long-wavelength infrared band at $\lambda = 9.2 \mu\text{m}$ (operating at a temperature of $T = 77\text{K}$). The detector structure consists of 50 periods containing GaAs quantum wells and Al_{0.3}Ga_{0.7}As barriers, and the detector was fabricated by etching a $320 \mu\text{m}$ -diam mesa.

EEACC 7230C