

# HgCdTe 组分异质结的生长与表征\*

焦翠灵<sup>1,2,†</sup> 徐庆庆<sup>1</sup> 赵守仁<sup>1</sup> 孙士文<sup>1</sup> 方维政<sup>1</sup> 魏彦锋<sup>1</sup>

(1 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 采用富碲水平推舟液相外延生长方式, 在(111)晶向的碲锌镉衬底上生长了双层组分异质 HgCdTe 外延薄膜, 并对生长后的薄膜质量进行了评价. 使用染色法和红外透射光谱数值拟合的方法, 对两层薄膜的厚度进行了表征, 并建立了一个双层薄膜纵向组分分布模型; 对材料的电学参数进行测量的结果显示, 双层异质液相外延样品中中波层的载流子迁移率较之单层液相外延样品略高, 原因可能是中波覆盖层对长波外延层起到了钝化作用.

**关键词:** HgCdTe; 液相外延; 双层组分异质结

**PACC:** 0660E; 7280E; 7360F **EACCC:** 0520J; 2520D; 2530N

**中图分类号:** O484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4177(2008)07-1342-05

## 1 引言

Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te 是一种重要的半导体材料, 通过调节 Cd 的组分  $x$ , 可使其能带基本上覆盖任意的红外波段, Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te 外延薄膜是制备高性能红外焦平面探测器的首选材料<sup>[1,2]</sup>. 在 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te 焦平面器件的制备工艺中, 表面漏电是影响器件性能的一个突出因素, 对于截止波长大于 10 $\mu$ m 的长波器件, 表面(界面)漏电问题更为突出. 目前主要是通过钝化技术来抑制器件表面漏电流. 改进钝化技术则可以从器件和材料两方面进行努力. 器件工艺的重点是掌握高质量的 CdTe/ZnS 双层钝化工艺; 材料方面则可以通过组分异质结来抑制器件的表面漏电<sup>[3]</sup>. 双层异质结器件工艺是美国第二代 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te 红外焦平面的常规工艺. 在近期的报道中, 美国采用液相外延的方法, 不但生长出了双层异质结, 并且实现了原位的 p 型和 n 型掺杂技术. 器件的吸收层 (absorber) 是低 Cd 组分的长波材料, 覆盖层 (cap) 是高 Cd 组分的中波材料. pn 结就在两种组分的分界面处, 这种组分异质结构可以有效改善器件的漏电流<sup>[3]</sup>.

目前, 国内液相外延生长的大多是单层的 Hg 空位型材料, 分子束外延技术虽然具备生长多层异质结的优势, 但分子束外延多采用的是异质衬底 (GaAs, Si), 分子束外延薄膜的位错密度比液相外延要高一个数量级, 位错同样会增加器件的漏电<sup>[4]</sup>. 液相外延是目前最为成熟的一种 HgCdTe 薄膜生长技术, 可以采用晶格匹配的 CdZnTe 衬底, 生长出低位错密度薄膜材料.

本文采用富 Te 水平推舟液相外延工艺, 通过在长波 HgCdTe 材料上原位生长一层高 Cd 组份 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te 覆盖层的方法, 在材料基础上为长波器件的研制探索出路, 提高 FPA 器件的整体性能, 减少光伏器件的

表面漏电.

## 2 实验

本研究采用的是富 Te 液相外延工艺, 图 1 为生长所用的石墨舟示意图. 在单层液相外延时, 只需一种母液, 在双层异质外延时, 需要长波和中波两种配比的母液. 因此, 图 1 中的石墨舟中有两个母液槽, 分别放置长波和中波母液. 生长母液由 7N 的 Te, Cd, Hg 经高温合成获得, 生长时采用(111)晶向的 CdZnTe 材料作为衬底, 衬底大小为 20mm $\times$ 30mm. CdZnTe 衬底经过有机试剂清洗、化学机械抛光等工艺处理后送入液相外延生长系统, 用富 Te 水平推舟方法, 首先在 CdZnTe 衬底上生长一层厚度约 10~15 $\mu$ m 的长波外延层, 然后再原位生长一层 10 $\mu$ m 左右的高 Cd 组分的中波覆盖层, 作为长波材料的钝化层, 两层材料均为 p 型. 其中长波层的生长工艺采用平衡冷却工艺, 而中波层采用分步冷却工艺<sup>[5]</sup>, 过冷度约为 5 $^{\circ}$ C, 这样可以缩短中波层的生长时间, 减少两层间的互扩散. 生长结束后, 要对生长后的 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te 材料进行热处理, 以调整其电学参数到合适的范围. 用傅里叶变换红外光谱仪测定红外透射曲

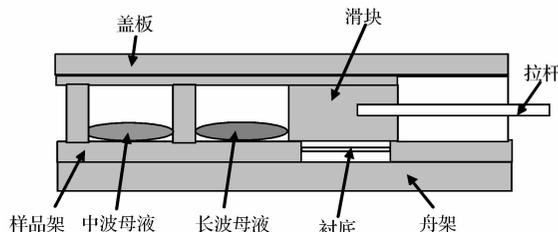


图 1 双层异质液相外延水平滑舟系统示意图

Fig.1 Schematic diagram of the LPE double-layer horizontal slider system

\* 国家自然科学基金(批准号:60606026)和中国科学院知识创新工程资助项目

† 通信作者. Email: jclx\_1112@163.com

2007-11-17 收到, 2007-12-27 定稿

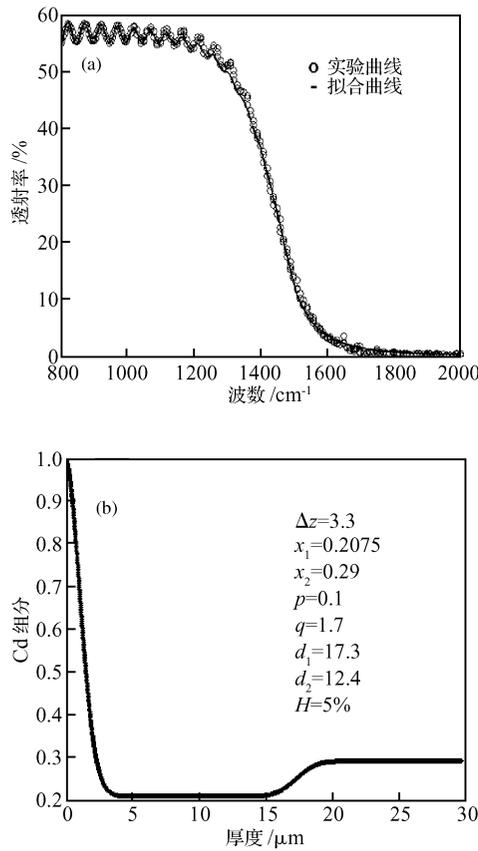


图 2 样品 LPEL248 透射光谱(a)与纵向组分分布(b)

Fig.2 Transmission spectra (a) and longitudinal composition profile (b) of sample LPEL248

线,确定材料的总厚度以及长波层的组分;用染色法分别确定长波层和中波层的厚度,并从理论上对所测量的红外透射光谱进行拟合.用范德堡法对材料的电学参数进行霍尔测试.表面形貌和表面缺陷通过 Olympus 金相显微镜评价.

### 3 结果与分析

#### 3.1 厚度的确定

在  $Hg_{1-x}Cd_xTe$  外延材料以及器件的制备中,外延层的组分、厚度是最基本的参数.由于红外透射光谱具有非破坏性的特点,因此在确定  $Hg_{1-x}Cd_xTe$  组分、厚度参数方面被普遍采用.对于双层异质结构,由于每层的厚度和折射率不同,在透射光谱中,应该可以看到不同厚度的层所引入的调制结构.例如,在利用分子束外延所生长的双层结构中,通过透射光谱可以得到每层的厚度,但是在液相外延所生长的双层异质结构中,却难以看到调制结构,如图 2(a)所示.图 2(a)中圆圈是双层组分异质结材料的室温红外透射光谱,但从所测量的红外透射光谱曲线上却观察不到双层薄膜所引起的调制结构.分析原因,可能是中波层与长波层之间的界面互扩散严重,光在界面处的反射减弱,导致无法在光谱中清晰分辨出调制结构.并且,透射光谱中只能反映出长

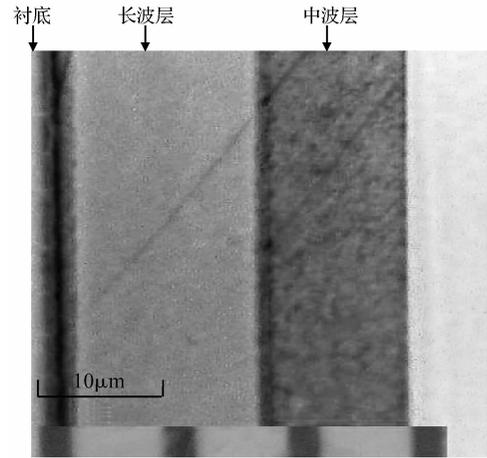


图 3 样品 LPEL248 解理面染色结构图

Fig.3 Structure of the cleavage in sample LPEL248

波层的吸收边,无法确定中波层的吸收边.因此,红外透射光谱只能测定外延材料的总厚度以及长波外延层的组分,无法确定中波层的厚度和组分,这是双层组分异质外延材料参数标定中的一个难点.作者采用了染色法<sup>[6]</sup>,来确定液相外延所生长的组分异质结中两层外延层的厚度.我们利用一种对组分变化敏感的强氧化剂,对材料的解理面进行染色(见图 3),在光学显微镜下观察,从而来确定长波层和中波层的厚度.

图 3 为样品 LPEL248 解理面染色后的显微镜照片.图中所示从左到右依次为 CdZnTe 衬底、HgCdTe 长波层和 HgCdTe 中波层.由图 3 可以看出,长波层厚度为  $17\mu m$  左右,中波层厚度  $13\mu m$  左右,两层厚度相加为  $30\mu m$  左右,与红外透射光谱技术测出的外延层的总厚度  $29.7\mu m$  符合得很好.

#### 3.2 组分的确定

由透射光谱的吸收边,可以直接确定长波层的组分,但是却无法得到中波层的组分;对于中波外延层的组分,我们根据母液化学配比推算得到.对于液相组份为  $(Hg_{1-z}Cd_z)_{1-y}Te_y$  的生长溶液,我们将其称之为母液,这里的  $y, z$  决定了配制母液时 Te, Cd 和 Hg 之间的摩尔比. Brice<sup>[7]</sup> 给出了  $Hg_{1-x}Cd_xTe$  外延层中 Cd 组分  $x$  与母液中  $z$  之间的关系:

$$x = z / (0.220 + 0.780z) \quad (1)$$

配制母液时,对于长波母液,  $z_L = 0.0437$ ,而对于中波母液,  $z_M = 0.062$ .这里我们再假设  $x_L$  为长波外延层的 Cd 组分,  $x_M$  为中波外延层中的 Cd 组分.则由(1)式可以得到

$$x_L / x_M = z_L (0.220 + 0.780z_M) / z_M (0.220 + 0.780z_L) \quad (2)$$

通过傅里叶红外透射光谱仪测出样品 LPEL248 长波外延层的平均组分  $x_L = 0.2247$ ,由(2)式可以计算出样品 LPEL248 中波外延层的平均 Cd 组分为  $x_M = 0.3008$ .

我们还用带能谱分析的扫描电子显微镜(SEM)测量了样品横截面的组分变化.图 4 为样品 LPEL248 的

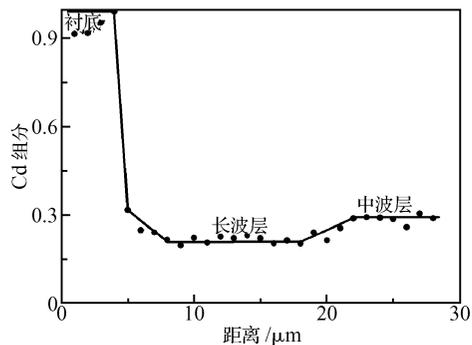


图 4 样品 LPEL248 能谱测量结果

Fig. 4 Results of the spectroscopy measurement in sample LPEL248

能谱测量结果,图中的圆点是在解理面上测量的每一个扫描点的 Cd 组分,测量时沿着垂直于样品表面的方向,在解理面处从衬底到外延层逐点进行测量,测量间隔约为  $1\mu\text{m}$ ;实线是手工添加的,为的是表明组分变化的趋势.由图 4 可以看出,CdZnTe 衬底与 HgCdTe 长波层之间有一个很明显的突变界面,而长波层与中波层的界面却呈现缓变的趋势.原则上,SEM 可以同时确定组分和厚度,但是通过实验,我们发现由于长波层和中波层之间有过渡层,因此在 SEM 图像中两者的界面难以分辨,并且长波层与中波层的组分差别不大(小于 0.1),SEM 图像中两层的衬度差别也很小,用 SEM 确定组分和厚度都比较困难,因此本文采用的染色法和母液化学配比推算的方法,能更有效地确定双层组分异质外延材料的厚度和组分参数.

为了证实缓变的界面会导致透射光谱中调制结构的消失,我们根据能谱的测量结果,结合 Hougen<sup>[8]</sup>所建立的单层外延薄膜的组份模型以及文献[9]中所使用的组分模型,建立了一个新的纵向组份分布模型如下:

$$x(z) = [1 - 2x_1 + pe^{-d_1/2} - p]e^{-4(z/\Delta z)^2} + [(x_1 + pe^{-d_1/2} + pe^{-z/2})e^{-z^2/2}] + \frac{x_2 - x_1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf}\left(\frac{z - d_1}{q}\right) \right] + x_1 \quad (3)$$

式中  $z$  为距衬底的距离( $0 \leq z \leq d = d_1 + d_2$ ); $x(z)$  为距衬底为  $z$  处的外延层的 Cd 组分; $x_1, d_1$  为长波层的组份与厚度; $x_2, d_2$  为中波层的组份与厚度; $\Delta z$  为衬底与长波外延层的互扩散区厚度; $p$  为可调参量,其值取决于衬底/长波层之间的互扩散程度和长波层的组分梯度; $q$  也为可调参量,其值取决于与长波层/中波层之间的互扩散程度和中波层的组分梯度; $\operatorname{erf}$  为误差函数.由于组分互扩散通常能够用误差函数很好地描述,因此该模型中,长波层与中波层的组份互扩散区表示为与误差函数有关的参量.

HgCdTe 外延薄膜的组分扩散区和组分梯度区由于具有不同的组分梯度,因而对红外透射光谱产生不同的影响.关于 HgCdTe 长波外延层与 CdZnTe 衬底界面处组分互扩散对透射光谱的影响,在王庆学<sup>[10]</sup>的文章中已有研究,这里我们主要研究中波层与长波层之间的组分互扩散对红外透射光谱的影响.图 5 为中波层与

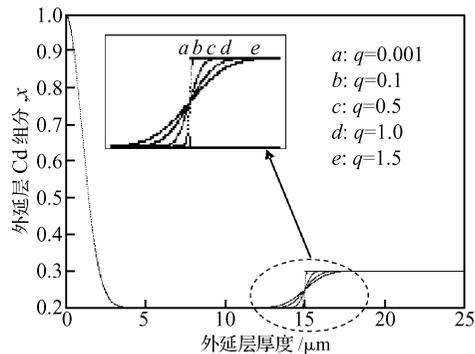


图 5 具有不同组分互扩散区厚度的外延薄膜的纵向组分分布

Fig. 5 Longitudinal composition profile of the different compositional diffusion widths in the LPE films

长波层的组分互扩散区变化时,外延薄膜整体的纵向组分分布,组分互扩散区厚度的改变在(2)式中通过改变  $q$  值来实现, $q$  值的增大或减小代表着组分互扩散区厚度的增大或减小.(3)式中其他参量分别选取为  $x_1 = 0.2, x_2 = 0.3, p = 0.1, \Delta z = 3.0, d_1 = 15, d = d_1 + d_2 = 25$ .由图 5 可以看出,随着  $q$  值的增大,即组分互扩散区的增大,中波层与长波层的界面逐渐从突变转为缓变, $q = 0.001$  时长波层与中波层界面处组分呈现明显的突变状态,而  $q = 1.0$  时界面处组分变化则呈现出明显的缓变趋势.图 6 为运用多层模型和膜系传递矩阵计算的理论透射光谱<sup>[10]</sup>,图 6(a)对应的  $q$  值为 0.001,图 6(b)对应的  $q$  值为 1.0.由图 6(a)和(b)可以看出,长波

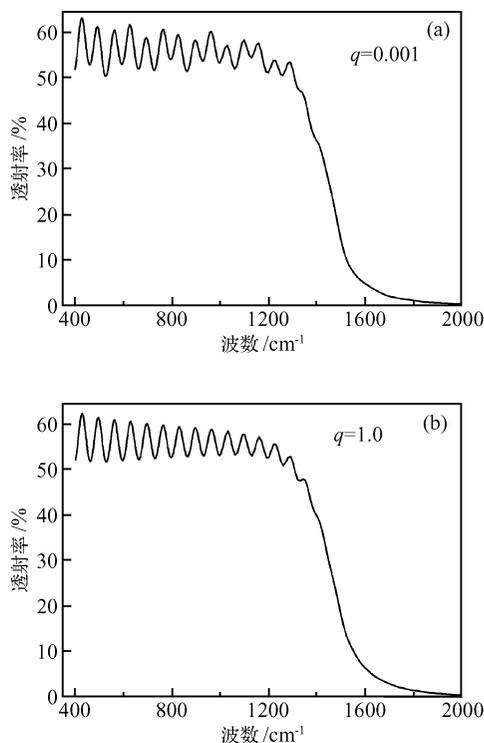


图 6 中波外延层与长波外延层界面处不同的组分互扩散区对红外透射光谱的影响

Fig. 6 Effect of different compositional diffusion widths between the middle-wave layer and the long-wave layer on infrared transmission spectroscopy

层与中波层界面处组分的变化,对透射谱的干涉条纹具有很大的影响.  $q = 0.001$  时界面处组分发生突变,光在界面处的反射较强,透射光谱呈现出很清晰的调制结构,而  $q = 1.0$  时界面处组分变化比较平缓,光在界面处的反射较弱,在计算出的理论透射光谱中看不到明显的调制结构,这就证实了我们前面的推测,缓变的界面确实会导致光谱调制结构的消失.

图 2(a)为样品 LPEL248 的红外透射光谱及理论拟和曲线.红外透射光谱用 Nexus670 傅里叶变换红外光谱仪测量,测量范围为  $800 \sim 2000 \text{cm}^{-1}$ .图 2(a)中的圆圈为实验值,可见,吸收边陡峭,最大透射率接近 60%,并且有明显的干涉条纹;实线为运用(3)式中的组分模型以及多层膜系传递矩阵计算出的理论透射率曲线.可以看出,理论拟合与实验结果吻合得很好,说明该组分模型的正确性和可行性.图 2(b)给出了理论计算与实验测量透射光谱最佳拟合时,运用(3)式计算出的外延层纵向组分分布及所采用的拟合参数, $H$  为光波在外延层表面的散射损失<sup>[10]</sup>,一般该参数在 5%~9% 左右.拟合得到的长波层组分为 0.2075,厚度为  $17.3 \mu\text{m}$ ,中波层组分为 0.29,厚度为  $12.4 \mu\text{m}$ ;根据染色法确定的长波层和中波层的厚度分别为 17 和  $13 \mu\text{m}$ .由此可见,厚度的实验值和拟合值是一致的.这里需要解释的是,利用实验测量的红外透射光谱的吸收边计算,所得到的组分是一个表观组分,这一组分与(3)式中的组分有关系,但并不相等<sup>[11]</sup>.由(3)式可知,液相外延层的组分沿纵向是有梯度分布的,表观组分只是纵向组分分布的一个平均效应.表观组分的确定也有很多方法.我们认为吸收系数为  $500 \text{cm}^{-1}$  处是带边,再根据 Hougen 公式<sup>[8]</sup>计算出组分,可以看到,表观组分和拟合组分是有差异的.另外需要说明的是,本文中建立组分分布模型的意义是为了给出组分沿纵向分布的更为精确的描述,为器件的研制提供更详细的参数<sup>[11]</sup>.

### 3.3 X 射线双晶衍射

X 射线双晶衍射具有快速、非破坏性和灵敏度高等优点,是研究外延层晶体质量的重要手段.通过高分辨 X 射线衍射仪,可以方便地测定 HgCdTe 中波层和长波层、长波层和衬底之间的晶格失配.本实验所采用的高分辨 X 射线衍射仪是 Phillips 公司生产的 X'pert-MRD Pro 高分辨 X 射线衍射仪.该衍射仪的光源为 Cu 靶,经 Ge(220)准直单色器(2 个晶体 4 个反射面)单色后获得  $\text{CuK}\alpha_1$  射线,  $\Delta\lambda/\lambda$  为  $5 \times 10^{-5}$ .实验时利用双轴衍射技术,测试了 HgCdTe 中波层与长波层、长波层与 CdZnTe 衬底之间的晶格失配度,同时也测试了衬底、长波层、中波层的双晶半峰宽(FWHM).测试所用的衍射面是 {333} 面,扫描方式采用  $2\theta-\omega$  扫描,光斑大小为  $2 \text{mm} \times 2 \text{mm}$ .测试结果见表 1 和图 7.

对于理想的  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  单晶薄膜,半峰宽大约在  $25''$  左右<sup>[12]</sup>,但实际晶体都存在着结构缺陷特别是异质结外延材料,衬底的位错会延伸到外延层,长波层的位错同样会延伸到中波层,使得两层材料的半峰宽逐步展

表 1 样品 LPEL253 X 射线双晶衍射测试结果

Table 1 Results of the X-ray double-crystal diffraction test of sample LPEL253

样品编号	中波层/长波层晶格失配	长波层/衬底晶格失配	中波层双晶半峰宽 / (")	长波层双晶半峰宽 / (")	衬底双晶半峰宽 / (")
LPEL253	$3.04 \times 10^{-4}$	$7.99 \times 10^{-5}$	48.96	34.56	22.32

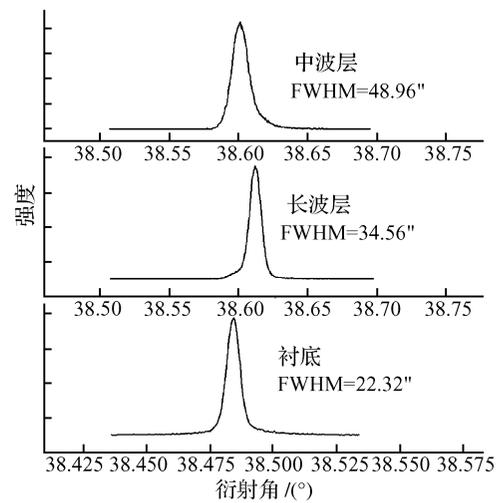


图 7 样品 LPEL253 中波层、长波层以及衬底的双晶摇摆曲线

Fig.7 X-ray double-crystal rocking curve of the middle-wave layer, long-wave layer and the substrate in sample LPEL253

宽.图 7 为样品 LPEL253 中波层、长波层以及衬底的双晶摇摆曲线.在表 1 中,长波层与衬底之间的晶格失配度为  $7.99 \times 10^{-5}$ ,长波层的 FWHM 为  $34.56''$ ;中波覆盖层与长波层的晶格失配增大到了  $3.04 \times 10^{-4}$ ,相应的中波层的 FWHM 展宽到了  $48.96''$ .可见,FWHM 与晶格失配度之间有明显的对应关系.

### 3.4 霍尔电学测试

表 2 为我们所生长的双层样品的霍尔测试结果.测试前,先用一定浓度的溴甲醇腐蚀液去除中波层,然后测量长波层的电学参数.由表 2 可以看出,3 个样品长波层的载流子迁移率都较高,其中样品 LPEL248 77K 时的迁移率已经达到了  $802 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ .而以往我们所生长的单层的汞空位型的长波 HgCdTe 外延材料,迁移率的范围一般为  $500 \sim 700 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ .推测原因,可能是上面一层中波覆盖层在生长后的热处理过程中,对长波外延层起到了钝化和保护的作用,但是确切的原因还需进一步研究.

表 2 双层异质结样品的霍尔电学测试结果

Table 2 Results of the Hall electrical test of the double-layer heterojunction samples

样品名称	77K 霍尔浓度/ $\text{cm}^{-3}$	77K 迁移率/ $(\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s}))$
LPEL248	$7.971 \times 10^{15}$	$8.016 \times 10^2$
LPEL253	$1.217 \times 10^{16}$	$6.804 \times 10^2$
LPEL252	$7.292 \times 10^{15}$	$6.483 \times 10^2$

## 4 结 论

采用富碲水平推舟式双层液相外延工艺,在(111)晶向的 CdZnTe 衬底上生长了双层组分异质结薄膜.由于中波层与长波层界面处的互扩散严重,使得室温红外透射光谱的调制结构消失,给两层外延薄膜的组分和厚度的确定造成了一定的困难.作者分别采用染色法、室温红外透射光谱测试以及数值拟和的方法,确定了双层异质液相外延薄膜的厚度.长波层和中波层的组分由光谱法和母液配比推算得到,并在此基础上建立了双层薄膜组分纵向分布的模型.77K 时样品迁移率超过  $800\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ,比常规的单层长波 HgCdTe 样品迁移率略高,原因可能是中波覆盖层对长波层起到了钝化的作用.本文中所生长的材料可以用于长波焦平面器件的制备,有可能通过组分异质结来减小器件表面漏电,但尚需进一步的器件验证.

## 参 考 文 献

- [1] Norton P. HgCdTe infrared detectors. *Opto-Electronics Review*, 2003, 10(3):159
- [2] Rogalski A. Infrared detectors; an overview. *Infrared Physics & Technology*, 2002, 43(3~5):187
- [3] LoVecchio P, Wong K, Parodos T. Advances in liquid phase epitaxial growth of  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  for SWIR through VLWIR photodiodes. *Proc SPIE*, 2004, 5564:65
- [4] Johnson M, Rhiger D R, Rosbeck J P. Effect of dislocations on the electrical and optical properties long-wavelength infrared

- HgCdTe photovoltaic detectors. *J Vac Sci Technol B*, 1992, 10(4):1499
- [5] Hsieh J J. Thickness and surface morphology of GaAs LPE layers grown by supercooling, step-cooling, equilibrium-cooling, and two-phase solution techniques. *J Cryst Growth*, 1974, 27:49
- [6] Wang Bei. Comprehensive analysis of the deep-submicron devices. *Proceedings of Junzheng Scholar of Fudan University*, 2002:187 (in Chinese) [王蓓.亚微米器件的综合分析.复旦大学筹政学者论文集, 2002:187]
- [7] Brice J C. A numerical description of the Cd-Hg-Te phase diagram. *Progress in Crystal Growth and Characterization*, 1986, 113:39
- [8] Hougen C A. Model for infrared absorption and transmission of liquid-phase epitaxy HgCdTe. *J Appl Phys*, 1989, 66(8):3763
- [9] Wei Yanfeng, Wang Qingxue, Yang Jianrong. Analysis of infrared transmission spectra about HgCdTe films grown by LPE. The 16th National Academic Interchange conference on Infrared Science and Technology/Proceedings of National Academic Interchange Conference on Optoelectronic Technology (A), 2003:114 (in Chinese) [魏彦锋, 王庆学, 杨建荣. HgCdTe 液相外延薄膜红外透射谱分析. 2003 年全国光电技术学术交流会/第十六届全国红外科学技术交流会论文集(上), 2003:114]
- [10] Wang Qingxue, Wei Yanfeng, Yang Jianrong, et al. Effect of LPE-HgCdTe composition uniformity on infrared transmission spectra. *Chinese Journal of Semiconductors*, 2005, 26(5):904 (in Chinese) [王庆学, 魏彦锋, 杨建荣, 等. 液相外延 HgCdTe 薄膜组分均匀性对红外透射光谱的影响. 半导体学报 2005, 26(5):904]
- [11] Gu Renjie, Zhang Chuanjie, Yang Jianrong, et al. Evaluation of composition profile of HgCdTe-LPE films by infrared transmission spectrum. *Journal of Semiconductors*, 2008, 29(3):534 (in Chinese) [顾仁杰, 张传杰, 杨建荣, 等. HgCdTe 液相外延材料组分分布的红外透射光谱评价技术. 半导体学报, 2008, 29(3):534]
- [12] Bernardi S, Ferrari C, Franzosi P. X-ray characterization of LPE mercury cadmium telluride. *J Cryst Growth*, 1988, 89:608

## Growth and Characterization of HgCdTe Compositional Heterojunctions\*

Jiao Cuiling<sup>1,2,†</sup>, Xu Qingqing<sup>1</sup>, Zhao Shouren<sup>1</sup>, Sun Shiwen<sup>1</sup>, Fang Weizheng<sup>1</sup>, and Wei Yanfeng<sup>1</sup>

(1 Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

(2 Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** The HgCdTe epilayers reported here were double-layers compositional heterojunctions grown by Te-rich liquid phase epitaxy in a horizontal slider system. The substrates adopted were (111) oriented CdZnTe with about 4% Zn. The epilayers were evaluated by the chemical staining method and infrared transmission spectra measurements. A phenomenological model was also established to characterize the profile of the Cd composition along the growth direction in the HgCdTe epilayer. The results of the electrical measurements showed that the carrier mobility of the long-wave layer beneath the double-layer sample was slightly higher than that of the single-layer sample grown with almost the same conditions. The reason for the increase of the mobility can be ascribed to the passive effect of the middle-wave cap layer.

**Key words:** HgCdTe; liquid phase epitaxy; double-layer compositional heterojunction

**PACC:** 0660E; 7280E; 7360F      **EEACC:** 0520J; 2520D; 2530N

**Article ID:** 0253-4177(2008)07-1342-05

\* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 60606026) and the Knowledge Innovation Program of the Chinese Academy of Sciences

† Corresponding author. Email: jclx\_1112@163.com

Received 17 November 2007, revised manuscript received 27 December 2007

©2008 Chinese Institute of Electronics