

用电共沉积方法制备 InGaAs 薄膜*

王喜莲 李浴春 韩爱珍 高元恺 杨志伟
(哈尔滨工业大学) (山东大学)

摘 要 用电共沉积方法制备出 4 种 InGaAs 薄膜, 用能谱析仪分析了薄膜成分, 用分光光度计和单色仪测量薄膜的透射率. 结果表明, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜为多晶结构, 晶粒尺寸约为 $0.25\mu\text{m}$, 晶粒细致、均匀, 其 $V-I$ 特性是线性的, 随着 Ga 含量的减少, 发光波长增大. InGaAs 薄膜的发射光波长为 $1.3\sim 1.5\mu\text{m}$.

关键词 InGaAs 薄膜 电共沉积

分类号 TB383

文章编号 1005-3093(2001)04-0451-04

PREPARATION AND PERFORMANCE OF InGaAs THIN FILM BY ELECTRODEPOSIT

WANG Xilian LI Yuchun HAN Aizhen** GAO Yuankai
(*Department of Electronic Science and Technology, School of Astronautics,
Harbin Institute of Technology, Harbin 150001*)

YANG Zhiwei
(*Shandong University, Jinan 250000*)

ABSTRACT A novel method preparing InGaAs semiconductor thin films, electrodeposition, is presented. Under controlled technological conditions, InGaAs thin films whose radiation's wave length is between $1.3\sim 1.5\mu\text{m}$ was prepared through adjusting the content of Ga. The composition of the thin film was analyzed by using energy spectrum analyzer and the transmission of the film was measured by spectrophotometer and monochromator. The topograph of the film obtained by scanning electron microscopy shows that the construction of the film is a poly-crystal construction and the crystal grain is fine and homogeneous. And electric type of thin films material is n-type.

KEY WORDS InGaAs thin film, electrodeposit

III - V 族化合物半导体材料有很多优点^[1], 如电子迁移率高、少子寿命短、抗辐射能力强, 磁阻效应低及电阻温度系数小等, 在半导体器件, 集成电路等方面有重要应用. 在元素半导体和二元 III - V 族化合物半导体中没有合适的、相应于发射光为 $1.3\sim 1.5\mu\text{m}$ 波长的, 直接跃迁型

* 航天工业总公司预研项目. 2000 年 7 月 10 日收到初稿; 2000 年 10 月 27 日收到修改稿.

本文联系人: 韩爱珍, 哈尔滨市 150001, 哈尔滨工业大学 328 信箱

** To whom correspondence should be addressed.

能带结构的半导体材料, 在 III - V 族三元化合物中有这样的材料^[2]. InGaAs 的发光效率高, 可以看成由 GaAs 和 InAs 构成的三元固溶体, 其性能随组成变化^[3]. 本文用电共沉积方法代替化合物外延或分子束外延等传统方法制备 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜.

1 实 验 方 法

用电共沉积方法制备 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜, 采用盐酸体系实现镉、镓、砷的电共沉积, 这 3 种元素的析出电位十分接近或相等^[4,5]. 将三种高纯 In_2O_3 、 Ga_2O_3 、 As_2O_3 化合物分别溶于浓盐酸中作为原始溶液, 配制成各种不同浓度和不同浓度比的电解液, 在常温和各种实验条件下(表 1) 进行正交实验. 为消除浓差极化, 采用搅拌形式, 为使三元素在电沉积过程中, 电极电

表 1 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜样品的电沉积实验条件

Table 1 Experimental conditions of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ film by electrodeposition method (at room temperature)

No.	$\text{Ga}^{3+}:\text{AsO}^+:\text{In}^{3+}$	pH	t/min	T/ °C
1	36:6:1	1.72	5	20
2	36:6:1	1.8	6	19
3	36:6:1	1.8	6	20

Note: J 5.2 mA·cm⁻², EDTA 2 mg·mL⁻¹

位趋向一致, 使用络合剂 EDTA. 用 S-570 型扫描电镜所配置的 TN-5502 型能谱分析仪进行成分分析, 用 S-570 型扫描电镜所配置的照相机获得的薄膜形貌, 分别用 U3400 型紫外分光光度计和 WDF 型反射式单色仪测量 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜的透射率.

2 结 果 与 讨 论

成分分析的结果表明, 薄膜样品的成分为: $\text{In}_{0.265}\text{Ga}_{0.735}\text{As}$ (No.1), $\text{In}_{0.427}\text{Ga}_{0.573}\text{As}$ (No.2) 和 $\text{In}_{0.550}\text{Ga}_{0.450}\text{As}$ (No.3). 图 1 表明, 薄膜为多晶结构, 晶粒尺寸约为 $0.25\mu\text{m}$, 而且晶粒细致、均匀. 说明在结晶形成过程中, 晶核的形成速度大于晶核的生长速度.

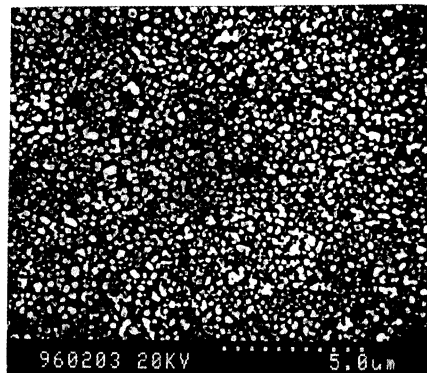


图 1 扫描电子显微镜下薄膜的形貌图
Fig.1 SEM photograph of the $\text{In}_{0.427}\text{Ga}_{0.573}\text{As}$ film

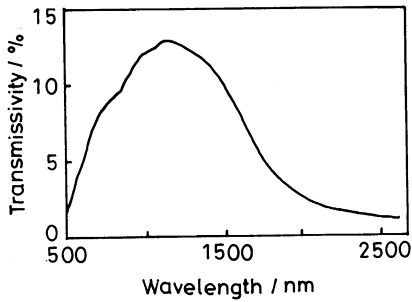


图 2 1号薄膜透射率

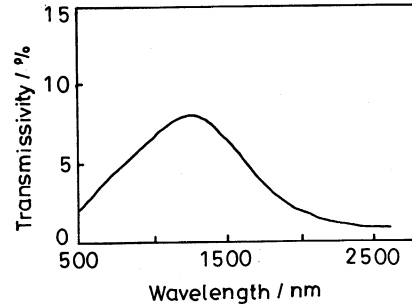
Fig.2 Transmissivity of $\text{In}_{0.265}\text{Ga}_{0.735}\text{As}$ film

图 3 2号薄膜透射率

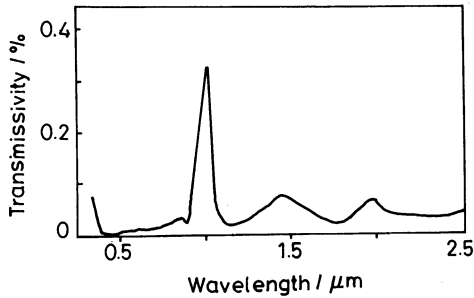
Fig.3 The transmissivity of $\text{In}_{0.427}\text{Ga}_{0.573}\text{As}$ film

图 4 3号薄膜透射率

Fig.4 Transmissivity of $\text{In}_{0.550}\text{Ga}_{0.450}\text{As}$ film

1号薄膜在 1192.3nm 处透射率最大为 13.37%(图 2), 2号薄膜在 1254.5nm 处透射率最大为 7.99%(图 3), 3号薄膜在 480nm 附近的透射率最小, 趋于 0(图 4).

按照 Vegard 定律^[6], 晶格常数为 $a_{\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}} = xa_{\text{InAs}} + (1-x)a_{\text{GaAs}}$, 直接带隙材料 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 的禁带宽度^[7]为 $E_g = 0.36 + 1.064(1-x)$ (eV), $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 本征吸收的长波限(发光波长极大值)^[8]为 $\lambda_0 = \frac{1.24}{E_g}$ (μm). 据此计算出的样品的参数值列于表 2. 可以看出, 随着 Ga 含量的减少, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜的本征吸收的长波限增大.

表 2 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜的晶格常数、禁带宽度和本征吸收的长波限Table 2 Parameters of the $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ films with direct gap

Film	Lattice parameter a/nm	Gap E_g/eV	Intrinsic absorption edge $\lambda/\mu\text{m}$
GaAs ^[1]	0.5653	1.42	0.87
$\text{In}_{0.200}\text{Ga}_{0.800}\text{As}$ ^[6]	0.5734	1.21	1.025
$\text{In}_{0.265}\text{Ga}_{0.735}\text{As}$	0.5760	1.14	1.088
$\text{In}_{0.427}\text{Ga}_{0.573}\text{As}$	0.5826	0.97	1.278
$\text{In}_{0.550}\text{Ga}_{0.450}\text{As}$	0.5876	0.84	1.476
InAs ^[1]	0.6058	0.36	3.44

3 结 论

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜为多晶结构, 晶粒尺寸约为 $0.25\mu\text{m}$, 晶粒细致、均匀, 其 $V-I$ 特性是线性的, 随着 Ga 含量的减少, 发光波长增大.

参 考 文 献

- 1 王贤仁, 董志武, 戴国瑞, 光电子材料及应用的某些进展 (长春, 吉林大学出版社, 1989) p.11
(WANG Xianren, DONG Zhiwu, DAI Guorui, *Optoelectronic Materials and Its Applications* (in Chinese) [M]. Changchun: Press of Jilin University. 1989, p.11)
- 2 [日] 御子柴宣夫著, 袁健畴译, 电子材料 (北京, 电子工业出版社, 1988) p.170
(Mikoshida Noduo. *Electronic Materials* (in Chinese)[M]. Beijing: Press of Electronic Industry. 1988, p.170)
- 3 曲喜新, 杨邦朝, 姜节俭, 张怀武, 电子薄膜材料 (北京, 科学出版社, 1996) p.163
(QU Xixin, YANG Bangchao, JIANG Jiejian, ZHANG Huaiwu, *Materials of Electronic Film* (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press. 1996, p.163)
- 4 黄德秀, 任重远, 电子材料物理化学 (上海, 上海科技出版社, 1986) p.171
(HUANG Dexiu, REN Zhongyuan, *Physical Chemistry of Electronic Materials* (in Chinese) [M]. Shanghai: Science and Technology Press. 1986, p.171)
- 5 S.Chandra, Neerajkhare, *Semicond.Sci.Technol.*, **2**, 180(1987)
- 6 黄德修, 半导体光电子学 (成都, 电子科技大学出版社, 1994)p.
(HUANG Dexiu, *Optoelectronics of Semiconductors* (in Chinese) [M]. Chengdu: Press of Electronic Science and Technology University, 1994, p.49)
- 7 杜经宁, J.W. 迈耶, L.C. 德曼著, 黄信凡, 杜家方, 陈坤基译, 电子薄膜科学 (北京, 科学出版社, 1997) p.185
(DU Jingning, J.W.Maiye, L.C.Deman. Interpreter: Huang Xinfan, Du Jiafang, Chen Kunji. *Science of Electronic Film* (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press, 1997, p.185)
- 8 刘恩科, 光电池与应用 (北京, 科学出版社, 1989) p.5
(LIU Enke, *Solar Cell and Its Application* (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press, 1989, p.5)