



中国电子学会论文集

第五届

全国半导体

化合物材料
微波器件
光电器件

学术会论文集

摘要

中国电子学会 半导体与集成技术学会编
电子材料学



一九八八 十一 江西

目 录

大会报告

1. 微重力下生长GaAs材料性能 林兰英
2. 半导体光电子器件与OEIC的 王启明
3. III-V族磷化物材料的进展 彭瑞伍
4. III-V族化合物中杂质与缺陷的相互作用 桑黎吾
5. 原子层外延及其进展 吕安德
6. 化合物半导体光逻辑器件研究现状及研究战略 黄廷荣
7. InAlAs/InGaAs/InP MESFET研究 梁春广

A部:材料制备

- A-1 GaP多晶高压合成炸管原因初析
.....北京有色金属研究总院 俞斌才 马三胜 周一扬 徐小林
- A-2 大直径($\phi > 3''$)GaSb晶体的研制
.....北京有色金属研究总院 葛秀兰 崔玉成 黄淑珍 马怀振 周凤玲
- A-3 热场条件对InP单晶成晶率的研究
.....北京有色金属研究总院 黄淑珍 崔玉成 葛秀兰 马怀振 周凤玲
- A-4 Si衬底上LPE-GaAs生长的初步实验结果
.....北京有色金属研究总院 丁墨元 施益和 李韵仪 李双喜
- A-5 GaAs光调制器材料的研究...北京有色金属研究总院 施益和 李韵仪 李双喜 丁墨元
- A-6 磷化镉晶体生长中孪晶出现问题.....中科院上海冶金所 徐涌泉 方敦福 谭礼同
- A-7 GaAs的MOCVD生长及材料特性.....中科院半导体所 段树坤 徐俊英 钟兴儒
李学斌 李 晶 王占国 吴灵犀 李成基 王玉田 姜彤弼
- A-8 碘化汞片状晶体生长的初步研究.....上海原子核所 张光明 陆炜忠
- A-9 LEC法生长 $\phi 2$ 英寸[100]低位错GaAs单晶.....机电部46所 徐玉忠 杨连生
- A-10 双掺低阻低位错磷化镉单晶的研制
.....机电部46所 齐德格 杜庚娜 赖占平 牛沈军 苑进良
- A-11 用改进的LEC工艺生长SI-GaAs单晶
.....机电部46所 苑进良 齐德格 杜庚娜 赖占平 牛沈军
- A-12 HgCdTe分子束外延与HgTe-CdTe超晶格.....机电部11所 陈世达
- A-13 闭管PbSe汽相生长速率研究.....上海科技大学 张建成 沈立人 吴致海
- A-14 GaAs衬底上气相外延生长InP.....吉林大学 郝晓彬 杨树人 刘明登
- A-15 对高压直接合成GaAs的观察与探索.....北京有色金属研究总院 李万珍 王永鸿 万群
- A-16 氯化物气相外延生长InP单晶
.....中科院上海冶金所 杨 易 冯培均 翟礼锦 任尧或 潘慧珍
- A-17 InAs衬底上GaInAsSb的液相外延生长.....中科院半导体所 龚秀英 刘学峰 韩文善
- A-18 分子束外延的进展与发展趋势.....中科院上海冶金所 李爱珍
- A-19 稀土离子掺杂GaAs的LPE生长及性质

-中科院半导体所 杨保华 龚秀英 王占国 林兰英
- A-20 碲镉汞液相外延理化分析方法研究... 机电部第11所 王作新 曾世诚 赖德生 关振东
- A-21 MBE 生长及掺杂动力学的理论计算.....中科院上海冶金所 梁秉文 李爱珍
- A-22 GaSb衬底上 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$ 的液相外延生长及其性质研究
.....中科院半导体所 刘学峰 龚秀英
- A-23 全铟组份范围 $\text{GaAs}_{1-y}\text{Sb}_y/\text{GaAs}$ 的MBE 生长与特性.....中科院上海冶金所 李爱珍等
- A-24 用原子层外延方法制备ZnS 薄膜
.....中科院长春物理所 孟立建 陶世文 吕安德 赵国璋 钟国柱
- A-25 MOCVD 生长器件用化合物半导体材料.....中科院上海冶金所 丁永庆 任 成 彭瑞伍
- A-26 铽化镓单晶的生长.....中科院半导体所 林汝淦 焉秋鸣 叶式中
- A-27 GaAlAs/GaAs激光器键相列阵的液相外延研究
.....中科院半导体所 朱素珍 张 霞 郭 良 马朝华 余金中
- A-28 分米波用介质滤波器瓷料研制.....国营九九九厂 吴坚强
- A-29 GaInAsSb/InAs异质结液相外延.....中科院上海光机所 陈鹤明 王海龙
- A-30 MOCVD生长GaAlAs的生长速率及特性.....机电部13所 章其麟 关兴国 李 景
河北大学 陈桂英
- A-31 砷化镓材料的国际市场分析与研究.....机电部46所 胡志让 张志刚

B部: 材料特性

- B-1 GaS:Eu·Cl DCEL的包铜特性.....长春物理所 罗 晖 何 林
- B-2 外延ZnSe单晶膜光学非线性 and 光双稳性的研究.....中科院长春物理所 廖奇伟
范希武 范广涵 北京师范大学 孙寅官 中科院半导体所 梁俊吾
- B-3 掺铈磷化镓的退火行为.....中科院上海冶金所 谭礼同 周景龙 方敦辅 姚以珍
- B-4 未掺半绝缘GaAs中EL2的热处理行为.....中科院上海冶金所 吴 巨 莫培根 **邵元勋**
- B-5 半绝缘GaAs、InP的电学特性分析
.....机电部46所 孙毅之 张又立 张恩瑛 郑庆瑜
- B-6 GaP:(Bi, N)的时间分辨光致发光谱.....厦门大学 叶新民 林秀华 江炳熙
中科院安徽光机所 王乃光 陈俊德 鲁士平
- B-7 国产GaP背景缺陷的研究.....北师大 陈晓白 王世润 杨锡震
北京有色金属研究院 李桂英 武状文
- B-8 三厘米波段GaAs体效应材料的性能分析.....峨嵋半导体材料所 汪鼎国
- B-9 CdTe衬底晶向对 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 的LPE外延层形貌的影响.....华北光电所 陈记安
- B-10 等电子杂质Ga、Sb对InP 中缺陷的影响.....中科院半导体所 叶式中 徐 岭
- B-11 结晶型的无定型PPP 中的元激发态性质
.....中科院长春物理所 张继森 胡 斌 吕少哲 张新夷
- B-12 应变超晶格层对AlGaAs/GaAs 光电性能的影响
.....中科院长春物理所 杜淑琴 冯禹辰 温庆祥 李向文 袁右荣
- B-13 InP 单晶特性的低温光伏研究.....厦门大学物理系 颜永美
- B-14 热处理对SI-GaAs 材料性能的影响.....中科院半导体所 徐寿定 何宏家 吴让元

- B-15 质子轰击InGaAsP的高阻性能研究
中科院上海冶金所 沈鸿烈 蒋新元 富小妹 潘惠珍
- B-16 退火对 $Cd_{1-x}Mn_xTe$ 磁性的影响.....北京大学物理系 陈辰嘉 刘卫军 容祖秀
- B-17 $Cd_{1-x}Mn_xTe$ 的巨大法拉第旋转效应
北京大学物理系 陈辰嘉 王学忠 刘继周 高蔚 徐灵戈
中科院上海技术物理所 马可军
- B-18 Si上VPE生长GaAs膜的结构研究.....南京大学物理系 张荣 郑有叫 唐军
南京大学微结构实验室 严勇 冯端
南京固体器件所 黄善祥
- B-19 GaAs:In衬底对GaAs外延层质量的影响
中科院半导体所 杨保华 王玉田 李成基 何家家 王占国 林兰英
- B-20 LPE法生长GaAlAs/GaAs多层材料中Al和Ge的行为
中科院上海冶金所 励翠云 张霞芳 徐晨梅 彭瑞伍
- B-21 硅神双注入GaAs制备高浓度区
北师大低能核物理所 李国辉 朱德华 王玉琦 张通和
北京有色所 孙贵如
- B-22 半绝缘砷化镓热处理行为的研究
 中科院半导体所 何宏家 曹耀年 王玉田 徐寿定 吴让元 白玉河 惠峰 林兰英
- B-23 MBE GaAs/AlGaAs 异质结界面平整度的研究
中科院半导体所 孙殿照 范锦文 孔梅影 曾一平 黄运衡
郑海群 朱世荣 张晓秋 朱战群
- B-24 ZnS:Mn, Tm半导体材料中Mn中心高激发态与Tm中心间的能量传递
中科院长春物理所 许武 张新夷 徐叙容
- B-25 半磁半导体 $Cd_{1-x}Fe_xTe$ 的磁化强度
北京大学物理系 陈辰嘉 王学忠 刘卫军 容祖秀
中科院上海技物所 马可军
- B-26 提高MBE AlGaAs性能的研究
中科院半导体所 孔梅影 孙殿照 曾一平 李立康 黄运衡 朱世荣
- B-27 超晶格摇摆曲线的计算机模拟
中科院物理所 贺楚光 麦振洪 崔树范 侯宏启 周均铭
- B-28 InP 中C带深能级红外光致发光研究.....中科院长春物理所 高瑛 刘学彦 刘益春
- B-29 硫酸:过氧化氢溶液对Ga In As P 材料的选择腐蚀
中科院上海冶金所 李维旦 周颖 潘惠珍
- B-30 GaAs精细刻蚀的断面轮廓控制.....中科院半导体所 李建中
- B-31 砷化镓的二氧化硅抛光探索.....重庆光电技术所 李金良
- B-32 SI-GaAs 中的双注入研究.....上海科技大学 谢弟杰
中科院上海冶金所 夏冠群 颜萍 王渭源
- B-33 砷化镓材料加工及其损伤层.....有色院 陈坚邦 温振安 方彩云 邱仁兰 龙彪
- B-34 InP 中的Be、P 共注入研究.....中科院上海冶金所 张永刚 富小妹 潘惠珍

B-35 SiO₂ / InP 的界面特性

..... 吉林大学电子系 赵 军 孟宪章 刘文明 杨玉琨 代国瑞 王宗昌 崔玉成

C部:分析与测试

- C-1 GaP:N中束缚激子热离化机制研究.....中科院长春物理研究所 窦 凯 张新爽
- C-2 计算机化多功能深能级测量系统.....机电部46所 张若愚 刘春香 鲍桂珍
- C-3 体GaAs中缺陷行为的DLTS研究.....机电部46所 鲍桂珍 张若愚 刘春香
- C-4 SI-GaAs的易熔腐蚀与电子探针观察.....机电部46所 丁丽 陈兴麟 薛绍仁
- C-5 半绝缘GaAs材料中电参数测量
.....机电部46所 张又立 孙毅之 郑庆瑜 陈君 何祖云
- C-6 异质结GaAlAs/GaAs双极性晶体管(HBT)材料的俄歇能谱(AES)剖析
.....机电部46所 华庆恒 严如岳 刘咏梅 杨爱琪 李岩松
- C-7 半绝缘砷化镓中碳的新的局振动模吸收峰的研究
.....北京大学物理系 张丽珠 杜永昌 张伯芯 秦国刚
北京有色金属研究院 王永鸿 马碧春
- C-8 EL2心内跃迁与零声子线的耦合特性
.....机电部46所 李光平 何秀坤 王琴 郑驹 闫平 李晓波 汝琼娜
- C-9 LPE Al_xGa_{1-x}As中DX中心的DLTS俘获谱研究
.....中科院上海冶金所 吴征 陈强 李连生 顾侠明
- C-10 InGaAs/GaAs量子阱的X射线和荧光谱.....中科院半导体所徐强 王玉田 庄蔚华
- C-11 硅上GaAs薄膜的Raman光谱研究
.....清华大学微电子学研究所 陈培毅 林惠旺 郑心余
中科院物理所 周均铭 丁爱菊
- C-12 肖特基电容谱研究金属—GaAs界面态.....南京大学物理系 郑有焘 王永生 张 荣
- C-13 Au-Zn/Au-Sb与p-GaF接触界面XPS的研究
.....厦门大学物理学系 林秀华 江炳熙 徐富春
- C-14 气相外延ZnSe/GaF₂ 膜的光致发光光谱
.....中科院长春物理所 张家骅 张吉英 范希武
- C-15 高密度激发下CdS单晶自由激子发光.....中科院长春物理所 吕有明 范希武
- C-16 GaAs_{1-x}P_x中深能级温度特性的研究
.....厦门大学物理系 黄景昭 周必忠 王金辉 陈世彪
- C-17 GaAlAs/GaAs外延中Zn掺杂的浓度确定.....重庆光电技术所 罗江财
- C-18 红外透射法研究GaAs衬底的非均匀性
.....吉林大学电子科学系 范爱英 伏英男 潘昆 刘式端
- C-19 一种对GaAs缺陷的非破坏检测法
.....江西大学物理系应用物理所 曾庆城 王水凤 罗庆芳
- C-20 GaAs/Si异质结构材料的电化学研究
.....中科院上海冶金所 陈自姚 邵永富 朱福英
- C-21 GaAs单晶缺陷的X射线形貌术观察

-中科院物理所 麦振洪 葛培文 何杰 崔树范 贺楚光
北京有色金属研究总院 马碧春 陈坚邦 王永鸿
- C-22 少子扩散长度的光电化学测定法.....江西省科学院 骆茂民
中科院上海冶金所 彭瑞伍
- C-23 三元III—V族化合物半导体折射率的研究
.....南京工学院电子工程系 黄玉辉 曹康敏 汪开源
- C-24 InGaAsP的电调制反射谱及其组份分析
.....东南大学电子工程系 汪开源 莫少白 高中林 孙承杰 唐洁影
- C-25 GaAs的低能离子刻蚀及其DLTS研究.....中科院半导体所 余金中 王启明
日本理化学研究所 原民夫 浜恒学 青柳克信
日本大阪大学基础工学部 弓场爱彦 难波进
- C-26 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 三元外延层的电子迁移率研究
.....东南大学电子工程系 汪开源 高中林 黄玉辉 高国全 孙承焦 曹康敏
- C-27 半绝缘GaAs单晶补偿度分布研究.....南京电子器件所 朱顺才 马林宝 林树治
- C-28 对化合物外延厚度的新的检测法
.....江州大学应用物理所 曾庆城 罗庆芳 王水凤
- C-29 ZnS:Mn, Cu DCEL屏表面态能级的研究.....中科院长春物理所 郭铜安 周连祥
- C-30 ZnS:Mn, Cu DCEL屏光电特性的研究.....中科院长春物理所 郭铜安 周连祥
- C-31 超导NbN/GaAs肖特基结低温特性.....北京大学 章蓓 吴修文 刘尊孝
- C-32 液相外延InP的掺杂浓度和迁移率
.....北京大学物理系 章蓓 邢启江 江晓松 陈婉兮 王舒民 刘尊孝 兰健
- C-33 InGaAsP/InP系材料非合金欧姆接触.....北京大学物理系 陈婉兮
- C-34 GaAs硅化物非合金性欧姆接触.....北京大学物理系 章蓓 焦鹏飞
中科院上海冶金所 方芳
- C-35 离子注入n-GaAs材料欧姆接触性质
.....上海科技大学 邱斌 中科院上海冶金所 夏冠群
- C-36 未掺杂GaSb电学性能的研究.....中科院长春物理所 黄锡珉 宣丽
吴光恒 景玉梅 富淑清 林革 张传萍 温庆祥

D部: 微波与光电器件(一)

- D-1 多子扩散间接耦合光电探测器.....武汉大学物理系 何民才 陈炳若 黄启俊
- D-2 光电晶体管的噪声机构及其模型.....上海科技大学物理系 方龙森
- D-3 金铂合金作欧姆接触研究.....长春市半导体厂 陈向东 李忠范
- D-4 双肖特基势垒光电二极管.....武汉大学物理系 尹长松 李青松
- D-5 光探测器量子产额增殖探讨.....武汉大学物理和系尹长松 胡东红 张峰生
- D-6 DBF激光器耦合系数和光栅的研究.....中科院上海光机所 伍杰 陈高庭
- D-7 半导体激光锁相阵列阵不均匀性分析.....中科院上海光机所 方祖捷
- D-8 WSi_x/GaAs 肖特基结性能研究.....北京大学微电子所 李晓光 祝忠德
- D-9 WSi/GaAs 肖特基接触的特性分析.....北京大学微电子所 祝忠德 宁宝俊 李晓光

- D-10 HEMT DCFL门电路的计算机模拟及研制
南京电子器件所 吴英 陈效建 陈培林 林金庭
- D-11 TiN/GaAs肖特基势垒特性研究.....北大微电子所 张利春 高玉芝
- D-12 GaAs集成电路W栅自对准技术研究.....机电部13所 宋东波 马振昌 郝景辰
- D-13 氢化非晶硅发射极微波晶体管
南京电子器件所 王因生 盛文伟 熊承堃 张晓明 汪建元
- D-14 微波低噪声HEMT:设计与实验
南京电子器件所 陈培林 陈效建 张洪治 刘军 吴英 郑雪帆
- D-15 18GHz最小噪声系数为1.4dB的GaAs MESFET
机电部13所 丁奎章 于玲莉 杨汉朋 曹余录 王淑君
- D-16 GaAs MESFET器件低频噪声机理的研究.....南京电子器件所 安效危 顾世惠 包其伦
- D-17 适用于GaAs IC的自对准钨栅工艺南京电子器件所 谢舒 舒
- D-18 功率HEMT源打孔接地干法腐蚀技术研究.....机电部13所 冯国进 郝景臣
 武汉大学 杨明亮
- D-19 非量子化条件下负磁阻效应的观察.....中科院长春物理所 宣丽 景玉梅
 黄锡珉 高淑清 林革 吴光恒 张传萍
- D-20 GaAs MESFET特性的计算机模拟.....机电部13所 陈燕凌 王长河 罗海云

E部: 微波与光电器件(二)

- E-1 WSi栅耗尽型选择性掺杂异质结晶体管
中科院半导体所 陈定钦 张晓玲 周帆 陈纪璞 高翠华 徐萍 邓生贵
- E-2 一种确定MESFET噪声参量的新方法
复旦大学电子系 蔡纯青 蔡树榛 阮刚 王建伟
- E-3 小尺寸GaAsMESFET器件特性的计算机模拟.....中科院半导体所 熊思强
- E-4 亚微米栅长调制掺杂FET的制造.....中科院半导体所 杨玉芬
- E-5 集电极隔离红外前置放大器.....机电部13所 白淑华
- E-6 新型钝化平面结构InGaAs/InP光电探测器
上海冶金所 程宗权 杨易 王晨 王惠民 蒋惠英 许惠珍
邮电部519厂 胡维央
- E-7 多条注入式半导体激光器中的热特性.....吉林大学电子系 张晓波
- E-8 1.3 μm InGaAsP/InP脊形波导激光器研究.....电子科技大学光电系 蔡伯荣 兰戈
重庆光电所 黄章勇
- E-9 阶梯衬底内条形可见光激光器
吉林大学电子系 杜国同 邹峥 张晓波 余辉 王文 杨健 高鼎三
- E-10 Pb-PbSe Schottky 势垒结形成研究.....上海科技大物理系 方龙森
- E-11 室温CW激射GaAs/GaAlAs单量子阱激光二极管
中科院半导体所 庄婉如 石志文 杨培生
日本名古屋工业大学电气情报工学科 梅野正义 内田和男
- E-12 用于单模光纤的1.3 μm LED研究

-中科院上海冶金所 郭康瑾 陈启与 徐少华 陈瑞璋
- E-13 Si热沉及“V”形槽光纤耦合工艺.....北大物理所 崔晓明 刘弦度
.....中科院半导体所 余金中 郭良
- E-14 1.3 μm InGaAsP/InP DCC结构半导体激光器
.....中科院长春物理所 刘益春 张月霁 何胜夫 朱有才
- E-15 电子辐照对GaAs太阳能电池性能的影响
.....中科院上海冶金所 钟金权 闵惠芳 王振英 王加宽 缪涵英
- E-16 3-5微米波段半导体可调谐激光器
.....中科院上海光机所 王海龙 朱筱春 张位在 曹根梯 陈鹤明
- E-17 分布反馈激光器中一级光栅的制作
.....北大物理系 吴玉静 江晓松 陈妮兮 王舒民
- E-18 GaInAsP/InP 异质结晶格匹配及荧光光谱
.....北大物理系 江晓松 于松 吴玉静 吴卫东 陈妮兮 王舒民
- E-19 GaAs/GaAlAs量子阱激光器的温度特性
.....中科院半导体所 朱龙德 郑宝真 王丽明
- E-20 GaAs/GaAsAl MQW F-P标准具
.....中科院半导体所 曾安 吴荣汉 曾一平 吕卉 孔梅影 王启明
- E-21 PS半导体激光脉宽的腔外压缩
.....中科院上海光机所 周复正 屠玉珍 邱荣生 张银女 金志良
- E-22 用于产生超短脉冲的半导体激光器.....中科院上海光机所 单振国
- E-23 用掺杂乳胶源在III-V族化合物中扩散形成pn结及有源区薄层
.....中科院半导体所 黄碧莲 姚文卿 张执中 董帅卿 樊建国
- E-24 增益开关IC半导体激光器特性研究
.....中科院上海光机所 周复正 屠玉珍 张银女 邱荣生 金志良
日本浜松光学公司 土屋裕 青岛绅一郎
- E-25 新型F-P腔干涉型光强调制器.....中科院半导体所 熊飞克 彭怀德 王启明
- E-26 全离子注入GaAs数字IC研制
.....中科院上海冶金所 夏冠群 杨悦非 沈国雄 朱文玉 颜萍

大会报告

微重力下生长GaAs材料性能的研究

林 兰 英

半导体光电子器件与OEIC的发展

王 启 明

III—V族锑化物材料的进展

彭 瑞 伍

(中国科学院上海冶金研究所)

先进的信息和通讯技术的迅速发展要求研究和开发新型、特别是2—12 μm 波长的III—V族光电功能材料。最近2—3年来这类材料研究的激烈增加值得引起注意。

本文主要总结最近发展起来的用于上述波段的III—V族锑化物材料的制备方法,特性测试和可能应用等方面的进展。文中着重列举了锑化物的基础材料,有源材料和限制材料等,例如GaAsb、GaInSb、GaAlAs、InAsSb、GaPSb、GaInAsSb、GaAlAsSb和InAsPSb等的情况,对这些材料制备过程中的物理化学问题也进行了比较详细的讨论。

IV—V族化合物中杂质与缺陷的相互作用

梁 骏 吾

(中国科学院半导体研究所)

III—V化合物半导体中点缺陷的种类要比元素半导体复杂得多。所以缺陷与杂质间的相互作用也要复杂。而杂质与点缺陷形成的络合物的种类也大大增加。例如 V_{Ga} 与IV族元素在GaAs中形成一系列受主中心。VI族元素也与V形成一系列受主中心。 V_{As} 也能与IV族元素或VI族元素在GaAs中形成深中心。

半绝缘GaAs的制备就是浅能级杂质与深中心的补偿。掺深受主杂质Cr补偿主要的残留施主Si，得到高阻GaAs。不掺杂的半绝缘GaAs的获得则靠EL-2深施主补偿受主碳。EL-2能级模型甚多，包括 As_{Ga} 、 $As_{Ga}V_{Ga}$ 、 $[As_{Ga}]_n$ 、 $[As_i]_4$ 、 $V_{As}V_{Ga}$ 和 $As_{Ga}V_{As}V_{Ga}$ 等等。

杂质在元素半导体中的平衡分凝系数可用Thronnd的表示式，即 $\ln K$ 与 $1/T$ 有直线关系， K 值随温度上升而增大，Ge、Si中低固溶度杂质的行为确实如此。然而III—V族化合物中杂质的平衡分凝系数不能用 $\ln K$ 与 $1/T$ 的直线关系表达。如Te在GaAs中的 K 值随温度上升而下降，正好与Si、Ge中杂质行为相反，在化合物中必须考虑几个反应，包括杂质与缺陷的反应：1、III—V族化合物的结晶或熔化的平衡常数。2、V族空位与III族空位的生成反应的平衡常数。3、杂质进入晶体的相应空位，并电离的平衡常数，考虑以上参数及各组元的浓度与活度系数可以得出VI族元素 K 值表达式。化合物半导体的化学配比影响 K 值。因为配比影响 (V_{Ga}) 和 (V_{As}) 的大小，例如GaAs中的In、C、S、Al的 K 值在接近等化学配比时有极小值。无论是往富As或富Ga偏离都导致 K 值上升。GaAs中的两性IV族杂质既占As位又占Ga位。所以要考虑两性杂质与 V_{Ga} 和 V_{As} 反应的二个平衡常数。实验和结算结果表明两性杂质Ge在GaAs中 K 与温度关系有极小值。占位比 Ge_{As}/Ge_{Ga} 的温度关系也可计算出来，并求得在 $\sim 1235^\circ K$ 时由P型转变为N型。低于此温度以占As位为主，高于此温度以占Ga位为主。

利用杂质与缺陷相互作用可以改善晶体的完整性。例如GaAs中掺入N型杂质可以有效地降低位错密度。当杂质硫浓度达 $6.7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 时可得无位错单晶，但浓度超过此值则出现沉淀并导致位错密度上升，掺入等导电杂质则可以制备高阻的无位错GaAs，例如加入 10^{-2} In 。根据扩展X-射线精细结构EXAFS数据，Ga-As距离短，In-As距离长。GaAs母体中有五原子 InAs_4 四面体单元，其局部膨胀约21%。这种失配原子团对于位错有一钉扎力，阻止位错滑移。如果给定In的浓度，由可以知道钉扎原子之间的距离，根据失配原子团与位错间的弹性作用能可以计算出加入杂质In后位错滑移的临界应力。

杂质和缺陷在半导体中行为是相互影响的。研究其相互作用是半导体材料科学的中心任务之一。

原子层外延及其进展

吕安德

(中国科学院长春物理研究所)

原子层外延技术基本上有二种外延沉积方式(图1)。一是由组成化合物的元素直接蒸发沉积—ALE方式(1);二是由含有化合物组元的反应物之间的交换反应形成化学汽相沉积—ALE方式(2)。

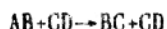
在ALE方式(1)中,元素A和B交替在温度为 T_s 的衬底上沉积。一个沉积脉冲产生的单原子层数为

$$N=(n_i - n_e)t/d_i$$

式中 d_i ——单原子层的原子密度($N=1$); n_i ——每秒在单位面积衬底上沉积的原子数, n_e ——沉积期间,每秒由单位面积衬底上二次蒸发的原子数; t ——沉积脉冲持续时间。当 N 达到1时,粘附系数突然从1降到零,即 $n_e = n_i$ 。当那些过量的原子(或分子)二次蒸发之后,只有被较强的B—A键束缚的元素A的单原子层留在衬底上。下一个循环,表面经受元素B的沉积脉冲作用,一旦所有可能的A—B键形成,将不会有多余的元素B粘附于表面。这种沉积过程由元素A和B交替重复,一次一个单原子层。ALE薄膜的厚度取决于生长循环周期数和沉积原子的晶格常数。

上述生长过程称作理想的ALE过程。实际生长结果并非上述理想ALE模式那样简单。实验结果表明,即使选择最佳的 T_s 也难以实现完全的一层一层生长。

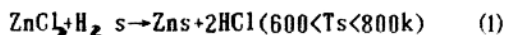
在ALE方式(2)中,通过周期的表面交换反应生长化合物AD薄膜。在第一沉积周期,入射的分子AB被表面吸附。在选定的衬底温度 T_s ,同随后到达表面的CD分子产生表面反应



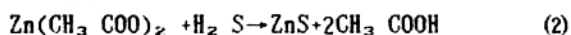
以化合物BC的形式放出B和C,同时形成AD沉积层。

用ALE方式(2)对ZnS生长情况进行的理论量子化学研究指出,生长过程也不像上述生长模型那样简单,每一个ALE生长周期不足以形成一个完整的ZnS单层,即每一周期生长薄层的厚度小于一个ZnS单分子层。但新近发表的用ALE方式(2)生长GaAs薄膜的研究结果则表明,生长完全能够按一层一层的方式进行,在某些条件下甚至能够增加每一生长周期的厚度。

用ALE方式(2)制备和研究了广泛用于交流电致发光显示技术的ZnS薄膜,用 $ZnCl_2$ 和 H_2S 之间的交换反应



形成ZnS薄膜的沉积。俄歇电子谱(AES)的检测结果证实了这一反应沉积过程。用无水醋酸锌和 H_2S 之间的交换反应



$$(520 < T_s < 620K)$$

也可在玻璃衬底上进行ZnS薄膜的ALE沉积。用挥发性的Ce、Eu、Tb、Tm络合物进行了掺有稀土离子的ZnS薄膜的ALE生长。室温下得到发射峰值位于547nm的 Tb^{3+} 的绿色光致发光。结晶结

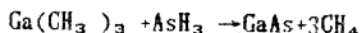
构研究表明,在多晶或非晶衬底上用ALE方法可获得择优取向且结晶尺寸较大的多晶薄膜,芬兰Lohja公司已用ALE ZnS:Mn薄膜研制成功(8×11)象元矩阵的薄膜电致发光字符显示器和(512×256)象元矩阵的薄膜电致发光微机终端显示器。这种ALE ZnS:Mn薄膜在1KHz下的最高亮度约为3000Cd/m², EL外部效率达2lm/w,在更高频率(10KHz)下外部效率可升至8lm/w。这可能是至今用各种技术生长的ZnS:Mn发光薄膜中得到的最高效率。上述两种显示器中使用的Al₂O₃, Ta₂O₅等介电薄层也由ALE方法制备。

这家公司还用ALE方法生长沉积成ITO(In₂O₃·SnO₂)透明导电膜,其电阻率~1.6×10⁻⁴Ω·cm,透明度大于80%。

芬兰坦佩雷工业大学利用一种改进的MBE/ALE系统在CdTe单晶衬底上进行了CdTe单晶薄膜的ALE研究。他们的MBE/ALE生长系统与一种综合电子能谱仪相连,能及时对生长的样品进行x光电子谱(XPS)、俄歇电子谱(AES)、角分辨的紫外光发射谱(UPS)以及低能电子衍射(LEED)观测。他们的研究表明,在480K以上的Ts下可以获得纯净且符合化学比的CdTe单晶薄膜。每一生长循环7秒,形成一单分子层沉积,相应的沉积速度为190~200nm/hr。

M. Pessa等曾用ALE方法在CdTe衬底上生长出Cd_{1-x}Mn_xTe(x=0~9)磁性半导体薄膜,研究了生长条件对结晶性能的影响。并提出一种用ALE方法生长的CdTe-Cd_{0.6}Mn_{0.4}Te(111)多量子阱异质结,用角分辨的UV光发射方法研究了两种组份薄层电子价带的特点。

Nishizawa等描述了用ALE方式(2)生长GaAs的研究结果。生长源三甲基镓(TMGa)和三氢化砷(AsH₃)交替循环地接触单晶衬底形式反应沉积过程



反射高能电子衍射观测结果说明薄膜是单晶的,具有完美的镜面,他们的研究给出了GaAs ALE薄膜的某些电学性能:在620K低Ts下生长的GaAs薄膜呈P型,空穴密度~10¹⁹cm⁻³。指出这种高缺陷密度来自碳的掺入。用三乙基镓(TEG)得到了某些改进,获得的载流子浓度可低至10¹⁷cm⁻³。

最近,美国北卡罗莱纳州大学的S. M. Bedair等报道,他们用ALE方法生长出InAs/GaAs量子阱异质结并首次观测到受激辐射。多层量子阱的有源区为6层0.66nm的InAs势垒区。阱区间隔是50nm的GaAs势垒区。ALE设备是一改装的常压MOCVD设备。生长温度753K,衬底采用(100)GaAs:Cr。

不久前B. J. McDermott等将一改装的立式MOCVD反应器用作ALE生长系统,制备出Ga-As-In-As单层超晶格。据报道,在InP衬底上由于晶格失配较小可形成100~500个生长周期的超晶格;在GaAs衬底上由于晶格失配较大,只能沉积23~26个生长周期。对GaAs(100)衬底上生长26个周期的(GaAs)₁(InAs)₁超晶格厚度的计算值为15.886nm。对样品剖面进行的透射电镜(TEM)观测值为15.87±0.56nm。观测值与计算值基本相符。这说明(GaAs)₁(InAs)₁超晶格的生长基本上遵守理想的ALE模式。

从ALE的反应生长机理来讲,原则上可用于广泛的化合物薄膜生长,甚至包括那些化合物组元之一不易挥发的材料。M. Pessa等人提出,用ALE方法制备更为复杂的铁氧体薄膜也是可能的。如镍铁氧体薄膜由NiCl₂、ZnCl₂和FeCl₃制备。这类磁性超薄膜与非磁性薄膜组合的多层结构可能提供应力和“二维数”结构对磁性性能影响的直接信息,将成为一件有趣的工作。但用ALE方法制备铁氧体薄膜的衬底温度Ts较高——至少约1000K。这有待进一步研究。

InAlAs/InGaAs/InP MESFET研究

梁春广

(机械电子工业部第十三研究所)

由于三元系材料InGaAs具有较高的低场迁移率(室温下 $\mu_n \geq 8000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$),较高的电子漂移峰值速度($2.94 \times 10^7 \text{ cm/s}$),而带隙(0.75eV)又适合于长波长光器件,因此,在光电集成电路的研究中,对InAlAs/InGaAs/InP MESFET的研究引起了极大的关注,但由于在InGaAs上直接形成肖特基势垒时,势垒高度太低(0.2eV),不能制成合适的器件,而需要加入一层AlInAs改善肖特基势垒。 $\text{In}_{0.53}\text{Al}_{0.47}\text{As}$ 两者都可与InP衬底晶格匹配, $\text{In}_{0.53}\text{Al}_{0.47}\text{As}$ 又具有宽带隙(1.46eV),所以势垒可以做得很高。另外,正是由于InGaAs带隙窄,提供了制作非合金欧姆接触金属化的可能性。

本文叙述了用MBE生长的 $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{InP}$ 材料系统制作肖特基势垒和MESFET的工艺技术和电特性,用电子束蒸发Al作Al/AlInAs肖特基势垒,在室温下用I-V法和C-V法测得二极管的势垒高度分别为0.59eV和0.60eV,在反向电压为4V和10V下测得二极管反向漏电电流分别为 $6.23 \mu\text{A}$ ($1.62 \text{ nA}/\mu\text{m}^2$)和 $27.3 \mu\text{A}$ ($7.09 \text{ nA}/\mu\text{m}^2$),可见势垒特性良好,适合于制作MESFET。

源和漏的欧姆接触采用 Ar^+ 轰击后蒸发Ti-Au形成非合金欧姆接触。这种方法不但可获得很低的特征接触电阻率,而且使整个器件过程中避免了高温工艺,即一般源漏欧姆接触采用Au-Ge合金蒸发时必须有一个合金过程,一般合金温度为 450°C 左右,这在微细线条的制作和对整个器件制造中是不利的,采用非合金欧姆接触技术则彻底解决了此问题,使整个器件制造过程的温度都低于 200°C 。这工艺对OEIC的制作相信有很大好处。

为了获得高质量的界面特性和有源层,在MBE生长中首先在InP表面长了一层较厚的未掺杂AlInAs层作为缓冲层。台面腐蚀时,只要去除作为肖特基势垒用的AlInAs和有源层InGaAs即可。

制出的 $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{InP}$ MESFET的特性良好,跨导为 90 ms/mm ($L_g=2 \mu\text{m}$),器件夹断电压为-1.8V,且栅的漏电电流很小。

感谢德意志联邦共和国Heinrich-Hertz-Institut提供研究条件和同事们的合作。

化合物半导体光逻辑器件 研究现状及研究战略

黄廷荣

(南京电子器件研究所)

本文评述化合物半导体光逻辑器件的研究开发背景,历史,种类,几种主要半导体光逻辑器件的研究现状;展望了长期和中期研究战略。

在第一部分引言中,主要介绍光逻辑器件的研究历史;研究背景;美国的主要研究据点及典型研究计划,经费;化合物半导体适宜制作光逻辑器件的理由等。

第二部分介绍化合物半导体光逻辑器件的研究现状,包括:

1. 半导体标准器件,论述基本原理;几种典型器件;特点;性能水平等。
2. 自电子透镜效应器件(SEED);结构和原理;特点和改进措施。
3. 由集成发光/受光器件构成的光双稳态逻辑器件。
4. 光双稳态半导体激光器;论述基本原理;器件结构。

第四部分展望了光逻辑器件的今后研究战略。

1. 为了实现具有100Gb/s以上的信号处理速度的电子系统,必须大力研究开发非线性光学材料。

2. 为了实现既要大大提高材料的非线性光学常数,又要能很好地控制其它光学性能,则III-V族化合物半导体量子阱结构的光学物性是十分理想的。

3. 在由时域多重方式进行全光学型逻辑运算中,为了不增加功耗,希望采用由超短脉冲光产生的非线性光学效应。为此,不但要研究光控制器件,而且同时要研究超短光脉冲的发生,同步,分支,连接等方面的超高速光电路技术的研究。

4. 全光学型数字信息处理系统的实现,大约需用11年时间(包括外围技术)。因此,作为中期研究目标,应该并行地进行具有超高速性能和并行运算功能的光逻辑器件和其它

硬件的研究.

5. 以已有的OEIC关键技术为基础, 首先实现用于10Gbit/S信息处理系统的材料, 器件, 电路, 组装和系统技术的研究开发很有必要, 也有可能.

A部： 材料制备