

研究工作报告

(简 编)

— 1979—1980

中国科学院半导体研究所

前 言

为了活跃学术空气，促进学术交流，从1977年开始，每两年汇编一期《研究报告》（简编）。我所是一个综合性的研究所，研究工作包括基础、应用基础和应用的的工作，本汇编只包括我所的部分工作。由于我们缺乏经验，水平有限，有些研究工作做得也不够深入，缺点错误在所难免，欢迎批评指正。

目 录

一、半导体材料研究室

1. 高纯度LPE-GaAs的制备和性质
..... 林兰英、方兆强、周伯骏、朱素珍、向贤碧、吴让元 (1)
2. 在氮气氛中的高纯砷化镓汽相外延
..... 林兰英、钟兴儒、林耀望、张彦云、李秀兰 (1)
3. 掺Te-GaAs单晶微缺陷沉淀的研究
..... 何宏家、曹福年、范提文、白玉珂、费雪英、王凤莲 (3)
4. 砷化镓掺硫汽相外延 吴赛娟、仇兰华、陆大成、于 清、王瑞林 (4)
5. 衬底硅中晶体缺陷对硅外延层完整性的影响
..... 蔡田海、韩文蕃 (6)
6. 与InP<111>B晶格匹配的 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 的生长
..... 彭少近、卢文宏、陈莹瑜 (8)
7. 晶格失配对低温液相外延生长的 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y/\text{GaAs}$ 异质结界面
影响的研究..... 涂相征、蒋四南、葛玉茹、王维明、何登龙 (10)
8. GaAs化学汽相淀积的热力学分析..... 陆大成 (13)
9. 高纯度砷化镓外延层剩余受主杂质的研究
..... 半导体所 陈廷杰、吴灵犀、徐寿定
物理所 孟庆惠、于 鲲、李永康 (17)
10. 高纯VPE-GaAs、LPE-GaAs中的电子迁移率
..... 林兰英、徐寿定、李瑞云 (19)
11. 提高硅单晶质量的研究..... 硅质量研究小组 (22)
12. 氢化无定形硅的光致发光特性..... 陈治明 孔光临 (23)
13. 辉光放电法淀积氯化无定形硅膜..... 陈治明 孔光临 (25)
14. 低压化学汽相淀积a-Si电学性质的初步研究
..... 一室 廖显伯、杨喜荣、孔光临、刘昌灵、
二室 王培大 四室 曹友琦 (27)
15. 用场效应方法研究a-Si中定域态密度
..... 杨喜荣、廖显伯、孔光临、刘昌灵 (30)
16. 兰宝石上硅外延薄膜中的杂质与缺陷及其硅膜性质的影响
..... 郁元桓、曹大年、咎育德、邓惠芳、王建华 (34)
17. 硅反型层中的Anderson转变
..... 半导体所 孔光临、廖显伯、杨喜荣 物理所 张殿琳、林淑媛 (35)

二、新电路新器件研究室

1. 激光扫描检测集成电路掩膜版细线条图形方法的研究
..... 王守觉、景世平、田佩珠、赵翼慧、赵淑珍 (38)
2. 双层逻辑构成中大规模集成电路的研究
..... 林 雨、勘学芝、魏书铭、赵德泉 (39)
3. 多元逻辑处理机——DYL1300..... 二室多元逻辑处理机研制小组 (40)
4. Cr-Cr_nO_m双层型低反射硬掩膜版的研制
..... 二室 常秀兰、王永义、四室 张永纲 (41)
5. 改善几种负胶性能的新方法..... 刘训春、朱荣华、张惠云 (44)
6. 一种适用于高可靠性集成电路的多层金属互连技术的研究
..... 刘德钧、郭 良、杨亚丽 (45)
7. 掺杂多晶硅及其双极高速集成电路技术的研究
..... 商作起、虞嘉峰、李大虹 (46)
8. 工艺中引起硅外延层及单晶中浅坑缺陷的某些金属
..... 孙安纳、赵书鸾 (47)
9. 硅外延层中浅坑缺陷与衬底单晶关系的探讨..... 孙安纳、龙泽民、吴玉霞 (49)
10. 微缺陷和热氧化层错的吸除杂质的研究
..... 张一心、程美乔、刘淑彬、田国华、刘淑琴 (50)

三、新工艺新技术研究室

1. 晶体管高频变换200KV稳压电源 徐维江、岳慧武 (52)
2. 离子探针分析中质量干扰问题的研究
..... 冶宏振、黄乐斌、谢宗钧、王淑珍、游俊富 (52)
3. 硅中注入高剂量氮离子的研究..... 孙慧玲、陈 鸣、王培大 (57)
4. 离子注入薄层的电子束退火..... 王培大、孙慧玲 (58)
5. 聚酰亚胺软X射线曝光掩膜..... 张连魁、孙宝银 (59)
6. 正性电子抗蚀剂扫描电子束曝光性能研究
..... 孙毓平、梁俊厚、梁久春、罗唐生、刘根庆、葛 璜、夏观初 (60)
7. 亚微米分辨率掩模版的制备
..... 梁俊厚、孙毓平、葛 璜、梁久春、高士平、王玉玲、罗唐生、刘根庆 (61)
8. 离子成象注入的研究
..... 张立宝、马祥彬、陈春华、李金荣、王纯、凌仲珪、孙宝银 (62)
9. 硅中离子注入的辐射损伤..... 谢宗钧、黄乐斌、冶宏振 (64)
10. 分离式电荷积分仪..... 徐维江、岳慧武 (68)
11. 脉冲激光在离子注入退火中的应用..... 黄乐斌、谢宗钧、冶宏振 (69)
12. 非晶态硅的激光辐照及C-V分析..... 谢宗钧、黄乐斌、林鸿溢 (71)

13. 用微分电导法测量离子注入层的载流子浓度分布..... 孙慧玲 (73)
14. 脉冲X射线曝光及其装置的研究..... 顾柏春、张世华、邓弼兴 (74)
15. 亚微米电子束无掩模光刻技术
..... 孙毓平、梁俊厚、梁久春、夏观初、葛 璜、罗唐生、刘根庆
杨永源、高志平、冯树京、唐克光 (76)
16. 微型范德保法测量离子注入掺杂的均匀性..... 陈 鸣、孙慧玲、王培大 (77)
17. 铝互连的气相刻蚀..... 韩阶平、吕秀英、杨占坤、胥兴才 (78)

四、表面器件研究室

1. 单时钟TTL相容4096位MOS动态RAM
..... 仇玉林、陈潮枢、吴幼碧、赵文元、和致径、滕学公、侯秀芝
王永燊、金福林、卢胜林 (80)
2. 16384位MOS动态RAM
..... 仇玉林、陈潮枢、侯秀芝、王永燊、和致径、赵文元、吴幼碧
金福林、卢胜林、滕学公 (82)
3. 低压化学汽相淀积——多晶硅..... 曹友琦、崔华坤、梁桂荣、商兰英 (84)
4. 反应溅射腐蚀..... 李建中、李秉臣、毕可奎 (86)
5. MOS表面动态电势的测量..... 崔成烈、陈祖祥、曹森泊 (88)
6. SOS膜中载流子迁移率 μ 空间分布的测量
..... 刘俊卿、刘忠立、茅冬生、张桂亭 (90)
7. 场区对C—t测量的影响..... 黄振岗、程文超 (93)
8. MOS晶体管直流模型
..... 夏永伟、傅志煌、何乃明、佟士悛、易洁兰、张冬莹、武锦华 (95)
9. 直接从MOS结构C—t曲线计算少数载流子体产生寿命的新方法
..... 程文超、黄振岗 (97)
10. 氢对介面态的影响..... 朱永堂 (99)
11. 汽相生长 Al_2O_3 的物理和电学性能..... 刘家泰、张秋江、海秀兰 (102)
12. 埋沟CCD研制工作小结..... 吴瑞华、殷淑兰、四〇二组工艺 (103)
13. 通过测量电荷转移损失估算SCCD的有效表面态密度 吴瑞华 (106)
14. CCD低噪声输出放大器——带假CCD的差分放大器..... 王声培、张维恒 (106)
15. 检查CCD线摄象器故障的光电检测仪..... 王声培、张维恒 (108)
16. 氧化速率对硅片氧化层错生长的影响..... 陆文兰、楼章和、李东研、翟忆芳 (110)
17. 各种衬底上透明导电膜的生长和光刻
..... 李承芳、王 梅、康秀明、陈祖祥、李泰敏 (113)
18. SOS局部氧化物埋层等平面隔离技术
..... 张桂亭、赵兰慧、茅冬生、梁桂荣、张永刚 (114)
19. MOS集成电路场区注 N_2^+ 钝化的初步结果..... 茅冬生、童云坤 (116)
20. MOS动态RAM中间测试分析技术..... 吴幼碧、赵文元 (117)

21. 计算机模拟用于大规模集成电路的设计
..... 仇玉林、滕学公、侯秀芝、王永桑 (118)
22. 液晶显示技术在MOS工艺中的应用.....和致经、黄瑞兰、田秀珍 (120)
23. 短沟道 MOSFET 的简单模型.....傅志煌、何乃明、张冬莹 (122)
24. Si-Si₃N₄系统的应力、损伤及对杂质的吸收作用
..... 黄启成、方育均、柯茉莉、朱正骥、陈俊兰 (125)
25. 双层多晶硅N沟Si栅MOS工艺研究
.....滕学公、和致经、仇玉林、陈潮枢、黄瑞兰、么淑琴、李国华、蔚燕华 (127)

五、半导体微波研究室

1. Gunn器件中的渡越畴与静止畴雪崩研究.....王守武、郑一阳、张进昌 (129)
2. 金属-n型GaAs界面物理特性研究.....陈克铭、王良臣、王佑祥 (130)
3. 金属与GaAs接触界面的分析.....徐鸿达、邵全远 (133)
4. 掺Sn液相外延InP薄层的制备和性质.....汪云升、庄恩有 (134)
5. 中频衰减全功率辐射计校正四毫米波噪声源.....曹逸庭、柳吉麟 (135)
6. 硅雪崩二极管的低频噪声和本征雪崩噪声.....郑东、方浦明 (137)
7. 二毫米硅IMPATT二极管微波振荡器.....杨玉芬、刘衍芳、高翠华 (138)
8. X波段GaAs“高-低”结构崩越二极管的设计和性能
.....GaAs雪崩二极管研制小组、徐鸿达执笔 (139)
9. 十公分谐波抽出俘越振荡器.....俘越振荡器研制组 (140)
10. GaAs和InP粒子反转条件.....刘朝中 (141)
11. 体材料速场特性测量的三公分样品腔设计.....黄碧莲 (142)

六、仪器设备研究室

1. SI605 A BOXCAR平均器的研制及其在DLTS系统中的应用
..... 邓兆阳、李怡群、许善兴、丁志学、叶志仙 (143)
2. 利用微型机的可编程只读存贮器的程序写入.....韩汝水、郑美华、周霆 (146)
3. 平方律取样系统的两个法则
..... 半导体所 李锦林 哈尔滨电子仪器厂 刘文生 (147)
4. 改善取样平均器稳定性的研究.....李怡群、许善兴 (148)
5. 三探针扩展电阻测试仪.....韩嘉忠、郑淑琴、任尚芝 (150)
6. 用于高能电子衍射仪的高低压电源的研制
.....王大华、李春寄、李岐旺、叶志仙、王智、郭风云 (151)
7. JM-1型深冷治疗机.....孙明方、孙学浩、袁秉则、吕和平 (153)
8. 一种灵活多变的TD-TTL振荡器的理论分析及某些应用
..... 成都电讯工程学院 虞厥邦 科学院半导体所 邓兆阳
北京市半导体器件所 易明铨 (154)

七、半导体光电研究室

1. GaAs-Ga_{1-x}Al_xAs双异质结激光器的深能级荧光
..... 王守武、王仲明、许继宗 (155)
2. GaAs-AlGaAs 异质结的界面及开关现象的研究..... 林世鸣、王启明 (159)
3. 液相外延生长的Al_xGa_{1-x}As/GaAs双异质结构的均匀性
..... 余金中、石志文、鞠静丽、马国荣 (162)
4. GaAs/(AlGa)As DH激光器P面电极的俄歇电子能谱分析
..... 马朝华、李静然、孙富荣 (164)
5. 带有光反馈的DH激光器驱动电源.....徐俊英、段亚实、李东妹 (167)
6. 4.2°K下注N-Al_xGa_{1-x}As(x=0.2~0.8)的光荧光研究
.....弓继书、徐仲英、徐俊英、李玉章、陈良惠、石忠诚、杜宝勋 (168)
7. DH 激光器——锥端光纤高效率耦合周汝生、朱柏生、张 伦 (172)
8. 1.3μmInGaAsP/InP双异质结发光二极管的研制
.....朱龙德、张盛廉、汪孝杰、王 莉、高淑芬、李静然、吕 卉 (174)
9. 发射波长为1.3μm的InGaAsP/InP双异质结激光器在室温连续激励
.....朱龙德、张盛廉、汪孝杰、王 莉、高淑芬及器件工艺组 (176)
10. 1.3μm InGaAsP-InPDH发光器件短波峰的测量.....汪孝杰 (180)
11. 应用SEM和V-I特性研究1.3μm InGaAsP/InP DH激光器中掺杂的影响
.....七室高淑芬 理化分析室葛玉如 (183)
12. DH 激光器瞬态特性的研究.....赵礼庆、张存善、邓生贵 (186)
13. GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 结构中的界面复合.....杜宝勋、石忠诚、张敬明 (188)
14. 高Al值Ga_{1-x}Al_xAs的生长及实验研究.....石忠诚、杜宝勋、段树坤 (191)
15. GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 激光器近场光谱的研究.....张敬明、郑宝真 (195)
16. 质子轰击条形GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH激光器的增益特性
.....张敬明、郑宝真、李东妹、田慧良 (198)
17. 4.2°K注Zn注NGaAs_{1-x}P_x(x=0.30~0.6) 光荧光研究
.....徐俊英、陈良惠、弓继书、李玉章、徐仲英 (200)
18. GaAs的光化学刻蚀——用相干光化学刻蚀法在n-GaAs表面制备亚微米光栅
.....张静媛、李嘉庚、樊爱香、李静然 (203)
19. 用瞬态电容谱法观察(Al、Ga)As双异质结构中的深能级
.....高季林、石志文、田慧良、余金中、鞠静丽 (207)
20. 用X射线形貌技术研究n-GaAs衬底及 GaAs-Al_xGa_{1-x}As DH外延片中的
缺陷.....理化分析室 高维宾、任庆余 七室 石志文、鞠静丽、余金中、
马国荣 (209)
21. 液相外延生长的Al_xGa_{1-x}As/GaAs异质结构的俄歇电子能谱
.....七室 余金中、鞠静丽、石志文、马国荣 理化分析室 刘福元、
王维明 (211)

22. InGaAsP/InP DH发光二极管“Burrus”结构制备中的化学刻蚀技术
..... 李静然、吕 丹 (214)
23. L-I曲线扭折的DH激光器的自脉动及瞬态时间分辨光谱的研究
..... 半导体研究所: 赵礼庆、王启明、河北大学: 张存善、吴振球 (215)

八、半导体物理研究室

1. 无辐射跃迁的绝热近似和静态耦合理论..... 黄 昆 (217)
2. 混晶中一种无序诱导的晶格弛豫机构..... 顾宗权、王永良、黄 昆 (217)
3. 考虑电子贯穿和逃逸深度效应的AES深度分布测量的分析..... 邢益荣 (218)
4. 混晶的长波长光学声子谱..... 吴 安 (219)
5. 混合半导体的能隙结构..... 钟学富 (219)
6. 近布洛赫电子的紧束缚方法..... 钟学富 (220)
7. GaAs氧化层和过渡区结构的电子能谱研究..... 沈光地、王佑祥、邢益荣 (220)
8. 分子束外延设备..... 科学院半导体所 七机部510所 科学院沈阳科仪厂 (221)
9. 分子束源..... 江明珞、黄运衡、吕和平、熊 玲 (223)
10. $\phi 200\text{mm}$ 氟橡胶超高真空插板阀
..... 周增圻、梁基本、孙殿照、唐正必、李丽萍 (224)
11. 分子束外延 GaAs 单晶薄膜..... 孔梅影、黄运衡、熊 玲 (225)

九、物理化学测试分析室

1. 测定硅中氧和碳含量的两种新方法——差示光谱法和失配的样品参比法
..... 许振嘉、江德生、孙伯康、宋春英、张泽华、刘江夏、张大圣 (227)
2. 离子背散射分析注入层和介质层..... 殷士端、顾 诤、张敬平 (230)
3. 半导体器件工艺过程中杂质沾污的研究之二
..... 崔仙航、徐学敏、严性天、梁志成、李希云 (232)
4. 硅中金杂质分布的测量..... 周 洁、王杏华、李树英 (234)
5. 低温光荧光(光致发光)
..... 中国科学院半导体所: 吴灵犀、陈廷杰、徐寿定 中国科学院物理所:
于 鲲、孟庆惠、李永康 (237)
6. 多能级的电离杂质浓度表示式..... 周 洁、王杏华、李树英 (239)
7. ESAU补充软件ESAUCI的研制..... 余觉觉 (240)
8. 高频电感耦合等离子体发射光谱测定盐酸硝酸和二氧化硅中的微量杂质
..... 理化室发射光谱组 (242)
9. 用EBIC法直接测量p-n结结深——电子束在Si中穿透深度的测量
..... 张治平、雷沛云、胡冰华、周尚全、刘淑彬 (244)
10. 硅衬底上热生长二氧化硅膜中的局部应力测量
..... 葛玉如、雷沛云、刘津一 (246)

十、大规模集成电路试验线

1. 吸收基片上双层透明介质薄膜的测量…………… 王守武、金才政、刘 珞 (248)
2. 大规模集成电路接触孔的一种检验方法…………… 吴德馨、徐秋霞、扈焕章 (250)
3. 精密光刻质量的控制
……吴德馨、扈焕章、徐秋霞、金才政、滕桂芳、周 帆、刘改芬、冯淑敏、
杨玉珍 (250)
4. 大规模集成电路中的PSG回流技术…………… 龚义元、闻润梅、孙志娟、郑燕玲 (251)
5. 16引线大内腔双列直插陶瓷管壳的设计与压焊封装的研究
……………陈志恭、汪锁发、赵 莹、许立忠、柴淑敏 (252)
6. 氮化硅薄膜淀积工艺的改进……………赵玉玮、刘金龙、柴淑敏、金才政 (253)
7. 硅圆片制备工艺的改进…………… 切、磨、抛组 (253)
8. 影响CVD多晶硅晶粒大小的表面处理…………… 赵玉玮、柴淑敏、高文方 (254)
9. 鸟嘴与栅氧化层击穿的研究…………… 海潮和、陈文琴、刘淑珍 (255)
10. 含磷多晶硅的刻蚀
……………吴德馨、徐秋霞、扈焕章、冯淑敏、滕桂芳、周 帆、刘改芬 (255)
11. BWJ-1型喷雾显影机的研制
……………吴德馨、扈焕章、金才政、滕桂芳、周 帆、刘改芬 (256)

十一、计 算 站

1. 集成注入逻辑I²L模型和电路分析……………夏武颖、王碧娟、喻荣生 (257)
2. LSI CAD 制版中的基本单元自动选择……………庄文君 (259)

高纯度LPE-GaAs的制备和性质

林兰英、方兆强、周伯骏、朱素珍、向贤碧、吴让元

我们于1979年在进行GaAs液相外延时发现提高Ga溶液处理温度Ga脱氧的效果较好,但硅的沾污较严重,甚至转为P型。降低Ga溶液处理的温度则Ga脱氧的效果较差,但硅的沾污可以减少,外延层为n型。由此我们认为LPE-GaAs中残留施主主要与氧沾污有关。氧沾污的来源是Ga中的氧化物和外延系统内吸附的水分。残留受主是 Si_{As} 和 C_{As} 。Si和C沾污来源于高温下各组元(H_2 、 SiO_2 、C、Ga)之间的热化学反应以及GaAs多晶源中的碳。

根据1979年的实验结果,1980年我们着重在探索工艺条件使氧、硅、碳沾污均能达到较低的水平以获得高纯度、高迁移率的液相外延GaAs单晶。

在探索工艺条件过程中,考虑了杂质渗入外延层的一些动力学因素,选择了低的生长温度、慢的生长速度和宽的降温范围。为了降低外延层中的砷空位,并在 H_2 气中提供一定砷分压条件下进行外延生长。

对外延层进行逐层测量其载流子浓度及迁移率,发现接近外延层与衬底的界面的迁移率较低,其靠近表面的外延层的迁移率高于整个外延层的平均迁移率。从这个结果启发我们采取压低载流子浓度形成在界面处的高阻层,这样才能生长出高迁移率的外延层。

采用我们探索的工艺生长条件可以获得外延层的电学参数如下:

$$n_{300\text{K}} = 10^{13} - 10^{14} / \text{cm}^3, \mu_{300\text{K}} = 8500 - 9500 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}.$$

$$\mu_{77\text{K}} = (1.5 - 1.9) \times 10^5 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}.$$

具有以上电学参数的外延片其重复性大约为60%左右。最好的电学参数如下:

$$n_{285\text{K}} = 3.797 \times 10^{13} / \text{cm}^3, \mu_{285\text{K}} = 1.1 \times 10^4 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}.$$

$$\mu_{77\text{K}} = 1.95 \times 10^5 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}.$$

对具有高纯度、高迁移率的外延片进行20°K—300°K的霍尔效应的测量并对散射机理进行分析,认为这类样品的散射机理只包括晶格散射和离化杂质散射两项,其它如空间电荷散射及迁移率量子手皆不存在。

高纯砷化镓的氮气外延

林兰英 钟兴儒 林耀望 张彦云 李秀兰

建立了一种高气密性、抗强腐蚀的外延生长装置,它的控制 AsCl_3 鼓泡瓶的四通组合阀

具有小于 $1.28 \mu\text{L}/\text{min}$ 的漏气速率。在反应管的出口端有一路逆流，以减少在装卸过程中，对衬底支座和衬底本身的沾污。

衬底是用 $\text{SiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ 化学机械抛光的。

高纯砷化镓气相外延生长是用 $\text{AsCl}_3\text{-Ga-N}_2$ 系统来完成的。为了制备高纯外延材料，必须考虑到热力学因素和动力学因素对外延层纯度的影响，他们是：氮气中的氢含量，Ga 源面积，生长温度，气体漂移速度，气体的流动效率，三氯化砷克分子分数效应。

为了抑制氧沾污，在 N_2 气中加入少量的 H_2 ，但是掺 H_2 量必须严格控制，否则外延层的纯度将受到严重影响。光荧光测量结果表明，在由 H_2 气系统制备的外延层中（图 2）或由

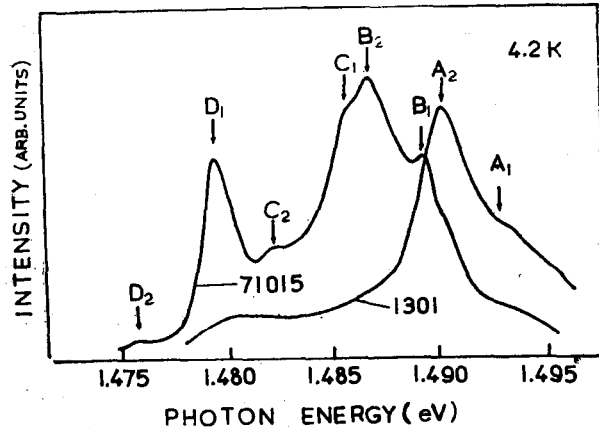


图 1

掺氢量为 6—9% 的 N_2 气系统制备的外延层中（图 1），硅沾污仍然是严重的，并存在着 C、Zn 和 Ge 等杂质峰。但是在 N_2 气系统（掺氢量为 1—2%）中生长的外延层中，不仅仅是 Si 峰，而且 Zn 和 Ge 等峰都消失了，仅仅有碳作为可探测的主要残余杂质存在。

在 $\text{AsCl}_3\text{-Ga-N}_2$ 开管反应系统中，由于流动的气体和 Ga 源之间有限接触时间，源区的

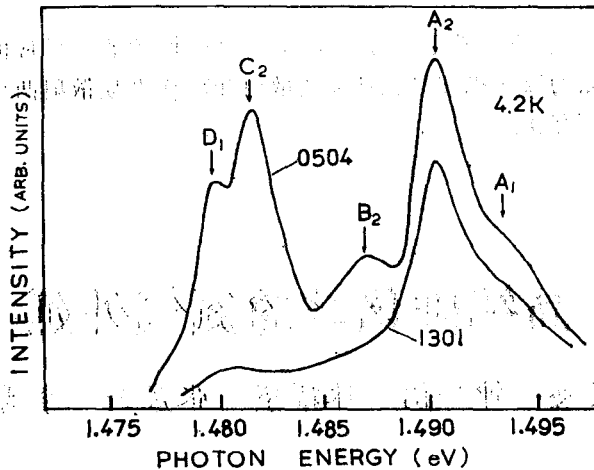


图 2

化学反应没有达到平衡, 这将影响外延层的纯度, 降低Ga源上方的漂移速度, 加大Ga源面积, 均能促使化学反应接近平衡。

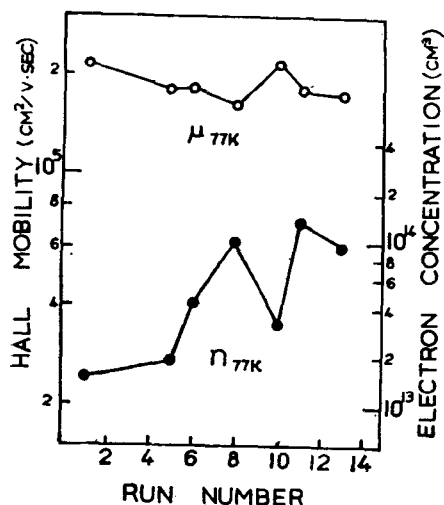


图3

在最佳生长条件下高纯的砷化镓气相外延材料已经制备出来。在 77°K 温度下的电子迁移率和电子浓度的流程顺序曲线 (图 3) 表明, 在电子浓度 $n_{77\cdot k}=10^{13}-10^{14}\text{cm}^{-3}$ 和电子迁移率 $\mu_{77\cdot k}=(1.6-2.1)\times 10^5\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 的范围内制备高纯气相外延材料的重复性是相当好的。一个最好的样品在 41°K 温度下最高峰值迁移率达到 $3.76\times 10^5\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$, 它的总杂质浓度低达 $7.7\times 10^{13}\text{cm}^{-3}$ 。77°K 的低温迁移率对电子浓度的依赖关系 (图 4) 表明, 似乎较高载流子浓度的样品 ($>10^{14}\text{cm}^{-3}$) 有较低的补偿度 (≈ 2), 较低的载流子浓度的样品 ($<10^{14}\text{cm}^{-3}$), 有较高的补偿度 (≈ 5)。

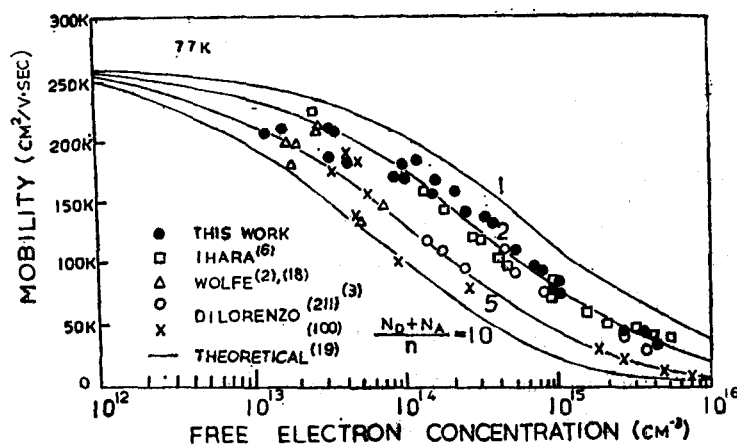


图4

掺Te-GaAs单晶微缺陷微沉淀的研究

何宏家 曹福年 范缙文 白玉珂 费雪英 王风莲

本文用化学腐蚀光学显微镜、电子探针和透射电镜研究水平生长的掺Te-GaAs单晶的微缺陷和微沉淀物。探索微沉淀物和载流子浓度的关系; 研究微缺陷微沉淀物在GaAs单晶中的形态; 找出化学腐蚀光学显微镜形貌与透射电镜形貌的关系。

载流子浓度为 $6.8\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 至 $5\times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的单晶, 切为{100}和{111}片子, 用金刚砂

研磨,机械抛光、硫酸、双氧水、水溶液化学抛光,用AB光照腐蚀、AB室温腐蚀、氢氧化钾水溶液为电解液的阳极腐蚀和 $2\text{HF}:6\text{HNO}_3:\text{HCl}:5\text{H}_2\text{O}$ 混合液腐蚀,显示位错和缺陷,用于干涉相衬显微镜观察。

用JA-3型电子探针进行GaAs中碲含量的分析。

透射电镜样品用超声切割为3mm圆片,研磨至200微米厚,化学抛光,用光照AB腐蚀,再用氯甲醇溶液单面减薄至约2000 Å;或用盐酸、硝酸、氢氟酸、水混合液减薄至2000 Å,贴于铜网上。用EM400型120KV透射电镜观察,有时也用1000KV高压电镜观察。

和{100}面和{111}面直交和斜交的位错,AB腐蚀剂和氢氧化钾水溶液电解腐蚀均显示为圆锥形,锥顶有大量浅坑,光照AB腐蚀却显示为圆形小丘。与表面平行的位错显示为长线,几种腐蚀剂在长线周围都显示出大量的浅坑和丘,其密度约 $10^8/\text{cm}^2$ 。在位错周围存在一个光滑的“清洁”区域,随着载流子浓度增加,其宽度从几微米增至几十微米。光滑区域外的本底区,存在大量的浅坑、丘和脊。其尺寸随载流子浓度增加而加大;密度随载流子浓度增加而降低,从 $10^6/\text{cm}^2$ 降至 $10^5/\text{cm}^2$ 。载流子浓度大于 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 时,本底区的微缺陷为浅坑和小丘。当低于 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 时,则微缺陷为浅坑(或丘)和脊。当载流子浓度低于 $6.8 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 时,几种腐蚀剂均不能显示微缺陷。

载流子浓度从 $0.68-5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的样品中,透射电镜观察到五类缺陷:(1)三重和双重层错,(2)单层错,(3)小层错环,(4)黑-黑瓣缺陷和(5)黑-白瓣缺陷。

在位错最近邻的柱状区域内,存在大量缺陷,其密度约 $10^8/\text{cm}^2$ 。这些缺陷大部分是显现条纹衬度的层错,尺寸约几千Å至 1μ ;也有一些尺寸约几百Å的小环和黑-黑瓣缺陷。在位错周围的“清洁”区域,即使是 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的样品,也未发现有层错和小环存在。在本底区观察到缺陷群,主要也由层错和小环组成。当电子浓度低于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 时,本底区仅观察到密度约 $10^6/\text{cm}^2$ 的单个小环和黑-白瓣缺陷。随着样品载流子浓度升高,缺陷从单个变为成群出现,且每群含有的缺陷密度也随之加多,而缺陷群的密度却从 $10^6/\text{cm}^2$ 降至 $10^5/\text{cm}^2$ 。当改变操作矢量而使图象衬度消像时,在层错和小环上可以看到附着的一个或几个沉淀颗粒,一直到 $7.9 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 的样品上,仍有沉淀颗粒附着于小环上。载流子浓度低于 $6.8 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 的样品上,没有观察到小环和其他缺陷。

用透射电镜的衍衬分析技术对层错和小环进行衬度分析,证明层错都是非本征层错,小环都是非本征的Frank环。

用透射电镜观察先经化学腐蚀显示微缺陷再经单面减薄的样品,证明化学腐蚀在本底区显示的浅坑(或丘)和透射电镜在本底区观察到的层错环群有一一对应关系。

砷化镓掺硫汽相外延

吴赛娟,仇兰华,陆大成,于清,王瑞林

毫米波肖特基混频器,要求在重掺GaAs衬底上生长厚度、浓度、杂质分布等参数精确控制的微米,亚微米厚度外延层,为此研究了影响外延层浓度及厚度的诸因素。

采用Ga-AsCl₃-H₂系统, H₂经分子筛净化后载带掺 S₂Cl₂的AsCl₃进入反应管, 反应管出口H₂中含氧量小于1ppm, 露点-78℃, 衬底为浓度 $1-3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的掺碲砷化镓。

实验结果:

1 衬底取向对外延层浓度及生长速率有明显影响, 在淀积温度为750℃生长速率的递减顺序为:

$$[111]A > [211]A > [211]B > [100] > [110] > [111]B$$

载流子浓度的递减顺序为:

$$[111]B > [100] > [110] > [211]B \approx [211]A$$

[211]A与[111]B的载流子浓度相差一个半数量级。

2 为了得到镜面生长[100]取向通常向[110]偏离一定角度, 此偏离度对生长速度及浓度有影响如图1当偏离度为2—6°时浓度及速度变化不大, 偏离小于1°时, 随着偏离度的减小浓度升高, 速度下降, 表明硫进入GaAs由表面结构控制。

3 [100]和[211]A衬底, 在不同淀积温度下的浓度及速度关系如图2, 随着生长温度下降浓度增加, 由于 $\log N$ 对 $\frac{1}{T}$ 的函数关系为直线。其斜率即是硫进入GaAs的激活能。[100]面激活能 $E \sim -1.9 \text{eV}$ 。[211]AE $\sim -2.2 \text{eV}$, 表示硫进入GaAs是放热反应。淀积温度为750℃时生长速度最快, 可认为高于此温度反应是控散输运控制, 低于750℃是表面结构控制。

4 典型的杂质浓度分布如图3, 表明沿生长方向浓度均匀。外延层—衬底界面是陡变的, 过渡区 $\sim 400 \text{\AA}$ 。

5 生长温度, 衬底取向和偏离度, AsCl₃克分子分数均影响外延层的表面形貌。在750℃下[100]晶面向[110]偏离 $< 1^\circ$ 时有角锥, 且偏离越小角锥越多, 偏离3—6°为镜面, 对于[100]向[110]偏离3—6°的衬底当AsCl₃分压为 $2.3 \times 10^{-3} \text{atm}$ 时衬底温度720—780℃均可得到光亮镜面低于700℃有角锥, 且随温度下降角锥增加, 在相同的淀积温度下, AsCl₃克分子分数增加, 角锥密度相应增加。

此材料用于4mm肖特基混频器, 得到变频损耗为4.7分贝, 材料成品率不低于90%。

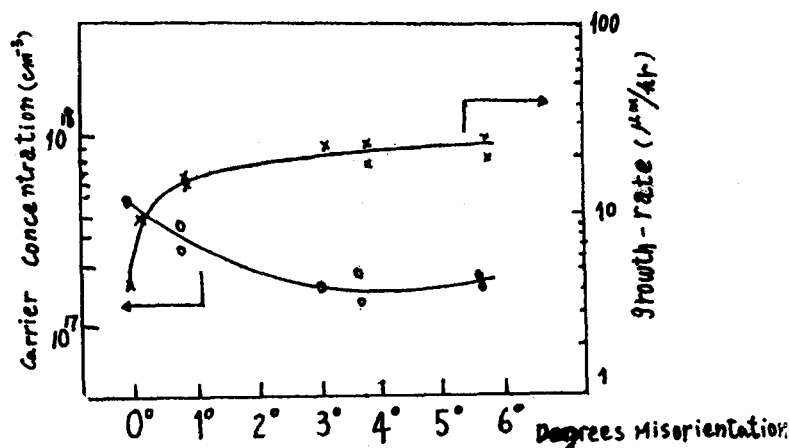


图1 衬底取向偏离度与薄膜生长速度及浓度的关系

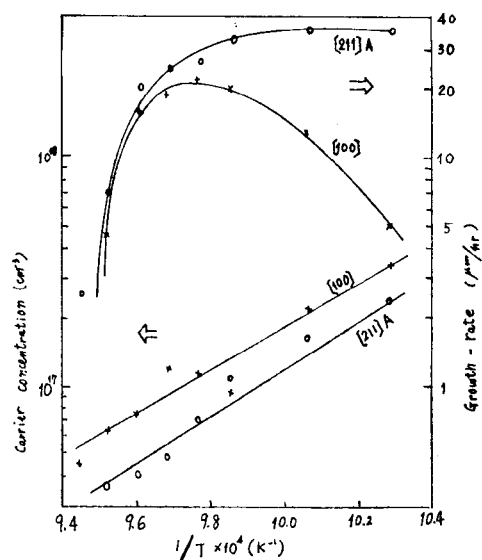


图2 淀积温度与生长速度及载流子浓度的关系

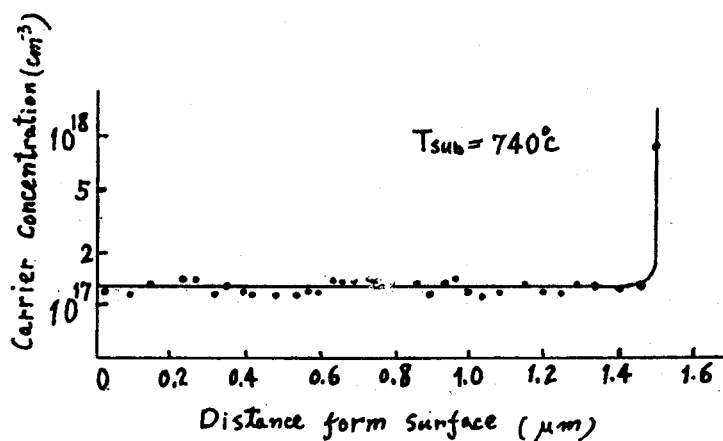


图3 外延层的纵向浓度分布

衬底硅中晶体缺陷对硅外延层完整性的影响

蔡田海 韩文蓄

硅外延生长是在称为“衬底”的单晶上生长薄膜单晶，因此，外延生长层的晶体完整性与衬底单晶，尤其是衬底表面附近区域的完整性有着重要的关系。

硅外延层的晶体缺陷主要的有位错和层错以及点缺陷等几类。其中位错来源有：由从衬底中原有位错向外延层的延伸和外延生长时由热应力产生的滑移位错以及界面晶格失配所产生的失配位错等多种。由于使用无位错衬底，由衬底传播的这种方式的位错在外延层中就成为不重要的了。

早有报道，无位错硅单晶中可存在漩涡分布的微缺陷，透射电镜证实，微缺陷中的一部分称为A团的是由非本征的全位错环所构成，通常认为是无位错的单晶硅，严格说，仍然是有位错的，但是这种位错结构非常小，以点缺陷方式存在。

无位错硅单晶中的漩涡缺陷已有报道能在热氧化时产生热氧化层错，而衬底中热氧化层错又会在外延生长时转化为外延生长层错。我们在自己的实验中采用有热氧化层错的硅衬底外延时，也观察到了这一现象如由图1所示。图中是由对外延层通过 Sirtl 腐蚀剂处理后观察堆垛层错后将外延层逐层化学腐蚀追踪图形直至外延层被完全去除，最后显示衬底表面的显微照片。成核于外延层——衬底界面附近的通常的外延堆垛层错在 Sirtl 腐蚀后已不复出现，然而由热氧化层错转化来的外延堆垛层错上又出现深的（图中经化学腐蚀扩大了图形中较细较黑的线段）腐蚀图样。这说明此层错确系来自衬底。由于非本征热氧化层错的 Burgers 矢量

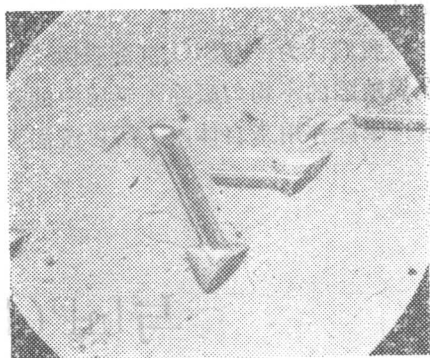


图1

$\frac{1}{3}[111]$ 可分解为 $\frac{1}{6}[110] + \frac{1}{6}[112]$ 两个不全位错，而此两个不全位错的 Burgers 矢量不相同，因此能量不同，应力不同，从而承受同一化学腐蚀剂处理时的腐蚀速率不同，能量较大的腐蚀坑较大，可能由于此缘故，图中层错两端呈现不同大小的腐蚀坑。

对于在有漩涡缺陷的无位错单晶衬底上外延生长时漩涡缺陷是否会像热氧化层错那样成为外延层错的成核中心的问题，文献报道的结果不一致。A. J. R. decock 用 SiCl_4 法于 1225°C 下在有漩涡的硅衬底上生长 9 微米的外延层，择优腐蚀后显示不出任何缺陷。除去外

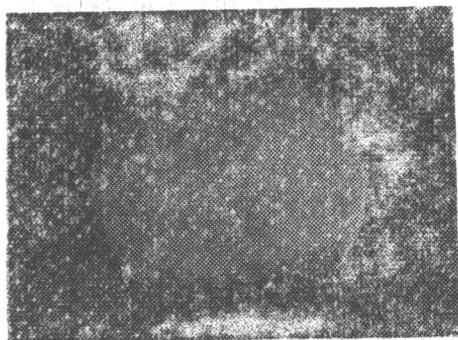


图2

延层后，衬底经检验仍存在有漩涡缺陷，但浓度已低于外延前水平。这表明衬底中存在有微缺陷，但并不影响外延层的完整性。然而 Ravi 在他的论文中表明，外延层错以与漩涡相似的分布存在，说明在外延生长中，漩涡缺陷起的作用与在热氧化层错生长中的成核相类似，衬底中的漩涡缺陷可以成为外延层错的成核中心。Ravi 并且认为，外延前的 HCl 汽相抛光不应影响外延层错的产生，因为硅中微缺陷是体内都分布着的。我们用P型 $\langle 100 \rangle$ 晶向，电阻率约为8欧·厘米有明显漩涡缺陷的硅衬底片，采用 SiO_2 抛光，在 1200°C 用 SiCl_4 外延层厚为 7 微米至17微米的外延片，不管 HCl 汽抛采用与否，多次实验均未见外延层形成与漩涡相类似的分布，因为层错很少，一般在 10^2 个/ cm^2 左右。根据我们的结果，可以认为，漩涡缺陷不一

分布，因为层错很少，一般在 10^2 个/ cm^2 左右。根据我们的结果，可以认为，漩涡缺陷不一

定与外延层错有一一对应关系。Ravi的结果可能伴随有其它的因素。

外延生长堆垛层错的成核机理是复杂的, 目前仍未很清楚。已知有许多因素可诱使外延堆垛层错的产生。

衬底硅中的快扩散杂质, 尤其是具有随温度降低具有退化溶解度的如 Fe、Ni、Cu 等重金属杂质含量过高, 由于降低温度时过饱和产生沉淀会在化学择优腐蚀后产生大量浅坑缺陷或S坑缺陷。早已报道过许多吸除技术来减少这些杂质。近来又提出利用高含氧量衬底硅中产生的 SiO_2 沉淀来吸杂的所谓本征吸除方法。我们在有漩涡缺陷衬底上进行金属沾污实验外延生长时, 在外延后用择优化学腐蚀, 在外延片表面上观察到S坑呈与漩涡类似的分布如图2所示。

我们认为, 与 SiO_2 沉淀吸除类似, 衬底中的漩涡缺陷也有吸除分散的杂质的作用, 由于漩涡缺陷的不均匀吸除外延层中的杂质, 导致外延表面在择优腐蚀后S坑呈漩涡分布。由于这一吸除作用来自体内, 所以漩涡吸除作用也可归入本征吸除之内。

与InP(111)B晶格匹配的

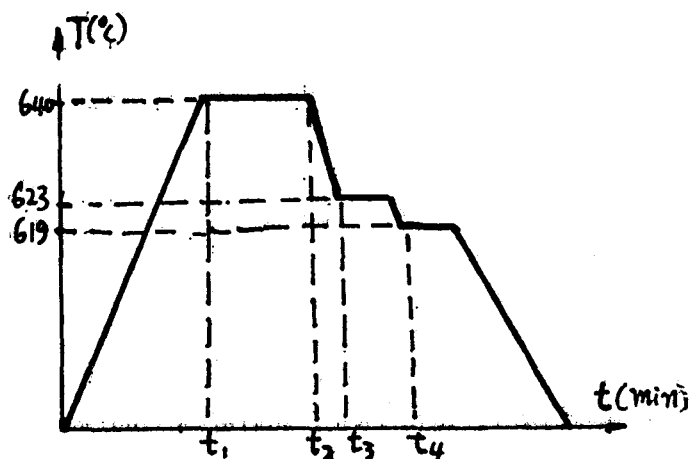
$\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 的生长

彭少近、卢文宏、陈莹瑜

与InP晶格匹配的 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 的长波限边缘组分 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$, 近几年来研究得很多; 不仅可作长波域光通讯的光源(激光器、发光管)和探测器, 而且由于有很好的室温

电学特性, 可望用于作微波场效应管及高速逻辑应用。

本工作是采用三温区水平炉石墨滑动舟的液相外延方法, 研究与InP(111)B晶格匹配的 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ /InP(111)B异质结的生长。用In、GaAs、InAs配源, 其中In用钽管纯化的 H_2 在 800°C — 720°C 分阶段处理过。在 H_2 气氛生长, 生长的起始温度 619°C , 生长前衬底需经纯In溶液腐蚀(10—15秒)以除去加热期间造成



生长过程示意图

的热损伤层是必要的。采用如图的生长过程、较小的过冷度(2°C)和较慢的降温速率