



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114231896 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 25

(21) 申请号 202111546353.8

H01S 5/028 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.16

(71) 申请人 武汉光安伦光电技术有限公司

地址 436070 湖北省武汉市东湖高新技术
开发区光谷大道77号金融港后台服务
中心一期A4栋2层01号

(72) 发明人 赵军 游顺青 陈锋

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限
公司 11228

代理人 徐俊伟

(51) Int. Cl.

G23C 14/02 (2006.01)

G23C 14/08 (2006.01)

G23C 14/10 (2006.01)

G23C 14/24 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法

(57) 摘要

本发明涉及半导体激光器领域,尤其涉及一种半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法;该工艺方法包括如下步骤:对待镀膜的产品进行Bar条解理和夹条,并快速放入蒸发镀膜设备中抽真空,将产品在真空室内进行烘烤,对烘烤后的产品的腔面进行离子源预清洗处理,镀上ZrAlO/SiO₂膜系增透膜,然后对产品的背光面进行离子源预清洗处理,对产品的背光面进行多层高反膜系镀膜;其中,在ZrO₂制作过程中掺入5~8%Al制备ZrAlO。本发明中ZrAlO膜层结构具有稳定的四方相结构,在不同膜厚、不同温度下具有稳定的折射率,避免因膜层自身缺陷导致激光器失效;同时,相较于常规的ZrO₂/SiO₂膜系,ZrAlO有效改善了膜层间应力,避免了高温下由于膜层应力过大,导致膜层质量变差,影响激光器性能。



1. 一种半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,包括如下步骤:
S1:对待镀膜的产品进行Bar条解理和夹条,并快速放入蒸发镀膜设备中抽真空;
S2:将产品在真空室内进行烘烤;
S3:将烘烤后的产品的腔面进行离子源预清洗处理;
S4:步骤S3中的预清洗结束后,在产品的腔面镀上增透膜,增透膜系为ZrAlO/SiO₂;
S5:对产品的背光面进行离子源预清洗处理;
S6:步骤S5中的预清洗结束后,对产品的背光面进行多层高反膜系镀膜。
2. 根据权利要求1所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述步骤S2中,产品的烘烤时间不低于90min,烘烤温度为180~200℃。
3. 根据权利要求1所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述步骤S3和S5的离子源预清洗均是,真空度为 $2.0\sim 4.0\times 10^{-6}$ Torr,使用通入Ar气体的Hall离子源,清洗时间为120~200s。
4. 根据权利要求3所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述离子源预清洗中,离子源阳极电压为100~120V,阳极电流为3~5A。
5. 根据权利要求1所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述步骤S4和S6中,镀膜采用电子束蒸发镀膜,离子源辅助镀膜。
6. 根据权利要求1所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述步骤S4中,ZrAlO的镀率为4~6A/s,SiO₂的镀率为4~6A/s。
7. 根据权利要求1所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述多层高反膜系镀膜中,每层膜的镀率均为2~4A/s。
8. 根据权利要求1所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述步骤S4中,产品的腔面镀增透膜的镀膜环境温度为160~230℃,ZrAlO镀膜厚度为50~210nm。
9. 根据权利要求1所述的半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,其特征在于,所述步骤S4中,所述ZrAlO为在ZrO₂中掺入质量百分比5~8%的Al制备而成。

半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体激光器领域,尤其涉及一种半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法。

背景技术

[0002] 在半导体激光器的制作过程中,尤其是对于DFB(Distributed Feedback Laser)激光器,最后一步工艺都需要在激光器的腔面进行镀膜,实现对腔面的保护,以及通过改变腔面的发射率,实现对于激光器出光的增益效果和实现背光的监控;此外,腔面膜层的质量也是直接影响到激光器的使用寿命和可靠性,如何设计出比较合理的膜系以及实现极佳的膜层质量一直是业内从业人员需要解决的问题,同时,由于目前高速率芯片方案普遍采用含Al衬底(即InGaAlAs)进行制作,用来提升激光器的高温特性,但由于Al极易氧化,导致激光器腔面在解理后会存在暴露在空气被氧化的风险,进而腔面被氧化形成缺陷聚集,在使用过程中极易形成热能聚集,直接影响膜层机械性能以及附着力,进而影响激光器可靠性,导致其失效。

[0003] 因此,对于该类激光器而言,腔面膜层良好的机械附着力,较小的应力,抗氧化能力强,以及稳定的折射率都是直接影响到激光器芯片的重要指标。

发明内容

[0004] 为了解决上述问题,本发明提供了一种半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,包括如下步骤:

[0005] S1:对待镀膜的产品进行Bar条解理和夹条,并快速放入蒸发镀膜设备中抽真空;

[0006] S2:将产品在真空室内进行烘烤;

[0007] S3:将烘烤后的产品的腔面进行离子源预清洗处理;

[0008] S4:步骤S3中的预清洗结束后,在产品的腔面镀上增透膜,增透膜系为ZrAlO/SiO₂;

[0009] S5:对产品的背光面进行离子源预清洗处理;

[0010] S6:步骤S5中的预清洗结束后,对产品的背光面进行多层高反膜系镀膜。

[0011] 进一步地,所述步骤S2中,产品的烘烤时间不低于90min,烘烤温度为180~200℃。

[0012] 进一步地,所述步骤S3和S5的离子源预清洗均是,真空度为 $2.0\sim 4.0\times 10^{-6}$ Torr,使用通入Ar气体的Hall离子源,清洗时间为120~200s。

[0013] 进一步地,所述离子源预清洗中,离子源阳极电压为100~120V,阳极电流为3~5A。

[0014] 进一步地,所述步骤S4和S6中,镀膜采用电子束蒸发镀膜,离子源辅助镀膜。

[0015] 进一步地,所述步骤S4中,ZrAlO的镀率为4~6A/s,SiO₂的镀率为4~6A/s。

[0016] 进一步地,所述多层高反膜系镀膜中,每层膜的镀率均为2~4A/s。

[0017] 进一步地,所述步骤S4中,产品的腔面镀增透膜的镀膜环境温度为160~230℃,ZrAlO镀膜厚度为50~210nm。

[0018] 进一步地,所述步骤S4中,所述ZrAlO为在ZrO₂中掺入质量百分比5~8%的Al制备而成。

[0019] ZrO₂具有折射率高、光谱透明范围宽、对可见光和红外波段都有低吸收和低散射等优点,同时化学稳定性好、热导率低,具有很强的抗激光损伤能力,大幅提高激光器的输出功率和能量,对于端面镀膜而言,ZrO₂具有极佳可研性;但其薄膜结构为四方相结构,在强激光作用下会转变成单斜相,导致薄膜结构疏松,折射率不稳定,且蒸发得到的ZrO₂膜层有明显的负折射率不均匀性,同时,ZrO₂膜层呈现较高的张应力,与SiO₂组成多层膜易破裂。在ZrO₂制备过程中加入质量百分比5~8%的Al制成ZrAlO,能得到稳定的ZrO₂四方相膜层结构,具备稳定的折射率,可以极好的改善膜层质量,减少膜层应力,提高激光器可靠性,同时,ZrAlO膜层附着在激光器腔面之后,可以有效的减少晶格缺陷,提高膜层的附着力。

[0020] 本发明由于采用以上技术方案,使之与现有技术相比,具有以下有益效果:

[0021] 1) 本发明的ZrAlO膜层结构具有稳定的四方相结构,ZrAlO折射率稳定在2.06~2.1之间,且在不同膜厚、不同温度下具有稳定的折射率,避免因膜层自身缺陷导致激光器失效;同时,相较于常规的ZrO₂/SiO₂膜系,ZrAlO有效改善了膜层间应力,避免了高温下由于膜层应力过大,导致膜层质量变差,影响激光器性能;

[0022] 2) 本发明镀膜前的烘烤时间需要保证在90min以上,较长时间的高温烘烤,不仅能有效提高产品腔面表面活性,增加膜层与腔面附着力;在真空环境中进行烘烤,减少真空室内气体分子,使镀膜时,膜料分子间的碰撞概率降低,提高成膜质量;

[0023] 3) 本发明出光面的ZrAlO增透膜能够实现极高的增透效果,使产品在使用上能满足不同温度的使用需求,可以实现产品的光谱在-40~85℃几乎没有变化;

[0024] 4) 本发明的ZrAlO膜层具有良好的机械性能和附着力,致密的膜层形貌可以显著提高产品的长期老化能力及抗静电特性,提高产品竞争力和使用寿命;

[0025] 5) 本发明的ZrAlO膜系适用波段为1270~1650nm,波段范围广,满足使用需求。

附图说明

[0026] 图1为本发明实施例中出光腔面的膜层结构示意图;

[0027] 图2为本发明实施例1中ZrAlO与ZrO₂在不同温度、不同膜厚度下的折射率对比;

[0028] 图3为本发明实施例2中ZrAlO/SiO₂实验组与ZrO₂/SiO₂对照组在高温合金后的对比图;

[0029] 图4为本发明实施例3中ZrAlO/SiO₂实验组与ZrO₂/SiO₂对照组在SEM下形貌示意图;

[0030] 图5为本发明实施例4中ZrAlO/SiO₂实验组与ZrO₂/SiO₂对照组长期老化结果对比图;

[0031] 图6为本发明实施例5中ZrAlO/SiO₂实验组与ZrO₂/SiO₂对照组抗静电击伤ESD能力对比图。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 本发明提供了一种半导体芯片腔面ZrAlO膜系加工的工艺方法,包括如下步骤:

[0034] S1:对待镀膜的产品进行Bar条解理和夹条,并快速放入蒸发镀膜设备中抽真空;

[0035] S2:将产品在真空室内进行烘烤;

[0036] S3:将烘烤后的产品的腔面进行离子源预清洗处理;

[0037] S4:步骤S3中的预清洗结束后,在产品的腔面镀上增透膜,增透膜系为 ZrAlO/SiO₂;

[0038] S5:对产品的背光面进行离子源预清洗处理;

[0039] S6:步骤S5中的预清洗结束后,对产品的背光面进行多层高反膜系镀膜。

[0040] 细化实施方式,如说明书附图1所示,为芯片腔面膜层结构示意图,激光器的衬底为InGaAlAs,增透膜为ZrAlO/SiO₂膜系,半导体芯片具体实现步骤如下:

[0041] 步骤1:将解理、夹条后的产品放进机台内,在夹条过程中需减少Bar条在空气中的暴露时间,以保证产品在解理后尽可能短时间暴露在空气之中,抽真空,保证真空环境,减少工艺杂质气体,提高产品表面活性;温度达到设定的180℃后,连续烘烤90min,减少真空室残余气体分子;

[0042] 步骤2:对产品进行离子源清洗,待步骤1中的真空度达到 3.0×10^{-6} Torr 时,用等离子体处理芯片的出光腔面;具体的,使用Ha11离子源通入氩气,离子源阳极电压为100~120V,阳极电流为3~5A,中和电流为200,清洗时间为120~150S,采用该工艺条件进行等离子清洗,可达到极佳的腔面表面清洁效果,并不造成芯片腔面的损伤;

[0043] 步骤3:经离子源预清洗处理后的产品进行ZrAlO/SiO₂增透膜镀膜,具体的,使用Ha11离子源通入氩气,离子源阳极电压为100~120V,阳极电流为3~5A,中和电流为200,ZrAlO镀率为5A/S,SiO₂镀率为5A/S;

[0044] 步骤4:激光器芯片镀完出光面腔面后,对激光器背面进行离子源预清洗,清洗工艺与步骤2相同,具体的,使用Ha11离子源通入氩气,离子源阳极电压为100~120V,阳极电流为3~5A,中和电流为200,清洗时间120~150S;

[0045] 步骤5:对进行离子源预清洗后的激光器芯片进行背面多层高反膜镀膜,膜系为Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系,具体的,镀膜过程中开启离子源辅助镀膜,提高膜层致密度,使用Ha11离子源通入氩气,离子源阳极电压为100~120V,阳极电流为3~5A,中和电流为200。

[0046] 采用上述方法制作的ZrAlO/SiO₂增透膜膜系在1577nm处反射率低于 0.01%。

[0047] 上述是半导体芯片加工方法的一种方法,半导体芯片加工还可以采用其它的清洗工艺以及镀膜工艺,完成芯片出光腔面的ZrAlO/SiO₂增透膜镀膜,以及背光面的多层高反膜镀膜,高反膜膜系也可以采用其他的膜系进行镀膜。

[0048] 实施例1

[0049] 下面将ZrAlO与ZrO₂分别采用上述的工艺方法进行不同温度、不同膜厚条件镀膜,即出光腔面上分别进行ZrAlO膜层镀膜,以及ZrO₂膜层镀膜,然后利用椭偏仪测试陪片折射

率。

[0050] 具体的,分四组进行制备:

[0051] 1) 以镀膜环境温度为160℃,镀膜厚度(指的是ZrAlO膜层或ZrO₂膜层厚度)分别为50nm、70nm、90nm、110nm、130nm、150nm、170nm、190 nm、210nm的工艺条件,分别使用ZrAlO与ZrO₂膜料进行镀膜,并随炉放置陪片,其中,ZrAlO记为实验一,ZrO₂记为实验二;

[0052] 2) 以镀膜环境温度为180℃,镀膜厚度分别为50nm、70nm、90nm、110nm、130nm、150nm、170nm、190nm、210nm的工艺条件,分别使用 ZrAlO与ZrO₂膜料进行镀膜,并随炉放置陪片,其中,ZrAlO记为实验三,ZrO₂记为实验四;

[0053] 3) 以镀膜环境温度为200℃,镀膜厚度分别为50nm、70nm、90nm、110nm、130nm、150nm、170nm、190nm、210nm的工艺条件,分别使用 ZrAlO与ZrO₂膜料进行镀膜,并随炉放置陪片,其中,ZrAlO记为实验五,ZrO₂记为实验六;

[0054] 4) 以镀膜环境温度为230℃,镀膜厚度分别为50nm、70nm、90nm、110nm、130nm、150nm、170nm、190nm、210nm的工艺条件,分别使用 ZrAlO与ZrO₂膜料进行镀膜,并随炉放置陪片,其中,ZrAlO记为实验七,ZrO₂记为实验八;

[0055] 对上述制备的产品均使用椭偏仪进行测试,测试结果如说明书附图2所示,图中横坐标为镀膜厚度(nm),纵坐标为折射率;从图中可以看出,在 ZrO₂实验组中(即实验二、实验四、实验六、实验八),ZrO₂膜层折射率有着极明显的不均匀特性,随着镀膜温度以及膜层厚度的增加,ZrO₂膜层折射率有着明显增加的趋势,这种不均匀特性对于产品的高增透要求是有明显弊端的;而在ZrAlO实验组中(即实验一、实验三、实验五、实验七),ZrAlO 折射率在其膜厚达到一定值后,几乎保持不变,表明掺了一定比例Al的ZrO₂得到的ZrAlO膜料,其折射率不稳定特性可以得到大幅度改善,通过膜系厚度调整,只要将ZrAlO膜层厚度控制在90nm之上时,可以最大限度的保证 ZrAlO折射率稳定,保证ZrAlO/SiO₂膜系的增透效果,可极大的提高膜系工艺稳定性和重复性,减少产品的不可控性。

[0056] 实施例2

[0057] 本实施例按照上述加工的工艺方法制备产品,出光腔面镀上ZrAlO/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机抽取镀膜完成后的两根Bar条作为实验组;出光腔面镀上ZrO₂/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上 Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机抽取镀膜完成后的两根Bar条作为对照组,实验组和对照组除了出光腔面上的增透膜膜系不同,其他的工艺方法均相同。

[0058] 将实验组和对照组的取样Bar条放入合金炉中,使合金炉迅速升温,并恒温一定时间,待合金炉温度降到可开腔温度后,至显微镜下检查Bar条两端腔面膜是否有脱落、破裂情况,高温合金实验主要通过验证产品在经过较高温变化时,膜层是否会发生变化,以此验证膜应力是否过大,膜层稳定性是否可靠;下表1为合金炉的实验条件。

[0059] 表1

合金炉参数	实验条件
升温时间	20S
恒温时间	60S
升温温度1	400℃
升温温度2	500℃

[0060] 如说明书附图3所示,从实验组和对照组在不同温度的合金实验来看,实验组(即ZrAlO/SiO₂膜系增透膜)在400℃及500℃条件下,腔面膜层均正常;对照组(即ZrO₂/SiO₂膜系增透膜)在400℃条件下,腔面膜层无异常,温度升至500℃时,有较大区域膜层鼓点、起泡现象,表明对照组中,膜层应力远大于实验组,这也充分表明,ZrAlO/SiO₂膜系膜层应力远小于ZrO₂/SiO₂膜层应力,即ZrAlO/SiO₂膜系可以降低膜层应力,在改善产品机械性能方面有着比较明显的优势,对产品的可靠性也是一个比较直接的提升效果。

[0061] 实施例3

[0062] 本实施例对产品进行SEM形貌检测,按照上述加工的工艺方法制备产品,出光腔面镀上ZrAlO/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机挑选10pcs芯片作为实验组;出光腔面镀上ZrO₂/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机挑选10pcs芯片作为对照组;其中,进行挑选的芯片是经过测试,外观正常的芯片,实验组和对照组除了出光腔面上的增透膜膜系不同,其他的工艺方法均相同。

[0063] 对实验组和对照组的芯片的出光端和背光端进行SEM形貌分析,如说明书附图4所示,从外观形貌可以看出,实验组和对照组的膜系在SEM下形貌几乎一样,没有区别,膜层整体粗糙度较低,无明显大颗粒成分,表明成膜效果较好,膜层致密性较好。

[0064] 实施例4

[0065] 本实施例对产品进行长期老化检测,按照上述加工的工艺方法制备产品,出光腔面镀上ZrAlO/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机挑选50pcs芯片作为实验组;出光腔面镀上ZrO₂/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机挑选50pcs芯片作为对照组;其中,进行挑选的芯片是经过测试,外观正常的芯片,实验组和对照组除了出光腔面上的增透膜膜系不同,其他的工艺方法均相同。

[0066] 将实验组和对照组放入老化箱内进行老化,下表2为老化参数:

[0067] 表2

老化参数	实验条件
温度	100℃
电流	100mA
老化时间	5040h

[0068] 如说明书附图5所示,为ZrAlO/SiO₂膜系实验组和ZrO₂/SiO₂膜系对照组长期老化结果对比图,从图中可以看出,在1000h老化时间内,实验组和对照组的老龄化结果均无差别,随着老化时间的延长,实验组的老龄化结果曲线明显要优于对照组,实验结果表明,ZrAlO/SiO₂膜系膜层可靠性是优于ZrO₂/SiO₂膜系膜层的,在改善产品长期老化性能方面是有比较明显的作用的。

[0069] 实施例5

[0070] 本实施例对产品老化后ESD静电击伤能力进行检测,按照上述加工的工艺方法制备产品,出光腔面镀上ZrAlO/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机挑选50pcs芯片作为实验组;出光腔面镀上ZrO₂/SiO₂膜系增透膜,背光面镀上Al₂O₃/Si/Al₂O₃/Si膜系高反膜,随机挑选50pcs芯片作为对照组;其中,进行挑选的芯片是经过测试,外观正常的芯片,实验组和对照组除了出光腔面上的增透膜膜系不同,其他的工艺方法均相同。

[0071] 在实验组和对照组中挑选20pcs,放入老化箱内进行48h老化,下表3 为老化参数:

[0072] 表3

老化参数	实验条件
温度	100℃
电流	100mA
老化时间	48h

[0073] 将老化后的实验组和对照组进行ESD测试,电压起始500V,以100V 每档依次增加,模拟静电击伤,随着电压的升高,部分产品开始出现失效的现象,主要表现为 I_{th}/po 变化超过10%,实验结果如说明书附图6所示,其一,实验组的ESD能力在1400V才开始出现失效现象,而对照组中,1000V 电压时,已经开始出现失效;其二,当电压超过2000V,实验组仍有一半以上的芯片正常,而对照组中,几乎已经全部失效;实验结果表明实验组的膜系比对照组膜系更加有益于提升产品的抗静电击伤特性,充分证明 $ZrAlO/SiO_2$ 膜系对比于 ZrO_2/SiO_2 膜系,对于高速率激光器芯片而言,有着更加显著的提高作用。

[0074] 综上所述,本发明提供了一种半导体芯片腔面 $ZrAlO$ 膜系加工的工艺方法,在 ZrO_2 中掺入5-8%的Al制备 $ZrAlO$,用于镀膜,可以得到稳定的 ZrO_2 四方相膜层结构,具有稳定的折射率,可以极好的改善膜层质量,减少膜层应力,提高激光器可靠性,同时,由于 ZrO_2 中掺入Al,膜层附着在激光器腔面之后,可以有效减少晶格缺陷,提高膜层的附着力。

[0075] 本技术领域的技术人员应理解,本发明可以以许多其他具体形式实现而不脱离本发明的精神和范围。尽管已描述了本发明的实施例,应理解本发明不应限制为此实施例,本技术领域的技术人员可如所附权利要求书界定的本发明精神和范围之内作出变化和修改。



图1

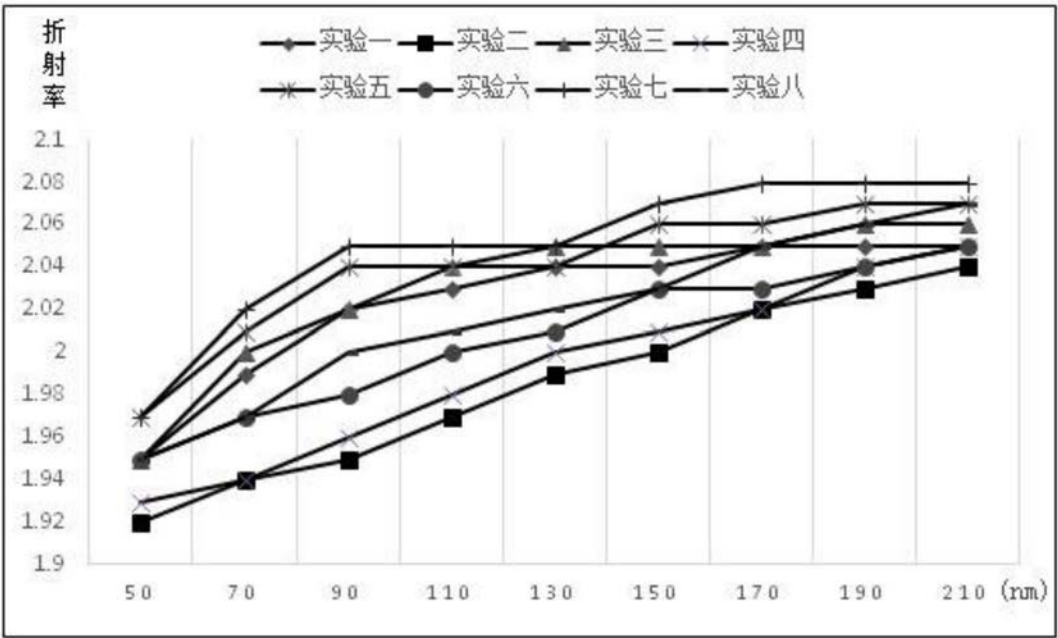


图2

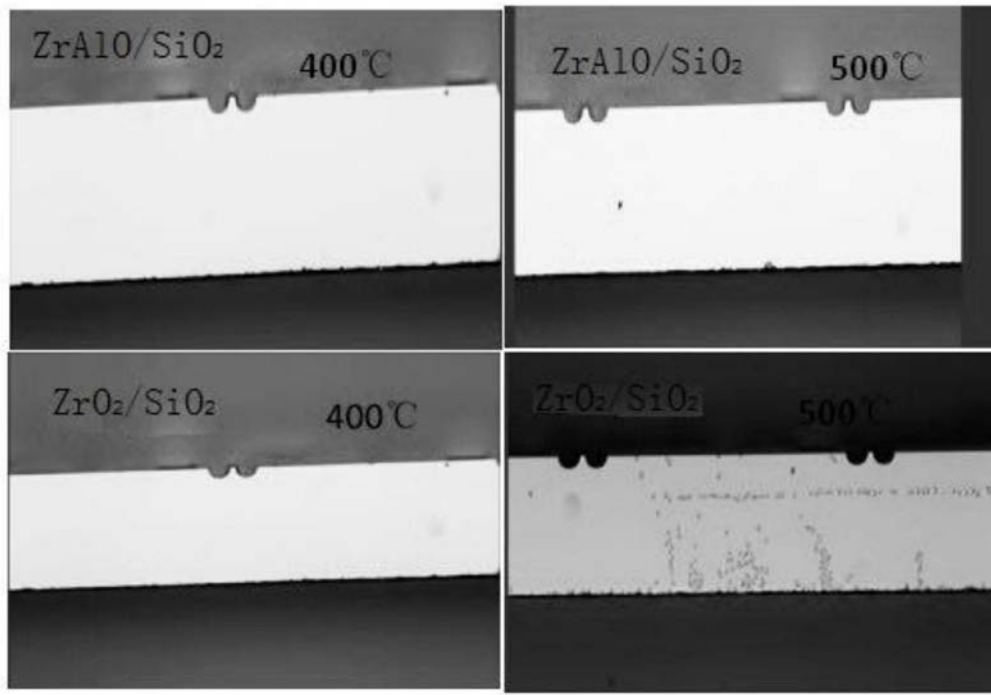


图3

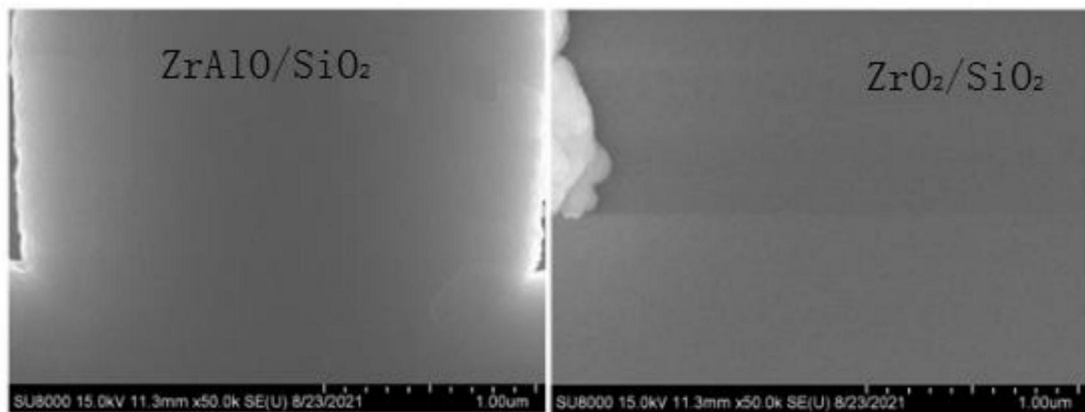


图4

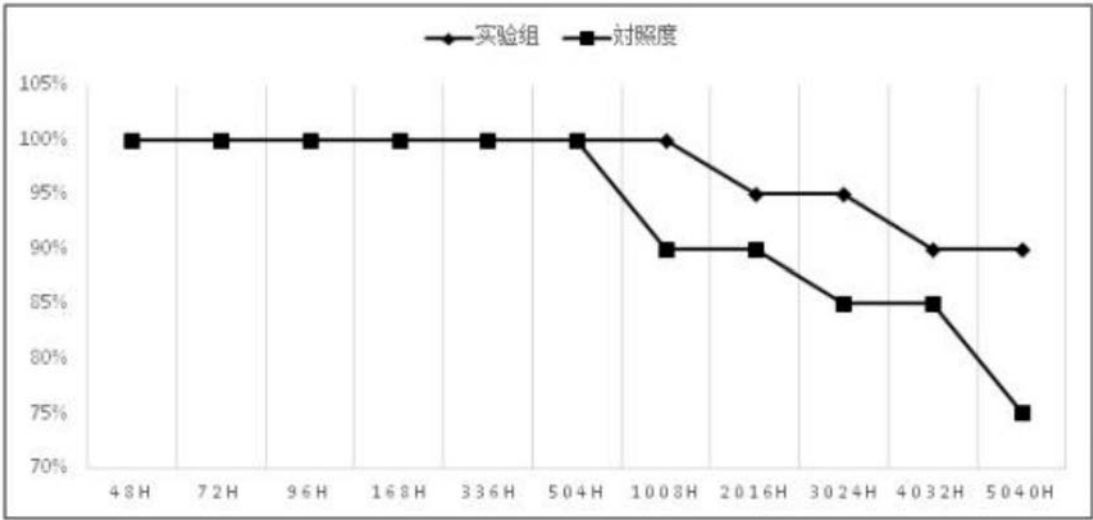


图5

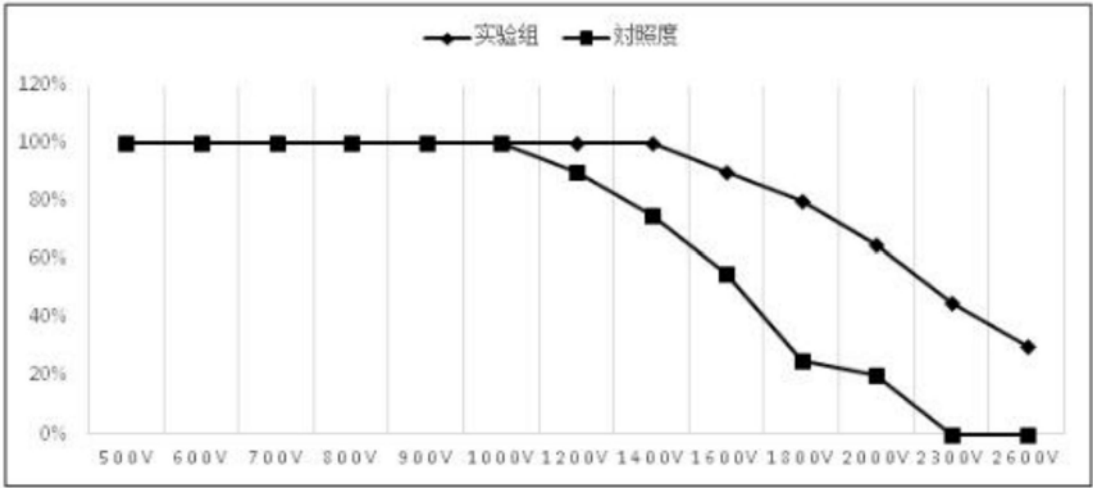


图6