



(10) 授权公告号 CN 120116031 B

(45) 授权公告日 2025.08.15

(21) 申请号 202510496936.6

B24B 47/00 (2006.01)

(22) 申请日 2025.04.21

B08B 7/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B08B 13/00 (2006.01)

申请公布号 CN 120116031 A

(43) 申请公布日 2025.06.10

(56) 对比文件

(73) 专利权人 赛米微尔半导体(上海)有限公司

CN 106064326 A, 2016.11.02

地址 201100 上海市闵行区沈杜公路3387

CN 107723768 A, 2018.02.23

号三幢

审查员 马晓迪

(72) 发明人 汪立勇 涂晓 黄建新

(74) 专利代理机构 北京翔石知识产权代理事务

所(普通合伙) 11816

专利代理师 许丽花

(51) Int. Cl.

B24B 1/00 (2006.01)

B24B 49/00 (2012.01)

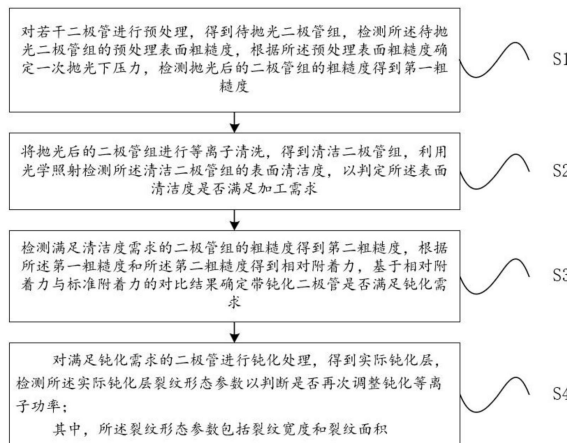
权利要求书2页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于二极管的表面加工工艺

(57) 摘要

本发明涉及二极管技术领域,尤其涉及一种用于二极管的表面加工工艺,对多个二极管进行预处理形成待抛光组,通过检测表面粗糙度动态调整抛光下压力;采用等离子清洗抛光后的二极管组,结合光学照射评估表面清洁度,对清洁二极管组二次检测表面粗糙度,筛选符合钝化标准的批次;实施钝化处理时,同步监测钝化层裂纹面积和裂纹宽度,根据实际裂纹评价值调节钝化等离子体功率。本工艺通过闭环调控:抛光阶段动态匹配表面状态的壓力控制,清洗阶段优化清洗等离子体功率与极间距的协同作用,本发明通过调节抛光下压力、清洁等离子体功率和清洁间距保证待钝化二极管清洁度以及通过调整钝化等离子体功率保证钝化层厚度符合钝化需求。



1. 一种用于二极管的表面加工工艺,其特征在于,包括以下步骤,

对若干二极管进行预处理,得到待抛光二极管组,检测所述待抛光二极管组的预处理表面粗糙度,根据所述预处理表面粗糙度确定一次抛光下压力,检测抛光后的二极管组的粗糙度得到第一粗糙度;

将抛光后的二极管组进行等离子清洗,得到清洁二极管组,利用光学照射检测所述清洁二极管组的表面清洁度,以判定所述表面清洁度是否满足加工需求;

检测满足清洁度需求的二极管组的粗糙度得到第二粗糙度,根据所述第一粗糙度和所述第二粗糙度得到相对附着力,基于相对附着力与标准附着力的对比结果确定待钝化二极管是否满足钝化需求;

对满足钝化需求的二极管进行钝化处理,得到实际钝化层,检测所述实际钝化层裂纹形态参数以判断是否再次调整钝化等离子功率;

其中,所述裂纹形态参数包括裂纹宽度和裂纹面积。

2. 根据权利要求1所述的用于二极管的表面加工工艺,其特征在于,所述根据所述预处理表面粗糙度确定一次抛光下压力的过程包括,

检测待抛光二极管组的预处理表面粗糙度分布,计算平均粗糙度值,对比所述平均粗糙度值与标准粗糙度值区间,根据对比结果和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

其中,所述标准粗糙度值区间根据二极管的材质确定。

3. 根据权利要求2所述的用于二极管的表面加工工艺,其特征在于,所述根据对比结果和初始抛光下压力确定一次抛光下压力的过程包括,

对于对比结果为平均粗糙度值在标准粗糙度值区间的情况,以初始抛光下压力作为一次抛光下压力;

对于对比结果为平均粗糙度值小于标准粗糙度值区间最小值的情况,根据标准粗糙度值区间最小值与平均粗糙度值的差值和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

对于对比结果为平均粗糙度值大于标准粗糙度值区间最大值的情况,根据平均粗糙度值与标准粗糙度值区间最大值的差值和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

所述初始抛光下压力根据所需的抛光质量等级来确定。

4. 根据权利要求3所述的用于二极管的表面加工工艺,其特征在于,利用光学照射检测所述清洁二极管组的表面清洁度,以判定所述表面清洁度是否满足加工需求的过程包括,

根据二极管组的待照射面积调节光学照射仪器的照射面积,获取所述照射面积的照射数据,根据所述照射数据生成照射图像,对所述照射图像进行一级分区得到若干一级分区照射图像,选取并分析任一一级分区照射图像的实际阴影度,根据所述实际阴影度与预设的标准阴影度的阴影度对比结果判定是否对所选取的一级分区照射图像所对应的二极管进行二次清洁;

其中,所述实际阴影度为阴影区域面积占一级分区照射图像面积的比值。

5. 根据权利要求4所述的用于二极管的表面加工工艺,其特征在于,在实际阴影度大于标准阴影度时,根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要对所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数;在实际阴影度小于等于标准阴影度时,判定不需要对所述二极管进行二次清洁;

其中,清洁参数包括清洁等离子体功率和清洁间距,所述清洁间距指清洁装置与二极

管之间的距离。

6. 根据权利要求5所述的用于二极管的表面加工工艺, 其特征在于, 所述根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要与所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数的过程包括,

对于阴影度实际差值小于一等阴影度差值的情况, 判定不需要二次清洁;

对于阴影度实际差值大于等于一等阴影度差值小于二等阴影度差值的情况, 判定调节清洁间距对二极管进行二次清洁;

对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况, 判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁, 对于清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率的情况, 调节清洁间距以使表面清洁度满足加工需求。

7. 根据权利要求6所述的用于二极管的表面加工工艺, 其特征在于, 所述基于相对附着力与标准附着力的对比结果确定带钝化二极管是否满足钝化需求的过程包括,

对比所述相对附着力与预设的标准附着力区间得到附着力对比结果, 根据所述附着力对比结果判定是否进行钝化操作, 或, 是否调节钝化等离子体功率。

8. 根据权利要求7所述的用于二极管的表面加工工艺, 其特征在于, 所述根据所述附着力对比结果判定是否进行钝化操作, 或, 是否调节钝化等离子体功率的过程包括,

对于附着力对比结果为相对附着力在标准附着力区间的情况, 对二极管组进行钝化操作;

对于附着力对比结果为相对附着力小于标准附着力区间最小值的情况, 根据标准附着力区间最小值与相对附着力的差值增加钝化等离子功率;

对于附着力对比结果为相对附着力大于标准附着力区间最大值的情况, 根据标准附着力区间最大值与相对附着力的差值减小钝化等离子功率。

9. 根据权利要求8所述的用于二极管的表面加工工艺, 其特征在于, 对满足钝化需求的二极管进行钝化处理, 得到实际钝化层的过程包括,

检测满足钝化需求的二极管的钝化层裂纹面积和裂纹宽度, 根据所述钝化层裂纹面积和所述裂纹宽度确定实际裂纹评级值, 根据所述实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率;

其中, 所述实际裂纹评级值包括维持裂纹评级值和修复裂纹评级值。

10. 根据权利要求9所述的用于二极管的表面加工工艺, 其特征在于, 所述根据实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率的过程包括,

对于实际裂纹评级值小于维持裂纹评级值的情况, 无需再次调节钝化等离子功率;

对于实际裂纹评级值大于等于修复裂纹评级值的情况, 根据实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值再次调节钝化等离子功率。

一种用于二极管的表面加工工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及二极管技术领域,尤其涉及一种用于二极管的表面加工工艺。

背景技术

[0002] 二极管是用半导体材料(硅、硒、锗等)制成的一种电子器件。它具有单向导电性能,即给二极管阳极和阴极加上正向电压时,二极管导通。当给阳极和阴极加上反向电压时,二极管截止。因此,二极管的导通和截止,则相当于开关的接通与断开。目前,对二极管表面的钝化层进行加工时,容易存在加工时因工艺参数设置不当,导致钝化层被过度腐蚀或未充分形成;钝化液浓度、温度或时间控制偏差,引发膜层过薄或过厚;刻蚀气体配比不优,导致钝化层与衬底材料选择比不足;钝化液含杂质(如氯离子超标)或表面氧化层未清除,造成局部腐蚀;钝化层材料抗等离子体性能不足,导致刻蚀过程中出现微裂纹。

[0003] 中国专利公开号:CN116313784A公开了一种二极管加工方法及二极管,该方法包括:获取基底层,基底层包括层叠设置的衬底层、外延过渡层以及外延层;在外延层的形成面形成多个凹槽,外延层的形成面为背离外延过渡层的表面;在形成面上形成阳极层;在阳极层上形成第一金属层,且在衬底层背离外延过渡层的表面形成第二金属层。

[0004] 由此可见,现有技术存在以下问题:在二极管表面加工过程中,由于缺少通过调节抛光下压力、清洁等离子体功率和清洁间距保证待钝化二极管清洁度以及通过调整钝化等离子体功率保证钝化层厚度符合钝化需求。

发明内容

[0005] 为此,本发明提供一种用于二极管的表面加工工艺,用以克服现有技术中由于缺少通过调节抛光下压力、清洁等离子体功率和清洁间距保证待钝化二极管清洁度以及通过钝化等离子体功率保证钝化层厚度符合钝化需求的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供一种用于二极管的表面加工工艺,包括以下步骤,

[0007] 对若干二极管进行预处理,得到待抛光二极管组,检测所述待抛光二极管组的预处理表面粗糙度,根据所述预处理表面粗糙度确定一次抛光下压力,检测抛光后的二极管组的粗糙度得到第一粗糙度;

[0008] 将抛光后的二极管组进行等离子清洗,得到清洁二极管组,利用光学照射检测所述清洁二极管组的表面清洁度,以判定所述表面清洁度是否满足加工需求;

[0009] 检测满足清洁度需求的二极管组的粗糙度得到第二粗糙度,根据所述第一粗糙度和所述第二粗糙度得到相对附着力,基于相对附着力与标准附着力的对比结果确定待钝化二极管是否满足钝化需求;

[0010] 对满足钝化需求的二极管进行钝化处理,得到实际钝化层,检测所述实际钝化层裂纹形态参数以判断是否再次调整钝化等离子功率;

[0011] 其中,所述裂纹形态参数包括裂纹宽度和裂纹面积。

[0012] 进一步地,所述根据所述预处理表面粗糙度确定一次抛光下压力的过程包括,

[0013] 检测待抛光二极管组的预处理表面粗糙度分布,计算平均粗糙度值,对比所述平均粗糙度值与标准粗糙度值区间,根据对比结果和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

[0014] 其中,所述标准粗糙度值区间根据二极管的材质确定。

[0015] 进一步地,所述根据对比结果和初始抛光下压力确定一次抛光下压力的过程包括,

[0016] 对于对比结果为平均粗糙度值在标准粗糙度值区间的情况,以初始抛光下压力作为一次抛光下压力;

[0017] 对于对比结果为平均粗糙度值小于标准粗糙度值区间最小值的情况,根据标准粗糙度值区间最小值与平均粗糙度值的差值和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

[0018] 对于对比结果为平均粗糙度值大于标准粗糙度值区间最大值的情况,根据平均粗糙度值与标准粗糙度值区间最大值的差值和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

[0019] 所述初始抛光下压力根据所需的抛光质量等级来确定。

[0020] 进一步地,利用光学照射检测所述清洁二极管组的表面清洁度,以判定所述表面清洁度是否满足加工需求的过程包括,

[0021] 根据二极管组的待照射面积调节光学照射仪器的照射面积,获取所述照射面积的照射数据,根据所述照射数据生成照射图像,对所述照射图像进行一级分区得到若干一级分区照射图像,选取并分析任一一级分区照射图像的实际阴影度,根据所述实际阴影度与预设的标准阴影度的阴影度对比结果判定是否对所选取的一级分区照射图像所对应的二极管进行二次清洁;

[0022] 其中,所述实际阴影度为阴影区域面积占一级分区照射图像面积的比值。

[0023] 进一步地,在实际阴影度大于标准阴影度时,根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数;在实际阴影度小于等于标准阴影度时,判定不需要所述二极管进行二次清洁;

[0024] 其中,清洁参数包括清洁等离子体功率和清洁间距,所述清洁间距指清洁装置与二极管之间的距离。

[0025] 进一步地,所述根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数的过程包括,

[0026] 对于阴影度实际差值小于一等阴影度差值的情况,判定不需要二次清洁;

[0027] 对于阴影度实际差值大于等于一等阴影度差值小于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁间距对二极管进行二次清洁;

[0028] 对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,对于清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率的情况,调节清洁间距以使表面清洁度满足加工需求。

[0029] 进一步地,所述基于相对附着力与标准附着力的对比结果确定带钝化二极管是否满足钝化需求的过程包括,

[0030] 对比所述相对附着力与预设的标准附着力区间得到附着力对比结果,根据所述附着力对比结果判定是否进行钝化操作,或,是否调节钝化等离子体功率。

[0031] 进一步地,所述根据所述附着力对比结果判定是否进行钝化操作,或,是否调节钝化等离子体功率的过程包括,

[0032] 对于附着力对比结果为相对附着力在标准附着力区间的情况,对二极管组进行钝化操作;

[0033] 对于附着力对比结果为相对附着力小于标准附着力区间最小值的情况,根据标准附着力区间最小值与相对附着力的差值增加钝化等离子功率;

[0034] 对于附着力对比结果为相对附着力大于标准附着力区间最大值的情况,根据标准附着力区间最大值与相对附着力的差值减小钝化等离子功率。

[0035] 进一步地,对满足钝化需求的二极管进行钝化处理,得到实际钝化层的过程包括,

[0036] 检测满足钝化需求的二极管的钝化层裂纹面积和裂纹宽度,根据所述钝化层裂纹面积和所述裂纹宽度确定实际裂纹评级值,根据所述实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率;

[0037] 其中,所述实际裂纹评级值包括维持裂纹评级值和修复裂纹评级值。

[0038] 进一步地,所述根据实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率的过程包括,

[0039] 对于实际裂纹评级值小于维持裂纹评级值的情况,无需再次调节钝化等离子功率;

[0040] 对于实际裂纹评级值大于等于修复裂纹评级值的情况,根据实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值再次调节钝化等离子功率。

[0041] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于,通过对二极管表面清洁以及钝化工艺进行对应参数检测,能够对二极管钝化层进行有效地覆盖,增加二极管的使用时长以及性能。通过检测预处理表面粗糙度并据此确定实际抛光下压力,可以更精确地控制抛光过程,减少过抛或欠抛的情况,提高二极管表面的加工质量。利用光学照射检测清洁度,并根据检测结果进行二次清洁,确保二极管表面的清洁度满足加工需求,减少后续工艺中的污染问题。通过检测钝化前表面粗糙度,确保只有满足钝化需求的二极管进行钝化处理,从而提高钝化层的质量和二极管的可靠性。根据裂纹形态参数调整钝化温度或等离子体功率,能够实时优化工艺参数,减少钝化层裂纹的产生,提高钝化层的完整性。通过闭环控制和参数优化,减少了返工和废品率,提高了生产效率和成本效益。该工艺通过标准化流程和参数调整,使得生产出的二极管具有较高的一致性,有利于大规模生产。

[0042] 进一步地,对待抛光二极管组进行粗糙度值检测,清除异常区域并对剩余区域的粗糙度值进行平均粗糙度值计算能够,将待抛光二极管组的实际粗糙度值进行预估,不必对每个二极管的粗糙度进行检测,增加二极管表面加工效率,对于对比结果为平均粗糙度值在标准粗糙度值区间的情况,以初始抛光下压力作为实际抛光下压力,能够不需要调节初始抛光下压力就能对二极管表面进行粗糙度的打磨,节省时间,增加加工效率,对于对比结果为平均粗糙度值小于标准粗糙度值区间最小值的情况,根据初始抛光下压力和1减标准粗糙度值区间最小值与平均粗糙度值的差值除以标准粗糙度值区间最小值的乘积确定减小后的实际抛光下压力,能够保证二极管表面有一定粗糙度为下一个加工步骤提供粘附力,避免因二极管表面过于光滑导致钝化层对二极管的附着力减小,导致其在使用时无法满足长时间使用;对于对比结果为平均粗糙度值大于标准粗糙度值区间最大值的情况,根据初始抛光下压力和1加平均粗糙度值与标准粗糙度值区间最大值的差值除以标准粗糙度值区间最大值的乘积确定增加后的实际抛光下压力,能够保证二极管表面适于钝化操作,

延长二极管使用时间,避免二极管表面因粗糙度值过高,导致二极管粗糙表面存在峰谷结构,导致钝化材料(如 SiO_2 、 Si_3N_4)无法均匀覆盖,凹陷区域可能未被覆盖,暴露的硅或金属易受环境侵蚀(如氧化、离子污染),峰顶处钝化层过薄,形成微孔,降低绝缘性和防潮性能。

[0043] 进一步地,高分辨率图像结合灰度化处理,能准确识别微小污染物,提高检测灵敏度。分区分析避免整体误判,仅对污染超标的区域进行清洁,减少不必要的处理。照射面积自适应调节,适用于不同尺寸的二极管组,提高检测灵活性。采用激光扫描仪照射二极管组以确定实际阴影度能够更快速的、直观地检测出不符合标准阴影度的一级分区照射图像对应的二极管组,为后续调节清洁参数做出有效检测,避免二极管组表面因清洁度不足导致表面污染形成导电通道,引发漏电流,降低二极管的绝缘性能。将实际阴影度设置为阴影区域面积占一级分区照射图像面积的比值,能够对每一个分区照射图像进行分析其对应的二极管组是否满足清洁要求,从而更加全面细致地检测二极管组,保证对其表面的加工质量。

[0044] 进一步地,在实际阴影度大于标准阴影度时,根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数,能够按二极管表面污染程度动态调整清洁强度,避免过度清洁损伤二极管或清洁不足影响下一步骤钝化操作导致二极管使用性能降低,在实际阴影度小于等于标准阴影度时,判定不需要对所述二极管进行二次清洁,能够保证污染程度低时,不对二极管组表面进行清洁,减少清洁时间,提高清洁效率。

[0045] 进一步地,基于阴影度实际差值与预设的一等阴影度差值和二等阴影度差值的对比结果更加详细对二极管表面清洁度进行优化,实现清洁策略的动态分层控制,能快速识别污染程度,对于阴影度实际差值小于一等阴影度差值的情况,判定不需要二次清洁,在此情况下无需对二极管表面进行清洁,节约清洁时间,提升清洁效率,避免过度处理;对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,若清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率后仍不满足清洁需求,根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,其中,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值呈负相关,这样能够根据二极管表面污染程度调节清洁间距,污染程度越高清洁间距越短,有效去除二极管表面污染物,保证二极管表面钝化操作顺利进行。对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,若清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率后仍不满足清洁需求,根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,其中,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值呈负相关,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值负相关比例通过预设的比例影响补偿参数确定,对于二极管表面污染物过多时,先调节清洁功率,观察是否能够清除污染物,若无法清除污染物则根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,即缩短清洁间距,以彻底清除顽固污染。

[0046] 进一步地,通过检测二极管表面清洁前后的粗糙度变化(即第一粗糙度与第二粗糙度的差值),计算相对附着力,并与标准附着力区间对比,动态调节钝化等离子功率,确保钝化层质量。粗糙度差值反映表面污染物残留量(凹凸程度越大,污染物越多),相对附着力与污染物残留量呈正相关(污染物越多,附着力越差)。通过粗糙度差值量化附着力,实现加

工工艺流程优化,提升加工效率。自动调节等离子功率,提高钝化层均匀性和可靠性。对于附着力对比结果为相对附着力小于标准附着力区间最小值的情况,根据初始钝化等离子功率和1加标准附着力区间最小值与相对附着力的差值除以标准附着力区间最小值的乘积确定增加后的钝化等离子功率,对于附着力对比结果为相对附着力大于标准附着力区间最大值的情况,根据初始钝化等离子功率和1减标准附着力区间最大值与相对附着力的差值除以标准附着力区间最大值的乘积确定减小后的钝化等离子功率,能够防止因附着力不足(易剥落)或过高(应力裂纹)导致的失效。

[0047] 进一步地,检测满足钝化需求的二极管的钝化层裂纹面积和裂纹宽度,根据所述钝化层裂纹面积和所述裂纹宽度确定实际裂纹评级值,根据所述实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率,所述实际裂纹评级值包括维持裂纹评级值和修复裂纹评级值能够通过实际裂纹评级值,避免主观判断,确保钝化层可靠性,对于实际裂纹评级值大于等于修复裂纹评级值的情况,根据实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值增加钝化等离子功率,设置裂纹面积最大值和裂纹宽度最大值,当裂纹面积和裂纹宽度均大于对应阈值时,判定二极管为次品,能够将功率调节与裂纹严重程度设置成正比,避免过度或不足处理。固定功率可能导致修复不彻底或材料损伤;次品及时剔除减少无效修复成本。

附图说明

[0048] 图1为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺流程图;

[0049] 图2为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺中对若干二极管进行预处理过程的流程图;

[0050] 图3为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺中调节抛光下压力的过程流程图;

[0051] 图4为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺中调节钝化等离子功率的过程流程图。

具体实施方式

[0052] 为了使本发明的目的和优点更加清楚明白,下面结合实施例对本发明作进一步描述;应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,并不用于限定本发明。

[0053] 下面参照附图来描述本发明的优选实施方式。本领域技术人员应当理解的是,这些实施方式仅仅用于解释本发明的技术原理,并非在限制本发明的保护范围。

[0054] 需要说明的是,在本发明的描述中,术语“上”、“下”、“左”、“右”、“内”、“外”等指示的方向或位置关系的术语是基于附图所示的方向或位置关系,这仅仅是为了便于描述,而不是指示或暗示所述装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0055] 此外,还需要说明的是,在本发明的描述中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域技术人员而言,可根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0056] 请参阅图1-图4所示,图1为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺流程图;图2为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺中对若干二极管进行预处理过程的流程图;图3为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺中调节抛光下压力的过程流程图;图4为本实施例中的用于二极管的表面加工工艺中调节钝化等离子功率的过程流程图。

[0057] 本实施例提供一种用于二极管的表面加工工艺,包括以下步骤,

[0058] 步骤S1,对若干二极管进行预处理,得到待抛光二极管组,检测所述待抛光二极管组的预处理表面粗糙度,根据所述预处理表面粗糙度确定一次抛光下压力,检测抛光后的二极管组的粗糙度得到第一粗糙度;

[0059] 步骤S2,将抛光后的二极管组进行等离子清洗,得到清洁二极管组,利用光学照射检测所述清洁二极管组的表面清洁度,以判定所述表面清洁度是否满足加工需求;

[0060] 步骤S3,检测满足清洁度需求的二极管组的粗糙度得到第二粗糙度,根据所述第一粗糙度和所述第二粗糙度得到相对附着力,基于相对附着力与标准附着力的对比结果确定待钝化二极管是否满足钝化需求;

[0061] 步骤S4,对满足钝化需求的二极管进行钝化处理,得到实际钝化层,检测所述实际钝化层裂纹形态参数以判断是否再次调整钝化等离子功率;

[0062] 其中,所述裂纹形态参数包括裂纹宽度和裂纹面积。

[0063] 在步骤S1中,本实施例提供一种对若干二极管进行预处理的步骤,包括,

[0064] 步骤S11,对收购或生产的二极管进行分类,按照材质、规格、批次等进行区分,筛选出外观完好、无明显缺陷的二极管作为待处理对象;

[0065] 步骤S12,使用去离子水或专用清洗剂对二极管进行初步清洗,去除表面的尘埃、油污等杂质,清洗后,用氮气或干燥空气吹干二极管,确保表面干燥无残留;

[0066] 步骤S13,对清洗后的二极管进行外观检查,记录任何可见的缺陷或损伤,对符合条件的二极管进行标记,以便后续跟踪和处理;

[0067] 步骤S14,对二极管表面进行轻微的研磨或砂纸打磨,以去除表面的微小凸起和不平整,根据二极管的材质和规格,选择合适的抛光工具和抛光液,调整抛光设备的参数,如转速、抛光时间等,以适应不同二极管的需求,并检测抛光后的二极管组的粗糙度得到第一粗糙度。

[0068] 通过对二极管表面清洁以及钝化工艺进行对应参数检测,能够对二极管钝化层进行有效覆盖,增加二极管的使用时长以及性能。通过检测预处理表面粗糙度并据此确定实际抛光下压力,可以更精确地控制抛光过程,减少过抛或欠抛的情况,提高二极管表面的加工质量。利用光学照射检测清洁度,并根据检测结果进行二次清洁,确保二极管表面的清洁度满足加工需求,减少后续工艺中的污染问题。通过检测钝化前表面粗糙度,确保只有满足钝化需求的二极管进行钝化处理,从而提高钝化层的质量和二极管的可靠性。根据裂纹形态参数调整钝化温度或等离子体功率,能够实时优化工艺参数,减少钝化层裂纹的产生,提高钝化层的完整性。通过闭环控制和参数优化,减少了返工和废品率,提高了生产效率和成本效益。该工艺通过标准化流程和参数调整,使得生产出的二极管具有较高的一致性,有利于大规模生产。

[0069] 具体而言,所述根据所述预处理表面粗糙度确定一次抛光下压力的过程包括,

[0070] 检测待抛光二极管组的预处理表面粗糙度分布,计算平均粗糙度值,对比所述平

均粗糙度值与标准粗糙度值区间,根据对比结果和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

[0071] 其中,所述标准粗糙度值区间根据二极管的材质确定。

[0072] 具体而言,所述根据对比结果和初始抛光下压力确定一次抛光下压力的过程包括,

[0073] 对于对比结果为平均粗糙度值在标准粗糙度值区间的情况,以初始抛光下压力作为一次抛光下压力;

[0074] 对于对比结果为平均粗糙度值小于标准粗糙度值区间最小值的情况,根据标准粗糙度值区间最小值与平均粗糙度值的差值和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

[0075] 对于对比结果为平均粗糙度值大于标准粗糙度值区间最大值的情况,根据平均粗糙度值与标准粗糙度值区间最大值的差值和初始抛光下压力确定一次抛光下压力;

[0076] 所述初始抛光下压力根据所需的抛光质量等级来确定。

[0077] 在本实施例中使用粗糙度检测仪(如接触式或光学式)对待抛光二极管组的表面进行扫描,生成表面粗糙度的分布图,识别局部异常区域(如划痕、凸起),在分布图内清除异常区域并对剩余区域的粗糙度值进行平均粗糙度值计算,

[0078] 获取多点的粗糙度数据(如Ra、Rz等参数),

[0079] 对所有检测点的粗糙度值取算术平均值(如平均Ra值),代表整体表面状态,根据二极管材质(如硅、金属引脚、玻璃封装)预先设定允许的粗糙度值区间(例如:硅片Ra0.2-0.4 μm ,金属Ra0.5-1.0 μm),

[0080] 对于对比结果为平均粗糙度值在标准粗糙度值区间的情况,以初始抛光下压力作为一次抛光下压力;

[0081] 对于对比结果为平均粗糙度值小于标准粗糙度值区间最小值的情况,根据初始抛光下压力和1减标准粗糙度值区间最小值与平均粗糙度值的差值除以标准粗糙度值区间最小值的乘积确定减小后的一次抛光下压力;

[0082] 对于对比结果为平均粗糙度值大于标准粗糙度值区间最大值的情况,根据初始抛光下压力和1加平均粗糙度值与标准粗糙度值区间最大值的差值除以标准粗糙度值区间最大值的乘积确定增加后的一次抛光下压力;

[0083] 根据抛光质量等级确定初始抛光下压力,本实施例中可将抛光质量等级分为高精度抛光质量等级(精细抛光)、中精度抛光质量等级(标准抛光)、低精度抛光质量等级(粗抛光),不同等级对应不同的初始下压力,

[0084] 例如,

[0085] 高精度抛光质量等级对应初始下压力40N,

[0086] 中精度抛光质量等级对应初始下压力60N,

[0087] 低精度抛光质量等级对应初始下压力100N,

[0088] 本实施例以高精度抛光质量等级为例调节对应初始下压力,为对需要高精度抛光硅二极管进行举例,

[0089] 设定标准粗糙度值区间为[0.2 μm ,0.4 μm],

[0090] 若检测实际粗糙度0.3,则不需要调节一次抛光下压力;

[0091] 若检测实际粗糙度0.15,则根据初始抛光下压力和1减标准粗糙度值区间最小值与平均粗糙度值的差值除以标准粗糙度值区间最小值的乘积确定减小后的一次抛光下压

力为 $40 \times [1 - (0.2 - 0.15) / 0.2] = 30\text{N}$;

[0092] 若检测实际粗糙度0.5,则根据初始抛光下压力和1加平均粗糙度值与标准粗糙度值区间最大值的差值除以标准粗糙度值区间最大值的乘积确定增加后的一次抛光下压力为 $40 \times [1 + (0.5 - 0.4) / 0.5] = 48\text{N}$ 。

[0093] 对待抛光二极管组进行粗糙度值检测,清除异常区域并对剩余区域的粗糙度值进行平均粗糙度值计算能够,将待抛光二极管组的实际粗糙度值进行预估,不必对每个二极管的粗糙度进行检测,增加二极管表面加工效率,对于对比结果为平均粗糙度值在标准粗糙度值区间的情况,以初始抛光下压力作为一次抛光下压力,能够不需要调节初始抛光下压力就能对二极管表面进行粗糙度的打磨,节省时间,增加加工效率,对于对比结果为平均粗糙度值小于标准粗糙度值区间最小值的情况,根据初始抛光下压力和1减标准粗糙度值区间最小值与平均粗糙度值的差值除以标准粗糙度值区间最小值的乘积确定减小后的一次抛光下压力,能够保证二极管表面有一定粗糙度为下一个加工步骤提供粘附力,避免因二极管表面过于光滑导致钝化层对二极管的附着力减小,导致其在使用时无法满足长时间使用;对于对比结果为平均粗糙度值大于标准粗糙度值区间最大值的情况,根据初始抛光下压力和1加平均粗糙度值与标准粗糙度值区间最大值的差值除以标准粗糙度值区间最大值的乘积确定增加后的一次抛光下压力,能够保证二极管表面适于钝化操作,延长二极管使用时间,避免二极管表面因粗糙度值过高,导致二极管粗糙表面存在峰谷结构,导致钝化材料(如 SiO_2 、 Si_3N_4)无法均匀覆盖,凹陷区域可能未被覆盖,暴露的硅或金属易受环境侵蚀(如氧化、离子污染),峰顶处钝化层过薄,形成微孔,降低绝缘性和防潮性能。

[0094] 具体而言,利用光学照射检测所述清洁二极管组的表面清洁度,以判定所述表面清洁度是否满足加工需求的过程包括,

[0095] 根据二极管组的待照射面积调节光学照射仪器的照射面积,获取所述照射面积的照射数据,根据所述照射数据生成照射图像,对所述照射图像进行一级分区得到若干一级分区照射图像,选取并分析任一一级分区照射图像的实际阴影度,根据所述实际阴影度与预设的标准阴影度的阴影度对比结果判定是否对所选取的一级分区照射图像所对应的二极管进行二次清洁;

[0096] 其中,所述实际阴影度为阴影区域面积占一级分区照射图像面积的比值。

[0097] 具体而言,在实际阴影度大于标准阴影度时,根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数;在实际阴影度小于等于标准阴影度时,判定不需要对所述二极管进行二次清洁;

[0098] 其中,清洁参数包括清洁等离子体功率和清洁间距,所述清洁间距指清洁装置与二极管之间的距离。

[0099] 具体而言,所述根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数的过程包括,

[0100] 对于阴影度实际差值小于一等阴影度差值的情况,判定不需要二次清洁;

[0101] 对于阴影度实际差值大于等于一等阴影度差值小于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁间距对二极管进行二次清洁;

[0102] 对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,对于清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率的情况,

调节清洁间距以使表面清洁度满足加工需求。

[0103] 根据二极管组尺寸调节光学照射仪(如激光扫描仪)的照射面积,其中,光学照射仪器的照射面积需大于等于二极管组的待照射面积以确保全面覆盖,获取高分辨率照射图像(如 5000×5000 像素),灰度化处理以增强阴影对比,

[0104] 将照射图像划分为多个一级分区(如 5×5 网格),计算每个一级分区照射图像的实际阴影度,其中,所述实际阴影度为阴影区域面积占一级分区照射图像面积的比值,

[0105] 若实际阴影度大于标准阴影度时,根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要与所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数;

[0106] 对于阴影度实际差值小于一等阴影度差值的情况,判定不需要二次清洁;

[0107] 对于阴影度实际差值大于等于一等阴影度差值小于二等阴影度差值的情况,根据初始清洁间距和二等阴影度差值与阴影度实际差值的差值确定初始清洁间距调节后的二次清洁间距,其中,二次清洁间距与二等阴影度差值与阴影度实际差值的差值呈负相关,二次清洁间距与二等阴影度差值与阴影度实际差值的差值负相关比例通过预设的比例影响补偿参数确定;

[0108] 其中,初始清洁间距根据清洁间距历史数据确定,

[0109] 对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,若清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率后仍不满足清洁需求,根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,其中,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值呈负相关,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值负相关比例通过预设的比例影响补偿参数确定;

[0110] 本实施例设定标准阴影度为10%,一等阴影度差值为5%,二等阴影度差值为8%,初始清洁间距为2mm,

[0111] 当实际阴影度为9%时,判定不需要与所述二极管进行二次清洁,

[0112] 当实际阴影度为12%时,根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要与所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数,阴影度实际差值为2%,小于一等阴影度差值为5%,判定不需要二次清洁;

[0113] 当实际阴影度为16%时,根据初始清洁间距和二等阴影度差值与阴影度实际差值的差值确定初始清洁间距调节后的二次清洁间距,阴影度实际差值为6%,大于等于一等阴影度差值小于二等阴影度差值,设定二次清洁间距与二等阴影度差值与阴影度实际差值的差值负相关比例影响补偿参数为0.15,调节后的二次清洁间距为 $2 - 0.15 \times (8 - 6) = 1.7\text{mm}$;

[0114] 当实际阴影度为20%时,调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,若清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率(如调节功率200W-300W)后仍不满足清洁需求,根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,其中,设定三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值负相关比例影响补偿参数为0.12;

[0115] 此时检测,清洁后的实际阴影度为18%,则三次清洁间距为 $2 - 0.12 \times (18 - 10) = 1.04\text{mm}$ 。

[0116] 设置最多清洁次数,如3次清洁次数清洁后仍无法达到清洁要求,对此一级分区照

射图像对应的二极管进行报警,对其表面重新处理。其中,对应相关比例影响补偿参数能够根据每次清洁结果进行优化,以对二极管进行更加精细的清洁。

[0117] 高分辨率图像结合灰度化处理,能准确识别微小污染物,提高检测灵敏度。分区分析避免整体误判,仅对污染超标的区域进行清洁,减少不必要的处理。照射面积自适应调节,适用于不同尺寸的二极管组,提高检测灵活性。采用激光扫描仪照射二极管组以确定实际阴影度能够更快速的、直观地检测出不符合标准阴影度的一级分区照射图像对应的二极管组,为后续调节清洁参数做出有效检测,避免二极管组表面因清洁度不足导致表面污染形成导电通道,引发漏电流,降低二极管的绝缘性能。将实际阴影度设置为阴影区域面积占一级分区照射图像面积的比值,能够对每一个分区照射图像进行分析其对应的二极管组是否满足清洁要求,从而更加全面细致地检测二极管组,保证对其表面的加工质量。

[0118] 在实际阴影度大于标准阴影度时,根据实际阴影度与标准阴影度的阴影度实际差值判定是否需要所述二极管进行二次清洁以及确定二次清洁的清洁参数,能够按二极管表面污染程度动态调整清洁强度,避免过度清洁损伤二极管或清洁不足影响下一步骤钝化操作导致二极管使用性能降低,在实际阴影度小于等于标准阴影度时,判定不需要对所述二极管进行二次清洁,能够保证污染程度低时,不对二极管组表面进行清洁,减少清洁时间,提高清洁效率。

[0119] 基于阴影度实际差值与预设的一等阴影度差值和二等阴影度差值的对比结果更加详细对二极管表面清洁度进行优化,实现清洁策略的动态分层控制,能快速识别污染程度,对于阴影度实际差值小于一等阴影度差值的情况,判定不需要二次清洁,在此情况下无需对二极管表面进行清洁,节约清洁时间,提升清洁效率,避免过度处理;对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,若清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率后仍不满足清洁需求,根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,其中,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值呈负相关,这样能够根据二极管表面污染程度调节清洁间距,污染程度越高清洁间距越短,有效去除二极管表面污染物,保证二极管表面钝化操作顺利进行。对于阴影度实际差值大于等于二等阴影度差值的情况,判定调节清洁等离子体功率对二极管进行二次清洁,若清洁等离子体功率调节至最大清洁等离子体功率后仍不满足清洁需求,根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,其中,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值呈负相关,三次清洁间距与清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值负相关比例通过预设的比例影响补偿参数确定,对于二极管表面污染物过多时,先调节清洁功率,观察是否能够清除污染物,若无法清除污染物则根据清洁后的实际阴影度与标准阴影度的差值和初始清洁间距确定调节后的三次清洁间距,即缩短清洁间距,以彻底清除顽固污染。

[0120] 具体而言,所述基于相对附着力与标准附着力的对比结果确定带钝化二极管是否满足钝化需求的过程包括,

[0121] 对比所述相对附着力与预设的标准附着力区间得到附着力对比结果,根据所述附着力对比结果判定是否进行钝化操作,或,是否调节钝化等离子体功率。

[0122] 具体而言,所述根据所述附着力对比结果判定是否进行钝化操作,或,是否调节钝化等离子体功率的过程包括,

[0123] 对于附着力对比结果为相对附着力在标准附着力区间的情况,对二极管组进行钝化操作;

[0124] 对于附着力对比结果为相对附着力小于标准附着力区间最小值的情况,根据标准附着力区间最小值与相对附着力的差值增加钝化等离子功率;

[0125] 对于附着力对比结果为相对附着力大于标准附着力区间最大值的情况,根据标准附着力区间最大值与相对附着力的差值减小钝化等离子功率。

[0126] 根据第一粗糙度与第二粗糙度的差值和第一粗糙度与第二粗糙度的差值对附着力的影响补偿参数确定相对附着力,其中,相对附着力与第一粗糙度与第二粗糙度的差值呈正相关,相对附着力与第一粗糙度与第二粗糙度的差值正相关比例通过预设的比例影响补偿参数确定;由于清洁前后二极管表面的第一粗糙度与第二粗糙度差值能够反映其表面凹凸程度,若二极管表面凹凸程度大则污染物在二极管表面的数量就多,因此第一粗糙度与第二粗糙度的差值能够反映二极管表面的附着力,

[0127] 在本实施例中,检测第一粗糙度为 $1.2\mu\text{m}$,第二粗糙度为 $0.8\mu\text{m}$,设定相对附着力与第一粗糙度与第二粗糙度的差值正相关比例为100,则相对附着力为 $100 \times (1.2 - 0.8) = 40\text{N}$,

[0128] 对于附着力对比结果为相对附着力在标准附着力区间的情况,对二极管组进行钝化操作;

[0129] 对于附着力对比结果为相对附着力小于标准附着力区间最小值的情况,根据初始钝化等离子功率和1加标准附着力区间最小值与相对附着力的差值除以标准附着力区间最小值的乘积确定增加后的钝化等离子功率;

[0130] 对于附着力对比结果为相对附着力大于标准附着力区间最大值的情况,根据初始钝化等离子功率和1减标准附着力区间最大值与相对附着力的差值除以标准附着力区间最大值的乘积确定减小后的钝化等离子功率;

[0131] 其中,初始钝化等离子功率根据历史实验数据确定;

[0132] 本实施例中设置初始钝化等离子功率为100W,设定标准附着力区间为 $[50, 70]$,

[0133] 检测相对附着力为40N时,增加后的钝化等离子功率为 $100 \times [1 + (50 - 40) / 50] = 120\text{N}$,

[0134] 检测相对附着力为85N时,减小后的钝化等离子功率 $100 \times [1 - (85 - 70) / 70] = 78.57\text{N}$ 。

[0135] 通过检测二极管表面清洁前后的粗糙度变化(即第一粗糙度与第二粗糙度的差值),计算相对附着力,并与标准附着力区间对比,动态调节钝化等离子功率,确保钝化层质量。粗糙度差值反映表面污染物残留量(凹凸程度越大,污染物越多),相对附着力与污染物残留量呈正相关(污染物越多,附着力越差)。通过粗糙度差值量化附着力,实现加工工艺流程优化,提升加工效率。自动调节等离子功率,提高钝化层均匀性和可靠性。对于附着力对比结果为相对附着力小于标准附着力区间最小值的情况,根据初始钝化等离子功率和1加标准附着力区间最小值与相对附着力的差值除以标准附着力区间最小值的乘积确定增加后的钝化等离子功率,对于附着力对比结果为相对附着力大于标准附着力区间最大值的情况,根据初始钝化等离子功率和1减标准附着力区间最大值与相对附着力的差值除以标准附着力区间最大值的乘积确定减小后的钝化等离子功率,能够防止因附着力不足(易剥落)

或过高(应力裂纹)导致的失效。

[0136] 具体而言,对满足钝化需求的二极管进行钝化处理,得到实际钝化层的过程包括,

[0137] 检测满足钝化需求的二极管的钝化层裂纹面积和裂纹宽度,根据所述钝化层裂纹面积和所述裂纹宽度确定实际裂纹评级值,根据所述实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率;

[0138] 其中,所述实际裂纹评级值包括维持裂纹评级值和修复裂纹评级值。

[0139] 具体而言,所述根据实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率的过程包括,

[0140] 对于实际裂纹评级值小于维持裂纹评级值的情况,无需再次调节钝化等离子功率;

[0141] 对于实际裂纹评级值大于等于修复裂纹评级值的情况,根据实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值再次调节钝化等离子功率。

[0142] 根据裂纹面积与裂纹面积对实际裂纹评级值的影响补偿参数和裂纹宽度对实际裂纹评级值的影响补偿参数的和确定实际裂纹评级值,

[0143] 对于实际裂纹评级值小于维持裂纹评级值的情况,无需再次调节钝化等离子功率;

[0144] 对于实际裂纹评级值大于等于修复裂纹评级值的情况,根据实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值增加钝化等离子功率,设置裂纹面积最大值和裂纹宽度最大值,当裂纹面积和裂纹宽度均大于对应阈值时,判定二极管为次品,

[0145] 在本实施例中利用光学显微镜或扫描电子显微镜获取裂纹面积和裂纹宽度,

[0146] 设定裂纹面积对实际裂纹评级值的影响补偿参数为0.1;裂纹宽度对实际裂纹评级值的影响补偿参数为0.5;维持裂纹评级值为10

[0147] 检测裂纹面积 $50\mu\text{m}^2$,裂纹宽度为 $2\mu\text{m}$,实际裂纹评级值为 $0.1 \times 50 + 0.5 \times 2 = 5 + 1 = 6$,无需再次调节钝化等离子功率;

[0148] 检测裂纹面积 $200\mu\text{m}^2$,裂纹宽度为 $10\mu\text{m}$,实际裂纹评级值为 $0.1 \times 200 + 0.5 \times 10 = 20 + 5 = 25$,根据实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值和实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值对钝化等离子功率的影响补偿参数确定增加的钝化等离子功率,

[0149] 设定修复裂纹评级值的差值对钝化等离子功率的影响补偿参数为10,增加的钝化等离子功率为 $10 \times (25 - 10) = 150$ 。

[0150] 检测满足钝化需求的二极管的钝化层裂纹面积和裂纹宽度,根据所述钝化层裂纹面积和所述裂纹宽度确定实际裂纹评级值,根据所述实际裂纹评级值判断是否再次调整钝化等离子功率,所述实际裂纹评级值包括维持裂纹评级值和修复裂纹评级值能够通过实际裂纹评级值,避免主观判断,确保钝化层可靠性,对于实际裂纹评级值大于等于修复裂纹评级值的情况,根据实际裂纹评级值与修复裂纹评级值的差值增加钝化等离子功率,设置裂纹面积最大值和裂纹宽度最大值,当裂纹面积和裂纹宽度均大于对应阈值时,判定二极管为次品,能够将功率调节与裂纹严重程度设置成正比,避免过度或不足处理。固定功率可能导致修复不彻底或材料损伤;次品及时剔除减少无效修复成本。

[0151] 至此,已经结合附图所示的优选实施方式描述了本发明的技术方案,但是,本领域技术人员容易理解的是,本发明的保护范围显然不局限于这些具体实施方式。在不偏离本

发明的原理的前提下,本领域技术人员可以对相关技术特征做出等同的更改或替换,这些更改或替换之后的技术方案都将落入本发明的保护范围之内。

[0152] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并不用于限制本发明;对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

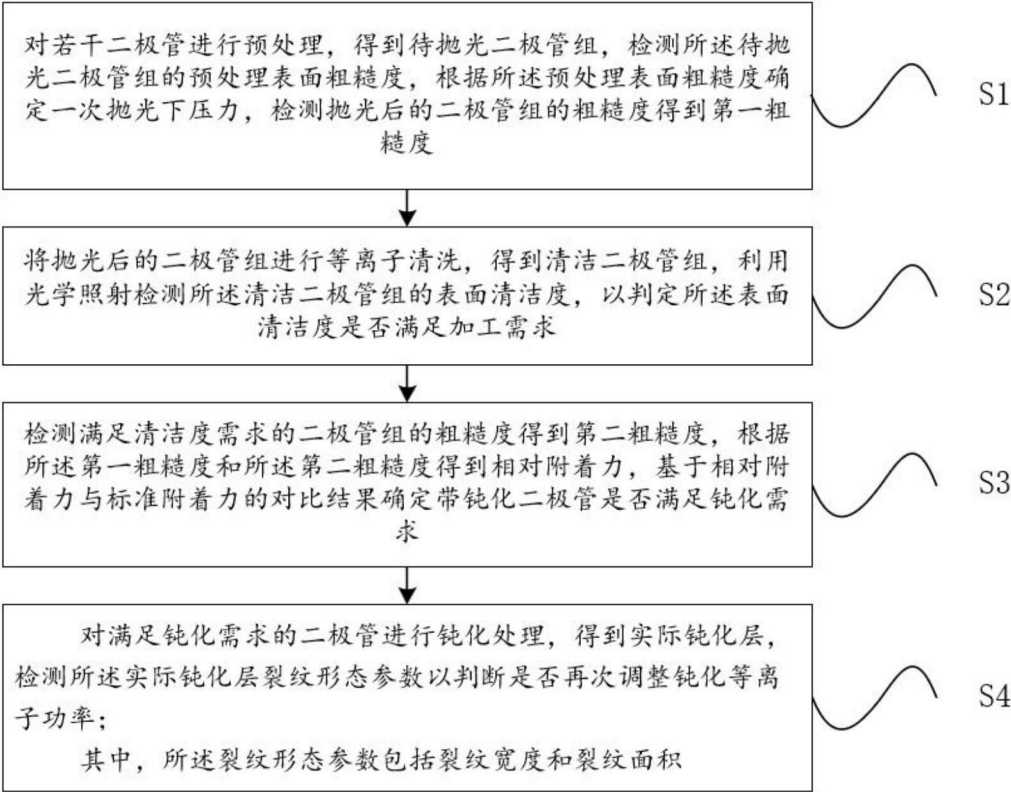


图1

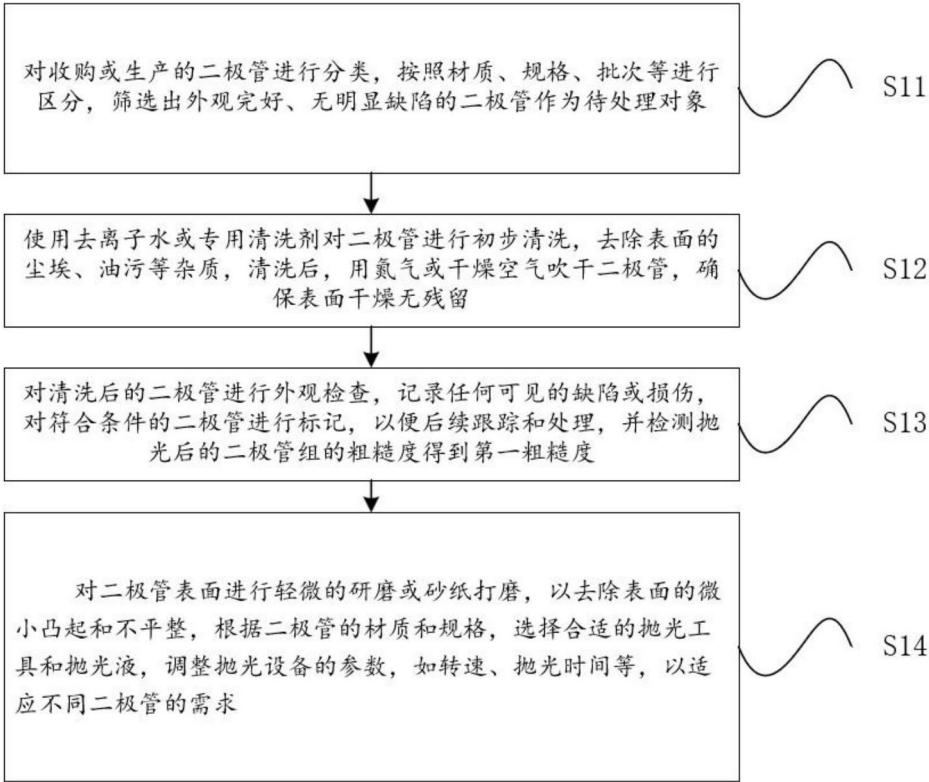


图2

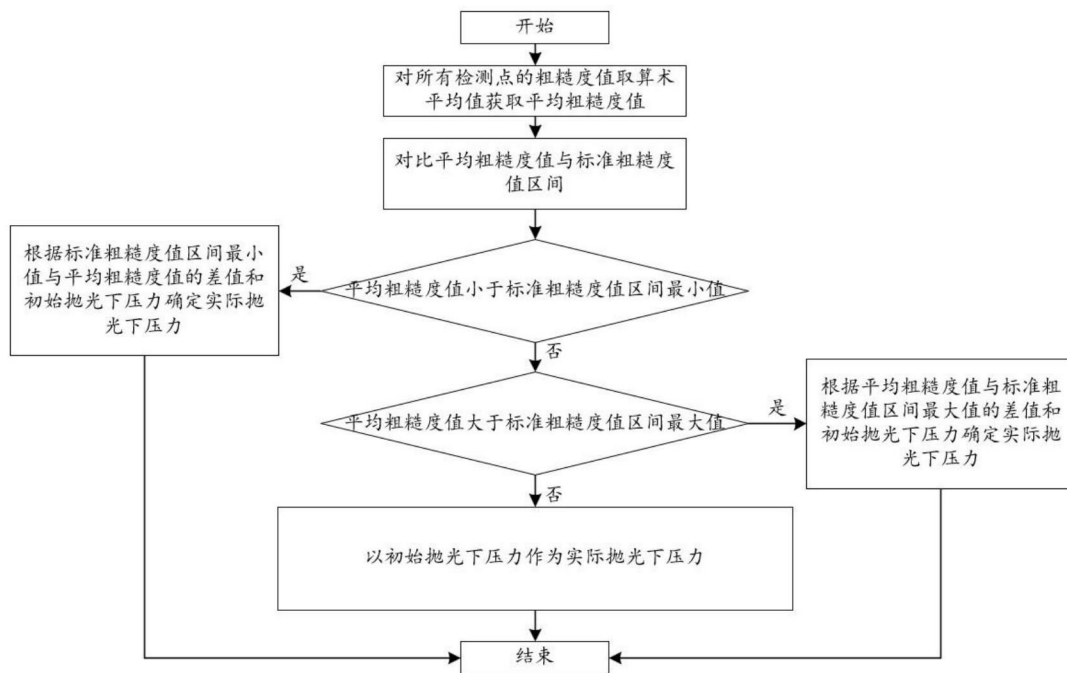


图3

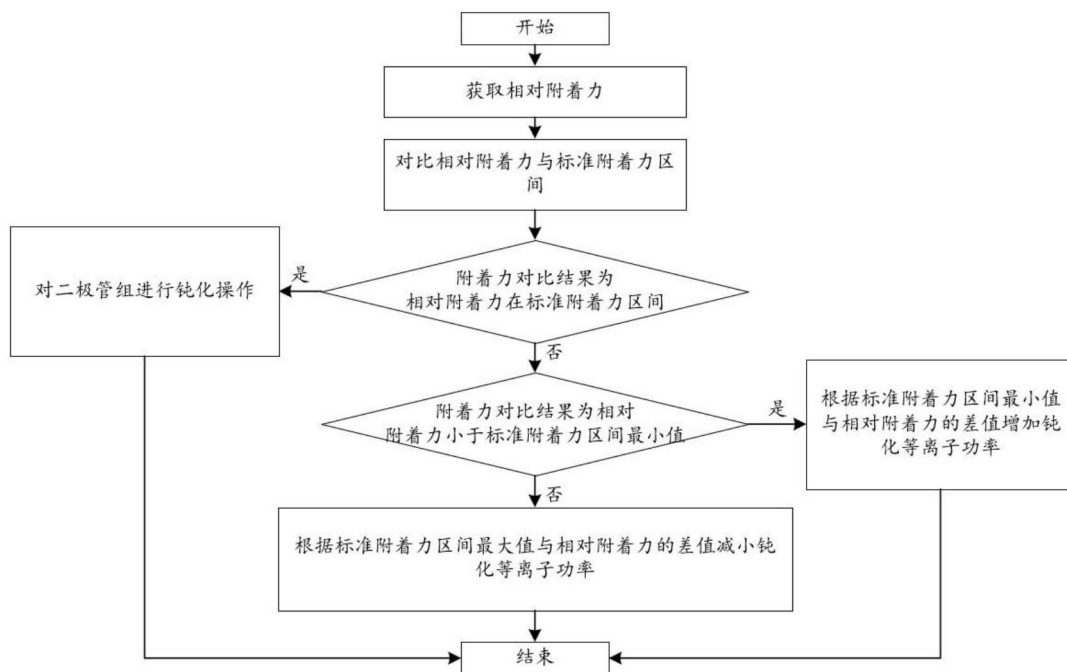


图4