



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106030775 B

(45)授权公告日 2019.08.20

(21)申请号 201580010430.4

(22)申请日 2015.02.25

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106030775 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(30)优先权数据
61/944,244 2014.02.25 US
14/630,252 2015.02.24 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.22

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/017549 2015.02.25

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/130803 EN 2015.09.03

(73)专利权人 科磊股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 H·法加里亚 S·乔纳宾
B·里斯 M·马哈德凡

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287

代理人 张世俊

(51)Int.Cl.
H01L 21/66(2006.01)

(56)对比文件
US 2009196489 A1,2009.08.06,
US 2010134615 A1,2010.06.03,
US 2012086796 A1,2012.04.12,
US 2009196489 A1,2009.08.06,

审查员 于鹏飞

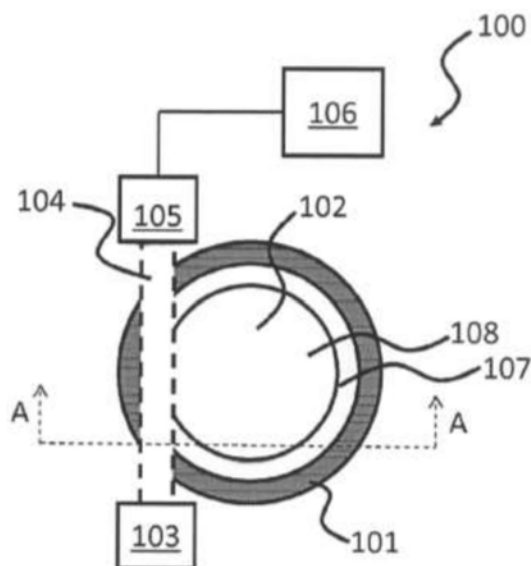
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称

使用影子成像图像的自动化在线检验和计
量

(57)摘要

本发明揭示轮廓剪影(Shadow-gram),其用于堆叠晶片的边缘检验和计量。系统包含:光源,其将准直光引导在所述堆叠晶片的边缘处;检测器,其与所述光源相对;及控制器,其连接到所述检测器。所述堆叠晶片可相对于所述光源旋转。所述控制器分析所述堆叠晶片的所述边缘的轮廓剪影图像。比较所述堆叠晶片在所述轮廓剪影图像中的侧影(silhouette)的测量与预定测量。可汇总并分析沿所述堆叠晶片的所述边缘的不同点处的多个轮廓剪影图像。



1. 一种系统,其包括:

光源,其经配置以将准直光成切线引导在堆叠晶片的圆周边缘处,其中所述堆叠晶片包含第一层和第二层,所述第二层安置于所述第一层的顶部;

检测器,其安置于来自所述光源的所述堆叠晶片的相对侧,以从所述光源接收所述准直光的至少一些,其中所述检测器经配置以获取所述堆叠晶片的所述圆周边缘的影子成像图像,其中所述影子成像图像经配置以通过应用影子成像技术以对所述堆叠晶片的所述第一层和所述第二层的边缘轮廓的影子成像;及

控制器,其操作性地连接到所述检测器,其中所述控制器经配置以:

接收所述影子成像图像;及

比较所述影子成像图像的特性与预定测量以检验所述堆叠晶片的所述边缘轮廓。

2. 根据权利要求1的系统,其中所述检测器经进一步配置以获取所述堆叠晶片的不同位置的多个影子成像图像。

3. 根据权利要求1所述的系统,其进一步包括经配置以使所述堆叠晶片旋转的压板。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述堆叠晶片经配置以相对于所述光源旋转。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述影子成像图像包括剪影,且其中所述控制器进一步经配置以比较所述堆叠晶片在所述影子成像图像中的所述剪影的测量与所述预定测量。

6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述控制器进一步经配置以汇总在多个所述影子成像图像中的所述剪影的所述测量以使得所述堆叠晶片的信息被提供。

7. 根据权利要求3所述的系统,其中所述检测器经配置以当所述堆叠晶片被旋转时获得沿所述堆叠晶片的所述边缘的不同点处的多个所述影子成像图像。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光源包括发光二极管。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述检测器包括电荷耦合装置或互补金属-氧化物-半导体相机中的至少一者。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中所述准直光是可见光或紫外线光中的一者。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光源经配置以提供脉冲准直光。

12. 根据权利要求1所述的系统,进一步包括多个所述光源和多个所述检测器。

13. 根据权利要求1所述的系统,其中所述控制器经配置以使用至少一种边缘提取算法以测量所述堆叠晶片的所述边缘轮廓的特性。

14. 根据权利要求1所述的系统,其中所述控制器经配置以应用平滑化至所述影子成像图像。

15. 根据权利要求1所述的系统,其中所述控制器经配置以使用链式码类型算法以描述所述影子成像图像。

16. 一种方法,其包括:

接收堆叠晶片的圆周边缘的至少一个影子成像图像,其中所述堆叠晶片包含第一层和第二层,所述第二层安置于所述第一层的顶部;

检测在所述影子成像图像中的所述堆叠晶片的所述第一层和所述第二层的剪影的边缘;

基于所述影子成像图像的图像分析确定所述剪影的所述边缘的测量;及

比较所述剪影的所述边缘的测量与预定测量。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述检测包括以下各项中的一项:基于搜索的检测、基于零交叉的检测、形态学检测或分类检测。

18. 根据权利要求16所述的方法,其中所述影子成像图像的所述图像分析包括一或多个形态学运算。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中所述形态学运算包括施加位屏蔽。

20. 根据权利要求19所述的方法,其进一步包括使用所述位屏蔽将边缘接合在一起。

21. 根据权利要求16所述的方法,其中所述预定测量包括以下各项中的至少一项:载体高度、装置高度、插入物宽度、载体高度公差、装置高度公差、载体边缘突出阈值及装置边缘突出阈值。

22. 根据权利要求16所述的方法,其进一步包括显示所述比较的结果。

23. 根据权利要求16所述的方法,其进一步包括汇总所述堆叠晶片上的多个位置处的所述剪影的所述边缘的所述测量以使得所述堆叠晶片的信息被提供。

24. 根据权利要求23所述的方法,其中所述堆叠晶片的所述信息包括以下各项中的至少一项:直径、中心偏移、厚度、平均总高度、平均装置高度、平均载体高度、最小质量因子、全部底切高度的最大值、全部底切宽度的最大值、装置边缘突出的最大值、载体边缘向下突出的最大值及载体向左突出的最大值。

25. 根据权利要求16所述的方法,其进一步包括使用链式码算法编码所述剪影的所述边缘,其中所述链式码算法包括产生像素矩阵。

26. 根据权利要求16所述的方法,其中所述检测包括以下各项中的一项:直方图分析、分段分析或射线跟踪算法。

27. 一种方法,其包括:

使用检测器获得堆叠晶片的圆周边缘的影子成像图像,其中所述堆叠晶片包含第一层和第二层,所述第二层安置于所述第一层的顶部;

检测在所述影子成像图像中的所述堆叠晶片的所述第一层和所述第二层的剪影的边缘;及

使用控制器比较在所述影子成像图像中的所述堆叠晶片的所述剪影的所述边缘的测量与预定测量。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中所述预定测量包括以下各项中的至少一项:载体高度、装置高度、插入物宽度、载体高度公差、装置高度公差、载体边缘突出阈值及装置边缘突出阈值。

29. 根据权利要求27所述的方法,其进一步包括使所述堆叠晶片旋转及获得沿所述堆叠晶片的所述边缘的不同点处的多个所述影子成像图像。

30. 根据权利要求29所述的方法,其进一步包括汇总所述多个影子成像图像中的所述剪影的所述测量以使得所述堆叠晶片的信息被提供。

31. 根据权利要求30所述的方法,其中所述堆叠晶片的所述信息包括以下各项中的至少一项:直径、中心偏移、厚度、平均总高度、平均装置高度、平均载体高度、最小质量因子、全部底切高度的最大值、全部底切宽度的最大值、装置边缘突出的最大值、载体边缘向下突出的最大值及载体向左突出的最大值。

使用影子成像图像的自动化在线检验和计量

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案主张2014年2月25日申请且转让的第61/944,244号美国申请案的临时专利申请案的优先权,所述案的揭示内容特此以引用的方式并入。

技术领域

[0003] 本发明涉及使用影子成像图像的检验和计量,且更特定来说,涉及使用影子成像图像的堆叠晶片的检验和计量。

背景技术

[0004] 半导体产业中通常使用堆叠(或接合)晶片。接合到载体晶片的一或多个超薄晶片是堆叠晶片的实例,但是其它半导体晶片设计也可为堆叠晶片。例如,堆叠晶片可包含接合到载体晶片的装置晶片。这些堆叠晶片可用于存储器及逻辑应用两者。可使用堆叠晶片产生三维集成电路(“3D IC”)。

[0005] 堆叠晶片可具有复杂的边缘轮廓。堆叠晶片的各层可具有不同高度及直径。这些尺寸可受堆叠之前的各个晶片的大小或受处理步骤影响。此类处理步骤还可影响堆叠晶片的边缘轮廓,潜在地甚至引起非所需边缘轮廓。

[0006] 具有制作误差的堆叠晶片可在制造期间产生问题。例如,具有不满足规范的边缘轮廓的堆叠晶片可在化学机械抛光(CMP)、其它处理步骤或晶片处置期间构成风险。堆叠晶片的中心性影响CMP工艺或增加处置风险。在CMP期间,中心性影响抛光垫相对于堆叠晶片的中心的放置及后续平坦化。在晶片处置期间,堆叠晶片的平衡或制造设备内的间隙可受堆叠晶片的中心性影响。

[0007] 不适当的中心性甚至可破坏堆叠晶片或损坏制造设备。如果堆叠晶片经底切、不适当地接合在一起或含有过量胶,那么堆叠晶片可在CMP工具内破裂,从而污染或损坏CMP工具。此污染或损坏造成非所需停机时间或甚至可在半导体制造内停止生产。

[0008] 此外,CMP工艺可在堆叠晶片上产生非所需边缘轮廓。例如,在CMP工艺期间可移除过多或不足的材料,或CMP工艺可造成底切、悬垂或晶须。这些非所需边缘轮廓可影响装置良率或可影响后续制造步骤。

[0009] 可使用检验来识别堆叠晶片的问题,但是堆叠晶片提出独特的边缘检验挑战。堆叠晶片的底切或其它边缘轮廓使在图像检测器中难以获得经散射或反射光。朝堆叠晶片径向地引导光束以检验堆叠晶片的边缘轮廓可造成光不会反射回到检测器。更复杂的轮廓构成此问题。锯齿边缘或复杂边缘轮廓还可造成噪声。例如,当堆叠晶片不适当地堆叠时,装置晶片的一侧可在载体晶片的边缘上方具有悬垂,而装置晶片的另一侧在载体晶片内侧位于太远的位置。在此情形中,常规系统可仅优化悬垂或在载体晶片内侧位于太远的位置的装置晶片的检测。噪声及缺少散射或反射光意味着不适当地堆叠不能得到有效分析。

[0010] 用于堆叠晶片的手动及离线边缘轮廓测量方法是缓慢、耗时的手段,所述手段提供不良质量结果。这些易于出错的技术可能不能精确地测量或检测堆叠晶片中的缺陷。此

外,手动及离线边缘轮廓测量不能用于制造期间的实时过程控制。

[0011] 尤其在后端工艺 (BEOL) 处,不断需要检验经薄化且接合到载体的晶片。在一些情况下,这些堆叠晶片将不具有标准边缘轮廓形状。此外,堆叠晶片的不正确堆叠可造成多个装置晶片的损耗,即使一个堆叠步骤具有误差也是如此。例如,混合存储器室中的一个堆叠故障的代价可损坏多达8个经充分处理的装置晶片。

[0012] 边缘计量的当前解决方案对于堆叠晶片而言并非足够精确或足够快。此外,边缘计量的当前解决方案无法精确地指示堆叠晶片的边缘轮廓何时不匹配特定模型。因此,需要一种用于堆叠晶片的经改进边缘检验技术。

发明内容

[0013] 在第一实施例中,提供一种系统。所述系统具有光源、检测器及控制器。所述光源经配置以将准直光引导在堆叠晶片的边缘处。所述检测器经安置成与所述光源相对且经配置以获取所述堆叠晶片的所述边缘的影子成像图像。所述控制器操作性地连接到所述检测器。所述控制器经配置以接收所述影子成像图像及比较所述影子成像图像的特性与预定测量以检验所述堆叠晶片的边缘轮廓。所述检测器可经配置以获取所述堆叠晶片的不同位置的多个影子成像图像。所述堆叠晶片可经配置以相对于所述光源旋转。例如,所述系统可包含经配置以使所述堆叠晶片旋转的压板。

[0014] 在第二实施例中,提供一种非暂时性计算机可读存储媒体,其包括用于在一或多个计算装置上执行以下步骤的一或多个程序。所述步骤包含:接收堆叠晶片的边缘的至少一个影子成像图像、检测所述堆叠晶片在所述影子成像图像中的剪影的边缘、基于所述影子成像图像的图像分析确定所述剪影的所述边缘的测量及比较所述剪影的所述边缘的测量与预定测量。可显示所述比较的结果。所述检测可为以下一项:基于搜索的检测、基于零交叉的检测、形态学检测或分类检测。所述影子成像图像的所述图像分析可为一或多个形态学运算,例如施加位屏蔽,且还可包含使用所述位屏蔽将边缘接合在一起。所述预定测量可为以下至少一项:载体高度、装置高度、插入物宽度、载体高度公差、装置高度公差、载体边缘突出阈值及装置边缘突出阈值。可使用链式码算法编码所述剪影的所述边缘使得所述链式码算法产生像素矩阵。所述检测可为以下一项:直方图分析、分段分析或射线跟踪算法。

[0015] 可汇总所述堆叠晶片上的多个位置处的所述剪影的所述边缘的所述测量使得所述堆叠晶片的信息被提供。所述堆叠晶片的所述信息可为以下至少一项:直径、中心偏移、厚度、平均总高度、平均装置高度、平均载体高度、最小质量因子、全部底切高度的最大值、全部底切宽度的最大值、装置边缘突出的最大值、载体边缘向下突出的最大值及载体向左突出的最大值。

[0016] 在第三实施例中,提供一种方法。使用检测器获得堆叠晶片的边缘的影子成像图像。使用控制器比较所述堆叠晶片的在所述影子成像图像中的剪影的测量与预定测量。所述预定测量可为以下至少一项:载体高度、装置高度、插入物宽度、载体高度公差、装置高度公差、载体边缘突出阈值及装置边缘突出阈值。

[0017] 可使所述堆叠晶片旋转且可获得沿所述堆叠晶片的所述边缘的不同点处的多个所述影子成像图像。可汇总所述多个影子成像图像中的所述剪影的所述测量使得所述堆叠

晶片的信息被提供。所述堆叠晶片的所述信息可为以下至少一项：直径、中心偏移、厚度、平均总高度、平均装置高度、平均载体高度、最小质量因子、全部底切高度的最大值、全部底切宽度的最大值、装置边缘突出的最大值、载体边缘向下突出的最大值及载体向左突出的最大值。

附图说明

[0018] 为了更完全地理解本发明的本质及目的，应结合附图参考以下详细描述，其中：

[0019] 图1到2是根据本发明的实施例的系统的框图的俯视图及沿着所述系统的所述框图的A-A的对应横截面侧视图；

[0020] 图3是对应于图1到2的实施例的系统的透视图；

[0021] 图4是堆叠晶片的边缘的示范性影子成像轮廓；

[0022] 图5是堆叠晶片的边缘的另一示范性影子成像轮廓；

[0023] 图6是具有底切堆叠故障的示范性影子成像边缘轮廓；

[0024] 图7是不同堆叠晶片的一系列示范性影子成像轮廓，其中堆叠晶片A具有具备所需轮廓特性的边缘且堆叠晶片B、C、D、E及F具有具备非所需轮廓特性的边缘；

[0025] 图8是具有所需轮廓特性的堆叠晶片的边缘的另一示范性影子成像轮廓；

[0026] 图9是具有非所需轮廓特性的堆叠晶片边缘的四个示范性影子成像轮廓；

[0027] 图10是在堆叠晶片的周长周围获取的一系列示范性影子成像边缘轮廓；及

[0028] 图11是根据本发明的实施例的方法的流程图。

具体实施方式

[0029] 虽然将就某些实施例描述所主张标的物，但是包含不提供本文中陈述的全部益处及特征的实施例的其它实施例也是在本发明的范围内。在不脱离本发明的范围的情况下，可作出各种结构、逻辑、工艺步骤及电子改变。因此，仅参考随附权利要求书界定本发明的范围。

[0030] 本发明的实施例提供用于堆叠晶片的计量测量、边缘检验及缺陷检测。可跨沿堆叠晶片的边缘的若干点执行计量以定量例如（例如）中心性、过量胶、晶片晶须、底切、晶片堆叠角度的堆叠特性或其它问题。可执行不规则晶片的检验。

[0031] 图1到2是根据本发明的实施例的系统100的框图的俯视图及沿着所述系统的所述框图的A-A的对应横截面侧视图。图3是对应于图1到2的实施例的系统100的透视图。系统100经配置以通过获取作为影子成像的图像对堆叠晶片执行边缘计量。影子成像应用影子成像技术且使影子可视化或成像。压板101可经配置以使堆叠晶片102旋转，但是系统100也可相对于堆叠晶片102旋转。此旋转可为分阶段或连续的。堆叠晶片102也可不在检验及计量期间旋转，且系统100的组件可固定。

[0032] 示范性堆叠晶片102经展示具有第一层107及第二层108。例如图1中说明，第一层107及第二层108可具有不同直径。例如，第一层107可为载体晶片且第二层108可为装置晶片。替代地，第一层107及第二层108可均为装置晶片，或不止第一层107及第二层108可形成堆叠晶片102。

[0033] 光源103经配置以将准直光104引导在堆叠晶片102的边缘处。在一些实施例中，准

直光104相对于堆叠晶片102成切线引导,以产生边缘轮廓的影子。在示范性实施例中,光源103利用发光二极管(LED)。根据本发明将明白其它适当的光源103,例如产生准直光的灯具、激光、超连续激光、激光驱动磷光体或激光驱动灯具。可利用光源103的组合,例如激光及LED。光源103可包含单个系统或多个系统中的单频带及宽带光源两者。准直光104平行于堆叠晶片102的平面。例如,准直光104可平行于上面安置第二层108的第一层107的平面。可使用衍射抑制技术来移除可不利地影响晶片厚度或其它尺寸的测量的衍射相关假影。使用准直光104在轮廓中看见近似几毫米的堆叠晶片102,但是其它尺寸是可能的。

[0034] 与光源103分开定位的检测器105接收至少一些准直光104。检测器105经定位使得当堆叠晶片102在受检验时,检测器105接收影子(即,产生影子的光)的至少一部分。检测器105可为例如电荷耦合装置(CCD)或互补金属-氧化物-半导体(CMOS)相机。以此方式,形成晶片边缘剪影的图像。检测器105可经配置以收集堆叠晶片102上的数百个图像以用于高取样。例如,可收集堆叠晶片102的介于1个与500个之间的图像,但是可收集更多图像。可读取并处理图像。在实例中,可在沿堆叠晶片102的边缘的上百个点处执行计量,同时堆叠晶片102加快自旋以供检验。

[0035] 准直光104可具有产生影子的一或多个波长。例如,可使用可见光,例如蓝色光或白色光。根据本发明将明白其它适当的准直光104。例如,可使用紫外线光。准直光104可为偏振且可为脉冲或为连续光。

[0036] 虽然图1到3中仅说明单个光源103及检测器105,但是可使用多个光源103及检测器105。多个光源103及检测器105可放置在堆叠晶片102的周长周围的各个位置处以收集堆叠晶片102的不同位置处的影子成像图像。这可增加检验总处理量或增加所产生的影子成像图像的数目,同时最小化对检验总处理量的影响。如果多个光源103及检测器105放置在堆叠晶片102的周长周围的各个位置处,那么堆叠晶片102无法相对于光源103或检测器105旋转。

[0037] 控制器106操作性地连接到检测器105。控制器106经配置以分析堆叠晶片102的边缘的影子成像,且可控制使用检测器105的影子成像图像的获取。例如,控制器106可使堆叠晶片102相对于光源103或检测器105旋转。控制器106还可控制堆叠晶片102上的影子成像图像获取的时序或位置。使用影子成像,系统100可用来估计堆叠晶片102的边缘轮廓。例如,系统100可确定堆叠晶片102的边缘轮廓是否满足一或多个预定准则,例如(例如)关于插入物宽度的大小的准则。

[0038] 系统100可为自动化在线系统,其可以全扫描总处理量产生上百个检验及测量点。多次测量可实现从数据得出实时统计结论。虽然一次或仅几次测量可能已足够,但是随着测量次数增加,所述数据可更好地提供用于整个堆叠晶片102的结论。在线算法可向其它综合检验及重查系统提供实时反馈。例如,例如具有堆叠或胶合问题的缺陷堆叠晶片可从制造移除以进行再加工或废弃。在另一实例中,可基于从所述数据得出的结论调整制造步骤。例如,归因于从所收集的数据得出的结论可修改CMP工艺或光致抗蚀剂涂敷工艺。所述结论还可用作胶合、接合或堆叠工艺的反馈。因此,这些数据或结论可用作此检验及计量的上游或下游过程的反馈。

[0039] 图4是堆叠晶片的边缘的示范性影子成像轮廓。图4中的堆叠晶片包含第一层107及第二层108。在此实例中,第一层107是载体晶片且第二层108是装置晶片。图4中的堆叠晶

片的边缘轮廓可满足一组示范性所需测量或特性。

[0040] 图5是堆叠晶片的边缘的另一示范性影子成像轮廓。图4中的堆叠晶片具有非所需轮廓特性。这些非所需轮廓特性包含装置突出部、载体突出部及底切。

[0041] 图6是具有底切堆叠故障的另一示范性影子成像边缘轮廓。底切可为蚀刻工艺或其它处理步骤的结果。底切区域在堆叠晶片的部分下方延伸,例如装置晶片下方或载体晶片与装置晶片之间。底切堆叠故障可影响堆叠晶片的良率或增加CMP工艺期间的堆叠晶片破裂的风险。

[0042] 图7是不同堆叠晶片的一系列示范性影子成像轮廓。堆叠晶片A具有所需轮廓特性。堆叠晶片B、C、D、E及F具有非所需轮廓特性。堆叠晶片B、D及E具有底切。堆叠晶片C及F可在CMP工具中被不正确地平坦化,这是因为从堆叠晶片C及F移除过多材料。

[0043] 图8是具有所需轮廓特性的堆叠晶片的边缘的另一示范性影子成像轮廓。图9是具有非所需轮廓特性的堆叠晶片边缘的四个示范性影子成像轮廓。图8中的边缘轮廓包含例如底切、晶须或不适当的尺寸。

[0044] 本发明的实施例可包含用于自动化计量及/或检验的系统及方法以及堆叠晶片的检验及重查的统计信息的使用。在系统100的上述实施例中,控制器106可经配置以使用例如下文描述的方法分析堆叠晶片102的边缘轮廓。

[0045] 例如,边缘提取算法可被用作用于堆叠晶片的相关联影子成像或若干影子成像的自动化检验的第一步。边缘提取算法可识别对于检测而言是重要的影子成像图像的属性,例如影子成像中的角隅、线段及曲线。可使用许多边缘检测算法,例如(例如)基于搜索、基于零交叉的边缘检测及其它形态学图像处理方法。基于搜索的方法例如通过首先计算边缘强度的测量来检测图像中的边缘。边缘强度的测量可基于图像中的离散数据,例如图像的特定像素相对于相邻像素的颜色、色调或亮度。边缘强度可通过计算图像像素的一阶导数表达(例如图像像素的梯度量值)而测量。在梯度方向上具有最大梯度值(即,梯度量值的局部方向极大值)的像素变为边缘像素,且可跟踪垂直于梯度方向的方向上的边缘。使用梯度的边缘检测算法的一个实例是Canny边缘检测器。可使用其它边缘检测算法。在Canny边缘检测器中,使用四个滤波器来检测图像中的水平、垂直及对角线边缘。边缘检测计算可返回水平方向及垂直方向上的第一导数的值。由此可确定边缘梯度及方向。换句话说,可以数学方式分析图像以确定其中发生颜色、色调或亮度的最大变化的区域(即,在剪影的边缘处)。

[0046] 基于零交叉的方法可搜索由图像像素计算的二阶导数表达中的零交叉以寻找边缘,例如拉普拉斯算子(Laplacian)的零交叉或非线性微分表达的零交叉。例如,一些边缘检测算子是基于图像中的像素强度的二阶导数。此本质上捕捉强度梯度的变化速率。因此,在连续情况下,第二导数中的零交叉的检测捕捉梯度中的局部极大值。

[0047] 作为用于边缘检测的预处理步骤,可应用平滑化阶段,例如高斯(Gaussian)平滑化。可应用其它类型的平滑化阶段。边缘检测可受来自图像的噪声影响,因此滤除噪声可防止一些边缘检测错误。例如,为平滑化图像,可应用高斯滤波器以与图像卷积。此步骤可稍微平滑化图像,使得其将不显著地受图像中的单独明显噪声影响。滤波器的大小越大,边缘检测器对噪声的敏感度越低。此外,用于检测边缘的定位误差可随着高斯滤波器的大小增加而稍微增加。

[0048] 可执行其它边缘检测步骤,例如非最大值抑制(比较像素的边缘强度与正梯度方向及负梯度方向上的像素的边缘强度以确定当前像素是否具有最大边缘强度且抑制梯度中的其它)及阈值化(使用预定阈值滤除具有弱梯度值的边缘像素)。可使用其它替代方法以检测影子成像图像中的晶片轮廓边缘。每一方法可具有其自身独特的优点及缺点。例如,影子成像图像可首先通过分析影子成像图像的直方图而被变换为二进制图像。可利用连通成分分析(connected component analysis)以从二进制图像移除错误外部及内部二进制大型对象(blob)。可通过施加形态学扰动从二进制图像检测轮廓边缘图。

[0049] 在边缘检测之后,链式码类型算法是可用来以数学方式描述影子成像剪影的若干选项中的一者。其它选项可包含边缘跟踪、基于专门化属性的分类方法及基于强度的分割算法。链式码类型算法可用来通过指定长度及方向的直线段的连接序列表示边界。每一分段的方向是通过使用编号方案而编码。对于每一经连通成分(即,图像内的每一“二进制大型对象”),可选择组件的边缘上的点且可记录所述点的坐标。链式码算法接着可沿边缘移动,且在每一步骤处记录表示此移动方向的值。通常,方向值可基于4个方向(N、E、S、W)、8个方向或更多方向来选择。边缘的链式码可取决于起点。例如,与在右端处开始相比,在分段的左端处开始可造成不同的链式码。然而,可通过将链式码视为方向数的循环序列且重新定义起点使得所得数字序列形成整数最小量值来正规化关于所述起点的链式码。链式码算法可用来单独地编码剪影中的每一经连通成分。

[0050] 示范性链式码算法记录关于二维坐标集的方向。链式码算法将边缘的行进方向编码为离散方向,且在一些实施例中编码为长度。链式码可使用8个方向(即,N、NE、E、SE、S、SW、W及NW或其在二维坐标集上的等效物)来表达。可使用其它数量的方向,例如用于更快速计算的4个方向(N、S、E、W)或用于更高分辨率的16个方向(即,N、NNE、NE、ENE、E、ESE、SE、SSE、S、SSW、SW、WSW、W、WNW、NW及NNW)及32个方向链式算法。通常,链式码算法使用数字来代替字母以表达经编码方向。例如,在8方向链式码算法中,N=0、NE=1、E=2、SE=3等等。数字通常是以顺时针方式指派。在一个实施例中,为了实施的数学方便性,所记录的链式码值可偏移。以此方式,使用先前实例,N=1、NE=2、E=3、SE=4等等。偏移链式码值有利于避免基于零的编号数学计算。

[0051] 边缘提取算法可包含来自所记录的链式码值的分段产生。例如,链式码值可以矩阵格式表示使得边缘位置(即,开始于边缘检测算法的起点到边缘末端的边缘中的像素)是在x轴上,且链式码值是在y轴上,因此造成二进制矩阵。可合并及删除分段。例如,例如1x3二进制屏蔽(例如[111])的位屏蔽可施加于二进制矩阵以填充出现在二进制矩阵中的分段中的间隙。如果分段低于某一阈值长度,那么可删除一些分段。例如,算法可剖析二进制矩阵的每一行以寻找分段起点及终点以计算分段长度。可删除长度小于20个像素的分段。

[0052] 可合并相邻分段。例如,可计算每一分段的形心且比较彼此。例如,如果两个经比较分段的形心分开小于指定数目个像素且终点分开小于另一指定数目个像素,那么可组合所述分段。在一个实施例中,分开的指定数目个像素是10个像素。通过完成这些步骤,可消除堆叠晶片的缺陷区域中的小分段且可增加计算速度。虽然分段可减小分辨率,但是可通过对弯曲的分段行进行特别关注来避免分辨率损失。例如,可将相邻弯曲分段合并为半圆或其它一般的轮廓。

[0053] 边缘提取算法还可包含基于所捕捉图像中的像素大小与堆叠晶片之间的已知关

系来测量分段。可对一个分段或全部分段计算测量。可以任何次序执行这些计算,或可按链式码方向的次序执行所述计算。可使用形心距离及分段独立性确定适当的多对测量。

[0054] 其它方法可包含基于投射的算法,其中堆叠晶片表面之间的界标位置是通过分析相邻分段之间的过渡区域中的边缘轨迹点而确定。例如与边缘轨迹所成的局部正切角、边缘点的逐行逐列计数、沿过渡区域中的点的最小曲率半径的属性可用来精确地查明受检验晶片上的所关注关键点。一旦检测到所需界标的集合,可测量各种计量距离,例如总高度、装置晶片高度、载体晶片高度、插入物宽度、底切宽度/高度、过量胶尺寸(宽度/高度/体积)等等。

[0055] 可比较所获取测量与预定测量,例如载体高度、装置高度、插入物宽度、载体高度公差、装置高度公差、载体边缘突出阈值及装置边缘突出阈值。这些结果可在报告或图形用户接口(GUI)中显示给操作者。所述结果可基于这些比较而简化为“通过”或“失败”。

[0056] 可汇总每一影子成像的比较以提供晶片级统计数据,例如直径、中心偏移、厚度、平均总高度、平均装置高度、平均载体高度、最小质量因子、全部底切高度的最大值、全部底切宽度的最大值、装置边缘突出的最大值、载体边缘向下突出的最大值及载体向左突出的最大值。

[0057] 以下是根据本发明的边缘检验算法的示范性实施例。

[0058] A. 边缘提取算法接收或检索堆叠晶片的一或多个影子成像图像。所接收或检索图像可呈可由算法读取且由图像捕捉装置(例如图1中的检测器105)产生的文件格式。影子成像图像可取自堆叠晶片的圆周上的各个位置。边缘提取算法打开一或多个图像。每一图像可在边缘提取之前加以操控。例如,图像可基于检测器的定位而水平或垂直翻转。可执行其它操控,例如调整图像的对比度或应用各种滤波器以从图像移除噪声。

[0059] B. 边缘提取算法检测堆叠晶片剪影的边缘。在一个实施例中,可分析每一图像的像素。可正规化每一像素的属性(例如颜色、亮度或色调)使得每一属性位于从0到100的比例中。可通过基于正规化属性选择0或1的像素值“阈值化”所述图像。

[0060] C. 边缘提取算法对图像执行形态学运算。在一些实施例中,可对图像执行腐蚀及/

或膨胀。例如,可施加位屏蔽,例如3x3位屏蔽 $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。可多次施加所述位屏蔽。形态学

运算可通过将边缘接合在一起来闭合所检测边缘中的间隙。可完全移除短边缘。边缘提取算法还可填充不能从图像的边缘到达的图像的区域。以此方式,边缘提取算法填充由边缘检测过程引起的孔及假影。

[0061] D. 边缘提取算法可通过例如使用如链式码算法的算法来检测及编码堆叠晶片剪影的边缘。一旦确定剪影的边缘的链式码,对于由链式码编码的定向,分段可被滤除或接合在一起。这可通过产生二进制矩阵而进行,其中一个轴对应于链式码值且另一轴对应于开始于边缘检测算法的起点到边缘末端的边缘的像素。在一个实施例中,可执行膨胀以接合分离达一半像素的距离的分段。可计算分段的形心且可合并分段。在一个实施例中,如果连续分段在x轴或y轴上分开小于10个像素,那么可合并所述连续分段。可重新计算经合并分段的形心且将其与其它分段的形心进行比较。

[0062] E. 边缘提取算法还可包含基于所捕捉图像中的像素大小与堆叠晶片之间的已知

关系来测量分段。可对一个分段或全部分段计算测量。例如局部切线斜率、沿边缘轨迹的局部曲率、投射在水平及垂直轴的边缘点的计数的属性可用来确定标记堆叠晶片中的表面的过渡及接合材料(胶)的关键界标。可比较所获取测量与预定测量,例如载体高度、装置高度、插入物宽度、载体高度公差、装置高度公差、载体边缘突出阈值及装置边缘突出阈值。这些结果可在报告或图形用户接口(GUI)中显示给操作者。所述结果可基于这些比较而简化为“通过”或“失败”。

[0063] 对于单个堆叠晶片可获取多个影子成像图像。图10是在堆叠晶片的周长周围获取的一系列示范性影子成像边缘轮廓。虽然图10中说明16个图像,但是用户可选择影子成像图像获取位置的数目及放置。例如,可以全扫描总处理量在堆叠晶片的周长周围的上百个点处获取影子成像。堆叠晶片可相对于光源或检测器旋转。例如,控制器(例如图1中的控制器106)可随着堆叠晶片在压板上旋转而获取多个图像。在图10的实例中,堆叠晶片的周长周围的检验至少在 22.5° 、 315° 及 337.5° 处展示不适当轮廓。

[0064] 图11是根据本发明的实施例的方法的流程图。虚线中概述的步骤可为任选的。

[0065] 单个堆叠晶片上的多个点处的影子成像图像的获取可提供额外或整个晶片反馈。这可提供关于堆叠晶片的边缘轮廓的更完整结论。

[0066] 可使用本发明的实施例检测或测量中心性、接合特性、过量胶、底切、晶须、堆叠角度或其它边缘轮廓特性。在额外处理之前可识别经不正确堆叠晶片且可例如防止损坏或污染CMP工具或其它制造设备。本文中揭示的系统的实施例的检验总处理量对于制造设备来说是足够高的。堆叠晶片可为不规则或可具有先前或在制造设备中不可能精确地测量的复杂形状、锯齿边缘或高信噪比。实际上,其中测量先前不可能进行的晶片堆叠可使用如本文中揭示的影子成像图像而测量。

[0067] 本发明的实施例可确定或寻找表征胶合及接合工艺的堆叠晶片误差或差异。例如,可提供晶片厚度、晶片中心性或轮廓信息。此信息可用作其它检验工具或其它制造或晶片处置工具中的输入。

[0068] 制造总处理量不一定受影响或可使用本发明的实施例最小化对制造总处理量的任何影响。本文中揭示的计量及/或检验过程可与其它过程并发地执行。例如,本文中揭示的计量及/或检验过程可在检验工具的设置期间执行。当然,本文中揭示的计量及/或检验过程还可单独地执行为独立过程。

[0069] 影子成像提供优于亮场及暗场模式的多个优点。例如,影子成像从底切类型晶片堆叠缺陷接收充足信号,这不一定发生在亮场或暗场模式下。

[0070] 虽然已关于一或多个特定实施例描述本发明,但是将了解,在不脱离本发明的范围的情况下可作出本发明的其它实施例。因此,本发明被视为仅受限于所附权利要求书及其合理解释。

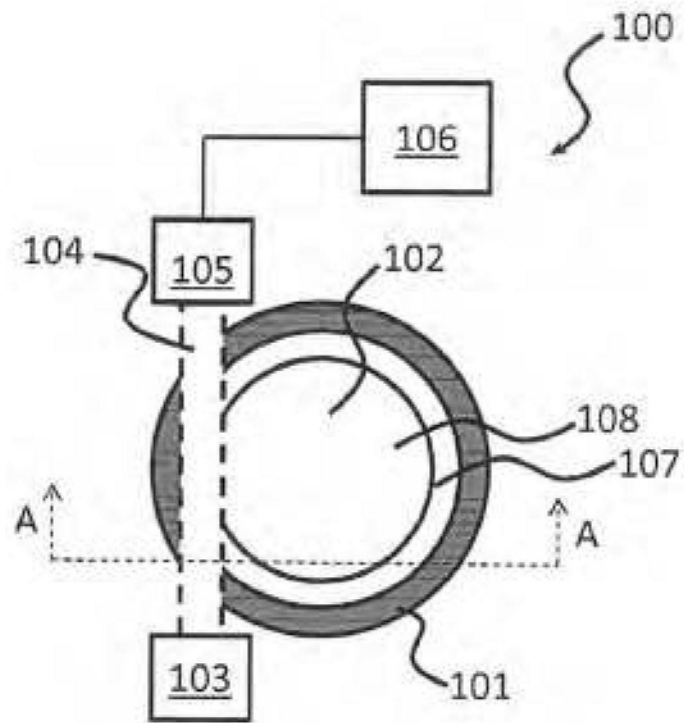


图1

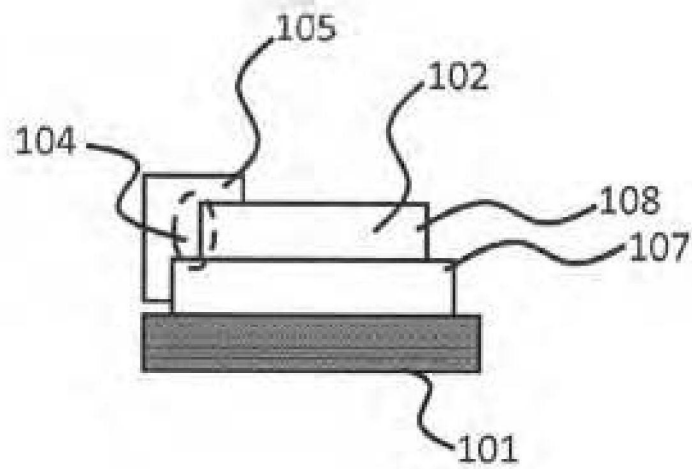


图2

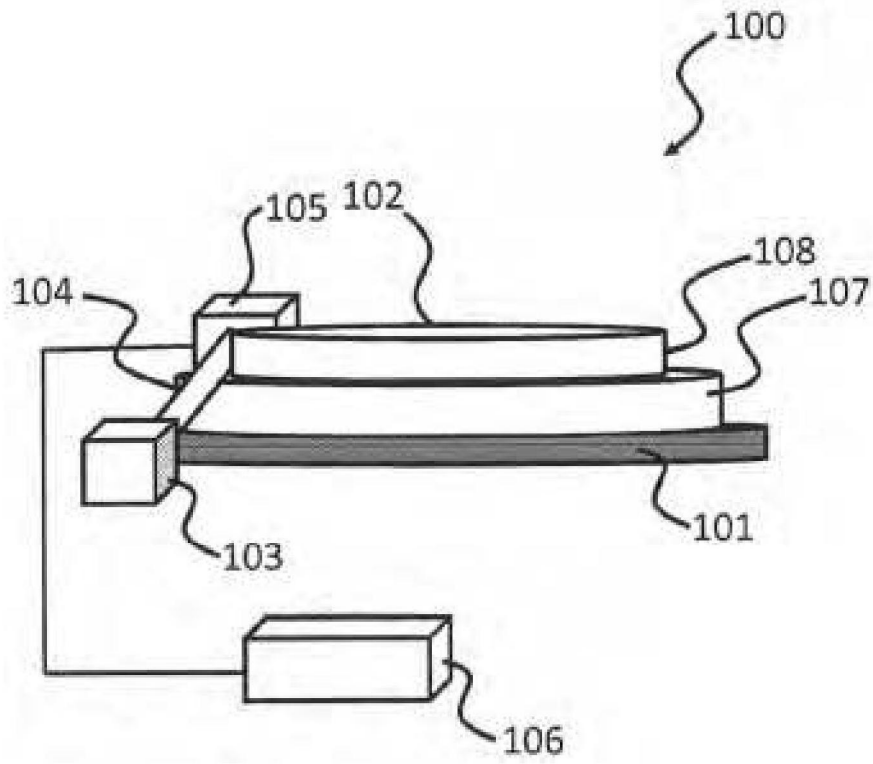


图3

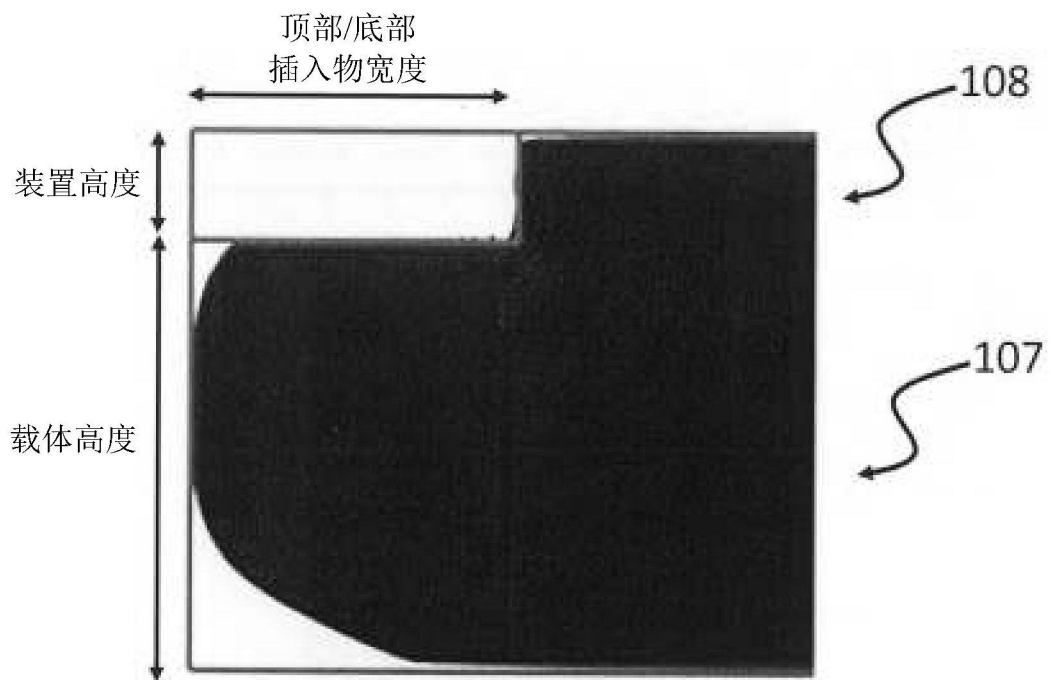


图4

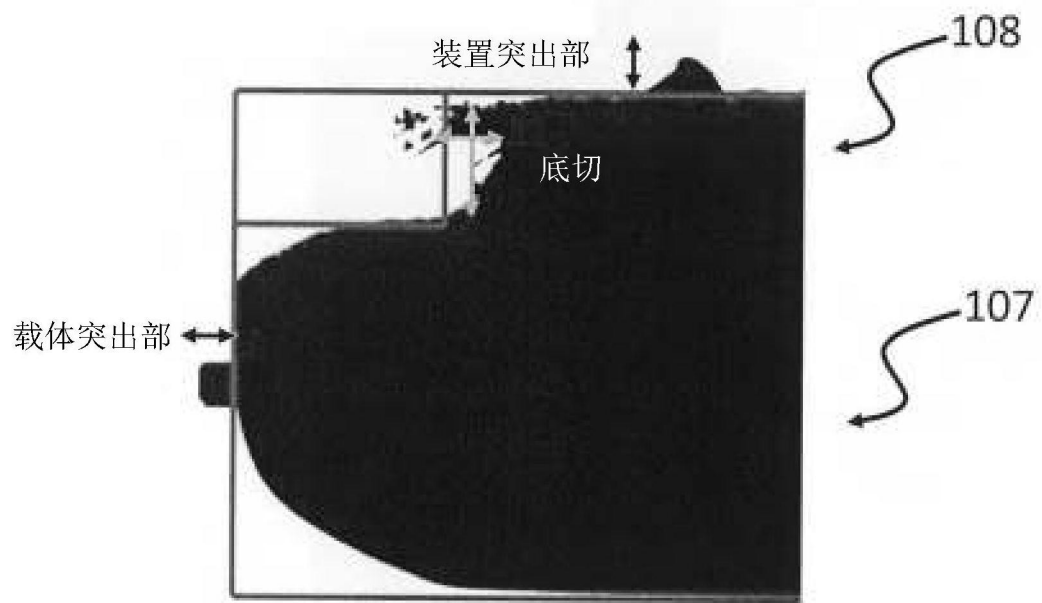


图5

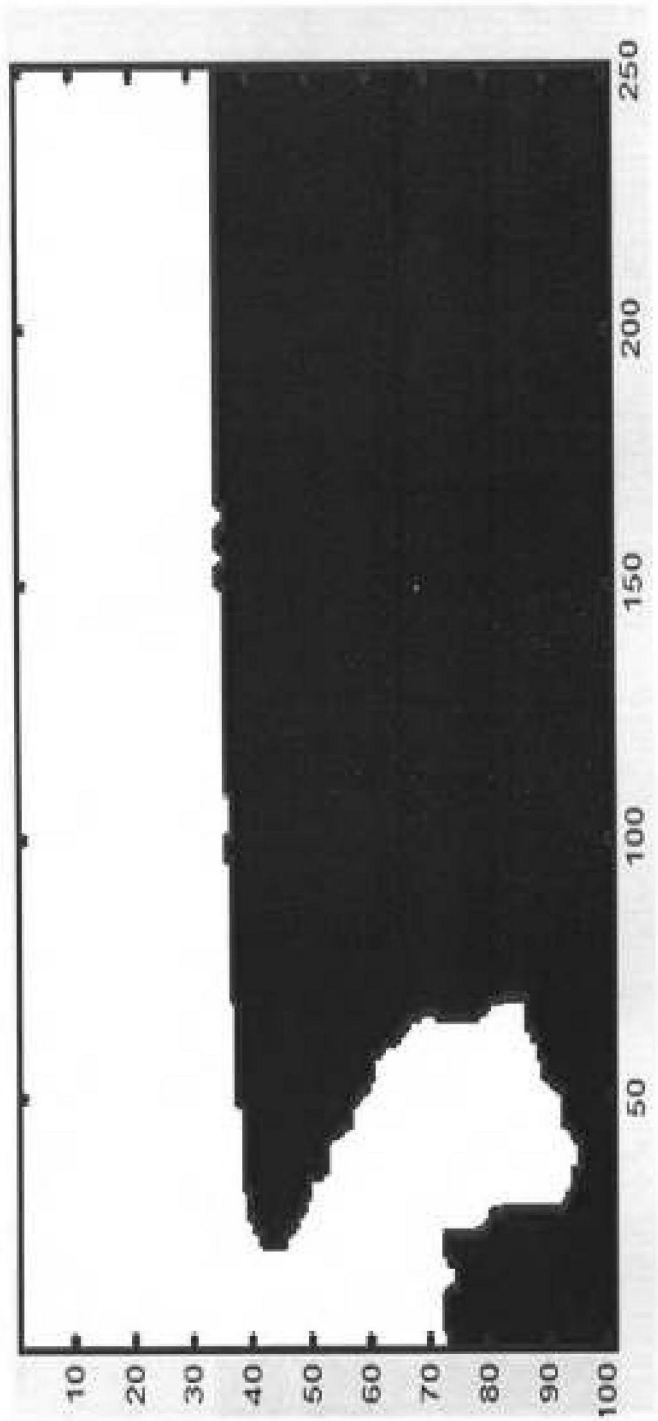


图6

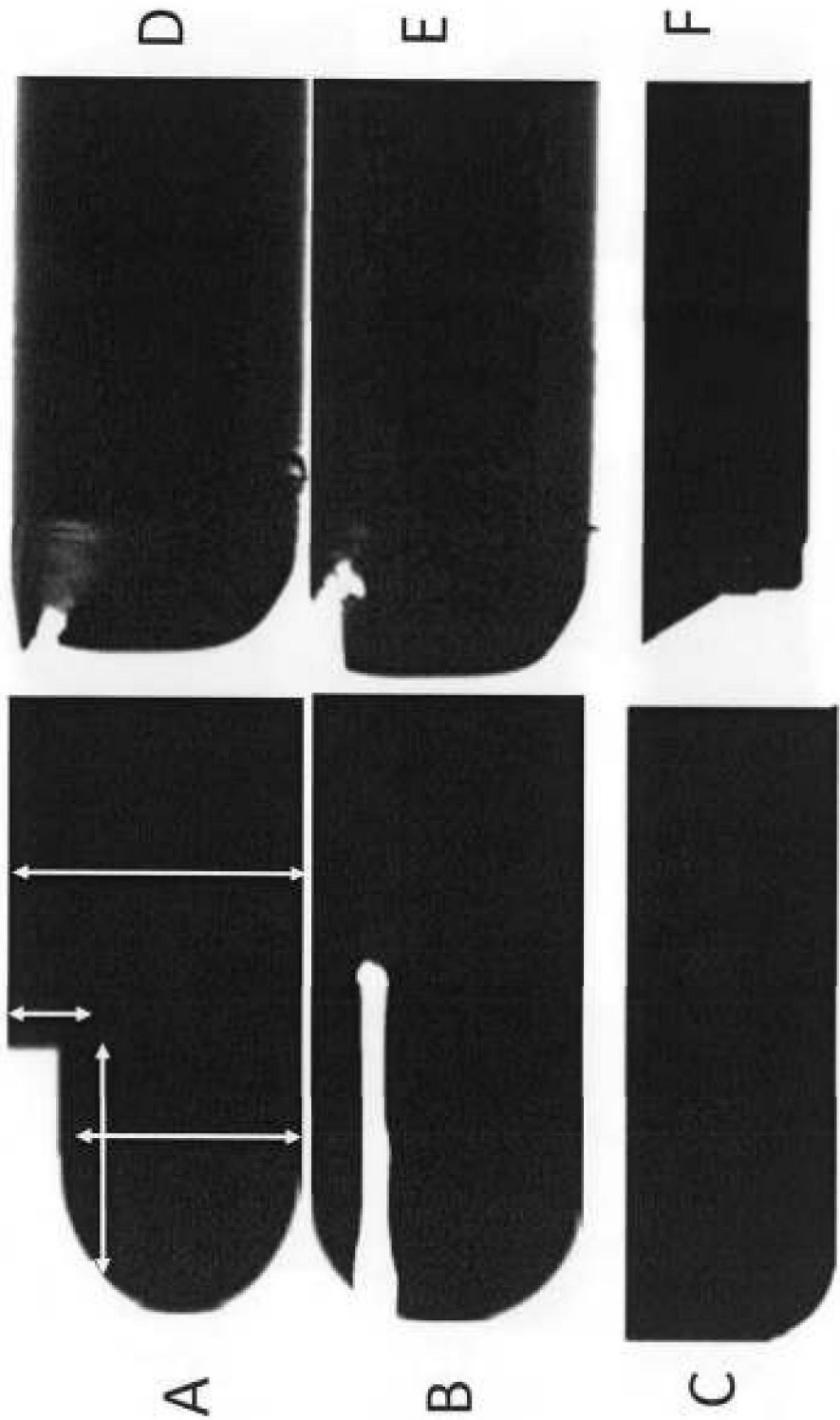


图7



图8

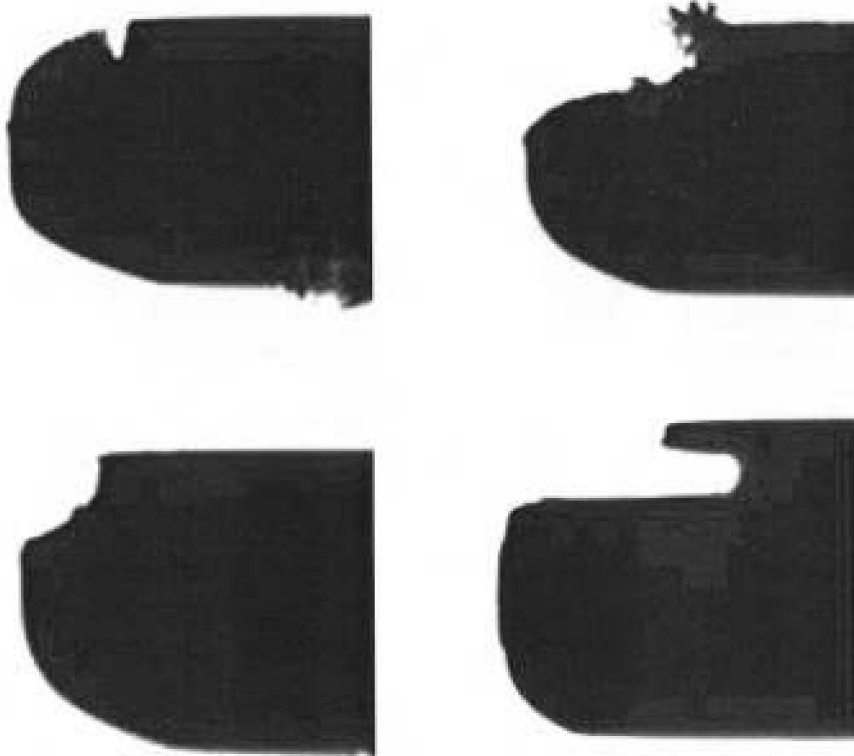


图9

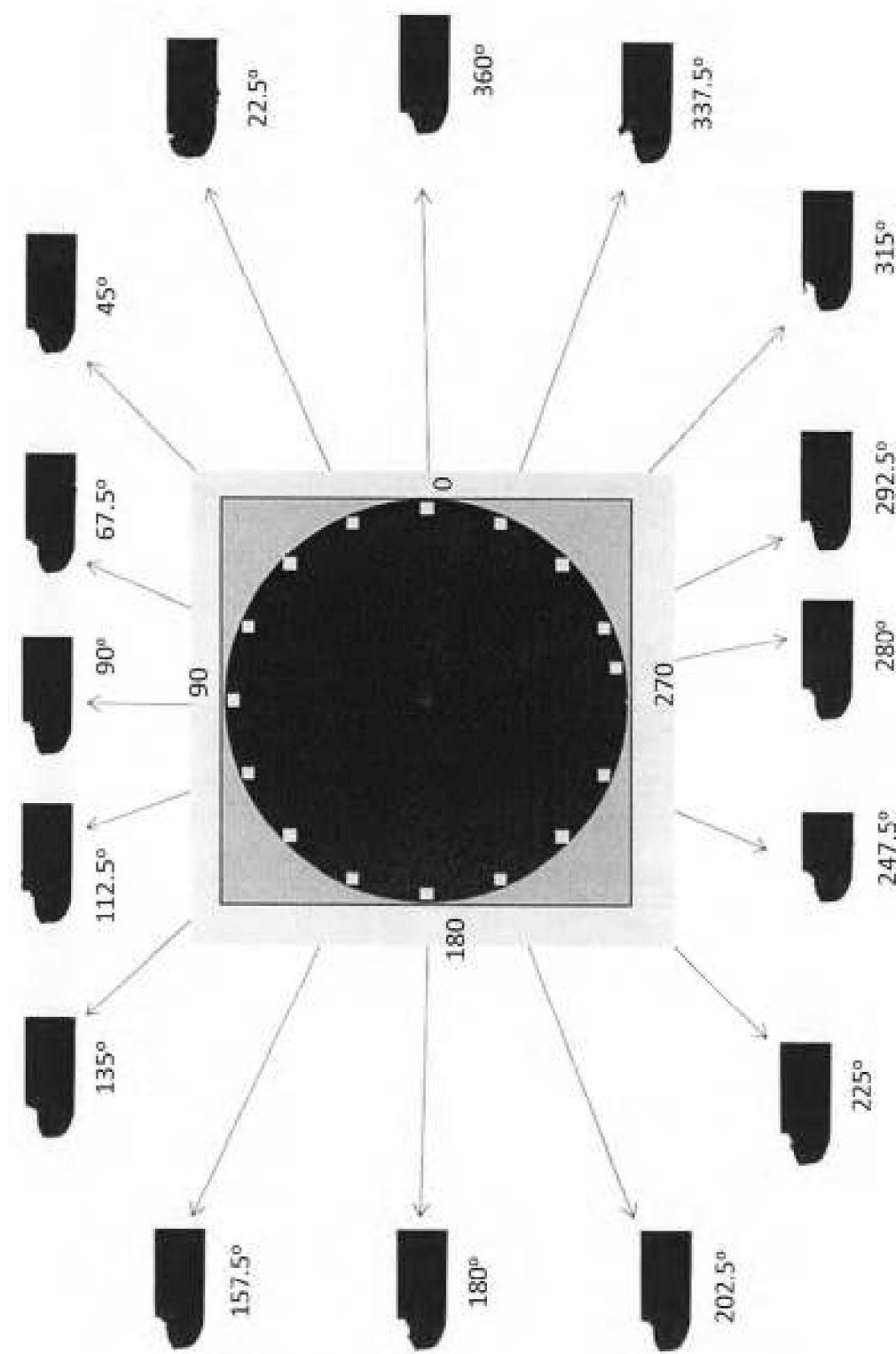


图10

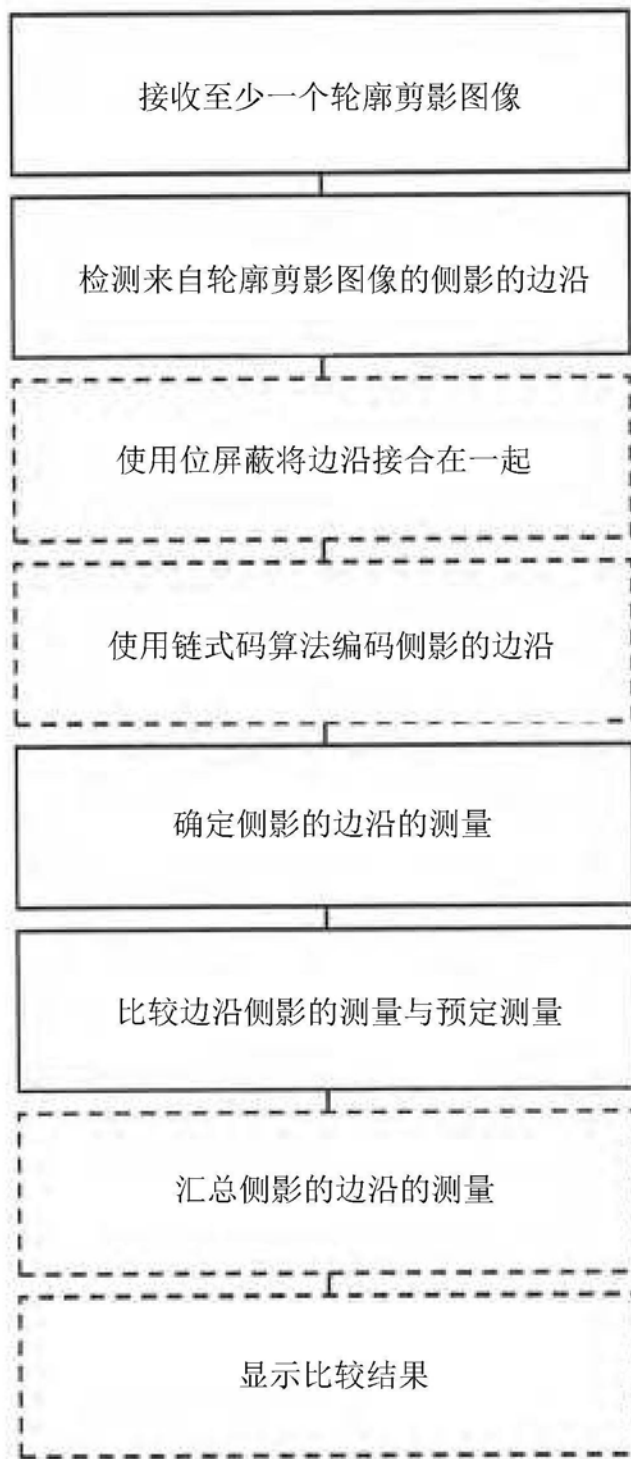


图11