



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111868903 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 19

(21) 申请号 201980017077.0

(22) 申请日 2019.03.19

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111868903 A

(43) 申请公布日 2020.10.30

(30) 优先权数据
62/645,406 2018.03.20 US
16/038,973 2018.07.18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.09.03

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/022833 2019.03.19

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/183008 EN 2019.09.26

(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 R·J·拉瑟 D·W·普利斯

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司
11287
专利代理师 刘丽楠

(51) Int.Cl.
H01L 21/67 (2006.01)
H01L 21/66 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2013288403 A1, 2013.10.31
CN 101672800 A, 2010.03.17
CN 105960702 A, 2016.09.21
US 2006063286 A1, 2006.03.23
US 2017356955 A1, 2017.12.14
WO 2014022682 A1, 2014.02.06

审查员 姚丹群

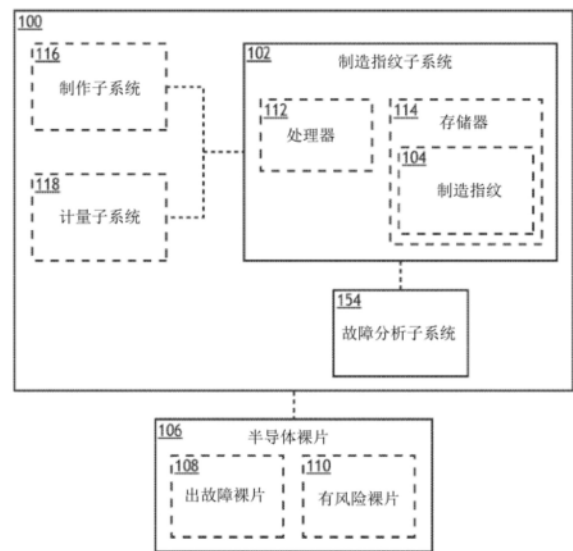
权利要求书4页 说明书18页 附图8页

(54) 发明名称

半导体装置的基于制造数据的针对性召回

(57) 摘要

一种用于提供针对性召回的系统包含: 量子系统, 其用于在一或多个制作步骤之后对半导体裸片执行在线测量以产生在线测量分布曲线; 故障分析子系统, 其用于确定出故障裸片的制造指纹; 及控制器。所述量子系统可进一步在一或多个封装步骤之后执行所述半导体裸片的一或多个测量以产生封装表征分布曲线。所述控制器可基于所述在线测量分布曲线及所述封装表征分布曲线而产生所述半导体裸片的制造指纹, 所述制造指纹被作为唯一电子芯片标识符来参考。所述控制器可进一步通过将所述半导体裸片的所述制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹进行比较而识别有风险裸片且指导所述一或多个有风险裸片的针对性召回。



1. 一种用于提供针对性召回的系统,其包括:

计量子系统,其用于在一或多个半导体制作步骤之后对多个裸片执行在线测量以产生所述多个裸片的在线测量分布曲线,其中所述计量子系统在一或多个封装步骤之后执行所述多个裸片的一或多个测量以产生所述多个裸片的封装表征分布曲线;

故障分析子系统,其用于确定出故障裸片的制造指纹的至少一部分;

控制器,其以通信方式包含经配置以执行程序指令的一或多个处理器,所述程序指令致使所述一或多个处理器进行以下操作:

产生所述多个裸片的制造指纹,所述制造指纹包含从计量子系统接收的所述在线测量分布曲线及从所述计量子系统接收的所述多个裸片的封装表征分布曲线,其中所述制造指纹存储在存储器中以用于通过供应链转移的至少一些裸片,其中每一制造指纹被作为所述多个裸片中的每一裸片的唯一电子芯片标识符ECID来参考;

应用一或多个机器学习技术以将所述出故障裸片的所述制造指纹和与所述出故障裸片的最近相邻裸片相关联的制造指纹的数据库做比较,以识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片,其中所述有风险裸片包括所述最近相邻裸片中显示指示故障可能性的制造指纹的一或多个裸片;及

指导所述一或多个有风险裸片的针对性召回。

2. 根据权利要求1所述的用于提供针对性召回的系统,其进一步包括:

基于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者而识别离群值裸片以产生所述多个裸片的离群值分布曲线,其中所述多个裸片的所述制造指纹包含所述离群值分布曲线。

3. 根据权利要求2所述的用于提供针对性召回的系统,其中识别离群值裸片包括:

基于零件平均测试技术而识别离群值裸片。

4. 根据权利要求3所述的用于提供针对性召回的系统,其中所述零件平均测试技术包括:

在线零件平均测试技术、动态零件平均测试技术或地理性零件平均测试技术中的至少一者。

5. 根据权利要求3所述的用于提供针对性召回的系统,其中基于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者而识别离群值裸片包括:

基于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者与平均值的偏差超过选定偏差公差而识别离群值裸片。

6. 根据权利要求2所述的用于提供针对性召回的系统,其中在部署之前筛选所述离群值裸片的至少一部分。

7. 根据权利要求1所述的用于提供针对性召回的系统,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的比较而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片包括:

基于最近相邻者技术而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片。

8. 根据权利要求1所述的用于提供针对性召回的系统,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的比较而识别所述多个裸片中的所述一或多个有风险裸片包括:

基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的相关性而识别所述多个裸片中的所述一或多个有风险裸片。

9. 根据权利要求8所述的用于提供针对性召回的系统,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的相关性而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片包括:

基于所述在线测量分布曲线及所述封装表征分布曲线的经加权相关性而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片。

10. 根据权利要求9所述的用于提供针对性召回的系统,其进一步包括:

确定与所述出故障裸片的故障相关联的故障机制;

基于所述故障机制而将相关性权重指派给所述制造指纹的元素。

11. 根据权利要求1所述的用于提供针对性召回的系统,其中所述制造指纹进一步包含制作分布曲线。

12. 根据权利要求11所述的用于提供针对性召回的系统,其中所述制作分布曲线包括:

电子芯片标识符ECID、制作设施、批次标识符、晶片标识符或晶片位置标识符中的至少一者。

13. 根据权利要求11所述的用于提供针对性召回的系统,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的比较而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片包括:

基于所述多个裸片的所述在线测量分布曲线、所述封装表征分布曲线及制作历史分布曲线相对于所述出故障裸片的经加权比较而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片。

14. 根据权利要求13所述的用于提供针对性召回的系统,其中所述制作历史分布曲线被加权的程度低于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者。

15. 一种用于提供针对性召回的方法,其包括:

在一或多个半导体制作步骤之后对多个裸片执行在线测量以产生所述多个裸片的在线测量分布曲线;

在一或多个封装步骤之后执行所述多个裸片的一或多个测量以产生所述多个裸片的封装表征分布曲线;

产生所述多个裸片的制造指纹,所述制造指纹包含所述多个裸片的所述在线测量分布曲线及所述封装表征分布曲线,其中所述制造指纹存储在存储器中以用于通过供应链转移的至少一些裸片,其中每一制造指纹被作为所述多个裸片中的每一裸片的唯一电子芯片标识符ECID来参考;

确定所述多个裸片中的出故障裸片的所述制造指纹的至少一部分;

应用一或多个机器学习技术以将所述出故障裸片的所述制造指纹和与所述出故障裸片的最近相邻裸片相关联的制造指纹的数据库做比较,以识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片,其中所述有风险裸片包括所述最近相邻裸片中显示指示故障可能性的制造指纹的一或多个裸片;及

召回包含所述一或多个有风险裸片的装置。

16. 根据权利要求15所述的用于提供针对性召回的方法,其进一步包括:

基于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者而识别离群值裸

片以产生所述多个裸片的离群值分布曲线,其中所述多个裸片的所述制造指纹包含所述离群值分布曲线。

17.根据权利要求16所述的用于提供针对性召回的方法,其中识别离群值裸片包括:
基于零件平均测试技术而识别离群值裸片。

18.根据权利要求17所述的用于提供针对性召回的方法,其中所述零件平均测试技术包括:

在线零件平均测试技术、动态零件平均测试技术或地理性零件平均测试技术中的至少一者。

19.根据权利要求17所述的用于提供针对性召回的方法,其中基于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者而识别离群值裸片包括:

基于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者与平均值的偏差超过选定偏差公差而识别离群值裸片。

20.根据权利要求16所述的用于提供针对性召回的方法,其中在部署之前筛选所述离群值裸片的至少一部分。

21.根据权利要求15所述的用于提供针对性召回的方法,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的比较而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片包括:

基于最近相邻者技术而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片。

22.根据权利要求15所述的用于提供针对性召回的方法,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的比较而识别所述多个裸片中的所述一或多个有风险裸片包括:

基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的相关性而识别所述多个裸片中的所述一或多个有风险裸片。

23.根据权利要求22所述的用于提供针对性召回的方法,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的相关性而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片包括:

基于所述在线测量分布曲线及所述封装表征分布曲线的经加权相关性而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片。

24.根据权利要求23所述的用于提供针对性召回的方法,其进一步包括:

确定与所述出故障裸片的故障相关联的故障机制;

基于所述故障机制而将相关性权重指派给所述制造指纹的元素。

25.根据权利要求15所述的用于提供针对性召回的方法,其中所述制造指纹进一步包含制作分布曲线。

26.根据权利要求25所述的用于提供针对性召回的方法,其中所述制作分布曲线包括:

电子芯片标识符ECID、制作设施、批次标识符、晶片标识符或晶片位置标识符中的至少一者。

27.根据权利要求25所述的用于提供针对性召回的方法,其中基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的比较而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片包括:

基于所述多个裸片的所述在线测量分布曲线、所述封装表征分布曲线及制作历史分布曲线相对于所述出故障裸片的经加权比较而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片。

28. 根据权利要求27所述的用于提供针对性召回的方法, 其中所述制作历史分布曲线被加权的程度低于所述在线测量分布曲线或所述封装表征分布曲线中的至少一者。

29. 一种用于提供针对性召回的系统, 其包括:

控制器, 其以通信方式耦合到计量子系统及故障分析子系统, 所述控制器包含经配置以执行程序指令的一或多个处理器, 所述程序指令致使所述一或多个处理器进行以下操作:

产生多个裸片的制造指纹, 所述制造指纹包含在一或多个半导体制作步骤之后基于在线测量而从所述计量子系统接收的所述多个裸片的在线测量分布曲线, 所述制造指纹进一步包含在一或多个封装步骤之后基于测量而从所述计量子系统接收的所述多个裸片的封装表征分布曲线, 其中所述制造指纹存储在存储器中以用于通过供应链转移的至少一些裸片, 其中每一制造指纹被作为所述多个裸片中的每一裸片的唯一电子芯片标识符ECID来参考;

应用一或多个机器学习技术以将出故障裸片的所述制造指纹和与所述出故障裸片的最近相邻裸片相关联的制造指纹的数据库做比较, 以识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片, 其中所述有风险裸片包括所述最近相邻裸片中显示指示故障可能性的制造指纹的一或多个裸片; 及

指导所述一或多个有风险裸片的针对性召回。

半导体装置的基于制造数据的针对性召回

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案依据35U.S.C. §119(e) 主张2018年3月20日提出申请、标题为“使用整体制造数据及机器学习实现有风险的半导体装置的针对性召回的方法 (METHOD TO ENABLE TARGETED RECALL OF AT RISK SEMICONDUCTOR DEVICES USING HOLISTIC MANUFACTURING DATA AND MACHINE LEARNING)”且指定罗伯特J.拉瑟特(Robert J.Rathert)及大卫W.普赖斯(David W.Price)为发明人的序列号为62/645,406的美国临时申请案的权益,所述美国临时申请案以全文引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及半导体装置的召回,且更特定来说涉及半导体装置的基于制造数据的针对性召回。

背景技术

[0004] 由于半导体装置的故障而进行产品召回对于企业及消费者两者来说通常是代价高的且破坏性的。因此期望将召回限制于预期出故障的半导体装置以便缓解相关联成本及破坏。典型产品召回基于与出故障装置相关联的总属性,例如制作的位置及时间窗。然而,此类毯式召回在防止未来发生相同或类似类型的故障方面可为低效的或无效的。

[0005] 半导体装置的故障通常与多个因素(包括但不限于制造及操作条件的缺陷)的收敛相关联。在实践中,给定半导体装置可在多个制作位置中的任一者中制作且可进一步暴露于多样化操作条件,例如但不限于温度、湿度、振动、电子过应力(EOS)或静电放电(ESD)条件。因此,准确地预测装置故障以提供针对性召回仍然是持续挑战。

发明内容

[0006] 根据本发明的一或多个说明性实施例揭示一种用于提供针对性召回的系统。在一个说明性实施例中,所述系统包含计量子系统以用于在一或多个制作步骤之后对半导体裸片执行在线测量以产生在线测量分布曲线。在另一说明性实施例中,所述计量子系统在一或多个封装步骤之后执行所述半导体裸片的一或多个测量以产生封装表征分布曲线。在另一说明性实施例中,所述系统包含故障分析子系统以用于确定出故障裸片的制造指纹的至少一部分。在另一说明性实施例中,所述系统包含控制器。在另一说明性实施例中,所述控制器基于所述半导体裸片的所述在线测量分布曲线及所述封装表征分布曲线而产生所述半导体裸片的制造指纹。在另一说明性实施例中,所述制造指纹被作为所述半导体裸片的唯一电子芯片标识符来参考。在另一说明性实施例中,所述控制器基于所述半导体裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的至少一部分的比较而识别一或多个有风险裸片。在另一说明性实施例中,所述控制器指导所述一或多个有风险裸片的针对性召回。

[0007] 根据本发明的一或多个说明性实施例揭示一种用于提供针对性召回的方法。在一个说明性实施例中,所述方法包含在一或多个半导体制作步骤之后对半导体裸片执行在线

测量以产生在线测量分布曲线。在另一说明性实施例中,所述方法包含在一或多个封装步骤之后执行所述半导体的一或多个测量以产生封装表征分布曲线。在另一说明性实施例中,所述方法包含基于所述在线测量分布曲线及所述封装表征分布曲线而产生所述半导体裸片的制造指纹。在另一说明性实施例中,所述制造指纹被作为所述半导体裸片的唯一电子芯片标识符来参考。在另一说明性实施例中,所述方法包含确定所述多个裸片中的出故障裸片的制造指纹的至少一部分。在另一说明性实施例中,所述方法包含基于所述多个裸片的制造指纹与所述出故障裸片的所述制造指纹的所述至少一部分的比较而识别所述多个裸片中的一或多个有风险裸片。在另一说明性实施例中,所述方法包含召回包含所述一或多个有风险裸片的装置。

[0008] 根据本发明的一或多个说明性实施例揭示一种用于提供针对性召回的系统。在一个说明性实施例中,所述系统包含以通信方式耦合到计量子系统及故障分析子系统的控制器。在另一说明性实施例中,所述控制器在一或多个半导体制作步骤之后基于从所述计量子系统接收的半导体裸片的在线测量分布曲线且进一步在一或多个封装步骤之后基于从所述计量子系统接收的所述半导体裸片的封装表征分布曲线而产生所述半导体裸片的制造指纹。在另一说明性实施例中,所述制造指纹被作为所述半导体裸片的唯一电子芯片标识符来参考。在另一说明性实施例中,所述控制器基于所述半导体裸片的制造指纹与从所述故障分析子系统接收的所述出故障裸片的制造指纹的至少一部分的比较而识别一或多个有风险裸片。在另一说明性实施例中,所述控制器指导所述一或多个有风险裸片的针对性召回。

[0009] 应理解,前述大体说明及以下详细说明两者均仅为示范性及解释性的且未必限定所主张的本发明。并入本说明书中并构成本说明书的一部分的所附图式图解说明本发明的实施例,并与所述大体说明一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0010] 所属领域的技术人员可通过参考所附图式更好地理解本发明的众多优点,在所附图式中:

[0011] 图1A是根据本发明的一或多个实施例的用于提供针对性召回的系统的概念视图。

[0012] 图1B是图解说明根据本发明的一或多个实施例的计量子系统的概念视图。

[0013] 图1C是图解说明根据本发明的一或多个实施例的基于粒子的计量子系统的概念视图。

[0014] 图2是图解说明在用于执行半导体装置的针对性召回的方法中执行的步骤的流程图。

[0015] 图3A是根据本发明的一或多个实施例的在半导体制作过程的晶片阶段期间的在线测量的概念视图。

[0016] 图3B是根据本发明的一或多个实施例的在半导体制作过程的封装阶段期间的测量的概念视图。

[0017] 图4A包含根据本发明的一或多个实施例的指示损坏的外部外壳的光学图像。

[0018] 图4B包含根据本发明的一或多个实施例的指示损坏的外部外壳的粒子束图像。

具体实施方式

[0019] 现在将详细参考在附图中所图解说明的所揭示标的物。本发明已关于某些实施例及其特定特征来特别地展示及描述。本文中所陈述的实施例应被视为说明性的而非限制性的。所属领域的普通技术人员应容易地明了,可在不背离本发明的精神及范围的情况下做出形式及细节上的各种改变及修改。

[0020] 本发明的实施例针对于用于基于整体制造数据提供半导体装置的针对性召回的系统及方法。

[0021] 在一些实施例中,形成制造指纹(例如,指纹)以合并及/或跟踪与半导体装置的制造历史有关的数据,例如但不限于制作分布曲线、在线测量分布曲线、封装测试分布曲线或老化分布曲线。在装置故障(例如,在现场操作的装置的故障)之后,即刻可提取所述出故障装置的至少部分指纹。然后,针对性召回可仅包含具有与所述出故障装置类似的指纹的半导体装置。就此来说,针对性召回可利用装置特有制造数据来识别可能在与出故障装置类似的条件下出故障的具有类似缺陷及/或测试分布曲线的半导体装置的子集。

[0022] 在一些实施例中,制造指纹包含适合用于识别与制作相关联的各种条件的制作分布曲线数据。举例来说,制作分布曲线数据可包含制作位置,例如制作设施、制作设施内的制作线等。通过另一实例的方式,制作分布曲线数据可包含制作时间或时间窗。通过另一实例的方式,制作分布曲线数据可包含与特定晶片、晶片上的特定裸片、裸片内的特定位置等有关的粒度信息。例如,制作分布曲线数据可包含例如但不限于批次标识符、晶片标识符或裸片在晶片上的位置(例如,在X-Y坐标中、在极坐标中等)的粒度信息。通过另一实例的方式,制作电子ID(ECID)唯一于每一装置。

[0023] 在本文中认识到,制作分布曲线数据可为不充分的及/或有时为半导体装置的故障率的不良预测子。举例来说,单独基于制作分布曲线数据的产品召回假定在时间上接近于出故障装置的时间在同一位置中制作的装置将具有与所述出故障装置类似的故障率。然而,情况可为:由这些总特性识别的装置的操作条件可不同。举例来说,来自与出故障装置相同的制作设施且在一些情形中来自与出故障装置相同的批次的半导体装置可集成到不同组件中且暴露于不同操作条件。因此,单独基于制作分布曲线数据的产品召回可包含不可能在半导体装置的实际操作条件下出故障的那些装置。此外,单独基于制作分布曲线数据的产品召回可不包含以下半导体装置:在其它批次或其它设施中制作,但具有与出故障装置类似的制造历史且可经受与出故障装置类似的操作条件使得其展现高故障可能性。

[0024] 在一些实施例中,制造指纹包含在线测量分布曲线数据(例如,缺陷分布曲线数据、计量分布曲线数据、检验分布曲线数据等)。在本文中认识到,制造缺陷(例如,与设计规格的偏差)及/或污染物的存在可导致装置故障。因此,包含在线测量分布曲线数据的指纹可促进识别易受与出故障装置相同或类似的基于缺陷的故障机制影响的半导体装置。举例来说,半导体制作过程可包含一系列计量步骤以表征、监测及/或控制所述制作程序。例如,半导体制作过程可包含检验步骤以识别与污染物的引入、所制作特征与目标值的偏差等相关联的缺陷。在另一例子中,半导体制作过程可包含叠对计量步骤以确定连续制作的层的相对位置。因此,指纹可包含在制作期间的任一点处与晶片及/或裸片相关联的计量结果。

[0025] 在一些实施例中,制造指纹包含测试分布曲线数据。半导体晶片通常包含跨越晶片装置分布以并行制作多个装置的多个裸片。在制作之后,晶片可被切割且每一裸片可单

独或与额外组件一起被封装以形成半导体装置。经封装组件(或部分地经封装组件)然后通常经受各种测试,例如但不限于用以表征各种组件之间的电及/或机械连接的连接测试、用以确定装置是否在选定规格内起作用的功能性测试或其中组件在各种操作条件下经受各种应力以筛选装置以便找出故障的老化测试。在本文中认识到,具有类似测试分布曲线的装置可易受与出故障装置相同或类似的基于操作条件的故障机制影响。因此,指纹可包含与经封装或部分地经封装装置相关联的测试结果。

[0026] 在一些实施例中,制造指纹包含预期操作分布曲线数据。在本文中认识到,给定半导体装置是否暴露于与出故障装置相同或类似的操作条件可影响预期故障可能性。举例来说,情况可为:预期操作环境(例如,温度、压力、EOS、EDS等)及/或既定用途(例如,飞机驾驶舱、汽车、消费型电子装置等)在制造时间是已知。因此,指纹可包含预期操作条件。

[0027] 在一些实施例中,与相同或类似类型的半导体装置相关联的制造指纹以促进所述指纹内的各种数据的搜索及相关性分析的格式来存储。举例来说,指纹可存储于可搜索数据库中。通过另一实例的方式,指纹可存储于适合用于使用机器学习技术实现相关性的系统中。

[0028] 在一些实施例中,在装置故障之后,即刻针对出故障装置提取完全指纹或部分指纹。举例来说,如果产生且存储了特定出故障装置的完全制造指纹,那么所述完全指纹可为已知的。通过另一实例的方式,可基于未知或不可识别部分的故障分析而提取完全指纹或部分指纹。

[0029] 在一些实施例中,可基于出故障装置的指纹(或至少部分指纹)与所存储指纹的比较性分析而将半导体装置子集识别为针对性召回的部分。所述比较性分析可包含适合用于识别可能在与出故障装置类似的操作条件下出故障的半导体装置的所属领域中已知的任何技术。举例来说,比较性分析可包含(但不需要包含)“最近相邻者”技术以识别具有按选定度量确定的类似指纹的半导体装置。通过另一实例的方式,比较性分析可包含与包含于指纹中的各种数据对象相关联的权重。在本文中认识到,指纹的不同数据对象或数据对象组合可具有用于预测故障的不同关联性。例如,缺陷及/或测试分布曲线数据可具有(但不需要具有)比制作分布曲线数据高的预测权重。通过另一实例的方式,已知缺陷类型与已知操作条件的特定组合可与装置故障高度相关。

[0030] 现在参考图1到4B,根据本发明的一或多个实施例,更详细地描述用于基于制造指纹而提供针对性召回的系统及方法。

[0031] 图1A是根据本发明的一或多个实施例的用于提供针对性召回的系统100的概念视图。在一个实施例中,系统100包含用于存储及/或分析制造指纹104的制造指纹子系统102。举例来说,制造指纹子系统102可将在沿着制造过程的各种步骤处与半导体裸片106相关联的数据对象编译成可搜索格式且存储所述数据对象以形成制造指纹104。通过另一实例的方式,在出故障裸片108(例如,半导体裸片106中的一者)的故障之后,制造指纹子系统102即刻可分析所存储制造指纹104以将半导体裸片106的子集识别为具有与出故障裸片108类似的制造指纹104的有风险裸片110。因此,有风险裸片110可充分有可能在与出故障裸片108类似的操作条件下出故障以保证召回。

[0032] 在另一实施例中,制造指纹子系统102包含经配置以执行维持于存储器媒体114上的程序指令的一或多个处理器112。就此来说,制造指纹子系统102的一或多个处理器112可

执行本发明通篇所描述的各种过程步骤中的任一者。制造指纹子系统102的一或多个处理器112可包含所属领域中已知的任何处理元件。在此意义上,一或多个处理器112可包含经配置以执行算法及/或指令的任何微处理器型装置。在一个实施例中,一或多个处理器112可由桌上型计算机、大型计算机系统、工作站、图像计算机、并行处理器或如本发明通篇中所描述的经配置以执行经配置为操作系统100的程序的任何其它计算机系统(例如,联网计算机)组成。进一步认识到,术语“处理器”可广义地定义为囊括具有一或多个处理元件的任一装置,所述一或多个处理元件执行来自非暂时性存储器媒体114的程序指令。

[0033] 存储器媒体114可包含适合用于存储可由相关联的一或多个处理器112执行的程序指令的所属领域中已知的任何存储媒体。举例来说,存储器媒体114可包含非暂时性存储器媒体。通过另一实例的方式,存储器媒体114可包含但不限于只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、磁性或光学存储器装置(例如,磁盘)、磁带、固态驱动器等。进一步注意,存储器媒体114可与一或多个处理器112一起装纳于共同控制器壳体中。在一个实施例中,存储器媒体114可位于远离一或多个处理器112的物理位置之处。例如,制造指纹子系统102的一或多个处理器112可存取可通过网络(例如,因特网、内联网等)存取的远程存储器(例如,服务器)。因此,以上说明不应解释为对本发明的限制,而是仅为图解说明。

[0034] 在另一实施例中,系统100包含制作子系统116,制作子系统116包含用于制造半导体裸片106的一或多个制作工具,例如但不限于光刻工具、蚀刻工具、抛光工具、切割工具或封装工具。制作子系统116(例如,任何相关联制作工具)可以通信方式耦合到制造指纹子系统102以提供与半导体裸片106相关联的制作信息。就此来说,由制造指纹子系统102存储的制造指纹104可包含制作分布曲线数据,其包含关于及/或来自制作子系统116的信息。举例来说,制作分布曲线数据可包含但不限于制作设施、制作设施内的制作线或在各种制造步骤处使用的制作工具。通过另一实例的方式,制作分布曲线数据可包含晶片及/或裸片特有信息,例如但不限于批次标识符、晶片标识符、裸片标识符或裸片在晶片上的位置。

[0035] 在另一实施例中,系统100包含计量子系统118,计量子系统118包含用于在制造过程的各种步骤处表征及/或筛选半导体裸片106的一或多个计量工具。计量子系统118可包含适合用于在制造过程的任一点处的任何类型的计量及/或检验测量的任何类型的计量工具。

[0036] 举例来说,计量子系统118可包含计量工具以表征所沉积膜及/或所制作特征的一或多个方面。因此,制造指纹104可包含与一或多个过程步骤处的计量结果相关联的在线测量分布曲线。

[0037] 计量子系统118可包含所属领域中已知的任何类型的计量工具。在一个例子中,计量子系统118包含晶片计量工具以表征裸晶片及/或未经图案化膜的各方面,例如但不限于晶片厚度、晶片平坦度、膜厚度、膜平坦度、折射率或应力。在另一例子中,计量子系统118包含计量工具以测量所制作特征的各方面,例如但不限于大小、临界尺寸(CD)、形状、定向或线粗糙度。在另一例子中,计量子系统118包含叠对计量工具以测量在半导体裸片106的不同层上所制作的特征之间的相对对齐位置。

[0038] 通过另一实例的方式,计量子系统118可包含检验工具以用于识别及/或表征缺陷,例如但不限于污染物或制作缺陷。因此,制造指纹104可包含一或多个过程步骤处的检验结果。

[0039] 计量子系统118可包含所属领域中已知的任何类型的检验工具。在一个例子中,计量子系统118包含检验工具以表征所制作特征与设计规格的偏差,例如但不限于临界尺寸(CD)误差、组件之间的非所要连接(例如,电短路)、组件中的非所要间隙、线粗糙度误差、形状偏差(例如,经修圆拐角)等。就此来说,制造指纹104可包含半导体裸片106的与制造过程的多个阶段处的检验结果(例如,已知缺陷及/或所制作特征与目标值的差异)相关联的在线测量分布曲线。在另一实施例中,计量子系统118包含检验工具以检测污染物(例如但不限于沉积于半导体裸片106上的非所要材料)或制造缺陷(例如,在抛光步骤期间的刮痕、坑、空隙等)。

[0040] 通过另一实例的方式,计量子系统118可包含封装检验及/或测试工具以询问经封装半导体裸片106的功能性及/或连接性。因此,制造指纹104可包含适合用于集成到额外组件中的一或多个过程步骤(例如但不限于其中将晶片切割成个别裸片的切割步骤或其中将裸片集成到芯片中(例如,利用电引线、外部支撑件、壳层等)的封装步骤)处的测试结果。

[0041] 计量子系统118可包含所属领域中已知的任何类型的封装测试工具。在一个例子中,计量子系统118包含可表征经封装半导体裸片106的电及/或机械连接的测试工具。在一个例子中,计量子系统118包含其中在各种操作条件(例如但不限于温度、电压、电流或机械应力)下测试经封装半导体裸片106的性能的老化测试设备。

[0042] 与计量子系统118相关联的计量工具可包含所属领域中已知的计量系统的任一组合,例如但不限于光学计量系统(例如,基于光的计量系统)、基于粒子的计量系统或基于探针的系统。

[0043] 在一个实施例中,计量子系统118可包含基于用光照射半导体裸片106及/或收集从半导体裸片106发出的光的光学计量工具。

[0044] 图1B是图解说明根据本发明的一或多个实施例的计量子系统118的概念视图。举例来说,图1B可表示(但不限于表示)光学计量工具。

[0045] 在一个实施例中,计量子系统118包含计量照射源120以产生计量照射束122。计量照射束122可包含电磁辐射束或粒子束。举例来说,计量照射束122可包含一或多个选定波长的电磁辐射,其包含但不限于X射线辐射、紫外(UV)辐射、可见辐射或红外(IR)辐射。通过另一实例的方式,计量照射束122可包含电子、离子、中性粒子等的射束。

[0046] 在另一实施例中,计量照射源120经由照射路径124将计量照射束122引导到安置于样本载台126上的半导体裸片106。照射路径124可包含一或多个照射路径透镜128。此外,照射路径124可包含适合用于修改及/或调节计量照射束122的一或多个额外光学组件130。举例来说,一或多个光学组件130可包含但不限于一或多个偏光器、一或多个滤光器、一或多个分束器、一或多个漫射器、一或多个均质器、一或多个切趾器或者一或多个射束整形器。

[0047] 在一个实施例中,照射路径124包含分束器132。在另一实施例中,计量子系统118包含物镜134以将计量照射束122聚焦到半导体裸片106上。

[0048] 在另一实施例中,计量子系统118包含经配置以通过收集路径138捕获从半导体裸片106发出的辐射的一或多个检测器136。收集路径138可包含但不限于一或多个收集路径透镜140以用于收集来自半导体裸片106的辐射。举例来说,检测器136可经由一或多个收集路径透镜140接收从半导体裸片106反射或散射(例如,经由镜面反射、漫反射等)的辐射。通

过另一实例的方式,检测器136可接收由半导体裸片106产生的辐射(例如,与计量照射束122的吸收相关联的发光等)。通过另一实例的方式,检测器136可接收来自半导体裸片106的一或多个辐射衍射级(例如,0级衍射、±1级衍射、±2级衍射等)。

[0049] 检测器136可包含适合用于测量从半导体裸片106接收的辐射的所属领域中已知的任何类型的检测器。举例来说,检测器136可包含但不限于CCD检测器、TDI检测器、光电倍增管(PMT)、雪崩光电二极管(APD)等。通过另一实例的方式,检测器136可包含适合用于识别从半导体裸片106发出的辐射的波长的光谱检测器。通过另一实例的方式,检测器136可包含适合用于检测响应于计量照射束122而从半导体裸片106发出的粒子(例如,次级电子、反向散射电子等)的粒子检测器。此外,计量子系统118可包含多个检测器136(例如与由一或多个分束器产生的多个射束路径相关联)以促进由计量子系统118进行的多个计量测量。

[0050] 通过另一实例的方式,计量子系统118可包含基于用粒子束(例如,电子束、离子束等)照射半导体裸片106及/或收集来自半导体裸片106的基于粒子的辐射的基于粒子的计量工具。例如,基于粒子的计量工具可包含但不限于扫描电子显微镜(SEM)或聚焦离子束(FIB)系统。

[0051] 图1C是图解说明根据本发明的一或多个实施例的基于粒子的计量子系统118的概念视图。

[0052] 在一个实施例中,计量子系统118包含粒子源142(例如,电子束源、离子束源等)以产生粒子束144(例如,电子束、离子束等)。粒子源142可包含适合用于产生粒子束144的所属领域中已知的任何粒子源。举例来说,粒子源142可包含但不限于电子枪或离子枪。在另一实施例中,粒子源142经配置以提供具有可调谐能量的粒子束。举例来说,包含电子源的粒子源142可(但不限于)提供在0.1kV到30kV的范围中的加速电压。作为另一实例,包含离子源的粒子源142可(但不需要)提供具有在1keV到50keV的范围中的能量的离子束。

[0053] 在另一实施例中,计量子系统118包含一或多个粒子聚焦元件146。举例来说,一或多个粒子聚焦元件146可包含但不限于单个粒子聚焦元件或形成复合系统的一或多个粒子聚焦元件。在另一实施例中,一或多个粒子聚焦元件146包含经配置以将粒子束144引导到位于样本载台126上的半导体裸片106的粒子物镜148。此外,一或多个粒子源142可包含所属领域中已知的任何类型的电子透镜,包含但不限于静电透镜、磁透镜、单电位透镜或双电位透镜。

[0054] 在一个实施例中,计量子系统118包含布置为单个聚焦元件或复合聚焦元件的一或多个粒子聚焦元件(例如,照射路径透镜128等)。举例来说,一或多个粒子聚焦元件可包含但不限于适合用于将计量照射束122引导到半导体裸片106的单个粒子聚焦元件或形成复合系统的一或多个粒子聚焦元件。

[0055] 在另一实施例中,计量子系统118可包含一或多个偏移检测器136以使半导体裸片106成像或以其它方式检测从半导体裸片106发出的粒子及/或电磁辐射。举例来说,检测器136可包含电子收集器(例如,次级电子收集器、反向散射电子检测器等)。通过另一实例的方式,检测器136可包含光子检测器(例如,光电检测器、x射线检测器、耦合到光电倍增管(PMT)检测器的闪烁元件等)以用于检测来自样本表面的电子及/或光子。

[0056] 基于粒子的计量工具可包含一或多个列以提供多个并行测量。举例来说,图1C可表示(但不限于表示)基于粒子的计量工具的单个列。计量子系统118可包含任一数目个列。

此外,包含多个列的计量子系统118可包含用于列的单个计量照射源120或用于一或多个列的专用计量照射源120。

[0057] 此外,与计量子系统118(例如,光学计量系统、基于粒子的计量系统等)相关联的计量工具可在成像或非成像模式中操作。举例来说,基于图像的计量工具可通过以下方式产生半导体裸片106的图像:利用透镜使选定视场成像或使照射束(例如,光束、粒子束等)跨越受测试的装置扫描以逐点建立图像。

[0058] 通过另一实例的方式,计量子系统118可包含基于探针的计量工具,所述基于探针的计量工具包含源及/或收集探针。例如,基于探针的计量工具可包含用以供应电压及/或电流(例如,到电衬垫)的探针以及用以在电路的选定部分处(例如,在电衬垫处、在选定组件之间等)测量电压及/或电流的探针。另外,在本文中认识到,基于探针的计量工具可具有所属领域中已知的任何类型的探针,例如但不限于用于物理上接触受测试的装置的机械探针或非接触式探针。在一个例子中,基于探针的计量工具可利用带电粒子束来感应装置内的电压及/或电流。

[0059] 测量探针可由独立基于探针的计量系统利用或可集成到例如但不限于光学计量系统或基于粒子的计量系统等其它计量系统中。在一个实施例中,如图1B中所图解说明,一或多个测量探针152集成到成像光学计量系统中。举例来说,所述光学计量系统可配置为成像系统,使得测量探针152在半导体裸片106上的位置可为可见的以促进对准(例如,测量探针152与接触衬垫的对准等)。

[0060] 在另一实施例中,系统100包含故障分析子系统154,故障分析子系统154包含一或多个计量及/或测试工具以用于确定与出故障裸片108相关联的故障机制。举例来说,故障分析子系统154可包含(但不需要包含)计量子系统118的计量工具中的任一者(例如,检验工具、基于探针的工具等)。因此,故障分析子系统154可使用所属领域中已知的任何技术来询问出故障裸片108,例如但不限于用以表征选定组件之间的电连接性的电迹线测试、用以确定选定组件之间的出故障裸片108的频率响应的阻抗测试,或使出故障裸片108的各种部分成像以识别故障点,或对外部信息源(例如,事故报告、日志等)的分析。

[0061] 在一个实施例中,故障分析子系统154可将故障机制连结到制造指纹104的一或多个元素。举例来说,故障可连结到出故障裸片108的已知特性,例如但不限于所制作特征的物理、电、机械、光学或化学特性。因此,故障分析子系统154可识别出故障裸片108的制造指纹104的可能导致故障机制的一或多个分量(例如,在线测量、封装表征测量、老化测试)等。因此,制造指纹子系统102可识别具有制造指纹104的连结到故障机制的类似分量的有风险裸片110。

[0062] 情况可为:在装置故障之后,与出故障裸片108相关联的故障机制可并非是已知的。举例来说,情况可为:出故障裸片108未被充分损坏,使得不可在所置信水平内确定故障机制。通过另一实例的方式,不可在所置信水平内确定故障本质。在一个实施例中,在不具有对故障机制的特殊考虑的情况下一般基于出故障裸片108的制造指纹104而确定一或多个有风险裸片110。

[0063] 在另一实施例中,制造指纹子系统102基于在沿着制造过程的多个点处从例如但不限于制作子系统116、计量子系统118或故障分析子系统154的设备产生的数据而产生半导体裸片106的制造指纹104。举例来说,制造指纹子系统102可将与每一半导体裸片106相

关联的制造指纹104存储于存储器媒体114中。此外,可使用所属领域中已知的任何技术使制造指纹104被作为半导体裸片106的参考。在一个实施例中,给予每一半导体裸片106唯一电子芯片标识符(ECID)。因此,制造指纹104及其中的相关联数据可被作为ECID来参考。

[0064] 在另一实施例中,以可搜索格式来存储制造指纹104,使得各种数据对象(例如,制作分布曲线、缺陷分布曲线、测试分布曲线等)可为可个别地存取的以用于与出故障裸片108的制造指纹104的对应数据对象进行比较。此外,制造指纹子系统102可包含适合用于存储、存取、分析及/或观察制造指纹104或分析结果的任何框架。举例来说,制作子系统116可包含但不限于数据框架(例如,大数据框架等),例如但不限于Apache Hadoop、Apache Spark、Apache Storm或Google BigQuery。就此来说,制造指纹子系统102可实施数据处理方案的任一组合,例如但不限于批次处理或流处理。

[0065] 此外,制造指纹子系统102可包含用于存储制造指纹104的文件系统,例如但不限于Apache Hadoop分布式文件系统(HDFS)、Ceph文件系统、Lustre文件系统。此外,制造指纹子系统102可包含适合用于对所存储制造指纹104进行操作的数据分析及/或数据挖掘模型,例如但不限于MapReduce框架(例如,Apache MapReduce、Google MapReduce、Pachyderm MapReduce等)、Apache Tez、Apache Ignite、Apache PIG、JAQL或Apache Flink。

[0066] 制造指纹子系统102可以任何层级的结构来存储制造指纹104(例如,与来自沿着制造过程的各种步骤的半导体裸片106相关联的数据对象)。此外,制造指纹104可包含具有不同层级的结构的数据。举例来说,制造指纹104或其部分可存储为非结构化、半结构化或结构化数据。然而,在本文中认识到,数据可一般具有各种层级的结构或组织,使得结构化数据、半结构化数据、非结构化数据等的标签可表示描述给定数据集内的结构量的谱上的一般位置。因此,甚至非结构化数据可展现某一量的组织或结构。

[0067] 举例来说,制造指纹104或其部分可包含其中信息可组织成一系列经定义组织标签的结构化或半结构化数据(例如,识别信息、给定处理步骤处的缺陷率分布曲线、给定封装步骤处的测试数据等)。就此来说,数据结构可跨越不同组织标签促进制造指纹104之间的比较且识别制造指纹104之间的相似性及差异。此外,在本文中认识到,并非所有半导体裸片106均经历相同系列的处理步骤、计量步骤及/或测试步骤,使得不同半导体裸片106的制造指纹104可包含与不同经定义组织结构相关联的数据。然而,情况可为:与特定半导体装置相关联的半导体裸片106可具有在共同组织标签内的数据。通过另一实例的方式,制造指纹104或其部分可存储为非结构化数据。就此来说,制造指纹104可包含可不符合经定义组织标签(例如但不限于在制造期间遇到的特殊情况或问题)的信息。

[0068] 制造指纹子系统102可将制造指纹104或其部分存储于所属领域中已知的任何类型的数据库存储框架中。举例来说,与制造指纹104相关联的结构化数据可(但不需要)存储于例如但不限于Apache Hive、Google BigQuery、Apache Tajo或Apache MRQL的关联式基础结构(例如,关联式数据库等)中。通过另一实例的方式,与制造指纹104相关联的半结构化数据可(但不需要)存储于任一类型的NoSQL数据库中,例如但不限于文档数据模型、流数据模型、键-值数据模型或图形数据模型。例如,半结构化数据可存储于任何类型的半结构化数据基础结构中,例如但不限于Apache Cassandra、Apache Hbase、Google BigTable、Hypertable或Apache Kudu。通过另一实例的方式,可以任一可搜索格式来存储非结构化数据。

[0069] 制造指纹104可进一步组织成单个可搜索数据集或分布在任一数目个单独数据集内。举例来说,包含所有已知制造指纹104的单个数据集可促进许多不同半导体裸片106之间的相关性且可基于任何可用数据而识别有风险裸片110。在另一实施例中,跨越可独立地搜索的多个数据集划分制造指纹104。

[0070] 举例来说,可期望限制给定数据集的大小以促成高效搜索及有用相关性。因此,制造指纹104可基于例如但不限于制造时间、半导体装置类型(例如,存储器芯片、一般处理芯片、视频处理芯片等)或预期操作环境(例如,个人电子器件、汽车、航空电子设备等)的任何类型的组织方案而存储于一或多个数据集中。

[0071] 通过另一实例的方式,与制造指纹104相关联的数据对象可基于数据内的结构层级而分布到多个数据集中。举例来说,情况可为:制造指纹104内的数据对象的组织基础结构可导引用于对相关数据对象进行搜索、挖掘及/或分析的算法的可用性及/或效率。因此,可基于与制造指纹104的具有不同层级的结构的部分相关联的不同数据集的多个查询而识别有风险裸片110。

[0072] 通过另一实例的方式,制造指纹104可基于是否在一或多个处理步骤处基于计量数据(例如,来自计量子系统118)将相关联数据对象确定为离群值而分布到多个数据集中。在本文中认识到,与在任一给定处理步骤处被视为在选定质量公差内的半导体裸片106相关联的计量数据可通常由值分布及/或值群集表征,且一些半导体裸片106可展现超出所述值(例如,离群值)分布但仍在选定质量公差内的计量测量。然而,情况可为:在选定质量公差内展现与一或多个计量测量相关联的离群值数据的半导体裸片106可比在所述分布内的半导体裸片106更易于发生故障。因此,在一或多个处理步骤处与具有离群值数据的有风险裸片110相关联的制造指纹104可(但不需要)存储于共同数据集中。

[0073] 此外,可使用所属领域中已知的任何方法识别离群值数据。举例来说,可使用零件平均测试(PAT)分析来识别离群值数据。在一个实施例中,系统100执行静态PAT(S-PAT)分析。就此来说,计量数据针对一系列半导体裸片106(通常(尽管未必)来自不同批次)而产生且统计上经分析以在选定质量公差(例如,特定计量测量的选定上限及下限)内确定计量数据的分布。例如,平均且标准偏差可针对计量数据而产生。依据统计分析,可产生PAT极限以识别离群值计量数据。例如,计量数据的高斯分布的PAT极限与平均值的偏差可(但不需要)大于6个标准偏差(例如, $\mu+6\sigma$)。因此,可将在制作期间获得的半导体裸片106的计量数据与PAT极限进行比较以确定离群值。此外,PAT数据可用于筛选半导体裸片106以限制包含离群值数据的半导体裸片106的分布及/或可并入到待部署的半导体裸片106的制造指纹104中。

[0074] 系统100可使用例如但不限于制作子系统116、计量子系统118、制造指纹子系统102或额外子系统(未展示)的任一组件组合来执行PAT分析。在一个实施例中,由计量子系统118执行PAT分析且将所得数据提供到制造指纹子系统102以用于并入到制造指纹104中。在另一实施例中,制造指纹子系统102从计量子系统118接收计量数据且执行PAT分析以用于包含到制造指纹104中。此外,系统100可执行PAT分析变体的任一组合以用于确定离群值。在一个实施例中,系统100在制作期间基于在线检验及/或计量数据而执行在线PAT(I-PAT)。一般在标题为“用于潜在可靠性缺陷检测的在线零件平均测试(I-PAT)技术(Inline Parts Average Testing(I-PAT) Methodology for Latent Reliability Defect Detection)”且于2017年3月23日提出申请的第62/475,749号美国专利申请案中描述I-

PAT,所述美国专利申请案以其全文引用方式并入本文中。在另一实施例中,系统100基于使用滚动数据集产生统计PAT极限而执行动态PAT(D-PAT)。在另一实施例中,系统100基于参数数据而执行参数PAT(P-PAT)。在另一实施例中,系统100基于计量数据群集基于晶片上的测量的地理(例如,位置)数据而执行地理性PAT(G-PAT)。

[0075] 制造指纹子系统102可包含各种接口以存取制造指纹104及/或实施分析。举例来说,制造指纹子系统102可包含本地接口(例如,本地有线或无线网络上的运算装置)以提供查询(例如,以识别具有与出故障裸片108的制造指纹类似的制造指纹104的有风险裸片110)且观察相关联结果。就此来说,可紧紧地控制对制造指纹104的存取以促进关于数据集的经增强安全性及/或存取控制。通过另一实例的方式,制造指纹子系统102可提供远程接口,使得一或多个远程运算装置可存取所存储制造指纹104,提供查询及/或观察查询结果。例如,所述远程接口可包含但不限于web门户(例如,可经由任一适合装置上的浏览器或应用程序来观看)、虚拟私人网络(VPN)等。此外,所述远程接口可包含所属领域中已知的任何类型的安全机制,例如但不限于高级加密标准(AES)、Twofish、Blowfish等。

[0076] 在另一实施例中,制造指纹子系统102基于一或多个选定相似度量而识别具有与出故障裸片108的制造指纹类似的制造指纹104的半导体裸片106的子集(例如,有风险裸片110)。就此来说,预测有风险裸片110易于在与出故障裸片108类似的操作条件下发生故障。因此,可起始针对性召回以仅包含有风险裸片110。举例来说,可在故障之后即刻提取出故障裸片108的完全或部分制造指纹104。例如,在出故障裸片108的完全制造指纹104存储于制造指纹子系统102中的情形中,可提取完全制造指纹104(例如,通过参考ECID等)。在另一例子中,在出故障裸片108是不可识别(例如,所印刷ECID已因故障而损坏等)的情形中,可使用故障分析子系统154来提取部分制造指纹104。通过非限制性实例的方式,在电弧相关短路的事件中,故障分析子系统154可识别具有在可能已促成电弧的故障点附近的大小及/或特征间隔的特征。

[0077] 制造指纹子系统102可使用所属领域中已知的任何分析技术来比较制造指纹104,例如但不限于分类、归类、群集、离群值检测、信号响应计量、回归分析、基于实例的分析(例如,最近相邻者分析等)、降维(例如,因子分析、特征提取、主分量分析等)、监督学习(例如,人工神经网络、支持向量机器、随机森林等)、半监督学习(例如,生成模型等)、无监督学习(例如,向量量化等)、深度学习或贝叶斯(Bayesian)统计学。应理解,所述分析技术及任何相关联标签仅仅出于说明性目的而提供且不打算为限制性的。举例来说,制造指纹子系统102可使用所属领域中已知的任何机器学习技术(其可包含但不限于本文中所提供的任何分析技术)来比较制造指纹104。在本文中认识到,可以各种方式描述分析技术及/或将所述分析技术分类。此外,可实施分析技术的组合。

[0078] 此外,制造指纹子系统102可使用定制设计工具、可商购工具、开放源代码工具或其修改(例如但不限于Apache Mahout、威卡托(Waikato)知识分析环境(WEKA)、deeplearning4j、Sparkling Water或Apache SystemML)的任一组合来实施选定分析技术。

[0079] 在一个实施例中,制造指纹子系统102至少部分地基于最近相邻者分析而识别有风险裸片110,在所述最近相邻者分析中基于选定距离度量而识别有风险裸片110。举例来说,可在多维空间中表示与制造指纹104相关联的各种数据对象,且可基于距出故障裸片108的距离基于选定距离度量而选择有风险裸片110。所述距离度量可为所属领域中已知的

任何类型的距离度量,例如但不限于欧式 (Euclidean) 距离。

[0080] 可以多个方式实施最近相邻者算法。举例来说,制造指纹子系统102可基于固定最近相邻者搜索而识别有风险裸片110。就此来说,有风险裸片110可经识别为具有在距出故障裸片108的制造指纹104的固定距离(基于选定距离度量)内的制造指纹104。因此,一或多个固定距离可在查询中连同出故障裸片108的制造指纹104一起提供以识别有风险裸片110。通过另一实例的方式,制造指纹子系统102可基于k最近相邻者搜索而识别有风险裸片110。就此来说,可识别选定数目k个最近相邻者。因此,k的一或多个值可在查询中连同出故障裸片108的制造指纹104一起提供以识别有风险裸片110。通过另一实例的方式,制造指纹子系统102可基于k最近相邻者搜索而识别有风险裸片110。就此来说,可识别选定数目k个最近相邻者。因此,k的一或多个值可在查询中连同出故障裸片108的制造指纹104一起提供以识别有风险裸片110。通过另一实例的方式,制造指纹子系统102可基于最近相邻者距离比而识别有风险裸片110。就此来说,相邻者之间的相对距离用于确定阈值以识别最近相邻者。举例来说,在本文中认识到,最近相邻者搜索的结果可高度取决于阈值设定(例如,固定距离方法中的固定距离、k最近相邻者方法中的最近相邻者的数目k等)。因此,情况可为:相邻者(例如,半导体裸片106)子集可群集在一起,使得可预期其在类似条件下出故障,但给定最近相邻者搜索可能未能在群集中包含所有相邻者。在一个例子中,例如但不限于最近相邻者距离比或群集技术的额外技术可在群集的至少一部分通过最近相邻者搜索被识别时识别经群集相邻者。

[0081] 在一些实施例中,可在任何分析技术中基于任何选定准则对制造指纹104内的数据对象进行加权。在本文中认识到,当识别预期在与出故障裸片108类似的条件下出故障的半导体裸片106的子集时,并非包含于制造指纹104中的所有数据对象可为同样相关的。因此,可在查询期间基于例如但不限于组织标签(例如,工厂ID、工厂的地理位置、批次ID、制造时间框、给定制作步骤处的缺陷分布曲线、给定制作步骤处的计量结果、封装步骤处的测试分布曲线、完成装置的老化测试分布曲线等)的任一选定方案而对制造指纹104内的数据对象进行加权。

[0082] 在一个实施例中,可在查询期间基于与出故障裸片108的故障(例如,利用故障分析子系统154来识别)相关联的故障而将权重指派给制造指纹104内的各种数据对象。举例来说,故障机制可包含与特定制造步骤相关联的特定缺陷(例如,在所述特定制造步骤处的所制作元件之间的无意短路或桥接、在两个或更多个所制作层上的所制作元件之间的叠对误差、由在抛光步骤期间的抛光误差引起的特征厚度的偏差、在封装步骤期间产生的缺陷等)。因此,可给包含来自计量子系统118的数据的制造指纹104内的数据对象(可连结到所识别缺陷)指派更高权重以促进识别具有类似计量数据的有风险裸片110。

[0083] 类似地,故障机制可连结到一或多个制作线的已知偏移或漂移。因此,可给与识别信息(例如,工厂ID、批次ID、制造时间等)相关联的数据对象指派更高权重以支持(但不必限制)识别在与有风险裸片110相同的工厂在大约相同时间制造的半导体裸片106。例如,情况可为:在同一运行中的同一批次或额外批次中制作的半导体裸片106可已受偏移影响。然而,也可为:偏移仅影响半导体裸片106(例如,给定批次的一部分的半导体裸片106或在晶片的特定位置上的半导体裸片106等)的一部分。就此来说,将权重指派给多个类型的组织标签可促进在与出故障裸片108相同或大约相同的时间制作的半导体裸片106的加强检查,

但仍基于连结到故障机制的计量数据而应用细致分析。此外,查询可为充分广泛的以基于连结到故障机制的计量数据而囊括在其它时间及位置处制作的半导体裸片106。因此,系统100可基于多因子分析而提供有风险裸片110的针对性召回。

[0084] 通过另一实例的方式,可将权重指派给与半导体裸片106的预期或已知操作条件相关联的组织标签。举例来说,情况可为:给定制造缺陷可仅在特定操作条件(例如,极端温度、压力、湿度水平、操作循环等)下导致故障。就此来说,具有和与故障机制相关联的出故障裸片108类似的计量数据但在不预期触发所述故障机制的操作条件中部署的半导体裸片106可不识别为有风险裸片110且因此从召回排除。

[0085] 通过另一实例的方式,可基于离群值分析而将权重指派给与计量数据(例如,缺陷分布曲线数据、叠对数据、测试数据、老化数据等)相关联的数据对象。如本文中先前所描述,情况可为:仍被视为在选定质量公差内的在一或多个过程步骤处展现离群值计量数据的半导体裸片106可比不具有离群值计量数据的半导体裸片106更易于发生故障。就此来说,可以任何分析技术(例如,最近相邻者技术或任何选定分析技术)对与离群值数据相关联的制造指纹104内的数据对象进行加权以便增加包含于针对性召回中的可能性,尤其在相关联计量可连结到出故障裸片108的故障机制时。

[0086] 制造指纹子系统102可以例如但不限于文本、表或图形对象(例如,图形、展示半导体裸片106之间的多维关系的地形图等)的任一格式或格式组合提供查询的结果。此外,制造指纹子系统102可针对针对性召回基于不同搜索准则而提供多组有风险裸片110。举例来说,制造指纹子系统102可基于多个查询(例如,在不同权重指派给制造指纹104内的各种数据对象的情况下执行、对不同数据集执行等的多个分析技术)而提供若干组有风险裸片110。通过另一实例的方式,制造指纹子系统102可基于不同置信水平而提供若干组有风险裸片110。就此来说,操作者可基于情况(例如,故障的严重性、召回的预计影响等)而制定选定有风险裸片110的针对性召回。

[0087] 图2是图解说明在用于执行半导体装置的针对性召回的方法200中所执行的步骤的流程图。申请人注意到,本文中在系统100的上下文中先前所描述的实施例及使能技术应解释为扩展到方法200。然而,进一步注意到,方法200不限于系统100的架构。

[0088] 在一个实施例中,方法200包含在一或多个半导体制作步骤之后对多个裸片执行在线测量以产生所述多个裸片的在线测量分布曲线的步骤202。半导体裸片(例如,关于系统100所图解说明的半导体裸片106)可由在制作过程的晶片阶段处的各种在线检验及/或计量步骤表征。举例来说,可在单个晶片上并行制作多个半导体裸片。

[0089] 图3A是根据本发明的一或多个实施例的在半导体制作过程的晶片阶段期间的在线测量的概念视图。

[0090] 在一个实施例中,半导体裸片经历在晶片制作阶段期间的一系列过程步骤302,例如但不限于沉积步骤302a、光刻步骤302b、蚀刻步骤302c及抛光步骤302d。考虑系统100的说明性实例,可使用来自制作子系统116的一或多个制作工具来执行过程步骤302,例如但不限于沉积室、光刻工具、蚀刻工具(例如,等离子体蚀刻工具、液体蚀刻工具等)、抛光工具(例如,化学-机械平面化(CMP)工具等)。

[0091] 在另一实施例中,步骤202包含在任一数目个晶片阶段过程步骤(例如,图3A中所图解说明的过程步骤302或未展示的额外晶片阶段过程步骤)处执行一或多个在线测量。

[0092] 举例来说,一或多个在线测量可包含计量测量304以表征所沉积膜及/或所制作特征的一或多个方面,例如但不限于所制作特征的膜厚度、折射率、膜应力、临界尺寸(CD)及形状计量测量、所制作特征的表面分布曲线测量或者两个或更多个层上的特征之间的叠对齐测量。

[0093] 通过另一实例的方式,一或多个在线测量可包含检验测量306以在任一过程步骤处识别及/或表征例如但不限于制作缺陷或污染物等缺陷。例如,检验工具(例如,系统100的计量子系统118的一部分)可监测及/或表征在制作之前与未经图案化晶片相关联的缺陷(例如,晶片厚度偏差、晶片应力测量、刮痕、坑、空隙等)或者一或多个层上的制作特征与设计规格的偏差。

[0094] 在另一实施例中,在线测量可存储于存储器媒体308(例如,系统100的存储器媒体114等)中。就此来说,在线测量可连结到对应半导体裸片且并入到制造指纹104中(例如,以适合用于分析的格式存储为结构化、半结构化或非结构化数据)。

[0095] 可以任一数目种方式利用在线测量。在一个实施例中,使用在线测量来识别离群值。举例来说,方法200可包含使用例如但不限于一或多种PAT分析技术(例如,S-PAT、D-PAT、I-PAT、G-PAT、P-PAT等)的所属领域中已知的任何技术来识别离群值。

[0096] 此外,可以多个方式利用离群值分析的结果。在一个实施例中,筛选且不部署(例如,在制作期间拒绝)包含与在线测量相关联的离群值的半导体裸片的至少一部分。在另一实施例中,部署包含与在线测量相关联的离群值(例如,其被视为已超过质量公差)的半导体裸片的至少一部分,但将离群值数据并入到制造指纹104中。

[0097] 在另一实施例中,方法200包含在一或多个封装步骤之后执行多个裸片的一或多个测量以产生所述多个裸片的封装表征分布曲线的步骤204。半导体裸片(例如,关于系统100所图解说明的半导体裸片106)可在封装制作阶段期间或之后由各种检验及/或计量步骤表征。举例来说,可切割晶片(例如,沿着划割线等)以将多个经制作半导体裸片分开。因此,可个别地封装半导体裸片以提供机械支撑、外壳、电接触等。就此来说,半导体裸片可适合用于独立操作或集成到额外系统中。

[0098] 图3B是根据本发明的一或多个实施例的在半导体制作过程的封装阶段期间的测量的概念视图。

[0099] 在一个实施例中,半导体裸片在封装制作阶段期间经历一系列过程步骤310,例如但不限于封装检验步骤310a、封装测试步骤310b或老化测试步骤310c。考虑系统100的说明性实例,可使用来自制作子系统116的一或多个制作工具(例如但不限于切割工具或封装工具)来执行过程步骤310。

[0100] 在另一实施例中,步骤202包含在任一数目个封装阶段过程步骤(例如,图3B中所图解说明的过程步骤310或未展示的额外晶片阶段过程步骤)处执行一或多个测量。

[0101] 举例来说,封装检验步骤310a可表征经封装半导体裸片的一或多个方面。例如,封装检验步骤310a可包含但不限于半导体裸片的经切割边缘的检验、所附接引线的机械及/或电测试或者外壳的完整性。通过另一实例的方式,封装测试步骤310b可表征经封装半导体装置的性能。例如,封装测试步骤310b可包含但不限于引线之间的电连接的分析或经封装半导体裸片的操作性能的分析。通过另一实例的方式,老化测试310c可包含在极端及/或应力条件(例如但不限于过高的温度、湿度条件、操作电压、操作电流或操作频率)下的操作

测试。就此来说,老化测试310c可识别易发生故障的半导体裸片或半导体裸片群组。

[0102] 在另一实施例中,在线测量可存储于存储器媒体308(例如,系统100的存储器媒体114等)中。就此来说,封装阶段测量可连结到对应半导体裸片且并入到制造指纹104中(例如,以适合用于分析的格式存储为结构化、半结构化或非结构化数据)。

[0103] 如本文中先前关于在线测量所描述,可以任一数目种方式利用封装阶段测量。在一个实施例中,使用封装阶段测量来识别离群值。举例来说,方法200可包含使用例如但不限于一或多种PAT分析技术(例如,S-PAT、D-PAT、I-PAT、G-PAT、P-PAT等)的所属领域中已知的任何技术来识别离群值。

[0104] 此外,如本文中先前所描述,可以多个方式利用离群值分析的结果。在一个实施例中,筛选且不部署(例如,在制作期间拒绝)包含与封装阶段测量相关联的离群值的半导体裸片的至少一部分。在另一实施例中,部署包含与封装阶段测量相关联的离群值(例如,其被视为已超过质量公差)的半导体裸片的至少一部分,但将离群值数据并入到制造指纹104中。

[0105] 在另一实施例中,方法200包含产生多个裸片的制造指纹(例如,系统100的制造指纹104)的步骤206。

[0106] 在一个实施例中,步骤206包含汇总与半导体裸片的在线测量分布曲线或封装表征分布曲线相关联的数据对象。举例来说,可从产生数据的计量工具(例如,与计量子系统118相关联的计量工具等)接收数据对象。通过另一实例的方式,可从存储器装置(例如,存储器媒体114)检索所存储数据对象。

[0107] 可使用所属领域中已知的任何方法将与制造指纹相关联的数据对象连结到物理半导体裸片或使所述数据对象以其它方式与所述物理半导体裸片相关联。在一个实施例中,将每一半导体裸片制作有在半导体裸片上可见或可以其它方式从半导体裸片检索的唯一电子芯片标识符(ECID)。就此来说,每一半导体裸片的制造指纹可包含相关联ECID。

[0108] 在另一实施例中,步骤206包含将一或多个数据对象(例如,与在线测量分布曲线、封装特性分布曲线等相关联的数据对象)转换成适合用于搜索及/或比较性分析(例如,由系统100的制造指纹子系统102等)的格式。举例来说,可将与半导体裸片相关联的数据对象或其部分转换成适合用于基于制造指纹的选定组织标签而进行分类的统一格式。就此来说,可将与制造指纹相关联的数据对象组织为结构化或半结构化数据。

[0109] 在一个例子中,可将数据对象(例如,计量数据、检验数据、封装检验数据、封装测试数据、老化数据等)转换成适合用于存储为结构化数据(例如,在具有固定组织标签的关联式数据库中)或半结构化数据(例如,在允许灵活组织结构的NoSQL数据库中)的字母数字格式。适合用于以字母数字格式进行存储的数据因此可包含但不限于测量值、与多个特征相关联的统计数据(例如,平均值、标准偏差、方差等)或离群值信息(例如,所测量值与平均值的偏差等)。此外,统计及/或离群值信息可被作为任一选定半导体裸片集(例如但不限于给定半导体裸片上的特征、给定晶片上的特征、给定批次上的特征或来自给定制作线的特征)的参考。

[0110] 在另一例子中,数据对象(例如,计量数据、检验数据、封装检验数据、封装测试数据、老化数据等)的至少一部分可以例如但不限于图像或图形的图形格式来存储。在本文中认识到,可使用各种机器学习技术来分析图形数据之间的相关性。此外,在步骤206中产生

的制造指纹可包含任一类型的数据的任一组合,包含但不限于字母数字与图形数据。

[0111] 在另一实施例中,在步骤206中产生的制造指纹包含与识别信息(与半导体裸片的制作有关)相关联的制作分布曲线数据。举例来说,制作分布曲线数据可包含制作位置,例如制作设施、制作设施内的制作线等。通过另一实例的方式,制作分布曲线数据可包含制作时间或时间窗。通过另一实例的方式,制作分布曲线数据可包含与特定晶片、晶片上的特定裸片、裸片内的特定位置等有关的粒度信息。例如,制作分布曲线数据可包含例如但不限于批次标识符、晶片标识符或裸片在晶片上的位置(例如,在X-Y坐标中、在极坐标中等)的粒度信息。

[0112] 在另一实施例中,在步骤206中产生的制造指纹包含预期或已知操作条件。举例来说,情况可为:预期操作环境(例如,温度、压力、EOS、EDS等)及/或既定用途(例如,飞机驾驶舱、汽车、消费型电子装置等)可影响给定半导体裸片可出故障的可能性。因此,具有以其它方式类似的制造指纹的半导体裸片可在一些操作条件中出故障且不在其它操作条件中出故障。

[0113] 在另一实施例中,方法200包含确定出故障裸片(例如,如图1A中所图解说明的出故障裸片108等)的制造指纹的至少一部分的步骤208。举例来说,在于部署之前产生出故障裸片的制造指纹且出故障裸片的ECID是已知的情形中,可从存储装置(例如,从存储器媒体114等)检索制造指纹或其一部分。

[0114] 在另一实施例中,步骤208包含执行一或多个计量及/或测试步骤以确定出故障裸片的制造指纹的至少一部分。举例来说,在于部署之前未产生出故障裸片的制造指纹的情形中,可执行一或多个测试或计量步骤(例如,利用系统100的计量子系统118及/或故障分析子系统154等)以确定出故障裸片的制造指纹的至少一部分(例如,表征出故障裸片的一或多个层上的所制作特征等)。

[0115] 在另一实施例中,步骤208包含识别与出故障裸片相关联的一或多个故障机制(例如,使用系统100的故障分析子系统154等)。因此,步骤208可包含使用所属领域中已知的任何技术来询问出故障裸片,例如但不限于用以表征选定组件之间的电连接性的电迹线测试、用以确定选定组件之间的出故障裸片的频率响应的阻抗测试,或使出故障裸片的各种部分成像以识别故障点,或对外部信息源(例如,事故报告、日志等)的分析。

[0116] 图4A及4B图解说明根据本发明的一或多个实施例的出故障裸片的图像。图4A包含根据本发明的一或多个实施例的指示损坏的外部外壳的光学图像402。举例来说,图像402可促进识别故障类型(例如,过热)。图4B包含根据本发明的一或多个实施例的指示损坏的外部外壳的粒子束图像404。举例来说,图像404可促进识别一或多个特定故障点及/或所述特定故障点处的故障机制。就此来说,与故障点相关联的制造指纹的元素(例如,与设计规格的偏差等)可被识别且用作用于确定额外有风险裸片110的基础。

[0117] 在另一实施例中,步骤208可包含将故障机制连结到制造指纹的一或多个元素。举例来说,故障可连结到出故障裸片108的已知特性,例如但不限于所制作特征的物理、电、机械、光学或化学特性。因此,步骤208可包含识别可能已促成故障机制的出故障裸片的制造指纹的一或多个分量(例如,在线测量、封装表征测量,老化测试)等。

[0118] 在另一实施例中,方法200包含基于一或多个有风险裸片的制造指纹与出故障裸片的制造指纹的至少一部分的比较而识别一或多个有风险裸片的步骤210。在另一实施例

中,方法200包含召回包含一或多个额外裸片的装置的步骤212。

[0119] 在另一实施例中,步骤210包含基于一或多个选定相似性度量而识别具有与出故障裸片108的制造指纹类似的制造指纹104的半导体裸片106的子集(例如,有风险裸片110)。就此来说,预测有风险裸片110易于在与出故障裸片108类似的操作条件下发生故障。因此,可起始针对性召回以仅包含有风险裸片110。

[0120] 步骤210可包含使用所属领域中已知的任何分析技术来比较制造指纹104,例如但不限于分类、归类、群集、离群值检测、信号响应计量、回归分析、基于实例的分析(例如,最近相邻者分析等)、降维(例如,因子分析、特征提取、主分量分析等)、监督学习(例如,人工神经网络、支持向量机器、随机森林等)、半监督学习(例如,生成模型等)、无监督学习(例如,向量量化等)、深度学习或贝叶斯统计学。应理解,所述分析技术及任何相关联标签仅仅出于说明性目的而提供且不打算为限制性的。举例来说,制造指纹子系统102可使用所属领域中已知的任何机器学习技术(其可包含但不限于本文中所提供的任何分析技术)来比较制造指纹104。在本文中认识到,可以各种方式描述分析技术及/或将所述分析技术分类。此外,可实施分析技术的组合。

[0121] 在一个实施例中,制造指纹子系统102至少部分地基于最近相邻者分析而识别有风险裸片110,在所述最近相邻者分析中基于选定距离度量而识别有风险裸片110。举例来说,可在多维空间中表示与制造指纹104相关联的各种数据对象,且可基于距出故障裸片108的距离(例如,欧式距离等)基于选定距离度量而选择有风险裸片110。

[0122] 在一些实施例中,步骤210包含基于制造指纹的分量的经加权分析而识别有风险裸片。在本文中认识到,当识别预期在与出故障裸片108类似的条件下出故障的半导体裸片106的子集时,并非包含于制造指纹104中的所有数据对象可为同样相关的。因此,可在查询期间基于例如但不限于组织标签(例如,工厂ID、工厂的地理位置、批次ID、制造时间框、给定制作步骤处的缺陷分布曲线、给定制作步骤处的计量结果、封装步骤处的测试分布曲线、完成装置的老化测试分布曲线等)的任一选定方案而对制造指纹104内的数据对象进行加权。

[0123] 可基于任何类型的加权方案而识别有风险裸片,例如但不限于连结到故障机制的制造指纹的分量(例如,在步骤208中所确定等)、可与出故障裸片的操作条件类似的具有已知制造指纹的半导体裸片集的操作条件或者离群值分析。

[0124] 通过非限制性实例的方式,可出现在包含寿命及/或性质损失的高分布曲线情景中半导体裸片的偶发故障(例如,与集成到汽车中的半导体裸片相关联等)。在装置故障之后,即刻可识别出故障裸片的唯一ECID且可检索出故障裸片的制造指纹。故障分析可指示故障机制与潜在制造缺陷相关联。例如,故障分析可指示可在唯一于操作环境的电过应力之后即刻出故障的特定处理层处存在部分断开(例如,与集成到汽车中相关联)。关于此信息,出故障裸片的历史可被确定且可包含但不限于制作设施、批次ID、晶片ID及部分断开在晶片上的位置。此外,可基于可提取的制造指纹而针对出故障裸片识别与计量及/或检验测量相关联的在线测量、封装表征测试结果及/或老化测试结果。因此,针对性召回可基于制造指纹的任一所要组合及/或经加权组合而识别有风险裸片。例如,可基于缺陷分布曲线(例如,部分断开的存在)而将50个类似裸片识别为有风险裸片。此外,位置特有因素(例如制作设施、与在时间上与出故障裸片的制作类似的制作相关联的标识符(例如,批次ID、晶

片ID、缺陷在晶片上的位置等))可以(但不需要)纳入分析。从50个类似裸片当中,可确定在与出故障裸片类似的操作条件中部署仅20个裸片,使得其可被视为存在故障风险。因此,20个裸片可经识别为有风险裸片且可经受针对性召回。

[0125] 本文中所描述的标的物有时图解说明含于其它组件内或与其它组件连接的不同组件。应理解,此些所描绘架构仅是示范性的,且事实上可实施实现相同功能性的许多其它架构。在概念意义上,实现相同功能性的任一组件布置是有效地“相关联”以使得实现所要功能性。因此,可将本文中经组合以实现特定功能性的任何两个组件视为彼此“相关联”以使得实现所要功能性,而无论架构或中间组件如何。同样地,如此相关联的任何两个组件也可被视为彼此“连接”或“耦合”以实现所要功能性,且能够如此相关联的任何两个组件也可被视为彼此“可耦合”以实现所要功能性。可耦合的特定实例包含但不限于可物理上交互及/或物理上交互的组件及/或可以无线方式交互及/或以无线方式交互的组件及/或可逻辑上交互及/或逻辑上交互的组件。

[0126] 据信,将通过前述说明理解本发明及其附带优点中的许多优点,且将明了,可在不背离所揭示标的物的情况下或在不牺牲所有其实质性优点的情况下在组件的形式、构造及布置方面做出各种改变。所描述的形式仅是解释性的,且所附权利要求书的意图是囊括并包含此类改变。此外,应理解,本发明由所附权利要求书界定。

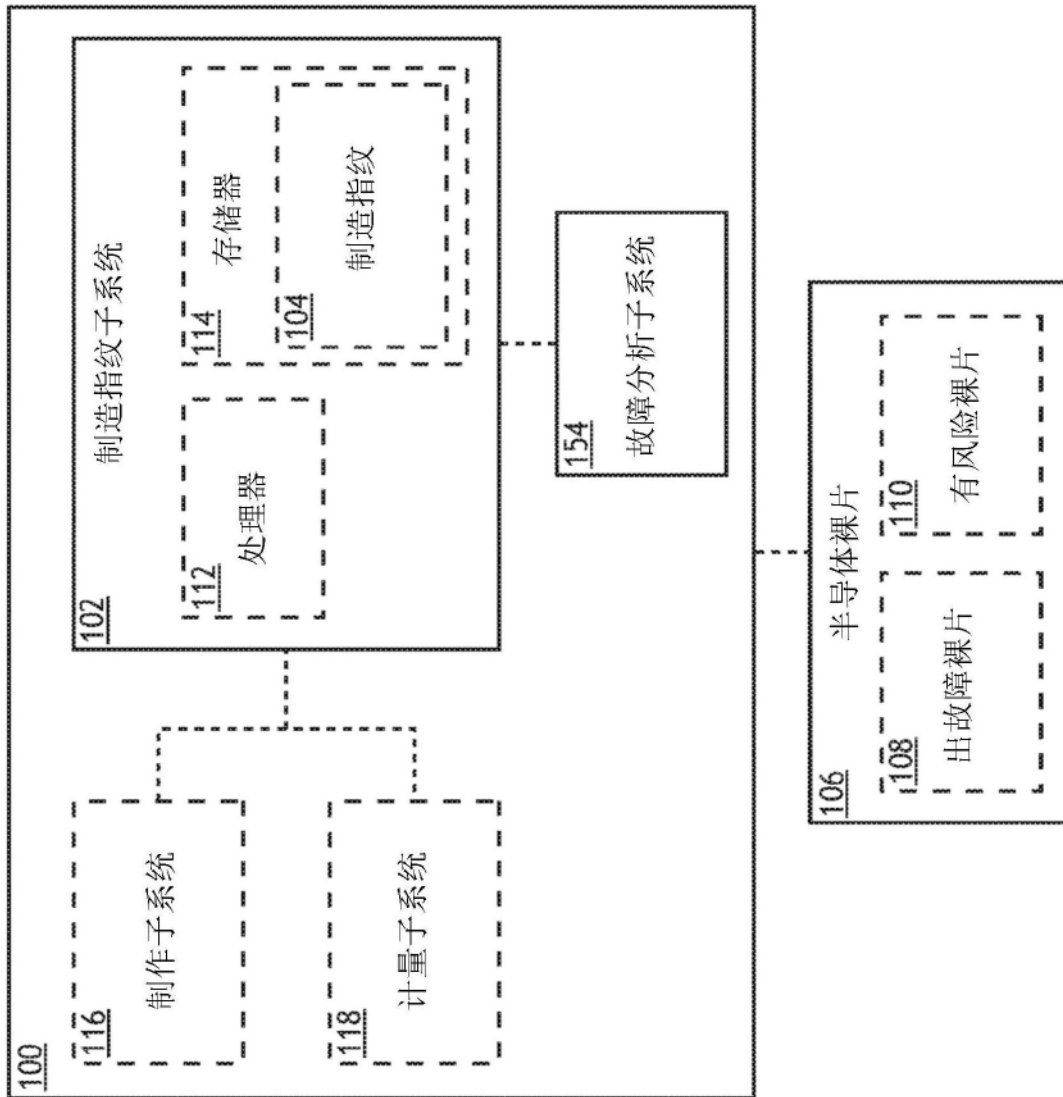


图1A

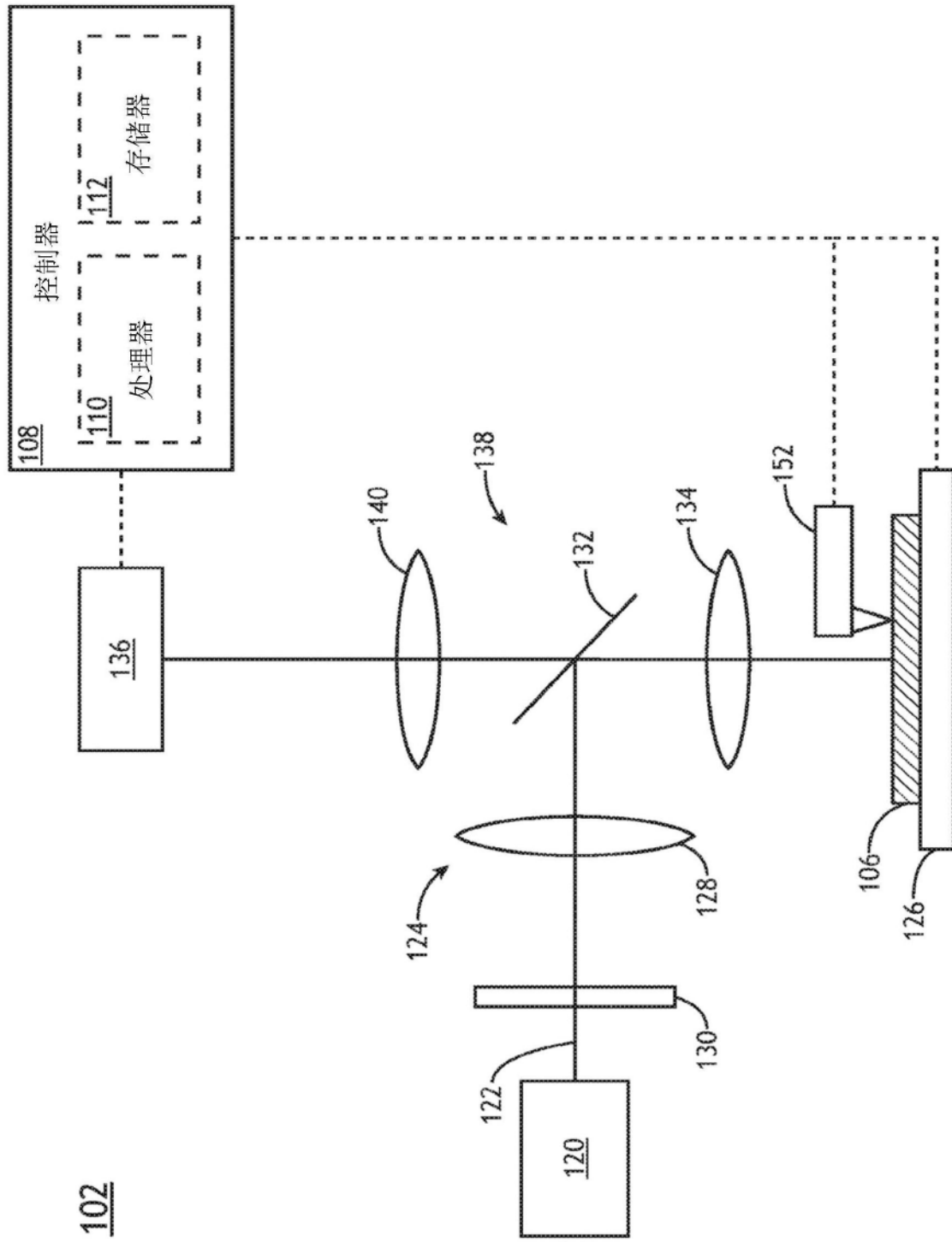


图1B

102

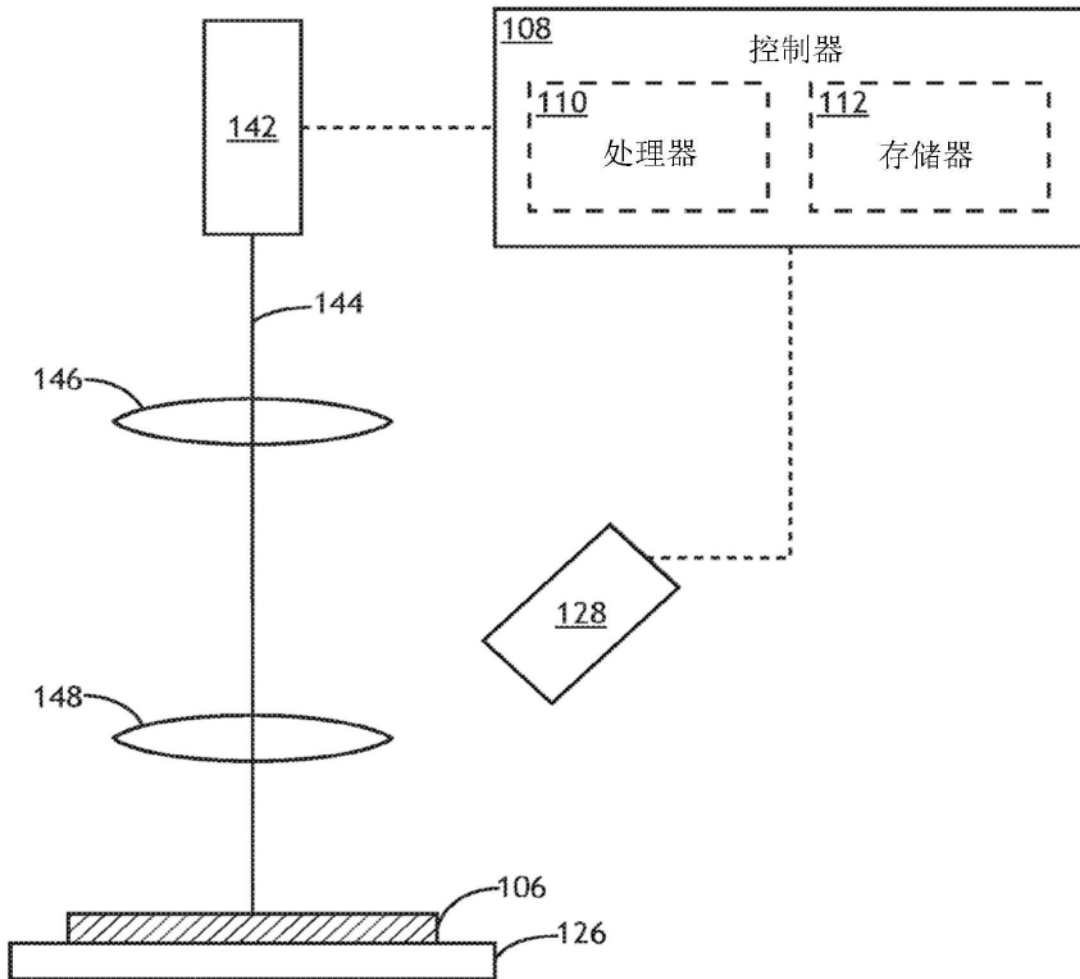


图1C

200

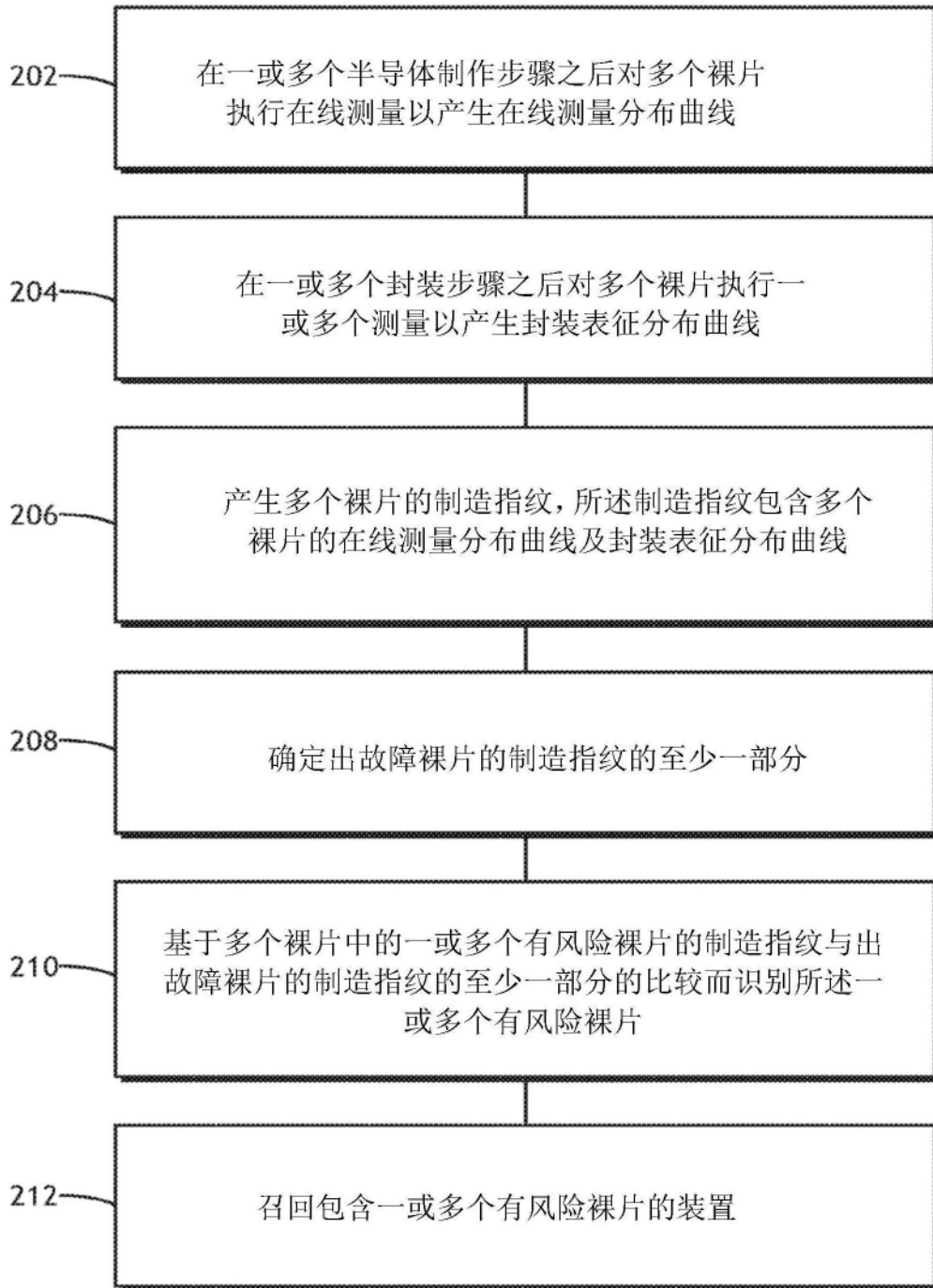


图2

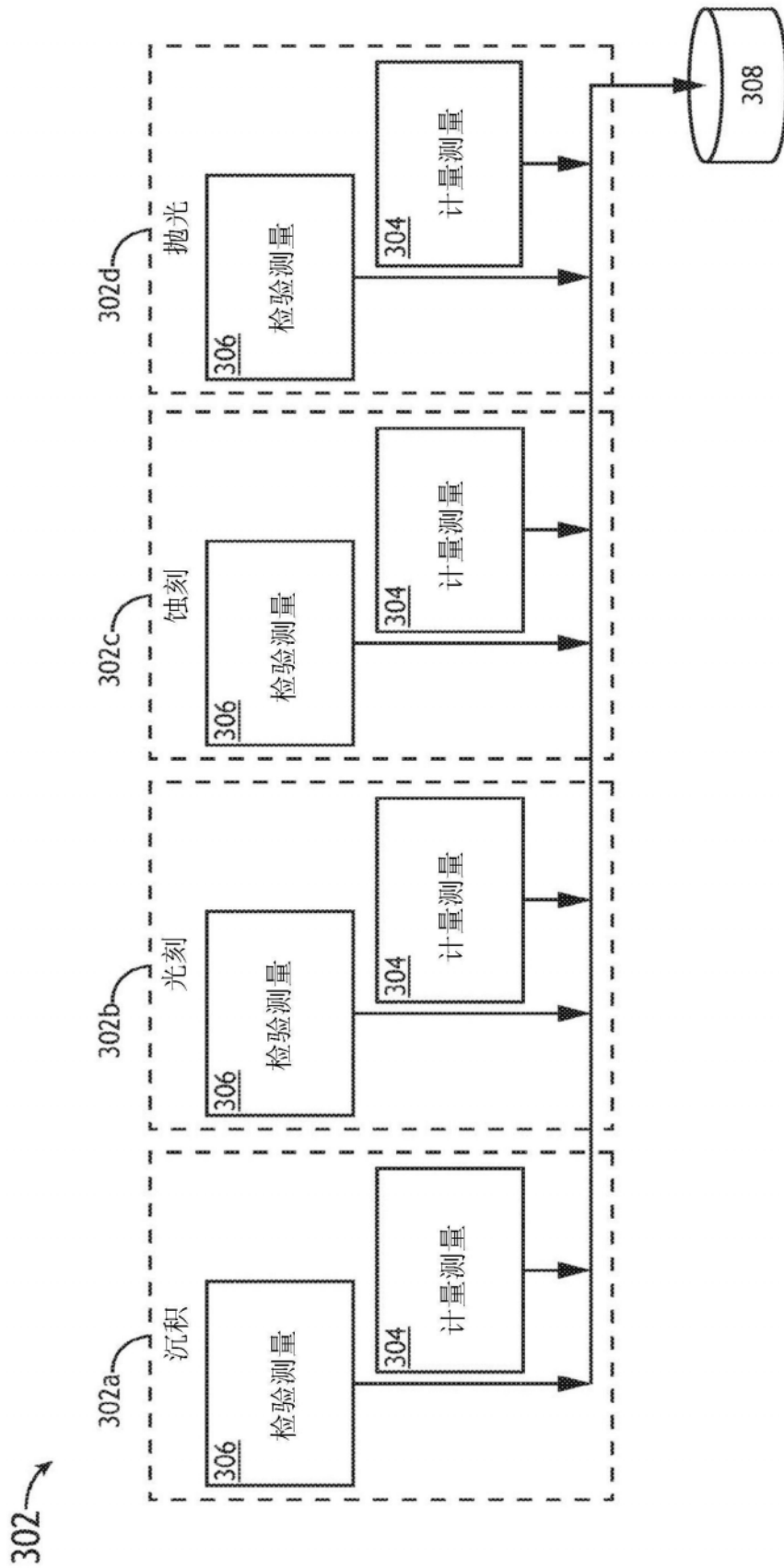


图3A

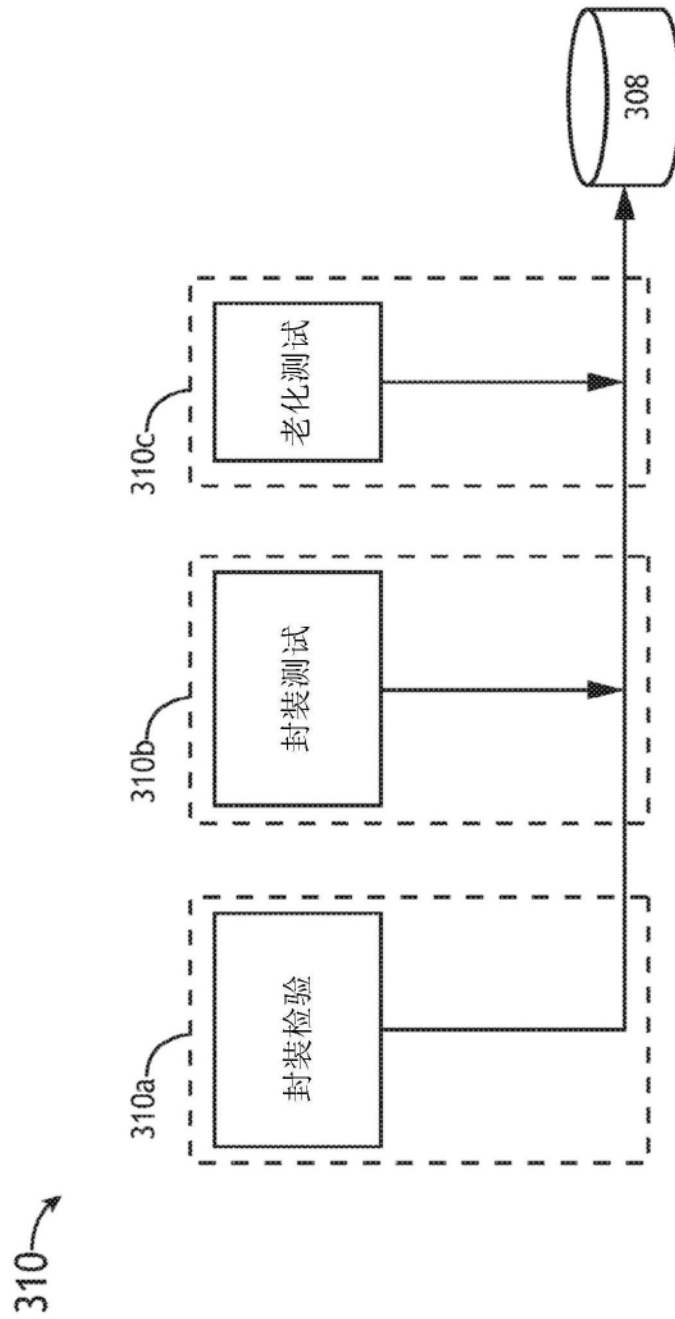


图3B

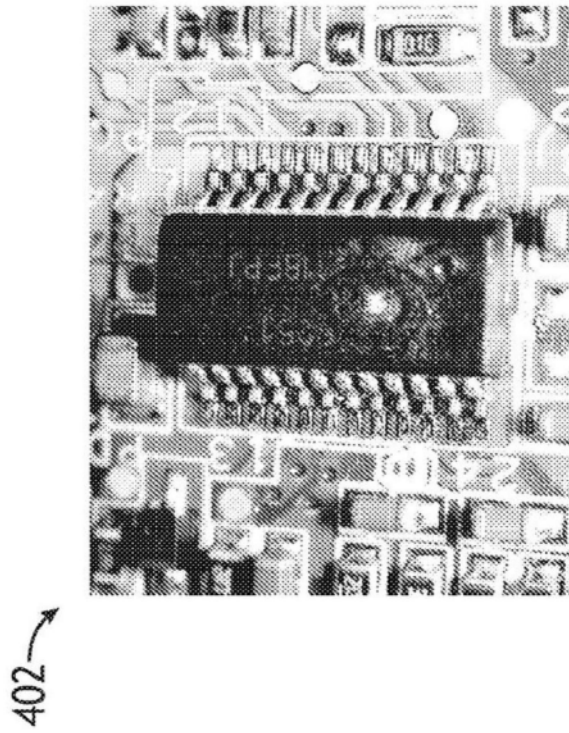


图4A

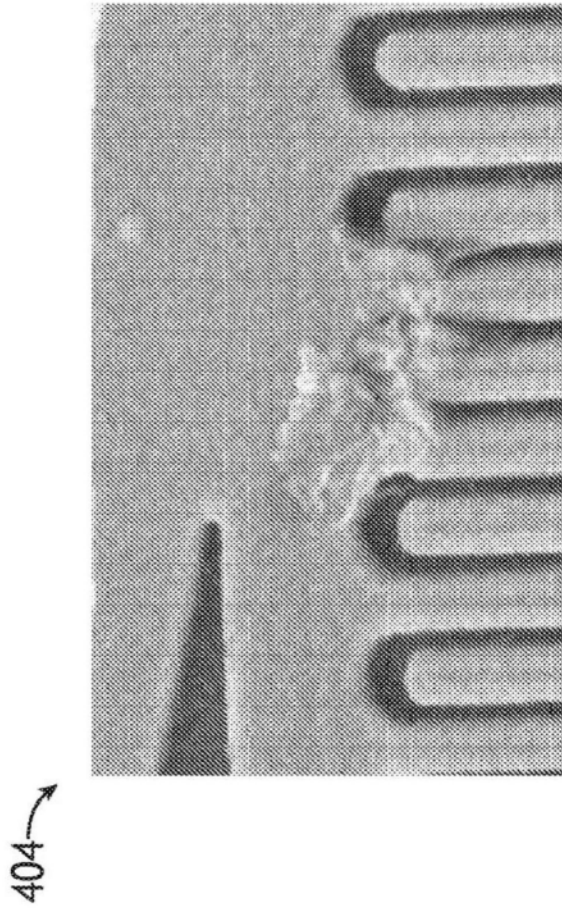


图4B