



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104716021 B

(45)授权公告日 2019.04.09

(21)申请号 201410767481.9

H01L 21/67(2006.01)

(22)申请日 2014.12.12

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104716021 A

JP 2009212173 A, 2009.09.17, 全文.
CN 102373017 A, 2012.03.14, 全文.
CN 101134877 A, 2008.03.05, 全文.
JP 2011211129 A, 2011.10.20, 全文.
JP 2004349435 A, 2004.12.09, 全文.

(43)申请公布日 2015.06.17

(30)优先权数据
14/105,566 2013.12.13 US

审查员 周忠饶

(73)专利权人 朗姆研究公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 约翰·F·斯顿夫

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
代理人 樊英如 李献忠

(51)Int.Cl.
H01L 21/02(2006.01)

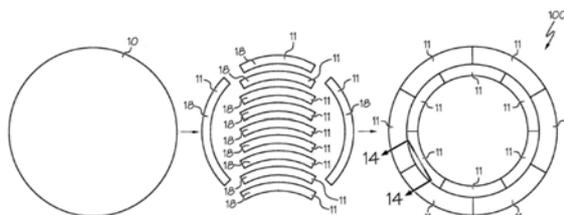
权利要求书3页 说明书10页 附图11页

(54)发明名称

形成半导体叠层结构的方法和系统

(57)摘要

本申请涉及形成半导体叠层结构的方法和系统。在一个实施例中,一种在半导体叠层结构的部分器件之间形成直接熔合粘合的方法可包括在多个半导体晶片中的每一个上形成一个或多个直接粘合表面。第一部分器件和第二部分器件可从多个半导体晶片中的至少一个中切割出。第二部分器件的第二直接粘合表面可与第一部分器件的第一直接粘合表面接触以限定起始接触范围。第二部分器件的第二直接粘合表面和第一部分器件的第一直接粘合表面之间的接近角可被闭合以形成半导体叠层结构的直接熔合粘合。直接熔合粘合可大于起始接触范围。



1. 一种在半导体叠层结构的部分器件之间形成直接熔合粘合的方法,所述方法包括:
在多个半导体晶片中的每一个上形成一个或多个直接粘合表面;
从所述多个半导体晶片中的至少一个中切割出第一部分器件和第二部分器件,其中所述第一部分器件包括所述一个或多个直接粘合表面的第一直接粘合表面而所述第二部分器件包括所述一个或多个直接粘合表面的第二直接粘合表面;
使所述第一部分器件的所述第一直接粘合表面和所述第二部分器件的所述第二直接粘合表面干燥;
通过组装块约束所述第一部分器件;
使所述第二部分器件的所述第二直接粘合表面与所述第一部分器件的所述第一直接粘合表面接触以限定起始接触范围,其中在所述第二部分器件的所述第二直接粘合表面和所述第一部分器件的所述第一直接粘合表面之间形成接近角;以及
使所述第二部分器件的所述第二直接粘合表面和所述第一部分器件的所述第一直接粘合表面之间的接近角闭合以形成半导体叠层结构的直接熔合粘合,其中所述直接熔合粘合大于所述起始接触范围。
2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一部分器件与所述第二部分器件交界,并且第三部分器件与所述第一部分器件和所述第二部分器件粘合。
3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一部分器件的第一表面与所述第二部分器件的第二表面的第一部分粘合,其中所述第二部分器件的第二表面的第二部分是不粘合的。
4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个半导体晶片中的每一个包括硅、二氧化硅、砷化镓、蓝宝石、碳化硅或其组合。
5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述多个半导体晶片中的每一个包括单晶硅。
6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一部分器件的第一直接粘合表面是亲水性的。
7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一部分器件的第一直接粘合表面是疏水性的。
8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:
用层流水射流冷却所述多个半导体晶片中的至少一个;以及
通过所述层流水射流并朝向所述多个半导体晶片中的至少一个传播激光束;
其中所述激光束将所述多个半导体晶片中的至少一个切割成所述第一部分器件和所述第二部分器件。
9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,还包括使所述第一部分器件氧化。
10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,所述层流水射流包括氧化剂。
11. 如权利要求10所述的方法,其特征在于,所述氧化剂包括过氧化氢、氧饱和的去离子水、臭氧化去离子水或其组合。
12. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,还包括化学蚀刻所述第一部分器件。
13. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:
将所述多个半导体晶片中的每一个放置在夹具上;以及

在所述夹具上将所述多个半导体晶片中的每一个切割成一个或多个部分器件。

14. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,还包括将所述多个半导体晶片中的每一个放置在与所述夹具咬合的一个或多个选择性平移的销上。

15. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

将所述第一部分器件从切割站输送至组装站;以及

用异丙醇蒸汽使所述第一部分器件干燥,其中所述异丙醇蒸汽通过夹设在所述切割站和所述组装站之间的一个或多个异丙醇蒸汽喷嘴而产生。

16. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括用包含多个组装块的组装台约束所述第一部分器件,其中所述组装台沿第一方向约束所述第一部分器件并且所述组装块中的至少一个沿第二方向约束所述第一部分器件。

17. 如权利要求16所述的方法,其特征在于,所述组装台是可倾斜的。

18. 如权利要求17所述的方法,其特征在于,还包括在所述组装台翻转的同时通过咬合部件将所述第一部分器件约束至所述组装台的半导体接触表面。

19. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

通过第一机械臂的至少一个卡钳部件的两个或更多个加强侧向力夹持末梢夹持所述第一部分器件;

使所述第一部分器件与组装台接触;

通过第一机械臂的至少一个卡钳部件的两个或更多个加强侧向力夹持末梢夹持所述第二部分器件;以及

在所述第一部分器件和所述第二部分器件中的每一个的起始接触端使所述第二部分器件的第二直接粘合表面与所述第一部分器件的第一直接粘合表面起始接触。

20. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

用第二机械臂的推动部件接触所述第二部分器件的外表面;以及

通过从所述第二部分器件的接触端至所述第二部分器件的非接触端在所述第二部分器件的外表面滑动所述第二机械臂的推动部件,将所述第二部分器件的第二直接粘合表面推进到所述第一部分器件的第一直接粘合表面上。

21. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括使所述半导体叠层结构退火。

22. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一部分器件包括圆弧、矩形、正方形或圆形。

23. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括提供用于形成半导体叠层结构的预定的体积形状,其中所述预定的体积形状包括半导体莲蓬头电极、气体集管或质量流控制器。

24. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个半导体晶片中的至少一个具有直径,并且所述半导体叠层结构具有比所述多个半导体晶片中的至少一个的每个的直径更大的至少一个尺寸。

25. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一部分器件的所述第一直接粘合表面和所述第二部分器件的所述第二直接粘合表面通过异丙醇蒸汽被干燥。

26. 一种制造半导体叠层结构的系统,所述系统包括清洁室、切割站、组装站、第一机械臂和第二机械臂,其中:

所述切割站和所述组装站各自被容纳在清洁室内；

所述切割站包括被安装在夹具上方的水波导激光器；

所述组装站包括组装台和被布置在所述组装台上的一个或多个组装块；以及

所述第一机械臂被夹设在所述切割站和所述组装站之间，其中：

所述夹具被配置成当通过所述水波导激光器的激光束将半导体晶片切割成第一部分器件和第二部分器件时保持所述半导体晶片；

所述第一机械臂被配置成夹持所述第一部分器件并通过所述组装站的组装台咬合所述第一部分器件；

所述第一机械臂被配置成在每个部分器件的起始接触端使所述第一部分器件的第一直接粘合表面与所述第二部分器件的第二直接粘合表面接触并在所述第一部分器件的第一直接粘合表面和所述第二部分器件的第二直接粘合表面之间形成起始接触范围和接近角；并且

所述第二机械臂被配置成使所述第一部分器件的第一直接粘合表面和所述第二部分器件的第二直接粘合表面之间的接近角闭合以形成半导体叠层结构的直接熔合粘合。

形成半导体叠层结构的方法和系统

[0001] 背景

[0002] 本说明书总地涉及从一个或多个半导体晶片的多个部分器件形成多种半导体叠层结构的方法和系统。半导体结构可从半导体锭制造而成,该半导体锭可被切割成盘并随后机加工成半导体结构。以这种方式制成的半导体结构可能受半导体锭的尺寸限制并可能对于制造是昂贵的。

[0003] 因此,需要无需依赖半导体锭机加工而制造半导体部件的替代方法和系统。

发明内容

[0004] 在一个实施例中,在半导体叠层结构的部分器件之间形成直接熔合粘合的方法可包括在多个半导体晶片中的每一个上产生一个或多个直接粘合表面。第一部分器件和第二部分器件可从多个半导体晶片中的至少一个切割下来。第一部分器件可包括一个或多个直接粘合表面中的第一直接粘合表面。第二部分器件可包括一个或多个直接粘合表面中的第二直接粘合表面。第一部分器件的第一直接粘合表面和第二部分器件的第二直接粘合表面可被干燥。第一部分器件可通过组装块约束。第二部分器件的第二直接粘合表面可被设置成与第一部分器件的第一直接粘合表面接触以限定起始接触范围。在第二部分器件的第二直接粘合表面和第一部分器件的第一直接粘合表面之间可形成接近角。第二部分器件的第二直接粘合表面和第一部分器件的第一直接粘合表面之间的接近角可闭合以形成半导体叠层结构的直接熔合粘合。直接熔合粘合可比起始接触范围更大。

[0005] 在另一实施例中,制造半导体叠层结构的系统可包括清洁室、切割站、组装站、第一机械臂和第二机械臂。切割站和组装站可各自被容纳在清洁室内。切割站可包括安装在夹具上方的水波导激光器。组装站可包括组装台以及布置在组装台上的一个或多个组装块。第一机械臂可介于切割站和组装站之间。水波导激光器的夹具可被配置成当半导体晶片通过水波导激光器的激光束切割成第一部分器件和第二部分器件时保持半导体晶片。第一机械臂可被配置成夹住第一部分器件并使第一部分器件与组装站的组装台配合。第一机械臂可被配置成在每个部分器件的起始接触端使第一部分器件的第一直接粘合表面与第二部分器件的第二直接粘合表面接触并在第一部分器件的第一直接粘合表面和第二部分器件的第二直接粘合表面之间形成起始接触范围和接近角。第二机械臂可被配置成闭合第一部分器件的第一直接粘合表面和第二部分器件的第二直接粘合表面之间的接近角以形成半导体叠层结构的直接熔合粘合。

[0006] 本文描述的实施例提供的这些和附加的特征将结合附图参照下面的详细描述得以更充分的理解。

[0007] 附图简述

[0008] 附图中示出的实施例本身是解说性和示例性的并且不旨在限制由权利要求书定义的主题事项。解说性实施例的如下详细说明当结合下面的附图阅读时能被理解,其中相同的结构用相同的附图标记表示,在附图中:

[0009] 图1示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的半导体晶片;

- [0010] 图2示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的半导体晶片、多个部分器件以及半导体叠层结构；
- [0011] 图3示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的半导体叠层结构制造系统；
- [0012] 图4示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的切割站；
- [0013] 图5A示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的水波导激光器；
- [0014] 图5B示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的水波导激光器的叠层水射流的局部图；
- [0015] 图6示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的切割半导体晶片的水波导激光器；
- [0016] 图7A示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的组装台；
- [0017] 图7B示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的两个部分器件的组装；
- [0018] 图7C示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的倾斜组装台；
- [0019] 图8示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的退火炉；
- [0020] 图9A示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的与部分器件咬合的末端作用卡钳；
- [0021] 图9B示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的与部分器件咬合的末端作用卡钳的侧视图；
- [0022] 图10示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的用激光切割的半导体晶片的部分器件；
- [0023] 图11A示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的半导体叠层结构的俯视图；
- [0024] 图11B示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的图11A绘出的半导体叠层结构的局部图；
- [0025] 图11C示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的图11A绘出的半导体叠层结构的局部图；
- [0026] 图12示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的部分器件布置成具有带角度边的阶梯结构的半导体叠层结构；
- [0027] 图13A示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的半导体莲蓬头电极；
- [0028] 图13B示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的具有气体流动通道的半导体叠层结构；以及
- [0029] 图14示意地绘出根据本文示出和描述的一个或多个实施例的具有气体通道的半导体叠层结构。

具体实施方式

[0030] 如前面提到的那样，本公开涉及半导体叠层结构和制造半导体叠层结构的方法，所述半导体叠层结构例如但不限于直接粘合的半导体叠层结构。

[0031] 现在参见图1,其示出半导体晶片10。半导体晶片10可以是薄的、圆柱形半导体材料切片。合适的半导体材料包括但不限于硅、锗、砷化镓、蓝宝石、碳化硅或任何其它化合物III-V或II-VI族材料。另外,申请人已发现本文描述的实施例能尤为有益地用于单晶硅。半导体晶片10可用于制造微器件,例如集成电路。此外,半导体晶片10可用来制造根据本文披露的制造系统200的半导体叠层结构100。

[0032] 半导体晶片10可以多种直径D获得。半导体晶片10可形成为从大约25mm至大约450mm范围的标准尺寸。在当前制造系统200中,可提供多种厚度T的半导体晶片10,该厚度T范围从大约0.275mm至大约0.925mm。注意,减小的厚度T可减少制造时间,因为较薄的半导体晶片10可比较厚的半导体晶片10更快地切割。此外,具有相对小直径D的半导体晶片10可相对较薄而不会增加在本公开的各种工艺期间使半导体晶片10开裂或断裂的风险。本文描述的机器和站可被装备以加工多种尺寸的半导体晶片10。

[0033] 一同参照图1和图2,一个或多个半导体晶片10可被切割成例如图2中绘出的部分器件11并被组装到比半导体晶片10更大的半导体叠层结构100。例如,半导体叠层结构100可形成自半导体晶片10,其尺寸超出半导体晶片10的直径D。例如,在一个实施例中,具有大约450mm或更大直径的半导体叠层结构100可使用具有300mm直径的半导体晶片10作为仅有的材料输入来产生。半导体晶片10可被切割成部分器件11。半导体晶片10的部分器件11可经由直接粘合来组装。在一些实施例中,半导体晶片10包括直接粘合表面18,该直接粘合表面18足够平坦和光滑以利于直接熔合粘合。在其它实施例中,半导体晶片10可被清洁或以其它方式表面修饰以产生直接粘合表面18。直接粘合表面18可以是亲水性或疏水性的。亲水性直接粘合表面18可具有水滴和直接粘合表面18之间的小接触角(例如 5° 或更小)的特征。疏水性直接粘合表面18可具有水滴和直接粘合表面18之间的大接触角(例如 90° 或更大)的特征。当接触时,足够光滑并且原子清洁的两个直接粘合表面18能在其间形成直接熔合粘合。直接粘合表面18可具有50埃或更小的表面粗糙度Ra,例如25埃的表面粗糙度Ra或更小,例如大约1-5埃的表面粗糙度Ra。可通过分子间作用形成直接熔合粘合,所述分子间作用包括范德瓦尔斯力、氢键和共价键。

[0034] 因此,部分器件11可用作构筑块以形成半导体叠层结构100,该半导体叠层结构100具有形成自部分器件11的多层。本文描述的半导体叠层结构100可被形成为任何预定的体积形状,该体积形状可由多个部分器件11组装而成。例如,可最初定义预定的体积形状,并随后分解成多个定义的形状,这些定义的形状可从一个或多个半导体晶片10切割而成。半导体叠层结构100可通过少至2层部分器件11或多至100层或更多层部分器件11形成。结果,半导体叠层结构100能具有比所提供的半导体晶片10更大的尺寸。由此,半导体叠层结构100可被形成为多个对象,例如用于半导体加工腔的电极、气体集管、质量流控制器或半导体加工腔的任何其它可消耗部件。

[0035] 现在参见图3,本制造系统200可包括多个机器和装置,它们被组织在多个站中而从半导体晶片10制造半导体叠层结构100。在一些实施例中,制造系统200可位于清洁室内。制造系统200可包括:用于引入半导体晶片10的半导体晶片处置站110;用于清洁和活化半导体晶片10的直接粘合表面的清洁站114;用于将半导体晶片10切割成部分器件11的切割站38;用于将部分器件11组装到半导体叠层结构100的组装站84以及半导体叠层结构处置站118。在一些实施例中,制造系统200可进一步包括用于使半导体叠层结构100退火的

退火站116。

[0036] 在一些实施例中,制造系统200可包括一个或多个机械臂98,其被配置成操纵半导体晶片10、部分器件11、半导体叠层结构100或它们的组合。机械臂98能够沿一个或多个轴线形成关节。可选地,一个或多个机械臂98可被配置成用于清洁室。因此,一个或多个机械臂98可包括机器人系统,例如Staubli 6DOF机器人等等。尽管参照了特定机器人系统,然而本文描述的实施例可包括能够允许自动地制造半导体叠层结构100而无需显著人为干预的任何机器人。如本文中更详细解释的那样,一个或多个机械臂98可作用以在整个制造系统200输送半导体晶片10、部分器件11和半导体叠层结构100。另外,一个或多个机械臂98能作用以将部分器件11组装到半导体叠层结构100。

[0037] 在一些实施例中,在将半导体晶片10切割成部分器件11之后,一个或多个机械臂98可被配置成在整个制造系统200输送部分器件11。具体地说,一个或多个机械臂98可被定位在切割站38和组装站84和/或切割站38和组装站84之间以将部分器件11从切割站38输送至组装站84。此外,机械臂98可在组装站84将部分器件11组装到半导体叠层结构。

[0038] 仍然参见图3,制造系统可包括用于从半导体晶片10去除诸如灰尘,污垢或其它微粒的污染物的清洁站114。这些污染物可能打断部分器件11的直接熔合粘合。清洁站114可包括清洁半导体晶片10而不会损伤或有害地改变半导体晶片10的清洁工艺。在一些实施例中,半导体晶片10的清洁工艺环境可满足ISO 14644-1清洁室标准,例如ISO类2和ISO类4标准。在一些实施例中,半导体晶片10可在满足FED STD 209E清洁室标准(例如类1和类10标准)的环境中被清洁。一旦被清洁,半导体晶片10可包括一个或多个直接粘合表面18。

[0039] 清洁站114可包括清洁装置50,该清洁装置50去除微粒并活化半导体晶片10的直接粘合表面18以预备供直接熔合粘合的直接粘合表面18。在一些实施例中,清洁站114使用半导体晶片清洁方法和设备。在一些实施例中,半导体晶片10可通过弱酸被清洗。另外,多个半导体晶片10可同时地被批量清洁。

[0040] 一同参照图3和图4,制造系统200可包括切割站38。在一些实施例中,切割站38可位于清洁室内。切割站38可被配置成将所提供的半导体晶片10切割成部分器件11。在切割站38产生的部分器件11可以是能够容纳在半导体晶片10内的任何预定尺寸或形状。另外,申请人已发现切割站38可将半导体晶片10切割成部分器件11而不干扰半导体晶片10和部分器件11的任何直接熔合粘合表面18。切割站38可包括切割半导体晶片10的水波导激光器40以及在切割期间保持半导体晶片10的夹具44。

[0041] 在一些实施例中,切割站38包括将半导体晶片10切割成部分器件11的水波导激光器40。水波导激光器40可包括层流水射流72,它能作为波导以朝向半导体晶片10传播激光束42的光波。当激光束42执行切割时,层流水射流72也可冷却在切割位置的半导体晶片10材料。另外,水波导激光器40的层流水喷水器72可包括水中的氧化剂以在部分器件11被切割时氧化部分器件11。适宜的氧化剂包括过氧化氢、氧饱和的去离子水、臭氧去离子水、氟酸、氯酸、硝酸或适于氧化半导体材料的任何其它氧化剂。这能制备部分器件11以使其适于蚀刻步骤,该蚀刻步骤能去除在切割工艺期间在部分器件11的表面和边缘上产生的一些或全部不完美处。例如,当半导体材料包括硅时,不完美处可包括二氧化硅。

[0042] 现在参见图5A和图5B,其示意地绘出水波导激光器40的实施例。水波导激光器40可包括聚焦透镜66,其被配置成将激光束42汇集到位于水腔70的顶表面上的窗68。在一些

实施例中,水腔70可被加压。激光束42可通过水腔70被聚焦到层流水喷嘴74,该层流水喷嘴74位于水腔70的底表面上。层流水喷嘴74可在各种压力下(例如在低压下)释放层流水射流72。可布置层流水喷嘴74的几何形状以使激光束42与层流水射流72耦合。

[0043] 现在参见图6,层流水射流72可作为激光束42的波导。由于激光束42在层流水射流72和空气之间的过渡区的全反射,可形成波导。该水波导可以与光纤波导相同的方式起作用。在操作中,激光束42和层流水射流72可在基本相同的位置冲击半导体晶片10。激光束42可在半导体晶片10内切割出切割宽度76,该切割宽度76基本等于层流水射流72的直径。在一些实施例中,层流水射流72能冷却半导体晶片10的切割边缘78上以及表面上的半导体晶片10的材料。激光束42可被脉冲化,由此形成只有层流水射流72冲击半导体晶片10的间隔,从而改善沿切割边缘78的冷却以减轻热损伤,这被表示为熔融材料80的一个截面。此外,申请人已发现,当用于本文描述的各实施例时,波导激光器40的激光束42可被配置成不危害部分器件11(图2)的直接粘合表面。在一些实施例中,水波导激光器40可垂直和/或水平地移动。在一些实施例中,水波导激光器40能够多轴线移动,例如六轴线移动。水波导激光器40的示例性实施例是由Laser Microjet®授权的Synova激光切块系统。也可考虑水波导激光器40的其它配置和实施例。

[0044] 再次参见图4,切割站38可进一步包括夹具44和台64。半导体晶片10可被放置在夹具44上,该夹具44可被配置成在水波导激光器40将半导体晶片10切割成部分器件11(图2)的同时支承并且不损坏半导体晶片10。仍然参见图4,夹具44可耦合至台64,该台64能提供对夹具44的支承。台64可被固定或可提供沿一个或多个轴线的运动,例如6轴线运动。在一些实施例中,台64可直接与夹具44咬合。另外,夹具44可包括平移入和平移出夹具44的销46。在当前制造系统中,半导体晶片10可被传递至切割站38并被布置在销46上,这可实现与半导体晶片10的最小表面积接触。

[0045] 在一些实施例中,销46可被容纳在夹具44的孔内。在一些实施例中,销46可被限位在夹具44的一个或多个切割区或遍布夹具44的表面。替代地,销46可被定位在夹具44的外周周围。销46可选择地平移以使每个销46可独立于每个其它销46工作。在半导体晶片10被切割成部分器件2(图2)之后,与半导体晶片10的不合需部分接触的销46可下降入夹具44,由此降低半导体晶片10的不合需部分,使之背离部分器件11。因此,机械臂98可被提供空间以夹紧部分器件11并使之移离切割站38。

[0046] 一同参见图2和图4,在一些实施例中,切割站38可以是湿站。因此,切割站38可包括雾化喷嘴52,其被配置成当半导体晶片10被输送至切割站38时将水雾化到半导体晶片10上。雾化喷嘴52可进一步被配置成当用水波导激光器40将半导体晶片10切割成部分器件11时将水雾化到半导体晶片10上。切割站38可进一步包括排水盆57,通过水波导激光器40和/或雾化喷嘴52产生的水56可聚集到其中。在一些实施例中,水56可再循环至雾化喷嘴52和水波导激光器40。

[0047] 一同参照图2-4,部分器件11可在被组装到半导体叠层结构100之前被干燥。干燥工艺可去除水而不将污染物引入到部分器件11。因此,制造系统200可利用异丙醇蒸气、旋转干燥、真空烘烤、超纯氮气或被配置成使部分器件11干燥而不引入污染物的任何其它干燥工艺。在使用异丙醇蒸气的实施例中,异丙醇蒸气可包括氮和异丙醇。干燥可发生在切割站38和组装站84之间。在一些实施例中,异丙醇蒸气喷嘴54可喷洒异丙醇蒸气的雾以使部

分器件11干燥。异丙醇蒸气干燥可被配置成不损坏部分器件11的直接粘合表面18。在一些实施例中,部分器件11可使用Marangoni干燥工艺被干燥。在一些实施例中,部分器件11可在其在切割站38和组装站84之间输送时被干燥。替代地,用于储藏和干燥部分器件11的独立干燥站可被添加至切割站38和组装站84之间的制造系统200。

[0048] 制造系统200可进一步包括组装站84,其用于将部分器件11组装到半导体叠层结构100。如前面提到的那样,制造系统200可制造比半导体晶片10更大的半导体叠层结构。如图7A和图7B所示,第一部分器件12可被布置在组装台86上而第二部分器件14可被布置成在每个部分起器件12、14的起始接触端13与第一部分器件12接触。这种起始接触可在两个部分器件12、14之间形成接近角。然后可减小接近角 α ,由此形成去除第一部分器件12至第二部分器件14之间的空隙并引导部分器件12、14的熔合粘合的波前。在一些实施例中,随着接近角 α 减小,可在两个部分器件12、14之间形成直接粘合。这两个直接粘合的部分器件12、14能形成半导体叠层结构100的一部分。在一些实施例中,在额外的部分器件11直接熔合粘合至半导体叠层结构100的同时,半导体叠层结构100能通过组装台86保持固定。

[0049] 组装台86能提供无污染物的半导体接触表面87以供半导体叠层结构100组装。组装台86能位于清洁室内,该清洁室可选择地用 N_2 清洗。在一些实施例中,组装台86能包括组装块88,该组装块88被配置成在直接粘合组装工艺期间侧向地咬合住部分器件11。组装块88可以是布置在组装台86的外径周围的外径柱或壁凸起。在一些实施例中,组装台86可被固定。替代地,组装台86能被配置成倾斜以调整部分器件11的角度。

[0050] 一同参见图3和图7C,组装台86能倾斜以调整从组装台86的半导体接触表面87和水平面93(即代表与重力正交的水平表面)测得的倾斜角 θ 。部分器件11能通过一个或多个组装块88受到约束。在一些实施例中,一个或多个机械臂98能位于切割站38和组装站84之间。一个或多个机械臂98能被配置成将部分器件11从切割站38移动至组装台84。

[0051] 现在参见图7B,一个或多个机械臂98能包括机器人末端作用件58,用于将第一部分器件12和第二部分器件14布置在组装台86的半导体接触表面87上。机械臂98可装备有机器人末端作用件58以保持第一部分器件12、第二部分器件14或两者。机器人末端作用件58能被安装至一个或多个机械臂98以使一个或多个机械臂98作用以沿一个或多个运动轴线移动机器人末端作用件58。机器人末端作用件58包括卡钳部件60,该卡钳部件60相对于机器人末端作用件58形成关节以提供夹持或夹紧作用。在一些实施例中,每个卡钳部件60能包括用于夹持部分器件12、14的加强侧向力夹持末梢62。加强侧向力夹持末梢62能削锥至最高点,该最高点提供用于接触部分器件12、14的接触末梢部。加强的侧向力夹持末梢能被配置成非损坏的或能被配置成在半导体材料中产生微小塑性变形。在配置成非损坏的实施例中,加强的侧向力夹持末梢62能包括适于处置半导体材料的材料,其具有比半导体材料更低的硬度,例如塑料等等。在配置成产生微小塑性变形的实施例中,加强的侧向力夹持末梢62的最高点能包括适于处置半导体材料的材料,其具有比半导体材料更高的硬度,例如金刚石等等。因此,加强的侧向力夹持末梢62可通过足够的力被推压入该材料以改变半导体材料的相并在半导体材料中形成小的塑性压痕。在一些实施例中,组装站84可进一步包括第二机械臂198,用于推动第一部分器件12和第二部分器件14以使它们彼此接触。具体地说,第二机械臂198能包括推动部件90,其被配置成从起始接触端13朝向非接触端15促进第一部分器件12和第二部分器件14彼此接触,以使第一部分器件12和第二部分器件14完全和

直接彼此接触。推动部件90可包括适于处置半导体材料材料。

[0052] 一同参见图3和图8,制造系统200可进一步包括退火炉96。对半导体叠层结构100退火能增加半导体叠层结构100的经粘合部分器件11之间的粘合强度。退火也可增加半导体叠层结构100的持久性并能促使氧离开半导体叠层结构100。退火工艺可包括加热半导体叠层结构100至临界温度之上,维持该临界温度并随后冷却半导体叠层结构100。

[0053] 退火工艺可在退火炉96中执行,例如自大约800°C-1000°C工作的线性连续炉。可采用其他退火炉96温度,例如在大约150°C-300°C之间、大约300°C-700°C之间和高于700°C。对于形成自硅构成的半导体晶片10的半导体叠层结构100,大约150°C-300°C之间的退火温度能在半导体叠层结构100的直接熔合粘合内形成Si-F-H-Si键,高于300°C的退火温度可使多余的氢原子在半导体叠层结构100的直接熔合粘合中扩散,由此导致粘合层内的共价Si-Si键,并且在700°C或高于700°C的退火温度下,直接熔合粘合包括共价Si-Si键。在一些实施例中,包括共价Si-Si键的直接熔合粘合能增加半导体叠层结构100的粘合强度。在一些实施例中,退火炉96可包括位于退火炉96的输送带106上方的顶部加热器102以及位于输送带106下面的底部加热器104。顶部加热器102和底部加热器104中的每一个可包括石英红外加热器。输送带106可被配置成沿输送方向(一般由箭头表示)运载部件通过退火炉96,并作氮清洗以将氮引入到退火工艺中。作为替代或附加,部分器件11可在它们被组装到半导体叠层结构100之前被退火。在一些实施例中,半导体叠层结构100的一个或多个尖锐角部可在退火工艺之后使用扫描大气反应离子和/或反应原子蚀刻被圆角化。

[0054] 一同参照图2和图3,本文描述的半导体叠层结构100可使用制造系统200形成自部分器件11。下面描述了用于从部分器件11形成半导体叠层结构100的示例性方法。要注意,本文描述的方法为了清楚而给出并且不旨在限制本文描述的实施例。

[0055] 半导体晶片10可在半导体晶片处置站110被装载到制造系统200中。例如,一个或多个机械臂98能被配置以接收和输送半导体晶片10。半导体晶片10随后可以机器人方式被输送至清洁站114。在清洁站114,半导体晶片10可被清洁,从半导体晶片10去除污染物。示例性清洁工艺可包括例如预扩散清洁工艺、使用化学或机械擦洗的微粒去除工艺、金属离子去除清洁工艺以及薄膜去除清洁工艺。薄膜去除清洁工艺可包括氧化物、氮化物、硅和金属蚀刻和剥离。因此,半导体晶片10的直接粘合表面18可被预备或改善,以供直接熔合粘合。

[0056] 一同参见图3和图4,半导体晶片10可被输送至切割站38,在切割站38,半导体晶片10可被切割成部分器件11。在一些实施例中,半导体晶片10可被放置在夹具44的销46上。水波导激光器40可被引导以将半导体晶片10切割成若干部分器件11,以使部分器件11中的每一个对应于预定形状。预定形状可包括圆弧、矩形、正方形或适于组装到半导体叠层结构100的任何其他形状。

[0057] 一同参照图3、图5A、图5B和图6,申请人已发现水波导激光器40可能在部分器件11上引入缺陷。因此,本文描述的方法可进一步包括对部分器件11进行氧化并在它们被氧化之后从部分器件11去除缺陷。在一些实施例中,可通过在水波导激光器40的层流水射流72内加入添加剂来氧化缺陷。除了在切割时冷却半导体晶片10以减少缺陷量,层流水射流72能够对无法通过水的冷却效果防止的缺陷进行氧化。水波导激光器40的层流水射流72能够通过用氧使层流水射流72的去离子水饱和而被氧化(例如通过气泡机制)。作为替代或附加,

层流水射流72的去离子化水可被臭氧化(O₃)。此外,层流水射流72可包括过氧化氢(H₂O₂)以对不合需的缺陷进行氧化。

[0058] 一同参照图6和图10,缺陷可在半导体晶片10的切割边缘78、在切割部分器件11期间增加的材料毛边82或两者附近包括熔融材料80的截面。尽管不旨在受理论限制,然而相信,当层流水射流72包括氧化添加剂时,半导体晶片10的半导体材料与添加剂反应以随着缺陷产生而对缺陷进行氧化。例如,如果半导体晶片10由硅形成,则氧化添加剂可与硅反应以形成二氧化硅(SiO₂)。因此,经氧化的缺陷可从半导体晶片10或部分器件11去除以使直接粘合表面18平滑以预备直接粘合,即可通过优先地蚀刻二氧化硅而使硅平滑。具体地说,可利用氢氟酸(HF)蚀去二氧化硅而不损坏硅。注意,尽管参照硅来描述氧化和蚀刻,然而氧化和蚀刻可被应用于本文描述的任何半导体材料。

[0059] 再次参见图3和图4,在潮湿环境下切割部分器件11的实施例中,部分器件11可在进行至直接粘合步骤之前被干燥。如前面提到的那样,部分器件11可通过异丙醇蒸汽干燥,该异丙醇蒸汽可经由异丙醇蒸汽喷嘴54提供。申请人已发现异丙醇蒸汽促进了干燥但对部分器件11的直接粘合表面18没有有害的影响。

[0060] 一同参见图3和图7A-7C,部分器件11可通过一个或多个机械臂98被输送至组装站84以组装到半导体叠层结构100。部分器件11可在组装站的组装台86被组装到半导体叠层结构100。在一些实施例中,组装块88可被布置在组装台86的周长周围并且部分器件11可被布置成与组装块88侧向接触。因此,组装块88和组装台86的半导体接触表面87可协作以约束部分器件11的运动。注意,尽管组装块88被图示为布置在组装台86周长周围,然而组装块88和组装台86可形成任何合需的夹具以在部分器件11被组装到半导体叠层结构100的同时约束部分器件11。

[0061] 一同参见图3和图9A-9B,部分器件11可经由一个或多个机械臂98的卡钳部件60被操纵。具体地说,加强侧向力夹持末梢62可咬合住部分器件11,同时避免与直接粘合表面18接触。因此,直接粘合表面18的干净度被维持在适于直接熔合粘合的程度。例如,加强侧向力夹持末梢62可与部分器件11的非粘合侧形成三点接触。当加强侧向力夹持末梢62夹持住部分器件11的侧部时,可在接触位置形成草痕(divot)。相对低数量的加强侧向力夹持末梢62的使用可限制部分器件11侧部的变形。另外,加强侧向力夹持末梢7可以预定方式彼此隔开,以能够在组装期间跟踪变形位置。在由硅构成的部分器件11的实施例中,变形可以由加强的侧向力夹持末梢62形成的草痕。这些草痕可具有从大约10纳米至几百纳米范围的深度。作为替代或附加,可利用塑料夹持件以夹持部分器件11的边缘。

[0062] 现在参见图7B,第一部分器件12可通过机器人末端作用件58布置在组装台86的半导体接触表面87上并与组装台86的组装块88侧向接触。因此,组装块88和半导体接触表面87将第一部分器件12保持在预定位置,使第一部分器件12的直接粘合表面18可供直接熔合粘合。机器人末端作用件58随后可夹持第二部分器件14并朝向第一部分器件12的直接粘合表面18移动第二部分器件的直接粘合表面18。

[0063] 在一些实施例中,一个或多个机械臂98可被配置成使第二部分器件14的直接粘合表面18在部分器件12、14中的每一个的起始接触端13与第一部分器件12的直接粘合表面18接触,以限定起始接触范围19。当部分器件12、14被推压以接触时,可在两者之间形成接近角 α 。因此,直接粘合表面18可彼此隔开,间距根据接近角 α 从起始接触端13向非接触端15增

长。可通过闭合接近角 α 而形成直接熔合粘合。直接熔合粘合可大于起始接触范围19。因此，当直接粘合表面18被进一步布置成从起始接触范围19开始接触并朝向非接触端15移动时，可沿直接粘合表面18形成波前。波前能基本去除部分器件12、14的直接粘合表面18之间的全部空气并减少部分器件12、14之间的空隙出现。

[0064] 在一些实施例中，第二机械臂198可被配置成推压第二部分器件14以更完全地接触第一部分器件12，以使直接粘合表面18重叠合需的量。具体地说，第二机械臂198可闭合部分器件12、14的直接粘合表面18之间的接近角 α 以形成直接熔合粘合。具体地说，第二机械臂198可包括推动部件90，其作用以闭合第一部分器件12和第二部分器件14之间的接近角 α 。推动部件90能在起始接触端13接触第二部分器件14的外表面21。推动部件90可随后沿第二部分器件14的外表面21朝向非接触端15滑动以产生用于直接熔合粘合的波前。在又一些实施例中，可通过一开始在波前中心接触部分器件12、14并从中心接触点径向地传播波前(如前所述)而产生波前。

[0065] 再次参见图7C，可转动组装台86以增进直接粘合并减少缺陷性粘合。在一些实施例中，部分器件11可被翻转，即台的倾斜角 θ 可被设定为从大约 90° 至大约 270° ，在一个实施例中例如为大约 180° 。当翻转时，组装台86可包括将部分器件11固定至半导体接触表面87的咬合装置，例如静电充电部件或吸附部件。翻转部分器件11能降低微粒落在部分器件11的直接粘合表面18上的可能性。在一些实施例中，在组装工艺之后可断绝清洁室环境。在半导体叠层结构100被粘合和组装之后，对污染物不敏感的一个或多个表面可仍然保持露出。

[0066] 一同参见图3和图11A-11C，可利用本文描述的实施例以组装多种形状的半导体叠层结构100。在一些实施例中，硅叠层结构120可被组装成边缘环。硅叠层结构120可包括在交替工序结构24中组装的第一部分器件212、第二部分器件214和第三部分器件216。在交替工序结构24中，第一部分器件212毗邻于第二部分器件214。第一部分器件212和第二部分器件214可各自直接粘合至第三部分器件216的一部分。要注意，尽管图11B中绘出了一个交替工序结构24，然而本文描述的实施例可包括多个交替工序结构24。硅叠层结构120可进一步包括阶梯结构26。阶梯结构26可由不完全重叠的两个熔合粘合的部分器件11形成。例如，第二部分器件214可与第三部分器件216直接熔合粘合以使第二部分器件214的一部分不被第三部分器件216覆盖。阶梯结构26可重复多次以形成半导体叠层结构100的交错截面或半导体叠层结构100的成角度截面。

[0067] 现在参见图12，半导体叠层结构122可包括成角度表面30。例如，半导体叠层结构122可由多个部分器件11形成。成角度表面30可通过使阶梯结构26(图11C)平滑、通过在组装前切割每个部分器件11或前述两者的组合而形成。

[0068] 一同参见图13A和图13B，半导体叠层结构124可被形成为用于半导体加工腔的半导体莲蓬头电极。在一些实施例中，多个馅饼形部分器件32可被组装到半导体叠层结构124中。半导体叠层结构124的示例性实施例可被形成为半导体莲蓬头电极，该半导体莲蓬头电极具有大约10mm厚的厚度 T_E 以及大约500mm至大约600mm的直径。

[0069] 一同参见图3和图13B，部分器件11、32可在组装前被钻孔。预钻的孔可在半导体叠层结构124中形成气体流动通道36，以允许气体流过半导体叠层结构124。气体流动通道36利于在组装工艺期间的空气去除，这可从直接粘合表面18去除污染物。在一些实施例中，可利用电子束或通硅通孔(TSV)技术以在部分器件11、32内钻出气体流动通道36。作为替代或

附加,半导体晶片10可在被引入到制造系统200之前被钻孔。

[0070] 一同参见图2、图3和图14,半导体叠层结构100可进一步包括气体通道34以允许气体在半导体叠层结构100中流动。在一些实施例中,部分器件11可被组装以使气体通道34形成自毗邻的部分器件11之间的空隙。因此,半导体叠层结构100可被形成为具有多个气体通道34的对象,例如集管、莲蓬头电极、晶片末端作用件、质量流控制器等等。

[0071] 再次参见图3,半导体叠层结构100可在组装之后退火。例如,半导体叠层结构100可在退火炉96中被退火以加强直接熔合粘合。在退火之后,仍然在清洁室环境下,可通过一个或多个机械臂98对部件进行封装。

[0072] 现在应当理解,可利用本文描述的实施例从一个或多个半导体晶片的多个部分器件形成多种半导体叠层结构。相比从半导体锭切割大尺寸盘并将盘机加工成可用部件(例如莲蓬头电极),半导体晶片的使用可降低制造成本。此外,部分器件可被形成为任何预定形状,这能够得到无法被机加工的半导体叠层结构。

[0073] 注意,本文中可利用术语“基本上”和“大约”以表示可能归因于任何定量比较、值、测量或其它表征的不确定性的固有程度。这些术语也在本文中被利用以表示定量表征可背离所声称的基准但不导致所讨论的主题事项的基本功能变化的程度。

[0074] 尽管本文已示出和描述了特定实施例,然而应当理解,可不脱离要求保护的主体事项的精神和范围地作出多种其它改变和修正。此外,尽管所要求保护的主体事项的各个方面已在本文中被描述,然而这些方面不一定被组合利用。因此所附权利要求书旨在覆盖落在所要求保护的主体事项范围内的所有这些变化和修正。

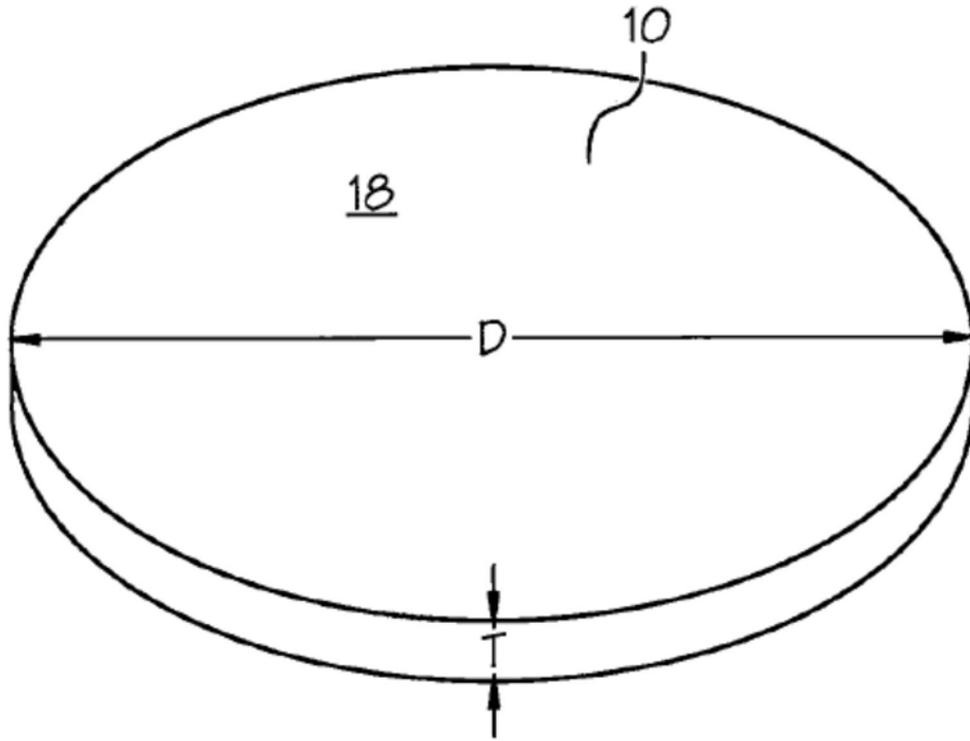


图1

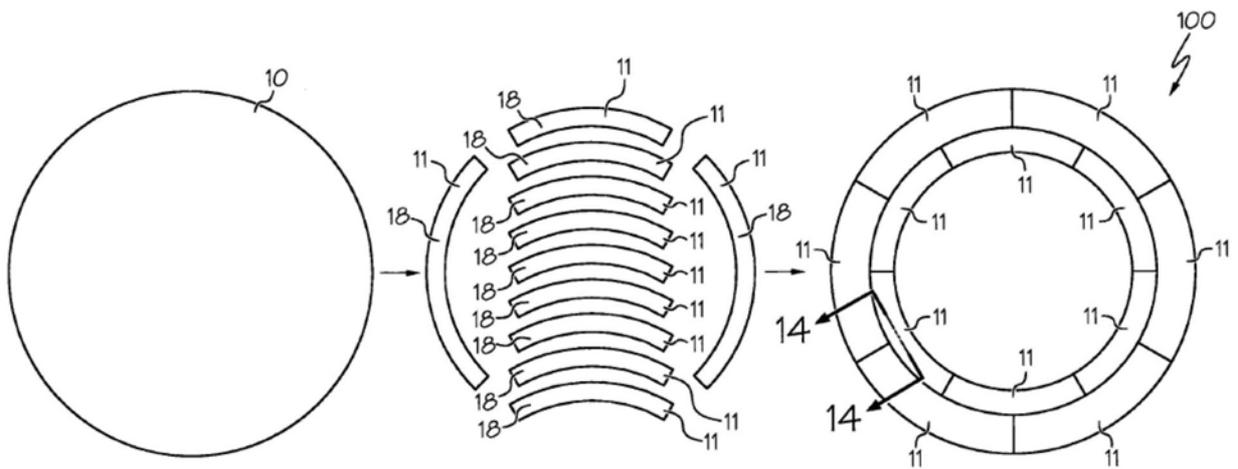


图2

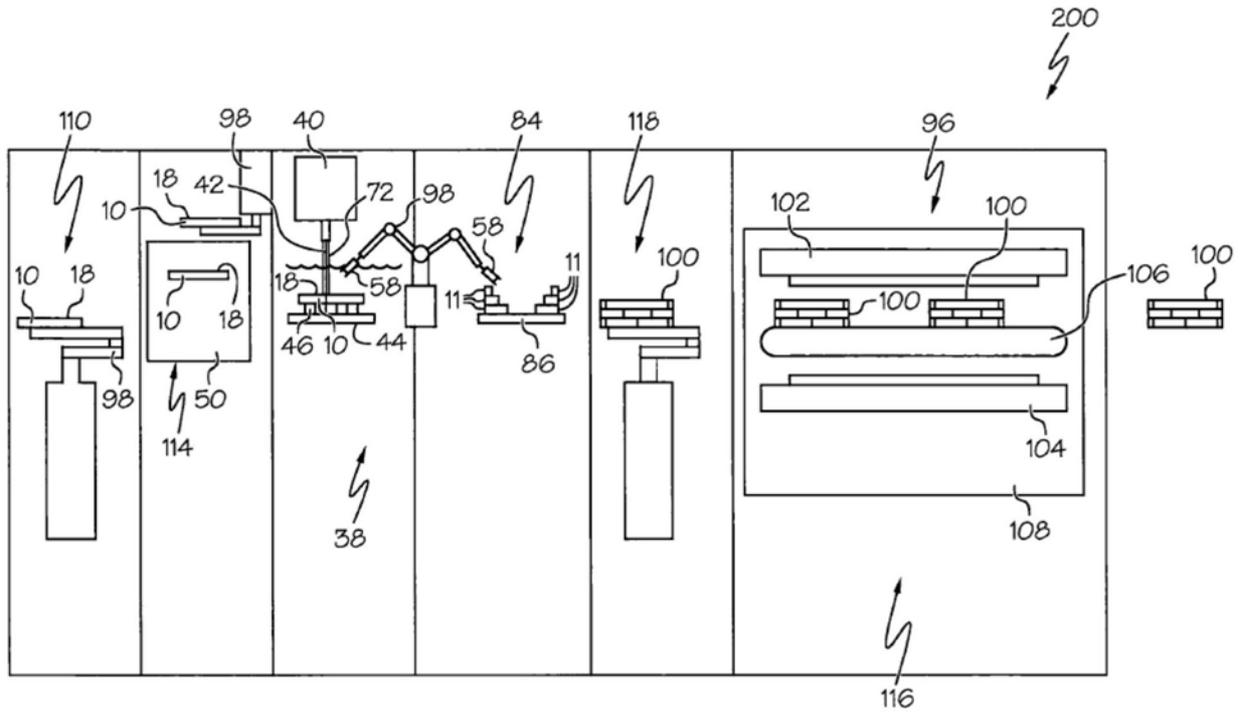


图3

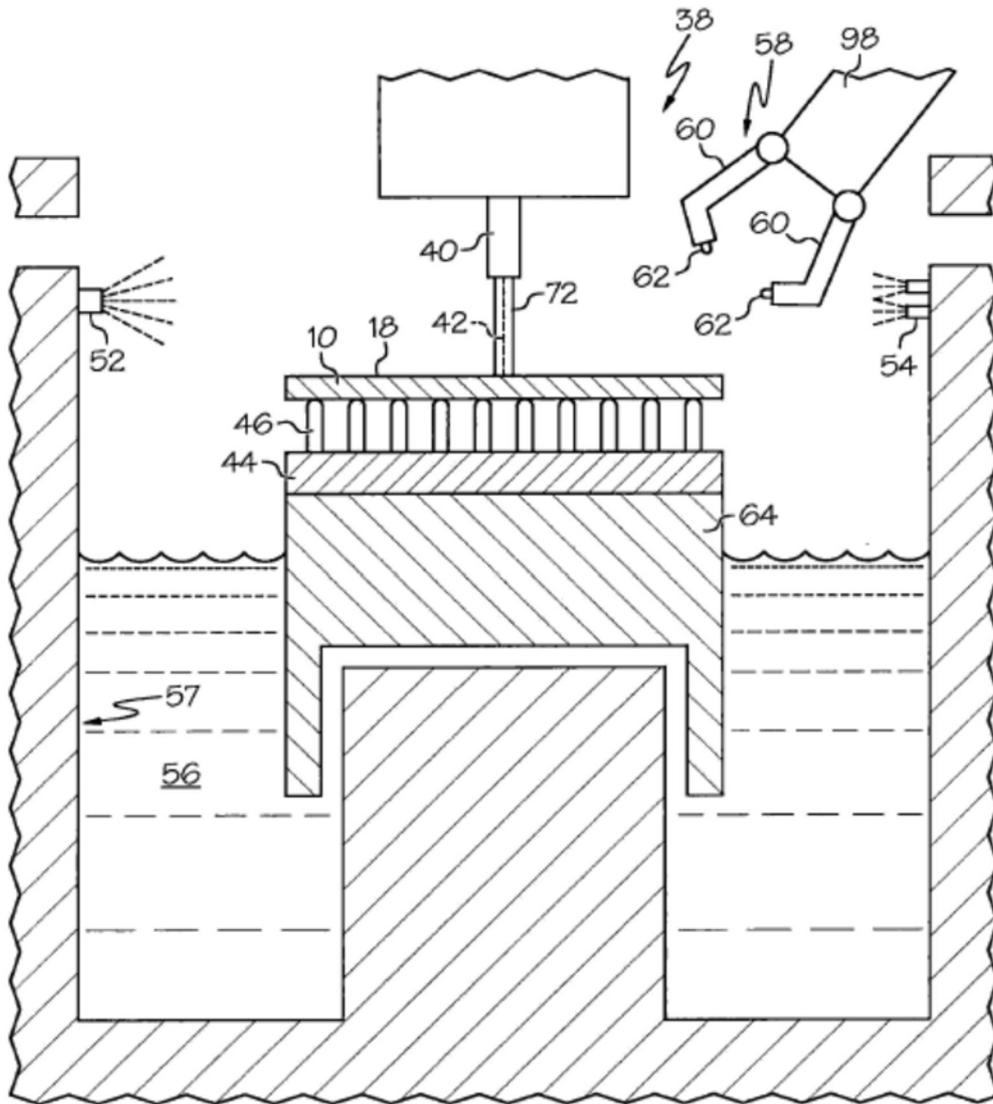


图4

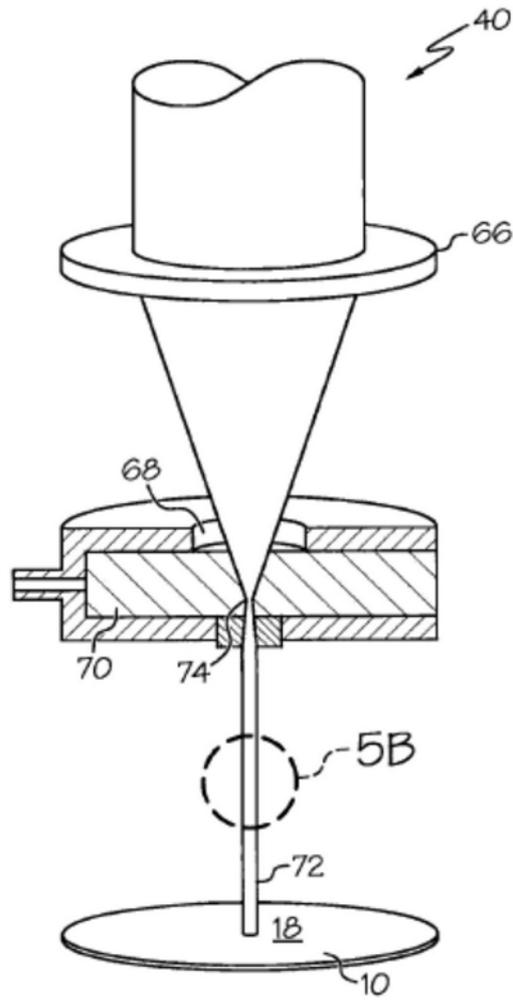


图5A

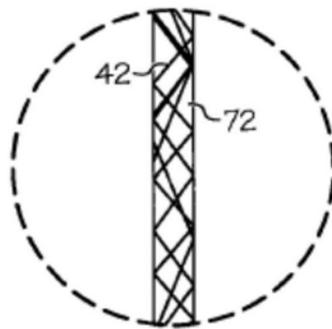


图5B

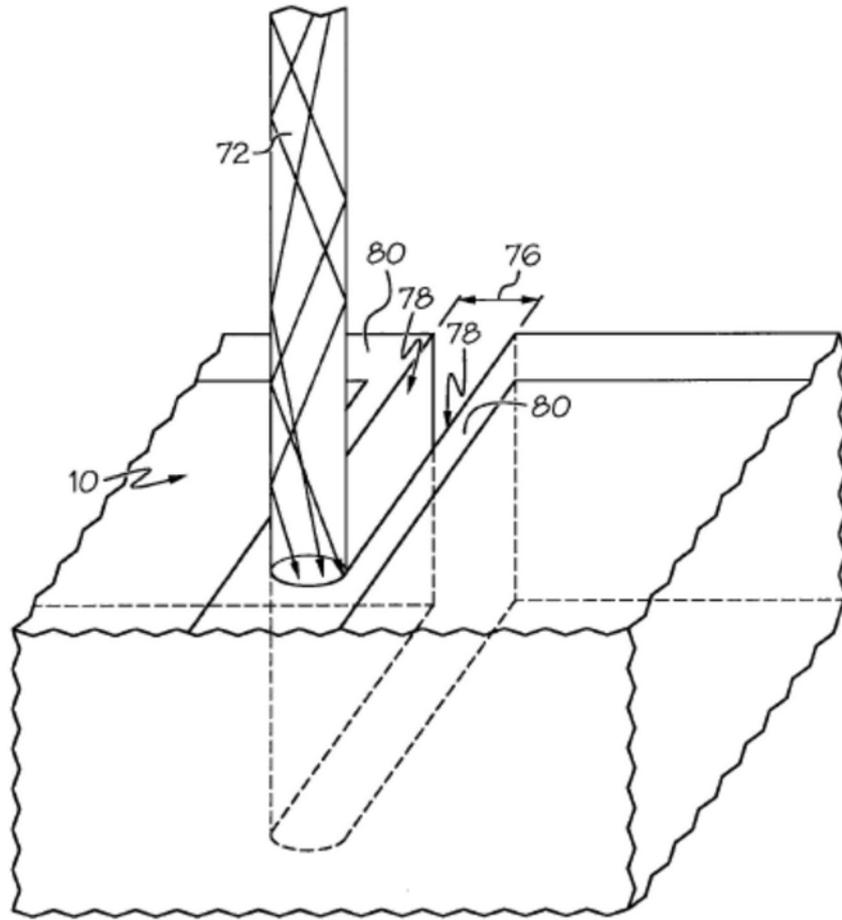


图6

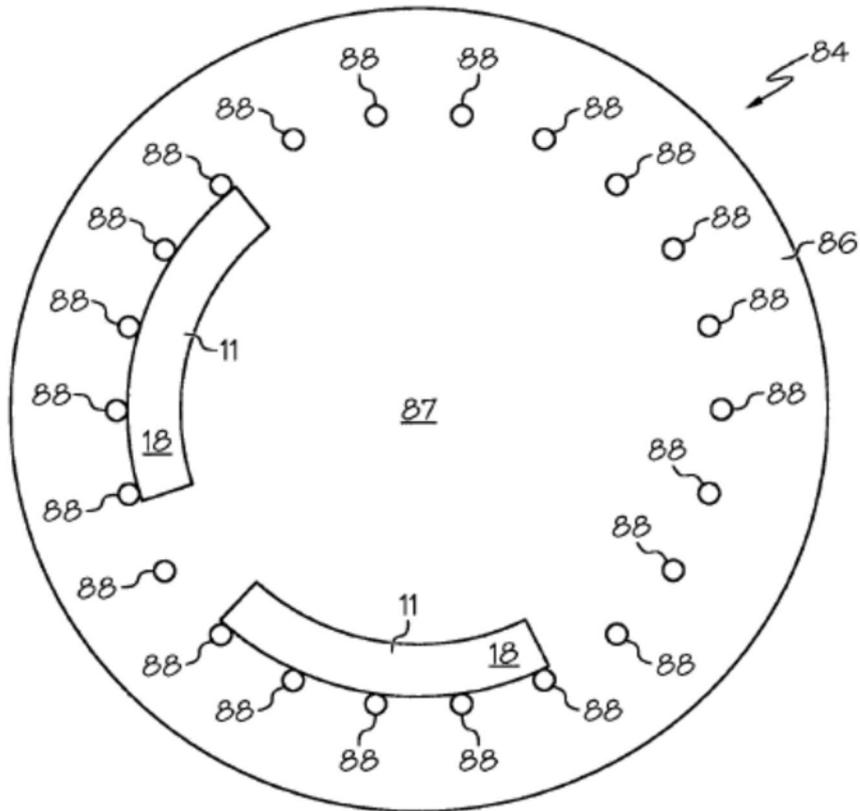


图7A

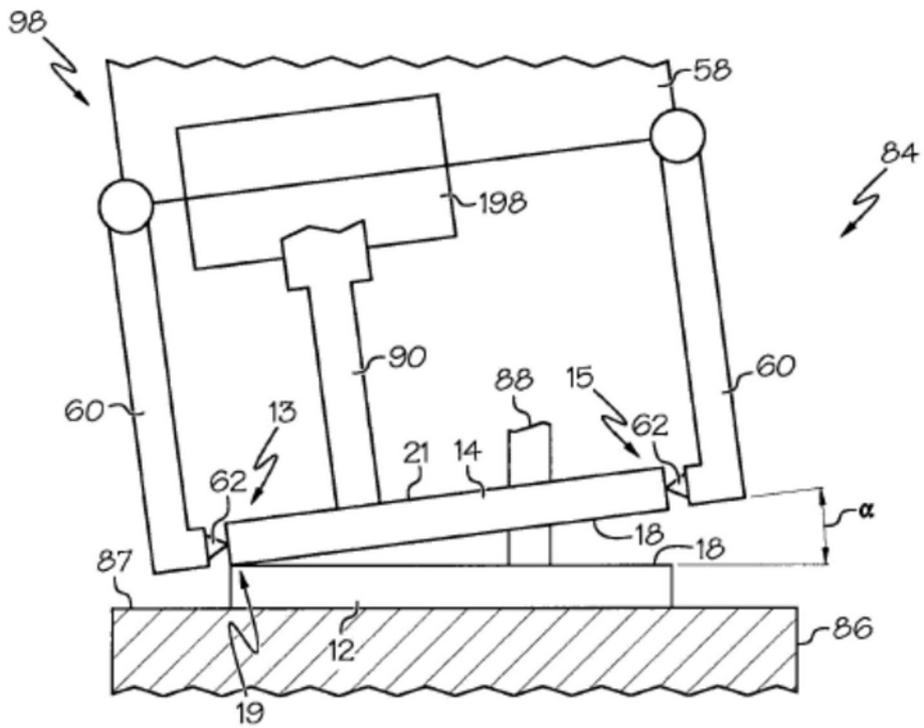


图7B

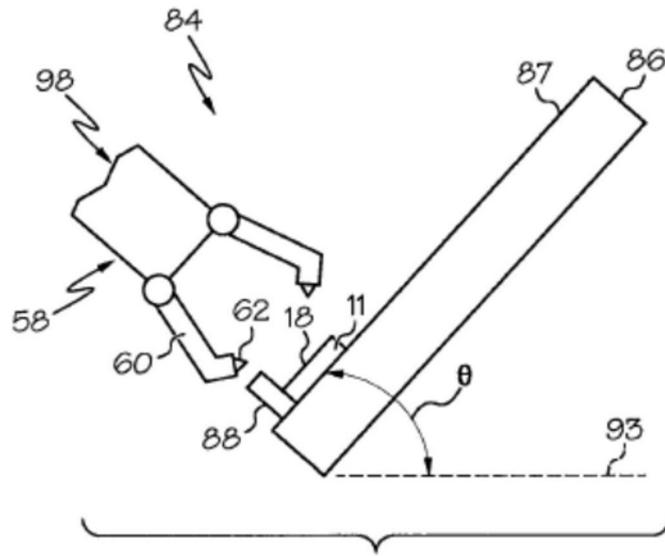


图7C

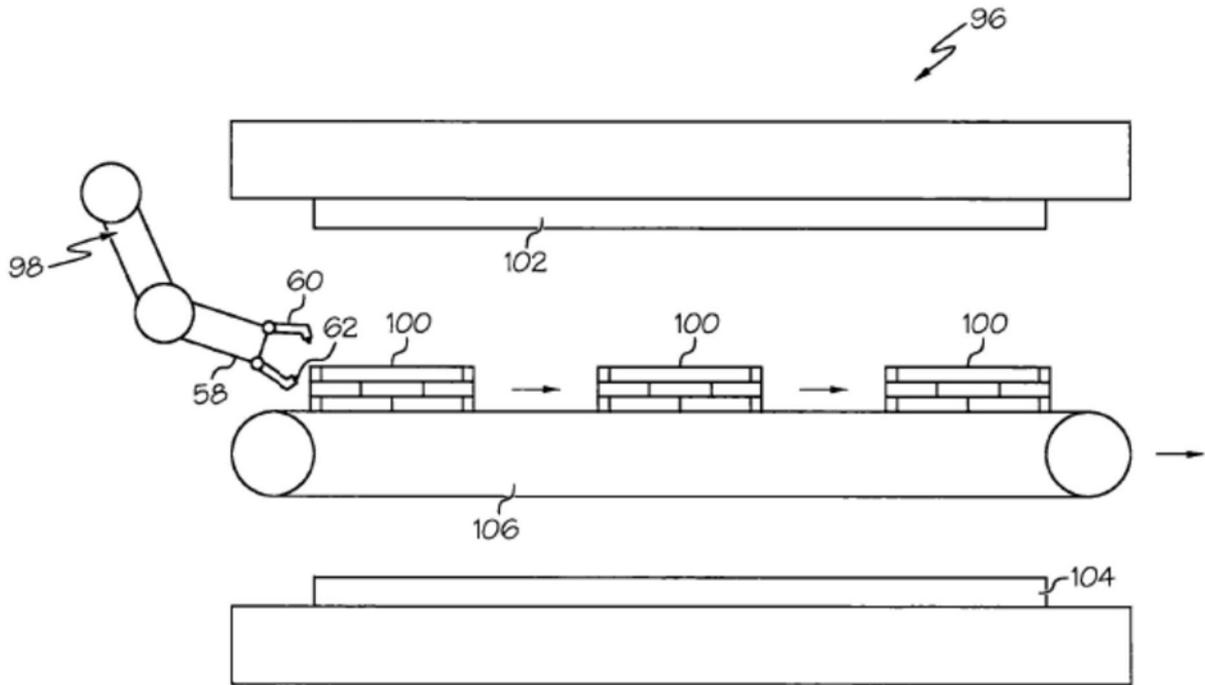


图8

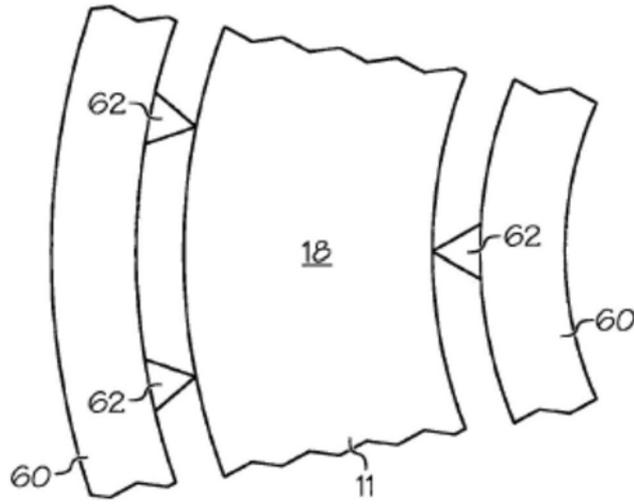


图9A

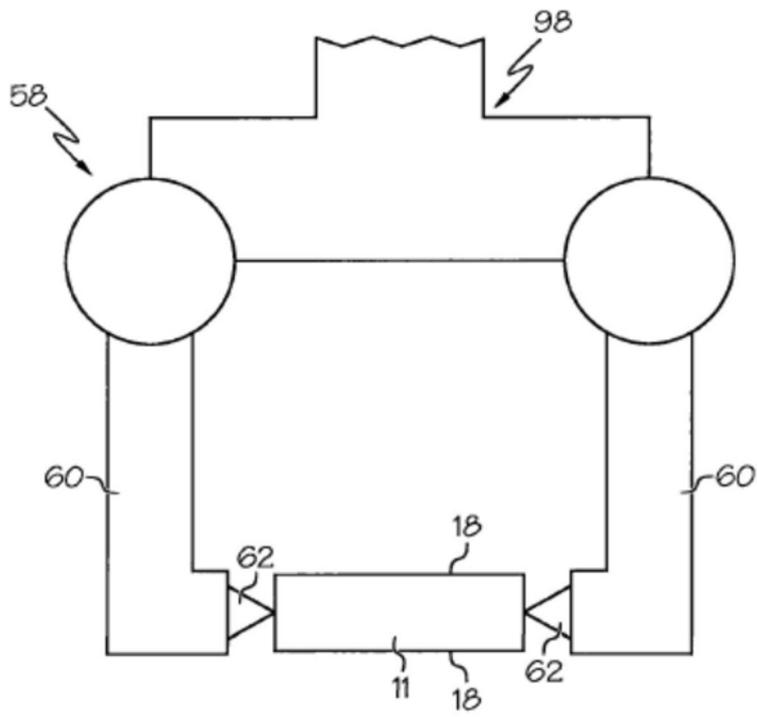


图9B

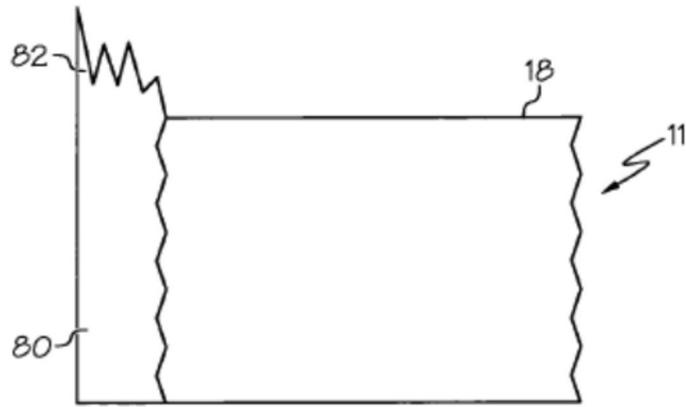


图10

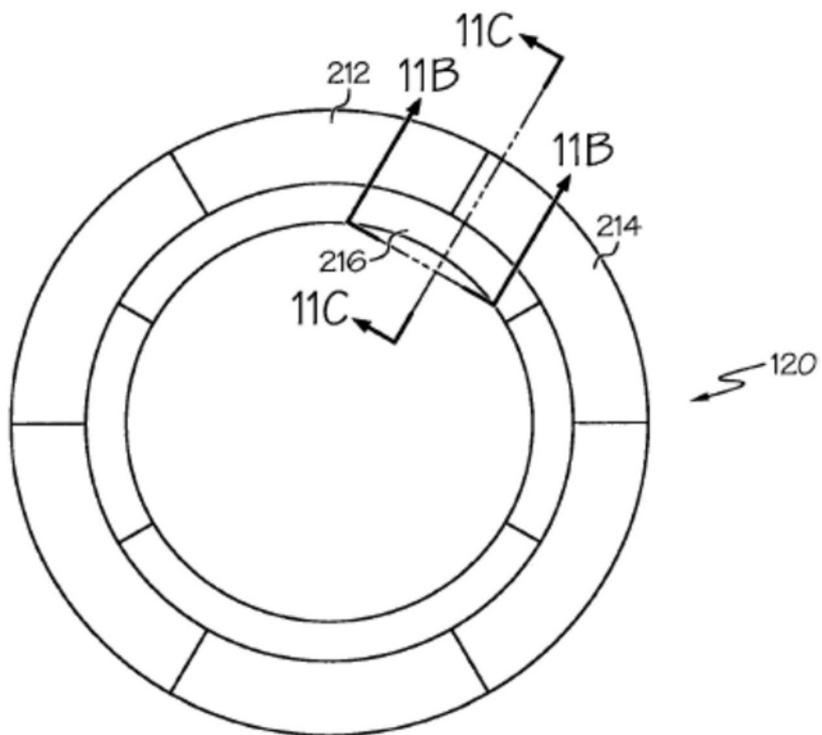


图11A

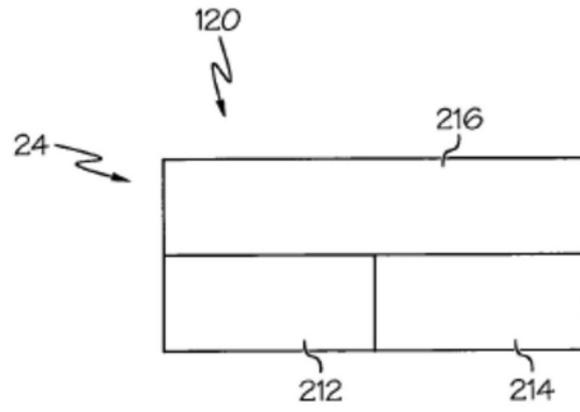


图11B

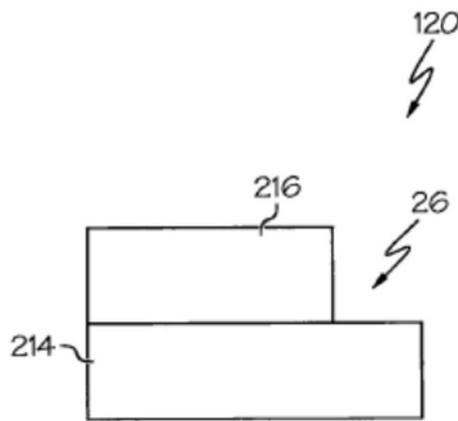


图11C

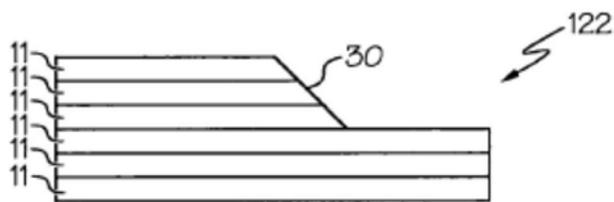


图12

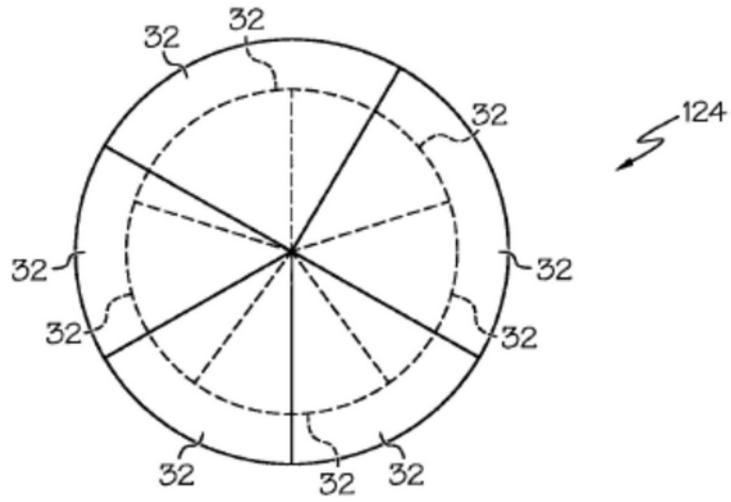


图13A

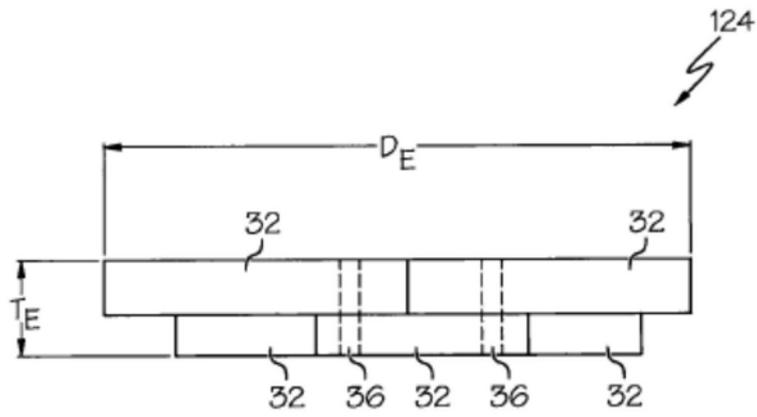


图13B

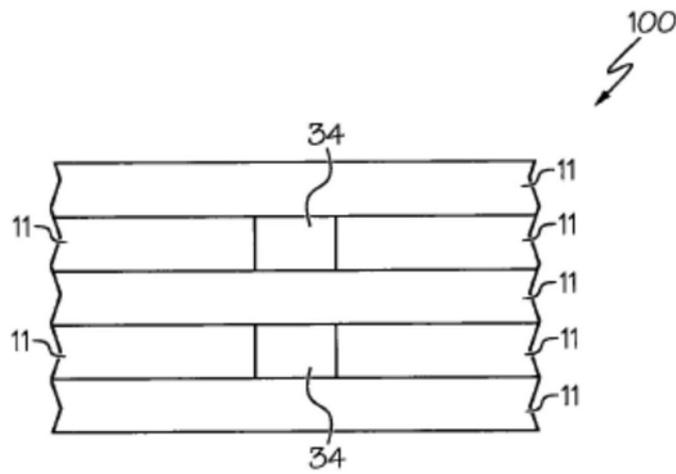


图14