



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109564891 A

(43)申请公布日 2019.04.02

(21)申请号 201780049093.9

(22)申请日 2017.08.01

(30)优先权数据

1657722 2016.08.11 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.02.03

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2017/052161 2017.08.01

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/029419 FR 2018.02.15

(71)申请人 索泰克公司

地址 法国伯尔宁

申请人 法国原子能和替代能源委员会

(72)发明人 迪迪埃·朗德吕

纳迪娅·本默罕默德

0·科农丘克 F·马赞 D·马西

S·勒博 F·里厄托尔

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 黄纶伟 李辉

(51)Int.Cl.

H01L 21/762(2006.01)

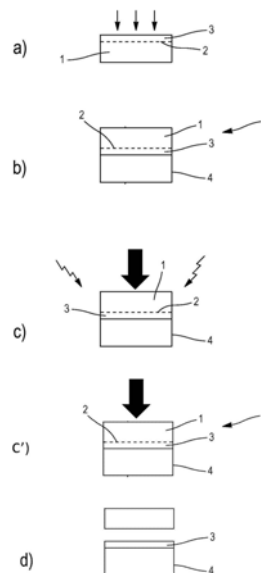
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

用于转移有用层的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于将有层(3)转移到支撑体(4)上的方法,该方法包括以下步骤:通过将轻核素注入到第一衬底(1)中来形成脆化平面(2),以便在该平面与所述第一衬底(1)的表面之间形成有用层(3);将所述支撑体(4)施加到所述第一衬底(1)的所述表面上以便形成待破裂组件(5);脆化热处理所述待破裂组件(5);引发破裂波并沿着所述脆化平面(3)将其传播到所述第一衬底(1)中。根据本发明,所述破裂波是在所述脆化平面(2)的中心区域中引发的,并且该波的传播速度被控制为具有足够的速度。因此,所述破裂波与在其引发和/或传播期间发出的声振动的相互作用被限制到所述有用层(3)的周边区域。



1. 一种用于将有用层(3)转移到支撑体(4)上的方法,所述方法包括以下步骤:
 - 通过将轻核素注入到第一衬底(1)中来形成脆化平面(2),以便在该平面(2)与所述第一衬底(1)的一个表面之间形成有用层(3);
 - 将所述支撑体(4)施加到所述第一衬底(1)的所述表面上以便形成待破裂组件(5);
 - 应用热处理以便使所述待破裂组件(5)脆化;
 - 引发破裂波并沿着所述脆化平面(2)将所述破裂波传播到所述第一衬底(1)中;其中,所述方法的特征在于:
 - 所述破裂波是在所述脆化平面(2)的中心区域中引发的;以及
 - 这种波的传播速度被控制为使得其速率是足够的;使得所述破裂波与在所述破裂波引发和/或传播时发出的声振动的相互作用被限制到所述有用层(3)的周边区域。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述破裂波的所述传播速度被控制为具有高于所述声波的速度的三分之一的速率。
3. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中,所述第一衬底(1)由硅制成,并且其中,所述破裂波的所述传播被控制为具有高于2km/sec的速率。
4. 根据前述权利要求所述的方法,其中,所述破裂波的所述传播被控制为具有从2km/sec到4.5km/sec变动的速率。
5. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述破裂波的所述传播被控制为具有从3.8km/sec到4.2km/sec变动的速率。
6. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中,所述破裂波是通过应用所述脆化热处理来引发的,并且其中,所述传播速度是通过在所述引发时选择这种热处理的温度来控制的。
7. 根据前述权利要求所述的方法,其中,所述脆化热处理的所述温度高于400℃或500℃。
8. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中,所述破裂波的所述引发是由设置在所述脆化平面(2)的所述中心区域中或者在所述中心区域附近的初期破裂而引起的。
9. 根据前述权利要求所述的方法,其中,所述初期破裂由包含超过所述脆化平面(2)中的平均浓度的轻核素的体积构成。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述初期破裂由与所述脆化平面(2)的所述中心区域对齐的、设置在所述第一衬底(1)与所述支撑体(5)之间的界面处的空腔或主体构成。
11. 根据权利要求1至7中的一项所述的方法,其中,所述破裂波是通过在所述脆化平面(2)的所述中心区域处的能量输入来引发的。
12. 根据权利要求所述的方法,其中,所述传播速度是通过校准所述脆化热处理使得所述脆化平面具有至少等于目标熟化率的熟化率来控制的。
13. 根据前述权利要求中的一项所述的方法,其中,所述第一衬底(1)由盘形板构成,并且其中,所述中心区域包括所述板的几何中心。
14. 根据前述权利要求所述的方法,其中,所述周边区域由环形区域构成,所述环形区域的圆圈的半径大于所述第一衬底(1)半径的2/3,优选地大于所述第一衬底(1)半径的80%。

15. 根据前述权利要求所述的方法, 其中, 所述周边区域被完全地包含在所述有用层(3)的一个隔绝区域中。

用于转移有用层的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于转移有用层的方法。

背景技术

[0002] 一种用于将有用层3转移到支撑衬底4上的方法是从文献FR3020175中获知的,如图1所示,这种方法包括以下主要步骤:

[0003] -在步骤a)中,通过将轻核素注入到第一衬底1中形成脆化平面2,以便在这种平面与第一衬底1的一个表面之间形成有用层3;

[0004] -在步骤b)中,将支撑体4施加到第一衬底1的表面上以便形成具有两个暴露表面S1、S2的待破裂组件5;

[0005] -在步骤c)中,应用热处理以便使待破裂组件5脆化;

[0006] -在步骤d)中,引发破裂波并沿着脆化平面2将其传播到第一衬底1中。

[0007] 根据此文献,在破裂波的引发和/或传播时发出声振动。破裂波与此类声振动之间的相互作用导致形成所形成的有用层的厚度变化的周期性图案,该厚度变化的周期性图案在层的整个表面上延伸。换句话说,破裂波根据它经过的材料的瞬时应力的状态相对于其行进平面垂直地偏离,同时这种应力状态受到声波影响。图2因此示出了根据以上公开的方法转移的有用层的厚度变化的图案。在所例示的示例中,图案包括侧图案和圆形图案(在此图中分别通过a和b来指示)。通过使用KLA-Tencor公司的检测工具Surfscan™来测量与由层表面传播的光的强度相对应的“雾状物(haze)”(按照当前英语术语),此类图案已变得显而易见。为得到关于这种检测技术的进一步信息,可以参照F.Holsteyns,Yield Management Solution, Spring 2004, pp50-54的文章《Seeing through the haze》。

[0008] 为了解决此问题,以上文献提供了给待破裂组件装配吸收元件以用于检测并驱散所发出的声波,并且防止或者限制有用层的厚度变化的此类图案的形成。尽管此方法是完全高效的,然而需要在待破裂组件的至少一个面上实现一个吸收元件,这使得用于转移有用层的方法变得更复杂。

[0009] 发明目的

[0010] 本发明的一个目的在于提供一种用于转移有用层的简单方法,其中这种有用层具有程度减小的厚度变化的图案。

发明内容

[0011] 为了实现此目标,本发明提供了一种用于将有用层转移到支撑体上的方法,该方法包括以下步骤:

[0012] -通过将轻核素注入到第一衬底中来形成脆化平面,以便在这种平面与所述第一衬底的一个表面之间形成有用层;

[0013] -将所述支撑体施加到所述第一衬底的所述表面上以便形成待破裂组件;

[0014] -应用热处理以便使所述待破裂组件脆化;

[0015] -引发破裂波并沿着所述脆化平面将其传播到所述第一衬底中。

[0016] 所述方法的特征在于,所述破裂波是在所述脆化平面的中心区域中引发的,并且这种波的传播速度被控制为使得其速率是足够的。因此,所述破裂波与在其引发和/或传播时发出的声振动的相互作用被限制到所述有用层3的周边区域。

[0017] 本发明使得有可能将厚度变化的周期性图案的形成限制到所述有用层的仅一部分。

[0018] 根据本发明的其它有利且非限制性特征,单独地或按照任何技术上可行的组合进行:

[0019] • 破裂波的传播速度被控制为具有高于声波的速度三分之一的速率;

[0020] • 第一衬底由硅制成,并且破裂波的传播被控制为具有高于2km/sec的速率;

[0021] • 破裂波的传播被控制为具有从2km/sec到4.5km/sec、优选地从3.8km/sec到4.2km/sec变动的速率;

[0022] • 破裂波是通过应用脆化热处理来引发的,并且传播速度是通过在引发时选择这种热处理的温度来控制的;

[0023] • 脆化热处理的温度高于400°C或500°C;

[0024] • 破裂波的引发是由设置在脆化平面的中心区域中或者在这种中心区域附近的初期(incipient)破裂而引起的;

[0025] • 初期破裂由包含超过脆化平面中的平均浓度的轻核素的体积构成;

[0026] • 初期破裂由与脆化平面的中心区域对齐的、设置在第一衬底与支撑体之间的界面处的空腔或主体构成;

[0027] • 破裂波是通过在脆化平面的中心区域处的能量输入来引发的;

[0028] • 传播速度是通过校准脆化热处理使得脆化平面具有至少等于目标熟化率的熟化率来控制的;

[0029] • 第一衬底由盘形晶片构成,并且所述中心区域包括晶片的几何中心;

[0030] • 周边区域由环形区域构成,该环形区域的圆圈的内半径大于第一衬底的半径的2/3,优选地大于第一衬底的半径的80%;

[0031] • 周边区域被完全地包含在有用层的一个隔绝区域中。

附图说明

[0032] 根据参照附图进行的本发明的详细描述,本发明的另外的特性和优点将是清楚的,在附图中:

[0033] -图1示出了根据现有技术的用于转移有用层的方法;

[0034] -图2示出了由现有技术的有用层发出的雾状物的、示出厚度变化的周期性图案的视图;

[0035] -图3示出了破裂波的速度与声波的速度之间的实验关系的图;

[0036] -图4示出了根据本发明的用于转移有用层的方法;

[0037] -图5a示出了由通过根据本发明的方法所获得的有用层发出的雾状物的视图;

[0038] -图5b示出了通过对根据本发明的方法进行仿真所获得的有用层的视图。

具体实施方式

[0039] 本申请的发明人已充分地研究了在提供用于转移有用层的原始方法的现有技术的陈述中公开的现象。此原始方法不旨在例如通过收集声波和/或通过吸收声波而限制声波的发展,而是旨在限制声波与破裂波的相互作用。厚度变化的周期性图案的形成因此被限制到这种层的仅一部分。

[0040] 发明人因此注意到,声波将以比破裂波的速度高的速度从破裂起始点传播,并且波图案的起源源自于由破裂波与声波在待破裂组件的端部上的反射之间的碰撞所引起的干扰。声波的传播特性以及特别是其速度可以通过设置在待破裂组件的一个面和/或另一个面上的压电传感器来测量。

[0041] 为了限制此类干扰,本发明一方面提供了远离待破裂组件的端部设置破裂的起始点,即,将这种起始点设置在离衬底边缘一定距离处、在脆化平面的中心区域处。因此,反射声波遇到破裂波的时刻相对于破裂起始时间延迟了。

[0042] 同时,本发明提供了控制破裂波的传播速度。速度被选择为对破裂波和反射声波被局限于待破裂组件的周边区域的区域(该区域将具有有用层的厚度变化的周期性图案)来说足够高。在最有利的情形下,特别是如果破裂波的速度足够高,则一般而言,周边区域可以被包含在有用层的一个隔绝区域(即,不计划形成元件的区域)中。在有用层的周边处,这种隔绝区域可以是0.5至2或3毫米。未包含在周边区域内的有用层的表面基本没有周期性图案,并且因此具有所需要的关于厚度均匀性的特性。

[0043] 应该注意到,本发明的原理基于由本申请的发明人核实的假设,即,声波的传播速度与破裂波的传播速度没有直接(例如,成比例)联系。

[0044] 事实上,如果考虑具有圆形形状和半径R的待破裂组件并且 V_g 指示声波在由待破裂组件所限定的平面中的速度并且 V_f 是破裂波的速度,则待破裂组件的中心(破裂起始于此)与两个波碰撞的地方之间的距离d满足以下等式:

$$[0045] \quad d/V_f = (2R-d)/V_g$$

[0046] 假定在交会点处,破裂波已经以速度 V_f 行进了距离d,并且反射声波已经以速度 V_g 行进了距离 $(2R-d)$ 。因此可以确定这种距离d满足以下等式:

$$[0047] \quad d = 2R / (1 + V_g/V_f)$$

[0048] 因此可以注意到,可以将这种距离d控制得尽可能接近R,只要也可以将 V_g/V_f 比控制为接近1。

[0049] 图3示出了由发明人作为本发明的准备所执行的实验的结果,示出了针对破裂波的各种速度 V_f 的 V_g/V_f 比。已在将用于转移层的方法应用于第一硅衬底时获得了这些测量结果。

[0050] 可以注意到,通过选择破裂波速度 V_f 的值,可以从1到2的宽范围中选择 V_g/V_f 比。对于破裂波的量级为1km/sec的低速度,声波的速度几乎是两倍高(V_g/V_f 接近2)。因此,会合区域是内半径等于待破裂组件的半径R的2/3的环形区域。

[0051] 对于破裂波的高速度,声波的速度稍微高于破裂波的速度(V_g/V_f 接近1)。会合区域则限于内半径非常接近待破裂组件的半径R并且所以几乎不存在的环形区域。

[0052] 在该研究的基础上,本发明提供了用于将有用层3转移到支撑体4上的方法,该方法包括如图4a至图4d所示的步骤。

[0053] 在第一步骤a)中,如图4a所示,例如通过将轻核素注入到第一衬底1中,形成了脆化平面2。第一衬底1可以由硅或任何其它材料制成,无论是否是半导体材料。例如,它可以是锗或氮化镓、钽酸锂或蓝宝石。可以使用沉积或热处理来使层预先沉积到表面上。它可以是通过硅板的热氧化而获得的由二氧化硅制成的层或通过任何种类的外延沉积(SiGe、InGaN、AlGaN、Ge等)而获得的层。

[0054] 第一衬底1可以是具有标准尺寸(例如直径为200mm或300mm或甚至450mm)的盘形晶片。然而,本发明决不局限于这些尺寸或这种形状。

[0055] 至于轻核素,其可以是能够在脆化平面处使第一衬底1脆化的任何核素。其可以是氢和/或氦。

[0056] 脆化平面2利用第一衬底的表面限定有用层3。

[0057] 在第二步骤b)中,支撑体4被施加到第一衬底1的表面上以便形成待破裂组件5。支撑体可以由硅晶片或由任何材料制成并具有任何形状的衬底构成,例如由蓝宝石或玻璃制成。像第一衬底1一样,支撑体4可以被预先设置有任何种类的表面层。

[0058] 可以使用分子粘附、热压缩、静电接合等任何直接组装方法来将支撑体4施加到第一衬底的表面上。它还可以包括将粘合剂层(诸如胶水)施加到支撑体4和/或第一衬底1上。支撑体4的施加还可以对应于材料到第一衬底1的表面上沉积,其中沉积层形成支撑体4。

[0059] 在另一步骤c)中,然后对待破裂组件5应用脆化热处理。这种热处理在脆化平面2处削弱第一衬底1,并且一旦破裂波被引发就为破裂波供应足够的能量,从而以自我维持方式传播。这种热处理通常从150°C到600°C变动持续30分钟至8小时,例如,在400°C下持续4小时。

[0060] 在第一另选实施方式中,热处理本身足以引发破裂波。在热处理完成时,有用层3被从第一衬底1完全去除,如图4d所示。

[0061] 在图4c'所示的第二另选实施方式中,方法包括在脆化热处理之前或期间局部添加能量,以引发破裂波。这种能量可以具有机械、热或任何其它起源。它可以源自于通过例如激光或超声能量输入局部加热。

[0062] 无论什么另选实施方式,一旦被引发,破裂波就以自我维持方式传播以便使有用层2分离并将有用层2转移到支撑体4上,如图4中的步骤d)所示。

[0063] 根据本发明,在图4c和图4c'所示的步骤之一期间产生的破裂波是在脆化平面2的中心区域处引发的。在这些图中,中心区域中的引发通过大箭头符号表示。

[0064] 不必在这种平面2的几何中心处精确地引发破裂波。因此,引发的中心区域可以对应于基本上以脆化平面的几何中心为中心的圆形表面。这种表面可以对应于脆化平面2的总表面的20%、10%或5%。如以上所说明的,当在此区域的一个点处引发破裂时,它离待破裂组件5的边缘足够远以推迟破裂波与反射声波相互作用的时刻。

[0065] 多个方法能够导致在这种中心区域中引发破裂。在热处理步骤之前的步骤中,因此,可以将初期破裂设置在此区域中或靠近此区域。在此步骤期间,初期破裂是用于引发这种破裂的有利地方。

[0066] 因此可以在脆化平面2的中心区域处通过将轻核素引入到第一衬底1中来形成这种初期破裂。限定初期破裂的体积由此形成,并且相对于脆化平面2的平均浓度具有过量的轻核素。因此可以在形成脆化平面2的步骤之前、期间或之后并且在任何情况下在组装步骤

之前引入过量的此类轻核素。初期破裂的主要尺寸可以从10nm到几毫米变动。可以在有或没有这种衬底1的先前掩模的情况下借助于局部注入将过量的核素引入到第一衬底1中。例如,按照 $1e16at/cm^2$ 的剂量(除形成脆化平面的剂量之外)在直径为1mm的表面上局部注入氢使得有可能在脆化热处理步骤期间引发破裂,具体地在形成初期破裂的这种过度注入区域处。

[0067] 初期破裂也可以形成于与脆化平面2的中心区域对齐的、第一衬底1与支撑体4之间的组装界面处。它可以由在第一衬底1或支撑体4的表面处例如通过蚀刻而制成的空腔构成,或者由设置在这种界面处的具有减小尺寸的主体构成。这种主体或空腔的存在导致脆化热处理期间的局部应力,这有利于在中心区域中引发破裂波,如例如在文献US2010330779中所公开的。

[0068] 当由于初期破裂的存在而在脆化热处理步骤期间引起破裂波时,这种热处理可以被均匀地施加到待破裂组件5。

[0069] 作为初期破裂的插入的另选方案,或者除此之外,可以通过在脆化热处理步骤期间或之后在中心区域处的局部能量输入来引起引发。问题可以是配置热处理设备,使得在处理期间,中心区域比周边区域接收更多的热能。

[0070] 它也可以是使用光束(例如激光)或粒子束(离子、电子)的能量的局部施加。

[0071] 问题还可以是在中心区域处施加附加机械能量,例如,诸如由超声波发生器(例如,压电发生器)传递的振动。

[0072] 在最后两个示例中,可以在脆化热处理步骤期间或者在专用于这种局部能量输入的可能的附加步骤期间执行局部能量输入。

[0073] 无论选择什么实施方式来在脆化平面2的中心区域处引发破裂,本发明还包括控制破裂波传播速度,使得破裂波具有足够的速度,从而限制与在破裂波引发和/或传播时发出的声振动的相互作用。

[0074] 如以上说明的,足够的速度使得有可能限制周边区域内的此类相互作用。并且速度越高,周边区域的表面越小。厚度变化的周期性图案因此被限制到有用层3的这个周边区域。因此,当第一衬底由硅制成时,可以有利地控制破裂波传播具有高于2km/sec并且优选地在2km/sec与4.5km/sec之间或者更优选地等于或接近4km/sec(例如从3.8km/sec到4.2km/sec)的速度。

[0075] 更一般地,并且根据本发明的一个优选实施方式,将控制破裂波传播速度,使得它高于或等于声波速度的三分之一(即, $V_g/3$),使得周期性图案被限制在的周边区域小于 $R/2$ 。

[0076] 取决于被选择用于引发破裂的方法(无论是热和/或机械的),可以选择这种方法的操作参数以便控制破裂波传播速度。出于此目的,可以使用文献W02013140065中公开的用于测量破裂波速度的装置。

[0077] 因此,关于温度,当获得破裂引发时,例如当脆化热处理自身引起这种引发时,可以参照应用物理快报107(2015)D.Massy等人的文献《fracture dynamics in implanted silicon》,以选择使得有可能获得目标破裂波速度的温度。特别地,可以选择高于400°C或500°C的温度。该文献公开了一种使得有可能将破裂波传播速度与波脆化和/或引发操作参数联系起来的方法。它具体地提到,在第一硅衬底的情况下,当引发破裂时温度从大约300

°C到700°C变动时,破裂波传播速度可以被控制在约1km/sec与4km/sec之间。

[0078] 在包括引发破裂波的局部能量输入的第二另选实施方式中,如在脆化热处理完成时获得的脆化平面的熟化率可以变化。熟化率对应于被微裂纹覆盖的表面,该微裂纹是在施加局部能量时引起破裂的引发而在脆化平面中形成的。事实上,破裂波传播速度取决于熟化率:参数越高,破裂波传播速度越高。

[0079] 可以通过测量被微裂纹覆盖的表面来测量熟化率,例如,使用红外显微镜来校准脆化热处理从而使得有可能达到目标破裂速度。也可以如此调整这种热处理,使得脆化区域具有至少等于目标熟化率的熟化率,这使得有可能达到或者超过目标破裂速度。

[0080] 图5a示出了由通过根据本发明的方法而获得的有用层发出的雾状物的视图。

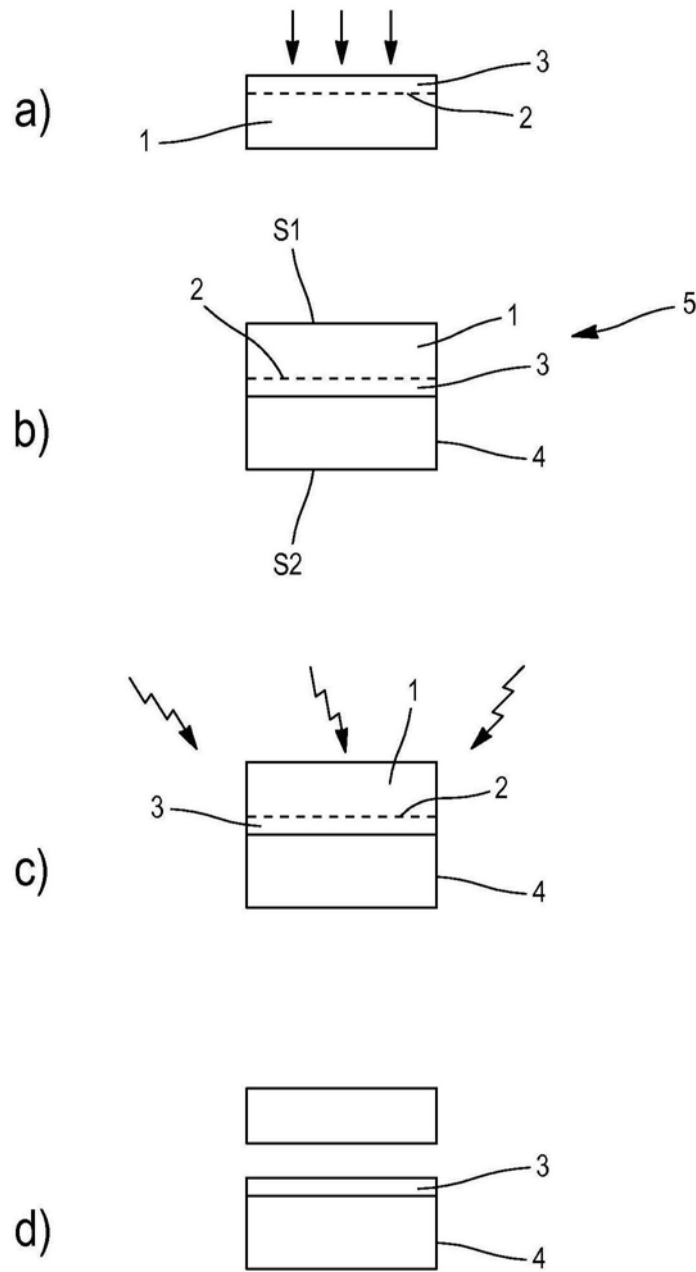
[0081] 图5a的有用层3由包括以下步骤的方法产生:通过在由硅板构成的第一衬底的几何中心处注入 $1 \cdot 10^{16}$ at/cm²量的氢来形成初期破裂。在与也由硅板制成的支撑体组装之后,在350°C下持续30小时的脆化热处理期间,在初期破裂处引发破裂。破裂波以2.8km/sec的速度传播。

[0082] 可以注意到,图5a所示的有用层具有被限制到周边环形区域的厚度变化的周期性图案,该周边环形区域的圆圈的半径大于有用层的半径的80%。有用层的中心表面没有厚度变化的周期性图案。

[0083] 图5b示出了当破裂波以4km/sec传播时通过对根据本发明的方法进行仿真而获得的有用层的视图。

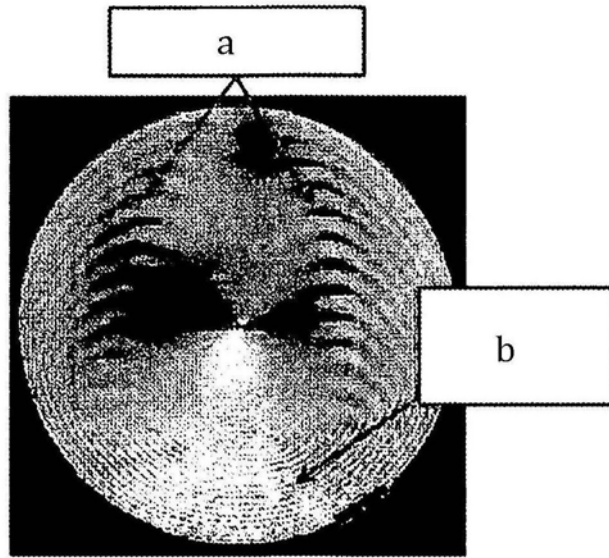
[0084] 有用层3的这个视图表明包括厚度变化的周期性图案的非常窄的环形区域被设置在周边上。

[0085] 这最后一个图是可以从本发明中取得的、形成具有增强均匀性性质的有用层的优点的完美例示。



现有技术

图1



现有技术

图2

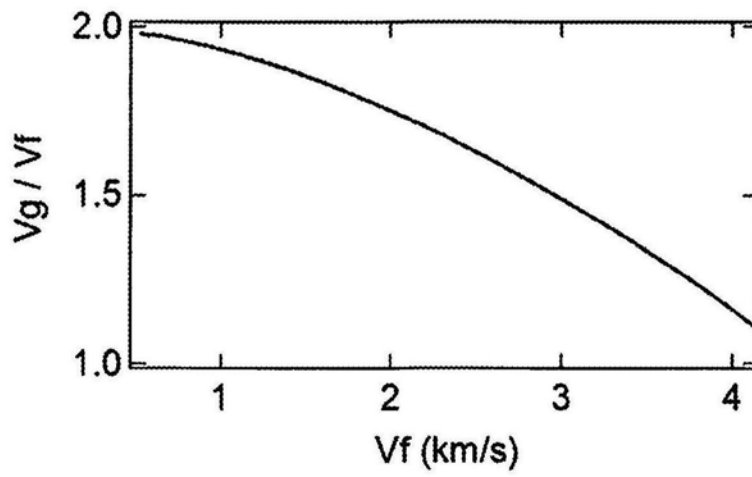


图3

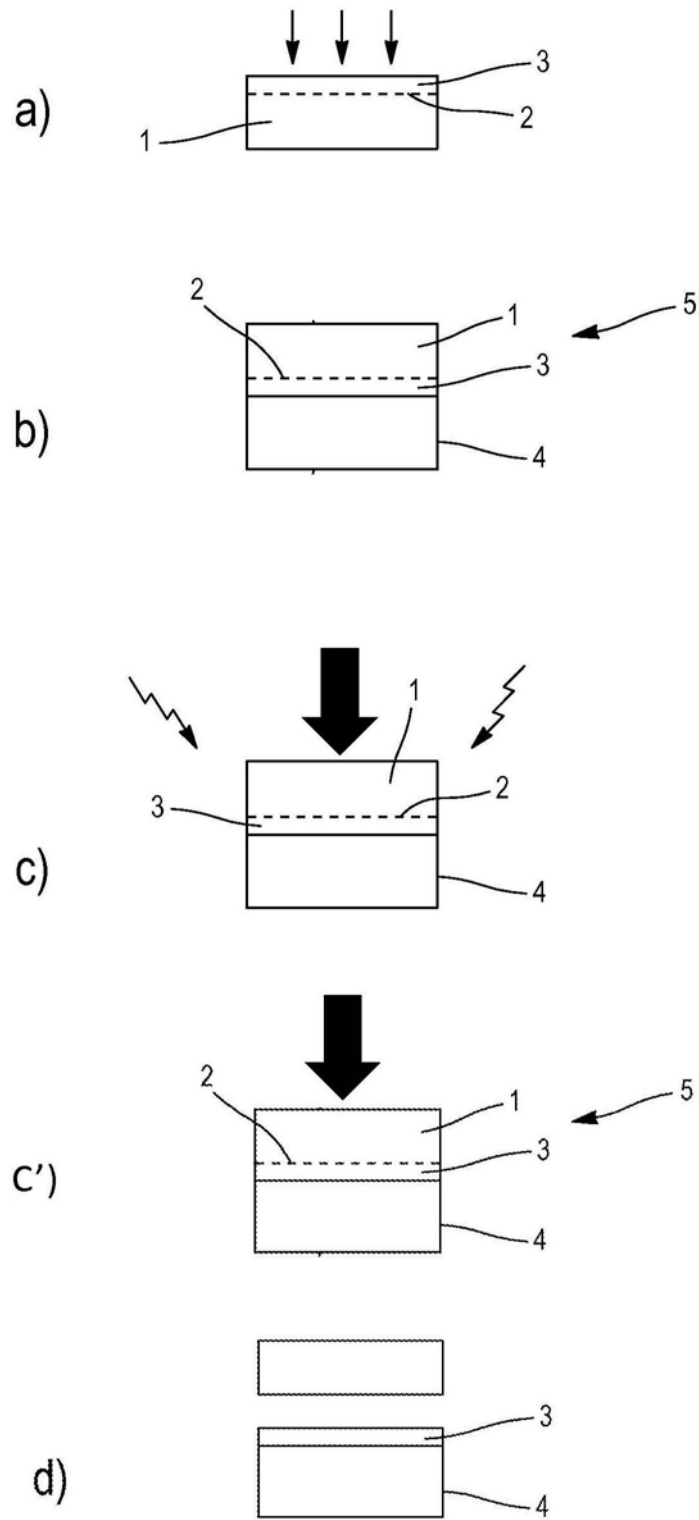


图4

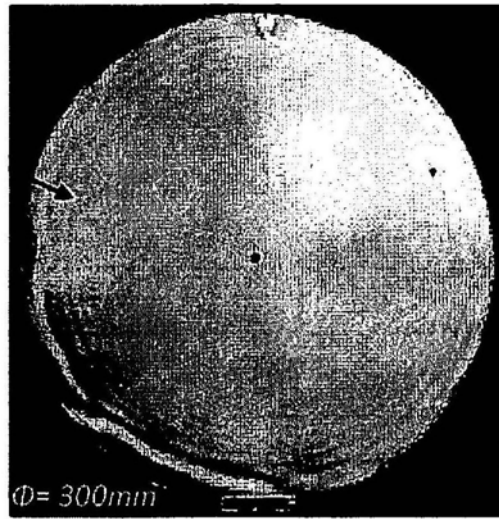


图5a

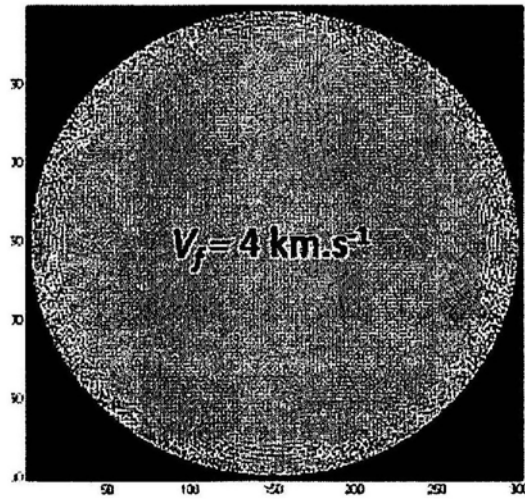


图5b