



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102217037 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 12

(21) 申请号 200980146044. 2

代理人 李新红

(22) 申请日 2009. 11. 16

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 21/18 (2006. 01)

0857854 2008. 11. 19 FR

H01L 21/762 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 05. 18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2009/065202 2009. 11. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02010/057842 EN 2010. 05. 27

(71) 申请人 S. O. I. 技术 (硅绝缘体技术) 公司

地址 法国贝宁市

(72) 发明人 圭塔兹·戈丹 马克·肯纳德

马瑟奥·皮钦 约努茨·拉杜

亚历山大·沃弗雷达

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

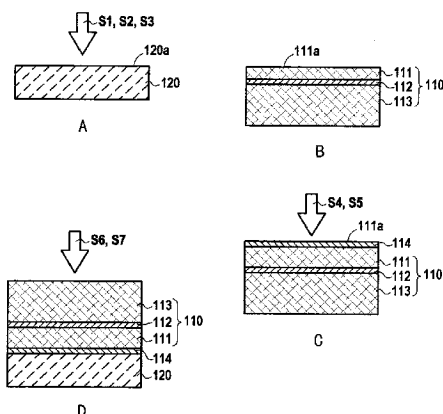
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

制备用于制造异质结构体的蓝宝石衬底的表面

(57) 摘要

本发明涉及一种制造异质结构体的方法,所述异质结构体至少包括第一衬底(120)和第二衬底(110),第一衬底由蓝宝石制成,而第二衬底由热膨胀系数不同于第一衬底的热膨胀系数的材料制成,该方法包括将第二衬底(110)分子结合在由蓝宝石制成的第一衬底(120)上的步骤。根据本发明,所述方法包括:在将两个衬底结合在一起之前,将第一衬底(120)在100℃至500℃范围的温度烘烤的步骤(S1)。



1. 一种制造异质结构体 (200) 的方法, 所述异质结构体 (200) 至少包括第一衬底 (120) 和第二衬底 (110), 所述第一衬底 (120) 由蓝宝石制成, 而所述第二衬底 (110) 由热膨胀系数不同于所述第一衬底的热膨胀系数的材料制成, 所述方法包括将所述第二衬底 (110) 分子结合在所述由蓝宝石制成的第一衬底 (120) 上的步骤, 并且其特征在于, 所述方法包括: 在将所述两个衬底结合在一起之前烘烤所述第一衬底 (120) 的步骤, 该步骤在 100℃ 至 500℃ 范围的温度进行, 其中在 100℃ 进行烘烤的持续时间不少于 1h。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在约 200℃ 的温度进行所述烘烤步骤的持续时间为约 2h。

3. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述烘烤在空气或惰性气体的气氛下进行。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括: 在所述烘烤步骤之后的湿法化学清洗步骤。

5. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括: 在将所述两个衬底结合在一起之前, 通过等离子体处理将所述由蓝宝石制成的第一衬底 (120) 的结合表面 (120a) 活化的步骤, 所使用的等离子体的平均功率密度小于或等于 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 将所述由蓝宝石制成的第一衬底 (120) 的结合表面 (120a) 暴露于基于氧的等离子体中。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括: 在将所述两个衬底结合在一起之前, 在所述第二衬底 (110) 的结合表面 (111a) 上形成氧化物层 (114)。

8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括: 在将所述两个衬底结合在一起之前, 通过等离子体处理活化所述第二衬底 (110) 的结合表面 (111a) 的步骤。

9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括: 在将所述两个衬底结合在一起之后, 通过在低于 300℃ 的温度退火而使所述结合稳定化的步骤。

10. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第二衬底由硅层构成。

11. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第二衬底 (110) 由 SOI 结构体构成。

12. 根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述将第二衬底 (110) 分子结合在由蓝宝石制成的第一衬底 (120) 上的步骤在环境温度进行。

制备用于制造异质结构体的蓝宝石衬底的表面

[0001] 技术领域和现有技术

[0002] 本发明涉及制造异质结构体,该异质结构体通过将至少一个由半导体材料如硅制成的衬底结合在由蓝宝石(Al_2O_3)制成的衬底上而形成。本发明特别适用于制造硅在蓝宝石上(SOS)的类型的结构体。

[0003] 包括在蓝宝石衬底上的硅层的异质结构体表现出特别的优势。SOS 结构体能够制备表现出低能耗的高频设备。蓝宝石衬底的使用也使得能够达到非常良好的散热,比使用例如硅衬底得到的散热更好。

[0004] SOS 结构体最初由硅层外延生长在蓝宝石衬底上而制备。然而,鉴于两种材料的晶格参数和热膨胀系数之间相差较大,使用该技术难以获得呈现出低密度的晶体缺陷的硅层或硅膜。

[0005] 在另一项技术, SOS 结构体是通过将硅层装配在蓝宝石衬底上而制备的。以熟知的方式,使用了分子结合(也称为“直接晶片结合”或“熔合结合”),分子结合是一种这样的技术:在不使用中间粘结剂(胶,焊料等)的情况下能够将两个衬底结合在一起,条件是它们是完全平面的表面(“镜面抛光”)。结合通常是由对两个已经紧密接触的衬底的局部施加少量压力而引发。然后在几秒钟内,结合波在衬底的整个区域上传播。

[0006] 此外,为了在衬底之间实现良好的分子结合,它们的结合表面必须显示出非常低密度的污染物。可能来自材料本身或来自如化学机械抛光(CMP)之类的在前处理的这些污染物基本上是微粒,金属和有机成因。

[0007] 因此,人所共知的是对各衬底的抛光结合表面进行清洗。使用蓝宝石,清洗一般是用 RCA 型化学清洗剂处理衬底。

[0008] 此外,为了获得两个衬底之间的足以能够特别是承受后续的抛光、化学腐蚀等步骤的结合能,将以这样的方式结合在一起的两个衬底进行称为结合增强退火或稳定化退火的热处理。这种退火普遍在约 700°C 至 800°C 的高温进行。

[0009] 然而,对于通过将硅衬底结合在蓝宝石衬底上而制备出的异质结构体,这样的温度不能使用,因为硅和蓝宝石之间的热膨胀系数相差较大(硅为 $3.6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$,而蓝宝石为 $5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)。如果蓝宝石上的硅异质结构体在结合后的温度升高至通常用于增强结合界面的温度,则在该结构体中出现高的热机械应力,从而导致硅中裂纹的出现和扩展。

[0010] 因此,为了维持硅的完整性,可以只在比通常使用的温度更低的温度($< 300^\circ\text{C}$)进行用于增强结合界面的退火。这种温度限制使得不能在硅衬底和蓝宝石衬底之间获得高水平的结合能。

[0011] 在以下文件中描述了蓝宝石上结合硅的方法:

[0012] • G. P. Imthurn, G. A. Garcia, H. W. Walker 和 L. Forbes, “在蓝宝石上结合硅的晶片和设备(Bonded silicon-on-sapphire wafers and devices)”, J. Appl. Phys. (应用物理期刊), 72(6), 1992 年 9 月 15 日, 第 2526 至 2527 页;

[0013] • US 5 441 591;

[0014] • Takao Abe 等, “通过晶片结合制备无位错的蓝宝石-硅(Dislocation-free

silicon-on-sapphire by wafer bonding)”，1994年1月，Jpn. J. Appl. Phys.. (日本应用物理期刊)，33 卷，第 514-518 页；

[0015] • Kopperschmidt 等， “ 在硅蓝宝石晶片结合中的高结合能和热机械应力 (High bond energy and thermomechanical stress in silicon-on-sapphire wafer bonding) ”，Appl. Phys. Lett. (应用物理通讯)，70 (22)，第 2972 页，1977。

[0016] 发明概述

[0017] 本发明的目的之一是通过提出一种能够通过蓝宝石衬底上结合热膨胀系数不同于蓝宝石的热膨胀系数的另一个衬底而获得异质结构体的解决方案来解决上面提到的缺陷，在执行该方案时，在衬底之间获得良好的结合能，同时限制了结合后的缺陷外观，并且同时限制了结合后的处理。

[0018] 为此，本发明提出了制造异质结构体的方法，所述异质结构体至少包括第一衬底和第二衬底，第一衬底由蓝宝石制成，而第二衬底由热膨胀系数不同于第一衬底的热膨胀系数的材料制成，该方法包括在由蓝宝石制成的第一衬底上分子结合第二衬底的步骤，在这种方法中，在将两个衬底结合在一起之前，进行将第一衬底在 100℃ 至 500℃ 范围的温度烘烤第一衬底的步骤。当烘烤步骤在 100℃ 温度进行时，烘烤步骤的持续时间则为至少 1 小时 (h)。

[0019] 意想不到的，并且如在下面详细解释的是，与未用在前烘烤步骤进行的结合相比，蓝宝石衬底在结合前的这种烘烤用于显著改善结合的能量和质量。

[0020] 在本发明的一方面，进行烘烤步骤在约 200℃ 温度进行约 2 小时的持续时间。

[0021] 在本发明的另一方面中，对结合质量，特别是结合能，可进一步通过借助于等离子体处理活化一个或两个衬底的一个或多个结合表面而提高。

[0022] 为了活化由蓝宝石制成的第一衬底的结合表面，等离子体是在优选小于或等于 1 瓦 / 平方厘米 (W/cm²) 的平均功率密度使用的。等离子体也优选为基于氧的等离子体。

[0023] 根据本发明另一个具体的特性，该方法还包括，在将两个衬底结合在一起前，在第二衬底的结合表面上形成氧化物层。

[0024] 第一和第二衬底之间的分子结合优选在环境温度进行。

[0025] 在将两个衬底结合在一起后，这种方法还可以包括在低于 300℃ 温度进行结合稳定化退火的步骤。对稳定化退火温度的这种限制起着避免由于这两个衬底之间的热膨胀系数的差异而在结构体中产生过度应力的作用。尽管温度以这种方式被限制，但是本发明的烘烤步骤使得可以获得良好的结合能。

[0026] 第二衬底可以特别由硅层或由绝缘体上的硅 (SOI) 结构构成。

[0027] 附图简述

[0028] 参照附图，从下列作为非限制性实例的对本发明的具体实施方案的描述，本发明其它特点和优势也将显露，其中：

[0029] • 图 1 是显示作为如何制备蓝宝石衬底表面的函数和作为稳定化退火温度的函数所得到的结合能的值；

[0030] • 图 2 是显示作为用于活化蓝宝石衬底的结合表面的等离子体平均功率密度的函数而获得的环的不同长度的图；

[0031] • 图 3A 至 3F 是显示通过实施本发明方法制造异质结构的示意图；

[0032] • 图 4 是在制造图 3A 至 3F 所示的三维结构体时实施的步骤的流程图 ; 及

[0033] • 图 5A 显示其中蓝宝石支撑衬底的结合表面已按照现有技术制备的 SOS 型异质结构体, 而图 5b 显示了具有根据本发明方法的实施方案制备的蓝宝石支撑衬底的结合表面的 SOS 型异质结构体。

[0034] 本发明实施方案详述

[0035] 本发明通常适用于第一衬底和第二衬底之间的分子结合, 第一衬底由蓝宝石制成, 第二衬底由显示出不同的热膨胀系数的其它一些材料制成, 所述材料比如特别是 : 硅, 石英, 锗 ; 和热膨胀系数大于硅的热膨胀系数的 III-V 族材料如 GaAs 或 InP。

[0036] 如本身众所周知的, 也称为直接结合的分子结合的原理, 基于, 使两个表面直接接触, 即, 不使用任何特定的结合材料 (粘结剂, 蜡, 焊料等)。这样的操作需要用于结合的表面足够光滑, 没有粒子或污染, 并且足够紧密地在一起, 以能够通常以小于几个纳米的距离开始接触。在这种情况下, 两个表面之间的吸引力足够高, 因而使分子结合发生 (由涉及用于结合在一起的两个表面的原子或分子之间的电子相互作用的所有吸引力 (范德华力) 诱导的结合)。

[0037] 然而, 当将蓝宝石衬底与膨胀系数与蓝宝石膨胀系数不同的另一衬底结合时, 对增殖或稳定化退火的温度必须被限制 (小于 300℃), 以避免裂缝在结合于蓝宝石上的衬底中出现和发展。因此, 两衬底的结合表面必须尽可能良好地被准备, 以加强分子结合和获得高的结合能。

[0038] 如上文所述, 在其结合表面经过通常抛光后, 蓝宝石衬底被清洗, 抛光通常通过 CMP 进行, CMP, 一种众所周知的利用织物和抛光溶液的抛光或平坦化技术, 所述抛光溶液含有适合化学侵蚀层的表面试剂 (如 NH_4OH) 和适合机械侵蚀所述表面的磨料粒子 (例如, 二氧化硅粒子)。

[0039] 蓝宝石衬底结合表面通常经过 RCA 型化学清洗, RCA 型化学清洗之后可以摩擦。

[0040] 然而, 申请人注意到, 即使蓝宝石衬底以这样的方式制备, 硅衬底在蓝宝石衬底上的结合也可能导致令人不满意的结果, 特别导致硅中的高密度缺陷, 导致宽而不均匀的环 (在晶片边缘的非结合区) 的形成, 和低结合能。

[0041] 出乎意料地, 申请人发现, 与在不使用这样的烘烤的情况下进行的结合相比, 在结合之前烘烤蓝宝石衬底能够显著提高所得的结合的质量。图 1 显示了当制造硅在蓝宝石上 (SOS) 的类型异质结构体时, 根据结合表面的各种不同制备的作用而获得的结合能水平。可以看出, 与仅进行 RCA 清洁的情况 (A 柱) 相比, 或与 RCA 清洗和随后洗涤的情况 (B 柱) 相比, 当蓝宝石衬底预先在 200℃ 下进行烘烤 2 小时之后进行清洁与洗涤 (C 柱) 的情况的结合能较大, 且无论稳定化退火温度 (环境温度至 200℃ 的范围内) 如何, 这都适用。

[0042] 申请人已经测量了在第一 SOS 型异质结构体上和在第一 SOS 型异质结构体上的缺陷密度 (对于首先位于 100 微米 (μm) 至 500 μm , 其次在 5 μm 至 100 μm 的范围内的尺寸缺陷), 对于所述第一 SOS 型异质结构体, 制造包括清洁和洗涤蓝宝石衬底, 将硅衬底结合在蓝宝石衬底, 进行结合的稳定化退火, 并且通过机械抛光 (研磨) 和化学蚀刻 (TMAH) 而使硅衬底薄化, 对于所述第二 SOS 型异质结构体, 制造包括所有用于第一异质结构体的步骤和另外的烘烤蓝宝石衬底的在先步骤。第二型异质结构体显示的缺陷密度为由第一异质结构体显示的密度的十分之一以下。另外, 与第一异质结构体相比, 第二异质结构体显示出

二分之一的环型边缘缺陷密度区 (defectuousity) (如图 2 中所示的非转移周边区域)。

[0043] 根据本发明烘烤蓝宝石衬底的步骤在位于 100℃ 至 500℃ 范围的温度进行。烘烤持续时间是其温度的函数。它介于几分钟至几小时之间,这取决于所用的温度。对于在最低温度即 100℃ 的烘烤,进行烘烤的持续时间为至少 1 小时,优选持续在 4 小时到 5 小时范围内。对于 200℃ 的温度,烘烤持续时间为约 2 小时。在 500℃,烘烤持续时间在几分钟至 1 小时的范围内。因此,烘烤温度越高,其持续时间越短。

[0044] 烘烤在空气或惰性气体如氮气或氩中在常压(即大气压)进行。

[0045] 本发明的烘烤用于以比使用 RCA 型化学清洗时远远更有效的方式消除有机物来源的污染。

[0046] 这种烘烤步骤也显示出不改变蓝宝石表面状态,即,不产生额外的原子台阶(step) (“误切 (miscut)”) 的优势。与在高温下进行的热处理相反,根据本发明的烘烤不改变蓝宝石晶片的局部表面。

[0047] 根据本发明的另一方面,结合的质量,特别是结合能,可以进一步通过借助于等离子体处理活化一个或两个衬底的一个或多个结合表面而改善。

[0048] 尽管等离子体处理活化是熟知用于增强进行分子结合时的结合能的,但是本申请人确定了用于在限制任何的边缘损失型边缘缺陷密度区 (defectuousity) 条件的同时获得最佳的结合能的这种处理的条件。

[0049] 因此,在图 2 所示的测试已经表明,等离子体平均功率密度值对环(在衬底边缘的非结合区)的大小及结合后缺陷密度区 (defectuousity) 有影响。申请人发现,为了获得良好的蓝宝石结合表面的活化,在避免可能导致环型边缘缺陷密度区 (defectuousity) (非转移周边区) 的表面退化的同时,等离子体的平均功率密度必须限制在约 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 。这种对用于优化结合的等离子体功率密度的限制是出人意料的,因为一般情况是,当需要最大化活化结合表面时,等离子体的功率密度不限于这样的值。

[0050] 蓝宝石衬底和 / 或其它衬底的结合表面可能暴露于基于氧,氮,氩等的等离子体中。然而,对于蓝宝石衬底的分子结合,优选使用基于氧的等离子体,因为这使得与基于例如氮的等离子体相比,可以获得更大的结合能和更小的缺陷密度。

[0051] 用于产生等离子体的其它参数或条件是本领技术人员通常使用的那些参数或条件。例如,基于氧的等离子体可以在最初为了反应离子蚀刻 (RIE) 以及电容耦合而提供的设备中并且在下列条件下产生:

[0052] • 衬底载体卡盘连接到 13.56 兆赫 (MHz) 的射频 (RF) 源;

[0053] • O_2 气体的工作压力在 20 毫托 (mTorr) 到 100mTorr 范围内;

[0054] • 氧气流速等于 75 标准立方厘米 / 分钟 (sccm); 和

[0055] • 等离子体曝光时间在 10 秒 (s) 到 60 秒范围。

[0056] 其它采用大气等离子体的设备,或实际上设置有电子回旋共振 (ECR) 类型源或 Helicon 类型源的设备也可以使用。

[0057] 下表显示了在蓝宝石衬底表面和硅衬底表面测量的粗糙度和接触角。

[0058]

表面准备	RMS 表面粗糙度(nm)		接触角(°)	
	Al ₂ O ₃	Si	Al ₂ O ₃	Si
无	0.18	~ 0.15	> 20	> 10
RCA 清洗	0.18	0.12	6	< 2
RCA 清洗 + O ₂ 等离子体	0.2	0.12	2	< 2

[0059] 可以看出,当蓝宝石衬底上用基于氧的等离子体处理时,其表面呈现出 2° 接触角。当蓝宝石表面没有经过处理或仅经过 RCA 清洗,接触角分别大于 20° 或等于 6°。然而,当需要进行亲水性分子结合时,即在绝缘体上的硅(SOI)技术中使用最广泛的结合类型,结合表面必须显示出小于 5° 接触角,以对结合质量具有良好的控制。

[0060] 还可以观察到,本发明基于氧的等离子体处理不显著增加蓝宝石表面的粗糙度。

[0061] 然而,制备本发明的异质结构体并不限于使用亲水性结合。疏水性结合同样可以是良好的。

[0062] 再者,在由蓝宝石制成的第一衬底和热膨胀系数不同于第一衬底的热膨胀系数的第二衬底之间的分子结合,优选在环境温度,即室温下(通常为 20°C 且可以根据室的温度可以改变(±10°C)),而且在结合过程中不使用加热衬底的手段。

[0063] 下面参考图 3A 至 3F 和 4 描述由第一衬底或初始衬底 110(顶部)和第二衬底或支撑衬底 120(底部)制造 SOS 型异质结构体的方法。

[0064] 如图 3B 所示,初始衬底 110 由 SOI 型结构体构成,所述 SOI 型结构体包括在同样由硅制成的支撑体 113 上的硅层 111,其中在层 111 和支撑体 113 之间设置由例如 SiO₂ 制成的埋置氧化物层 112。

[0065] 第一衬底或初始衬底也可以由在其结合表面上任选包含氧化物层的简单硅晶片构成。

[0066] 支撑衬底由蓝宝石晶片(图 3A)构成。

[0067] 在进行初始衬底 110 在支撑衬底 120 上的结合之前,独立地准备蓝宝石支撑衬底的结合表面 120a,该表面已经典型地经过 CMP 的预先抛光。根据本发明,将蓝宝石衬底 120 进行烘烤,其在本实例中在 200°C 的温度进行 2 小时的时间(步骤 S1)。如上所述,这种烘烤起着特别是消除蓝宝石衬底结合表面上存在的有机来源的污染物的作用,从而增强分子结合,同时限制了缺陷的出现。

[0068] 蓝宝石衬底 120 的结合表面然后经过湿法化学清洗(步骤 S2)。湿法清洗可以特别地通过以下各项清洗进行:RCA 清洗(即,适用于除去粒子和烃的 SC1(NH₄OH、H₂O₂、H₂O)浴和适用于除去金属污染物的 SC2(HCl、H₂O₂、H₂O)浴的组合), "Caro" 或 "PiranhaClean" 型(H₂SO₄:H₂O₂)清洗,或甚至使用臭氧/水(O₃/H₂O)溶液的清洗。

[0069] 为了进一步降低结合能,衬底 120 的表面 120a 可以通过等离子体处理(步骤 S3)来活化。表面 120a 优选暴露在氧基等离子体(oxygen-based plasma)中,所述氧基等离子

体的平均功率密度不超过 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 。等离子体处理的其他条件可以对应上述的那些条件。

[0070] 初始衬底 110 的硅层 111 的表面 111a 可以被覆盖在热氧化物层 114 中,所述热氧化物层 114 例如通过氧化衬底的表面而形成(图 3C,步骤 S4)。

[0071] 任选被覆盖在另一个氧化物层中的初始衬底 110 的表面 111a 也可以通过等离子体处理来活化(步骤 S5)。因为这是硅表面,因此它可以暴露于标准等离子体,即,基于氧、氮、氩等的等离子体,其中功率密度不限于 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 。活化硅结合表面对于本领域技术人员是熟知的,并且出于简化原因而没有更详细地描述。

[0072] 特别地,为了除去在暴露过程中如在水中的漂洗和/或在 $\text{SC1}(\text{NH}_4\text{OH}, \text{H}_2\text{O}_2, \text{H}_2\text{O})$ 中的清洗过程中引入的污染物,可以进行在等离子体暴露之后的一次或多次清洗,任选地随后通过离心干燥。然而,这些清洗可以被能够消除大部分污染物的洗涤代替。

[0073] 一旦制备表面 111a 和 120a,就使它们紧密接触,并且对两个衬底中的一个衬底施加压力以引起在接触表面之间的结合波的扩展(步骤 S6,图 3D)。

[0074] 然后通过进行结合增强或稳定化退火(步骤 S7)来增强结合。如上所述,因为蓝宝石和硅之间的热膨胀系数的差异,稳定化退火在小于 300°C 温度进行。例如,稳定化退火可以在 180°C 温度进行 2 小时的持续时间。

[0075] 该异质结构体的制造通过薄化初始衬底 110 继续进行,以形成对应硅层 111 的一部分的传输层 115(步骤 S8,图 3E)。薄化最初通过研磨掉支撑体 113 的大部分而进行,然后通过化学蚀刻继续进行,如通过氢氧化四甲铵(TMAH)的溶液进行。

[0076] 在一个任选步骤,结构体被磨边(edge),以除去衬底周边存在的倒角和边缘卷边(roll-off)(步骤 S9,图 3F)。如图 3F 所示,这样就产生了异质结构体 200,该异质结构体 200 包含蓝宝石支撑衬底 120 和转移层 115,其中插入埋置氧化物层 114。

[0077] 图 5A 显示了由结合在蓝宝石支撑衬底上的初始 SOI 衬底得到的 SOS 型异质结构体。在结合之前,使用 RCA 清洗和洗涤制备蓝宝石衬底的结合表面。在结合后,将结构体在 200°C 进行稳定化退火 2h,并且将其通过研磨和通过使用 TMAH 的化学蚀刻而薄化。

[0078] 图 5B 也显示 SOS 型异质结构体,其制备是与图 5A 的 SOS 型异质结构体不同的,因为在 RCA 清洗和洗涤之前,还通过以下步骤制备蓝宝石衬底的结合表面:

[0079] • 在 200°C 烘烤 2h;

[0080] • RCA 清洗 ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}$, $\text{SC1}(\text{NH}_4\text{OH}, \text{H}_2\text{O}_2, \text{H}_2\text{O})$ 和 $\text{SC2}(\text{HCl}, \text{H}_2\text{O}_2, \text{H}_2\text{O})$);及

[0081] • 平均功率密度不超过 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 的氧基等离子体活化。

[0082] 图 5B 中,可以看出,在转移硅层中实际上没有缺陷是可见的,而在图 5A 中,在结合界面存在大量缺陷,并且在转移硅支撑体中也存在大量缺陷。因此这些图证实了烘烤和采用等离子体处理的表面活化对减少结合和稳定化退火后存在的缺陷的组合效果。

[0083] 正如上文解释,本发明的烘烤步骤使得可以增加 SOS 型结构体中的结合能。这种结合能也可以通过如上所述的等离子体处理活化蓝宝石衬底的结合表面而增加。如图 1 所示,可以看出,在蓝宝石衬底表面在烘烤、RCA 清洗和洗涤后暴露于等离子体时(D 栏),与无等离子体处理(C 栏)相比,结合能还更大。

[0084] 本发明也可以适用于除例如智能剪切技术的应用中所述的技术以外的层转移技术。

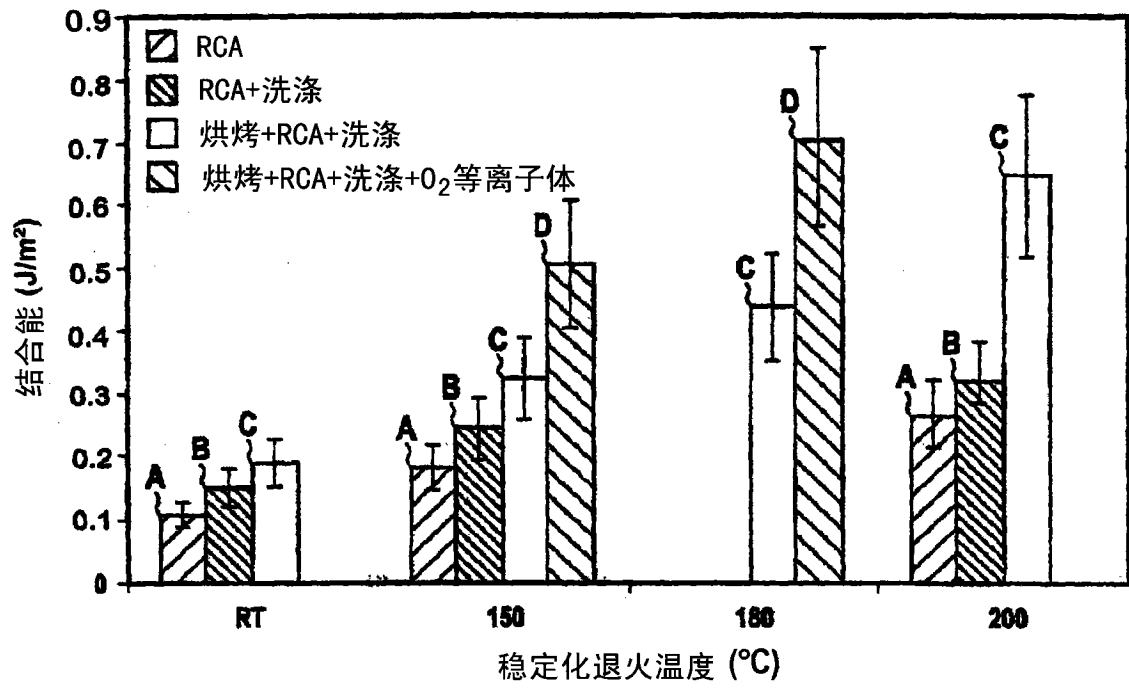


图 1

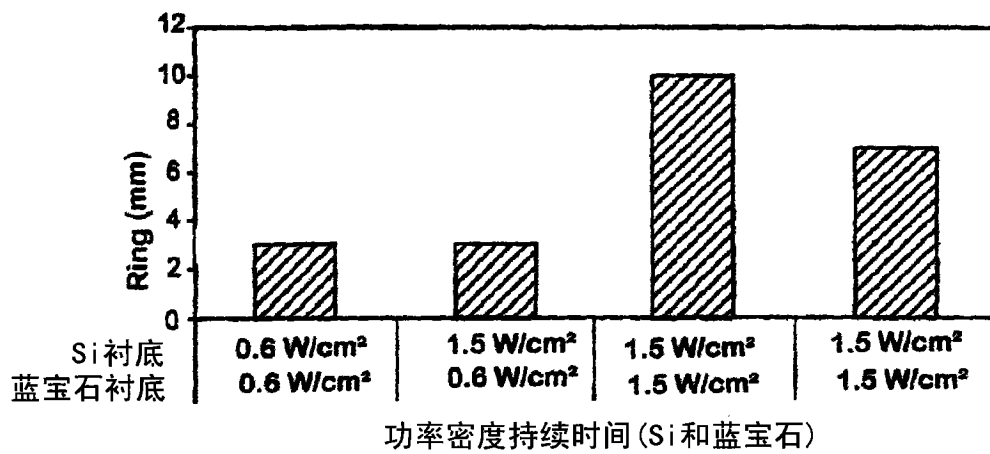


图 2

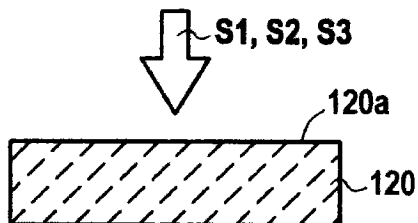


图 3A

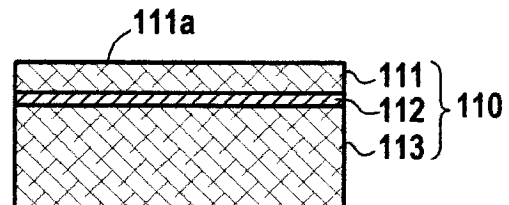


图 3B

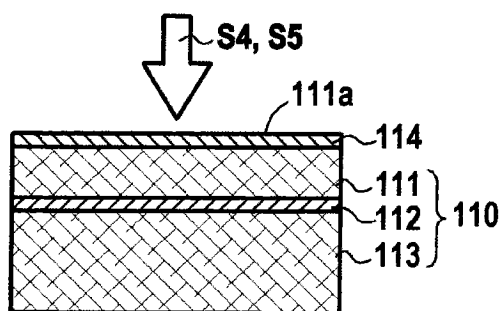


图 3C

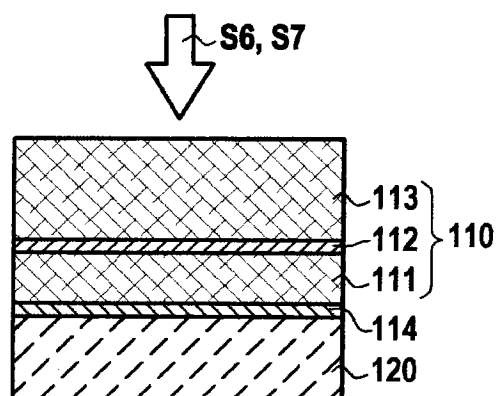


图 3D

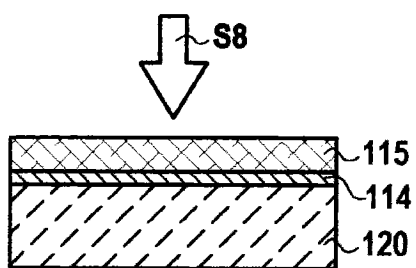


图 3E

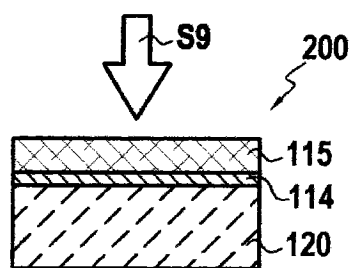


图 3F

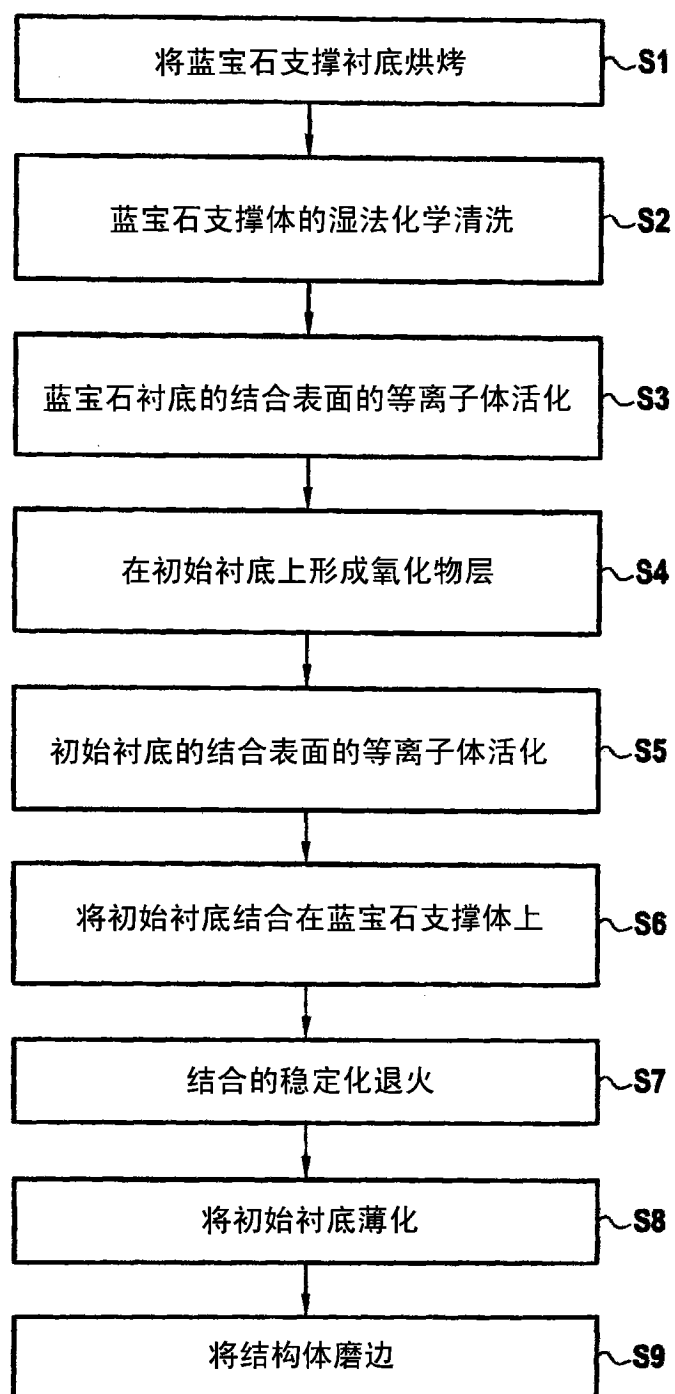


图 4

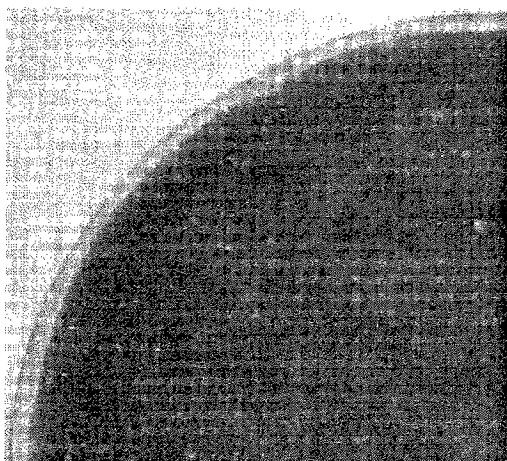


图 5A

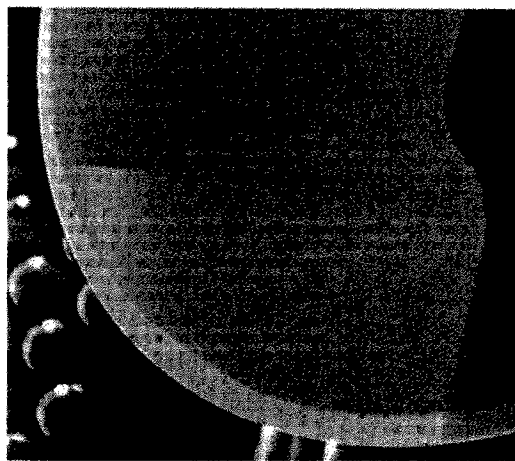


图 5B