



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102194933 A

(43) 申请公布日 2011. 09. 21

(21) 申请号 201110066967. 6

(22) 申请日 2011. 03. 04

(30) 优先权数据

063288/2010 2010. 03. 18 JP

(71) 申请人 株式会社东芝

地址 日本东京都

(72) 发明人 赤池康彦 西胁若菜

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 杨谦 胡建新

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2010. 01)

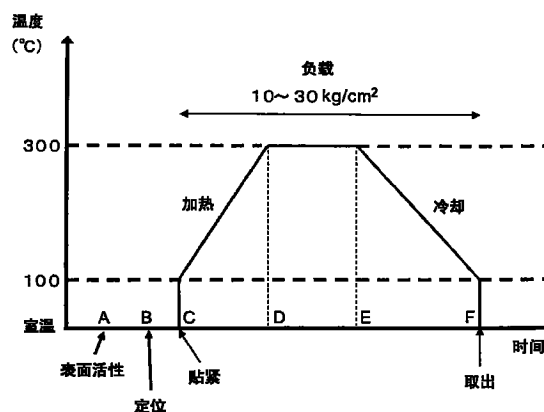
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

半导体发光元件的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及半导体发光元件的制造方法,用于使具有第一基板、半导体层和第一金属层的第一层叠体与具有第二基板和第二金属层的第二层叠体贴合,其特征在于,包括:将上述第一层叠体的劈开方向与上述第二层叠体的劈开方向错开,使上述第一金属层与上述第二金属层接触而重叠的工序,以及在对上述第一层叠体与上述第二层叠体之间施加负载的状态下进行升温,使上述第一层叠体与上述第二层叠体贴合的工序。



1. 一种半导体发光元件的制造方法,用于使具有第一基板、半导体层和第一金属层的第一层叠体与具有第二基板和第二金属层的第二层叠体贴合,其特征在于,包括:

将上述第一层叠体的劈开方向与上述第二层叠体的劈开方向错开,使上述第一金属层与上述第二金属层接触而重叠的工序,以及

在对上述第一层叠体与上述第二层叠体之间施加负载的状态下进行升温,使上述第一层叠体与上述第二层叠体贴合的工序。

2. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第一层叠体和上述第二层叠体在相重叠的状态下被升温到大于等于 250℃ 且小于等于 350℃ 的温度。

3. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

使上述第一层叠体与上述第二层叠体在小于等于 100℃ 的温度下重叠。

4. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第一金属层和上述第二金属层中的至少某一个含有金 Au。

5. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

施加在上述第一层叠体与上述第二层叠体之间的负载为大于等于 10kg/cm² 且小于等于 30kg/cm²。

6. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

具有在使上述第一层叠体与上述第二层叠体重叠之前对上述第一金属层和上述第二金属层的表面照射离子束的工序。

7. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第二基板是硅基板。

8. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第一基板是 GaAs 基板。

9. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第一基板是蓝宝石基板。

10. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第一基板和上述第二基板的主面是 (100) 面。

11. 如权利要求 10 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

在使上述第一基板与上述第二基板重叠的状态下的、上述第一基板的劈开方向与上述第二基板的劈开方向之间的错开角度为大于等于 1° 且小于等于 10°。

12. 如权利要求 1 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,还包括:

在上述第二基板一侧将上述半导体层留下并将上述第一基板分离的工序;

设置沿着上述第二基板的劈开方向延伸的分离槽,将上述半导体层分离为一个个半导体元件的工序;以及

沿着上述分离槽对上述第二基板进行切断的工序。

13. 如权利要求 12 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第二基板是硅基板。

14. 如权利要求 13 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,

上述第二基板的主面是 (100) 面。

15. 如权利要求 12 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,
上述第一层叠体和上述第二层叠体在相重叠的状态下被升温到大于等于 250℃且小于等于 350℃的温度。
16. 如权利要求 12 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,
使上述第一层叠体与上述第二层叠体在小于等于 100℃的温度下重叠。
17. 如权利要求 12 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,
上述第一金属层和上述第二金属层中的至少某一个含有金 Au。
18. 如权利要求 12 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,
施加在上述第一层叠体与上述第二层叠体之间的负载为大于等于 10kg/cm² 且小于等于 30kg/cm²。
19. 如权利要求 12 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,
具有在使上述第一基板与上述第二基板重叠之前对上述第一金属层和上述第二金属层的表面照射离子束的工序。
20. 如权利要求 12 所述的半导体发光元件的制造方法,其特征在于,
上述第一基板是 GaAs 基板或蓝宝石基板。

半导体发光元件的制造方法

[0001] 交叉引用声明

[0002] 本申请基于并要求 2010 年 3 月 18 日提交的日本专利申请 2010-63288 的优先权，在其全文引用作为参考。

技术领域

[0003] 本发明的实施方式，一般地涉及半导体发光装置的制造方法。

背景技术

[0004] 发光二极管 (Light Emitting Diode :LED) 等半导体发光元件，采用将含有发光层的半导体层从生长基板分离之后移换到别的基板的制造方法。例如，已知有通过将含有发光层的 III 族氮化物半导体层从生长基板分离之后设置到与生长基板不同的基板而能够提高生产性的 III 族氮化物半导体发光元件。

[0005] 然而，将半导体层移换到不同基板上时，由于为了使两个基板重叠接合而施加的负载，有时会产生基板的断裂或裂纹，成为制造成品率低下的主要原因。因此，需要一种能够防止基板的断裂或裂纹的制造方法。

发明内容

[0006] 本发明的实施方式，提供能够抑制接合两个基板时发生断裂或裂纹，能够提高制造成品率的半导体元件的制造方法。

[0007] 实施方式中的半导体发光元件的制造方法，用于使具有第一基板、半导体层和第一金属层的第一层叠体与具有第二基板和第二金属层的第二层叠体贴合，包括：将上述第一层叠体的劈开方向与上述第二层叠体的劈开方向错开，使上述第一金属层与上述第二金属层接触而重叠的工序，以及在对上述第一层叠体与上述第二层叠体之间施加负载的状态下进行升温，使上述第一层叠体与上述第二层叠体贴合的工序。

[0008] 根据本发明的实施方式，能够实现抑制了在将两个基板接合时的断裂或裂纹、提高了制造成品率的半导体元件的制造方法。

附图说明

[0009] 图 1 是示意地表示一实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法的工序截面图，图 1A 示出了第一层叠体的截面，图 1B 示出了第二层叠体的截面，图 1C 是表示在第二层叠体上重叠有第一层叠体的状态的截面图，图 1D 是表示将半导体层留在第二层叠体上而除去了第一基板的状态的截面图。

[0010] 图 2 是对在一实施方式所涉及的半导体发光元件的制造工序中实施的基板接合工艺进行说明的示意图。

[0011] 图 3 是对一实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法的作用效果进行说明的示意图，图 3A 是表示比较例所涉及的制造方法的作用的示意图，图 3B 是表示本实施方式

所涉及的作用效果的示意图。

[0012] 图 4 是表示接着图 1 之后的半导体发光元件的制造工序的示意图,图 4A 是表示将第二基板分割成各个发光元件芯片后的状态的示意图,图 4B 是示意地表示发光元件芯片的构造的立体图。

[0013] 图 5 是示意地表示其它实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法的立体图。

具体实施方式

[0014] 下面,参照附图说明本发明的实施方式。另外,以下的实施方式中,对附图中的相同部分标注相同的附图标记,并适当地省略详细的说明,仅适当地说明不同的部分。

[0015] 本发明的一实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法具有如下的工序,即,将在第一基板上设置第一金属层而成的第一层叠体与在第二基板上设置第二金属层而成的第二层叠体,按照第一基板的劈开方向与第二基板的劈开方向错开且使第一金属层与第二金属层接触的方式重叠的工序。第一层叠体在第一基板上具有含有能够放射发光光线的发光层的半导体层,第一金属层设置在半导体层之上。

[0016] 进而,还具有在对上述第一层叠体与上述第二层叠体之间施加负载的状态下升温、使上述第一层叠体与上述第二层叠体贴合的工序。

[0017] 图 1 是示意地表示本发明的一实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法的工序截面图。在本实施方式所涉及的制造方法中,例如,将第一基板设为 n 型 GaAs 基板 10,将第二基板设为 p 型硅 (Si) 基板 30,进行说明。进而,在 n 型 GaAs 基板 10 上设置的半导体层 12 例如含有 InGaAlP 系半导体。

[0018] 图 1A 示出了设有半导体层 12 的第一层叠体 20 的截面,图 1B 示出了第二层叠体 40 的截面。图 1C 是表示在第一层叠体 20 上重叠有第二层叠体 40 的状态的截面。图 1D 是表示将半导体层 12 留在层叠体 40 上而除去了 n 型 GaAs 基板 10 的状态的截面图。

[0019] 如图 1A 所示,在 n 型 GaAs 基板 10 上,例如利用 MOCVD (MetalOrganic Chemical Vapor Deposition:有机金属化学汽相淀积) 法或 MBE (Molecular Beam Epitaxy:分子束外延) 法等来形成含有 InGaAlP 等的半导体层 12,进而形成第一金属层 15,从而构成第一层叠体 20。

[0020] 另一方面,如图 1B 所示,在 p 型 Si 基板 30 上,采用真空蒸镀法等形成第二金属层 35,从而构成第二层叠体 40。

[0021] 半导体层 12 所含有的发光层 13 是 InGaAlP 系半导体的情况下,半导体发光元件能够发出从黄绿到红色的波长范围的可见光。由 InGaAlP 系化合物结晶形成的半导体层 12 由于与 GaAs 晶格匹配所以能够容易设置良好的结晶。

[0022] 接着,如图 1C 所示,在第二层叠体 40 上重叠有第一层叠体 20,第一在接合界面 47 使金属层 15 与第二金属层 35 接触。进而,实施规定的基板接合工艺,将第一层叠体 20 与第二层叠体 40 贴合在一起。这时,以使第一层叠体 20 的劈开方向与第二层叠体 40 的劈开方向错开的方式进行接合。

[0023] 例如,第一层叠体 20 的劈开方向与 n 型 GaAs 基板 10 的劈开方向一致,第二层叠体 40 的劈开方向与 p 型 Si 基板 30 的劈开方向一致。因此,如果 n 型 GaAs 基板 10 的主面 25 为 (100) 面, p 型 Si 基板 30 的主面 45 为 (100) 面,则将 n 型 GaAs 基板 10 的 <110> 方

向与 p 型 Si 基板 30 的 <110> 方向错开地重叠,接合在一起。

[0024] 第一金属层 15 或者第二金属层 35 中能够采用例如金 (Au) 和 AuIn、AuSn 等、含有 Au 的金属。将第一金属层 15 和第二金属层 35 形成 Ti/Pt/Au 的多层结构,能够提高 Au 与 Au 之间的接合强度。另外,还能够采用 InSn 等钢锡合金。第一金属层 15 或者第二金属层 35 也能够含有钨 (W) 作为阻挡层金属。第一金属层和第二金属层还能够采用例如铜 (Cu) 或铝 (Al)。

[0025] 接着,参考图 2,说明基板接合工艺的一个例子。

[0026] 本实施方式所涉及的基板接合工艺,例如,以在真空中,将第一层叠体 20 和第二层叠体 40 重叠在一起之后,进行加热、接合。图 2 示意地示出了这一过程中处理温度随时间的变化。

[0027] 首先,将第一层叠体 20 和第二层叠体 40 载置在未图示的真空容器的内部,使真空容器内处于低压状态。

[0028] 接着,例如,能够在将第一层叠体 20 和第二层叠体 40 重叠在一起之前进行表面活性化。(表面活性化 A)

[0029] 具体地,对设置于 n 型 GaAs 基板 10 上的第一金属层 15 的表面和设置于 p 型 Si 基板 30 上的第二金属层 35 的表面照射例如氩 (Ar) 离子束,除去不需要的氧化膜及有机物等。此外,也可以将第一金属层 15 的表面和第二金属层 35 的表面暴露在等离子环境中。

[0030] 此外,也可以不进行表面活性化而直接将第一层叠体 20 和第二层叠体 40 重叠在一起。

[0031] 接着,使第一金属层 15 的表面和第二金属层 35 的表面接触,将第一层叠体 20 及第二层叠体 40 重叠。(定位 B)

[0032] 具体地,使第一金属层 15 的表面和第二金属层 35 的表面相对配置,使 n 型 GaAs 基板 10 与 p 型 Si 基板 30 的劈开方向一致。进而,转动其中任何一个基板,使各自的劈开方向之间错开预定角度。然后,使第一金属层 15 的表面和第二金属层 35 的表面接触,将第一层叠体 20 和第二层叠体 40 重叠。

[0033] 接着,对第一层叠体 20 和第二层叠体 40 之间施加负载以使其贴紧。(贴紧 C)。

[0034] 使第一层叠体 20 和第二层叠体 40 贴紧的温度优选小于等于 100℃。由此,能够减少例如在使贴合好的基板返回室温时因 n 型 GaAs 基板 10 与 p 型 Si 基板 30 之间的热膨胀率不同而产生的翘曲。

[0035] 对第一层叠体 20 和第二层叠体 40 之间施加的负载,可以是大于等于 10kg/cm² 且小于等于 30kg/cm²。为了使第一金属层 15 的表面和第二金属层 35 的表面成为整体性地贴紧的状态,例如,优选施加大于等于 10kg/cm² 的负载。进而,为了防止第一层叠体 20 和第二层叠体 40 发生断裂或裂纹,优选施加的负载小于等于 30kg/cm²。

[0036] 例如,能够对以使劈开方向一致的方式重叠的 n 型 GaAs 基板 10 和 p 型 Si 基板 30 之间施加的压力最大值为大约 20kg/cm²。另一方面,若以使二者的劈开方向错开大于等于 1° 的方式进行重叠,则能够施加 30kg/cm² 为止的负载。

[0037] 接着,在对重叠状态的第一层叠体 20 和第二层叠体 40 施加负载的状态下进行加热,升温到预定的温度 (C → D)。

[0038] 例如,在第一金属层 15 和第二金属层 35 含有 Au 金属的情况下,加热到大于等于

250℃的温度。优选升温至温度升到大于等于 250℃的温度是因为,为了在第一金属层 15 和第二金属层 35 之间不产生空隙等缺陷。

[0039] 另一方面,优选保持在小于等于 350℃的温度,以避免因 n 型 GaAs 基板 10 与 p 型 Si 基板 30 之间的热膨胀率差引起应力而导致第一层叠体 20 和第二层叠体 40 发生断裂或裂纹。

[0040] 接着,在将重叠状态的第一层叠体 20 与第二层叠体 40 在预定温度中保持一定时间之后,冷却到小于等于 100℃的温度再从真空容器中取出。(D → E → 取出 F)

[0041] 在此期间,直到降温至小于等于 100℃的温度为止,保持着对重叠的第一层叠体 20 和第二层叠体 40 施加预定负载的状态。

[0042] 在上述的基板接合工艺中,例如若对第一金属层 15 的表面和第二金属层 35 的表面照射 Ar 离子束,则能够在金属表面露出原子的活性结合键。由此,能够降低第一金属层 15 的表面与第二金属层 35 的表面的金属原子结合时需要的能量。即,与不照射 Ar 离子束的情况相比,即使在低温也能够进行接合。例如,若在表面活性化之后,在超高真空的状态下实施接合工艺,则有时在常温下就能够使基板接合。

[0043] 接着,如图 1D 所示,从通过上述基板接合工艺接合到第二层叠体 40 的第一层叠体 20,采用机械研磨法和溶液蚀刻法中的至少一种将 n 型 GaAs 基板 10 去除。在该情况下,可以将 n 型 GaAs 基板 10 完全去除,也可以留下一部分。

[0044] 进而,在除去了 n 型 GaAs 基板 10 的半导体层 12 的表面 48 上形成 n 电极,在 p 型 Si 基板 30 的背面 49 上形成 p 电极,由此能够完成半导体发光元件。

[0045] 进而,作为其它的实施方式,还能够用蓝宝石基板作为第一基板,用氮化物半导体形成半导体层。例如,能够在蓝宝石基板上,采用 MOCVD 法设置具有通过层叠了 n 型 GaN 层、发光层、p 型 GaN 层而形成的半导体层的第一层叠体。发光层能够含有通过交替地层叠 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层 ($0 < x < 1$) 和 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 层 ($0 \leq y < 1$) 而形成的 MQW 层 (Multi-Quantum Well)。

[0046] 进而,图 1D 所示的将第一基板除去的工序例如能够采用激光剥离法,该激光剥离法中,从蓝宝石基板的一侧照射波长 355nm 的激光,使蓝宝石基板与 n 型 GaN 层的界面附近的 GaN 熔融,从而将蓝宝石基板剥离。

[0047] 接着,参考图 3 说明本实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法的作用效果。图 3A 是表示比较例所涉及的制造方法的作用的示意图,图 3B 是表示本实施方式所涉及的制造方法的作用效果的示意图。

[0048] 在图 3A 所示的比较例的制造方法中,将第一层叠体 20 与第二层叠体 40 以使各自的劈开方向 20H、40H 一致的方式接合,形成贴合基板 50。第一层叠体 20 和第二层叠体 40 具有若被施加压力则容易沿着各自的劈开方向断裂的性质。因此,在如比较例那样以使第一层叠体 20 的劈开方向 20H 与第二层叠体 40 的劈开方向 40H 一致的方式进行接合的情况下,如图 3A 所示,贴合基板 50 很容易沿着劈开方向 20H 和劈开方向 40H 共同的劈开方向 50H 断裂。

[0049] 上述性质在将利用贴合基板 50 制作的半导体元件分割成一个个芯片时是有用的。例如,在利用 GaAs 的 (100) 基板形成第一层叠体 20、利用 Si 的 (100) 基板形成第二层叠体 40 的情况下,劈开方向都是 $\langle 110 \rangle$ 方向,具有在 (011) 面和 (101) 面被劈开的性质。因

此,以使二者的劈开方向对齐的方式接合而成的贴合基板 50,由于具有 (011) 面和 (101) 面这样的垂直的劈开面,因此具有能够很容易地切割出方形的半导体元件芯片这一优点。为此,在将两个基板接合时大多采用时两者的劈开方向对齐的制造方法。

[0050] 然而,在使两个基板的劈开方向一致并具有共同劈开面的情况下,意味着贴合好的基板容易发生断裂。具体地,在上述的基板接合工艺中,由于在第一层叠体 20 和第二层叠体 40 之间因加热而产生的应力、或者因接合界面 47 所存在的凸起等原因而局部地集中的应力,使得第一层叠体 20 和第二层叠体 40 两者都断裂的可能性变高。

[0051] 相对于此,如图 3B 中所示,在本实施方式所涉及的制造方法中,以使第一层叠体 20 的劈开方向 20H 与第二层叠体 40 的劈开方向 40H 错开的方式形成贴合基板 60。通过以劈开方向错开的方式进行接合,即使一个基板发生断裂或裂纹,其应力也不会容易地直接传递至另一个基板的劈开方向。因此,与图 3A 所示的贴合基板 50 相比,能够增加贴合基板 60 的强度。

[0052] 由此,能够抑制在基板接合工艺中发生断裂或裂纹,从而能够实现制造成品率的提高。具体地,优选使第一层叠体 20 的劈开方向 20H 与第二层叠体 40 的劈开方向 40H 之间错开大于等于 1° 。

[0053] 例如,第二层叠体 40 的 p 型 Si 基板 30 比第一层叠体 20 的 n 型 GaAs 基板 10 的强度高,第一层叠体 20 比第二层叠体 40 更容易断裂。因此,如图 3B 中所示,在贴合基板 60 中,即使第一层叠体 20 沿着劈开方向 20H 断裂,第二层叠体 40 也能够对其进行支撑而保持规定形状。由此,进行后续的处理来制造半导体发光元件也成为可能。

[0054] 图 4 是表示接着图 1 之后的半导体发光元件的制造工序的示意图。

[0055] 图 4A 所示的半导体基板 40b,是在图 1D 所示的工序中,从贴合基板 60 将 n 型 GaAs 基板 10 除去而将半导体层 12 移栽到第二层叠体 40 上而形成的。如上所述,半导体基板 49b 在半导体层 12 的表面 48 上设有 n 电极,在 p 型 Si 基板 30 侧的背面 49 上设有 p 电极,从而完成半导体发光元件。

[0056] 接着,如图 4A 所示,半导体基板 40b 例如利用切割刀片进行切断而被分割成一个个的发光元件芯片 65。

[0057] 图 4B 示意地表示了发光元件芯片 65 的构造。在 n 型 GaAs 基板 10 上设置的半导体层 12 的劈开方向是与 n 型 GaAs 基板 10 的劈开方向 20H 相同的方向。因此,例如,如果使切割刀片进行切断的切断方向与 p 型 Si 基板 30 的劈开方向 40H 对齐,则移栽在 p 型 Si 基板 30 上的半导体层 12 沿着与其劈开方向 20H 不同的方向被切断。

[0058] 若 p 型 Si 基板 30 的劈开方向 40H 与半导体层 12 的劈开方向 20H 之间的错开角度 θ 大,则在切割刀片对半导体基板 40b 进行切断时,有时会产生图 4B 中所示的碎片 67a、67b。该碎片 67a、67b 是由于切割刀片所施加的应力使得半导体层 12 沿着劈开方向 20H 断裂而产生的。例如,在劈开方向的错开角度 θ 大于 10° 的情况下,容易产生碎片。

[0059] 如上所述,为了提高贴合基板的强度,劈开方向的错开角度 θ 优选为大于等于 1° 。因此,第一层叠体 20 与第二层叠体 40 重叠的状态下的、第一层叠体 20 的劈开方向与第二层叠体 40 的劈开方向之间的错开角度 θ 优选为大于等于 1° 且小于等于 10° 。

[0060] 图 5 是示意地表示其它实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法的立体图。

[0061] 本实施方式所涉及的半导体发光元件的制造方法还具有如下工序:在第二层叠体

上留下半导体层而将第一基板分离的工序；设置沿着第二层叠体的劈开方向延伸的分离槽，将半导体层分离为一个个的半导体元件的工序；以及沿着分离槽对第二层叠体进行切断的工序。

[0062] 图 5 所示的半导体基板 40c 与上述的半导体基板 40b 相同，将半导体层 12 移载在第二层叠体 40 上而形成。进而，半导体层 12 通过在沿着第二层叠体 40 的劈开方向 40H 延伸的方向上设置的分离槽 72，被分离成一个个的发光元件 75。

[0063] 分离槽 72 例如能够通过采用了含有氯 (Cl_2) 或氟 (F) 的蚀刻气体的 RIE (Reactive Ion Etching: 反应离子腐蚀) 法来形成。此外，也能够采用湿法蚀刻。

[0064] 根据本实施方式所涉及的制造方法，能够沿着分离槽 72 分割成一个个发光元件 75 而进行芯片化。这时，由于分离槽 72 与劈开方向 40H 一致，所以能够容易地进行切断。进而，半导体层 12 通过分离槽 72 而被分离，因此，在分割时不会接触到切割刀片，也就不会发生例如碎片 67a、67b 的情况。

[0065] 即，根据在本实施方式，能够将第一层叠体 20 的劈开方向 20H 与第二层叠体 40 的劈开方向 40H 之间的错开角度 θ 设定成大于 10° 。由此，能够提高贴合基板 60 的强度。

[0066] 另外，在本实施方式中也是，第一金属层或第二金属层能够例如含有 Au 或者 Au 合金。使第一金属层与第二金属层在小于等于 100°C 的温度重叠。基板接合工艺包括在大于等于 250°C 小于等于 350°C 的温度范围内对第一层叠体与第二层叠体进行加热、然后进行冷却的工序，能够将对第一层叠体与第二层叠体之间施加的负载设定为大于等于 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 、小于等于 $30\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

[0067] 说明了本发明的一些实施方式，这些实施例只是作为示例，并无意于限定发明的保护范围。这些实施方式的新的实施方式能够以其他各种方式进行实施，在不脱离本发明的宗旨的范围内能够进行各种省略、替换和变更。这些实施方式及其变形都含在本发明的范围和宗旨内，并且包含在权利要求书中记载的发明及其等同的范围内。

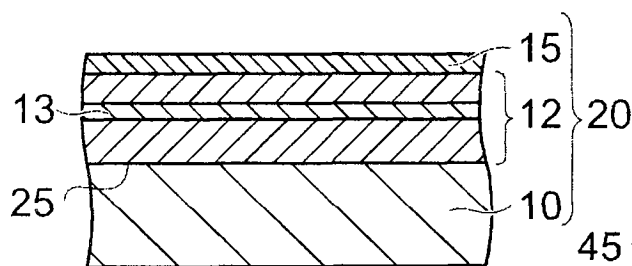


图1A

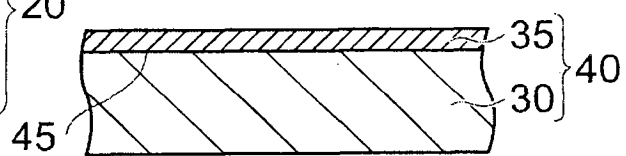


图1B

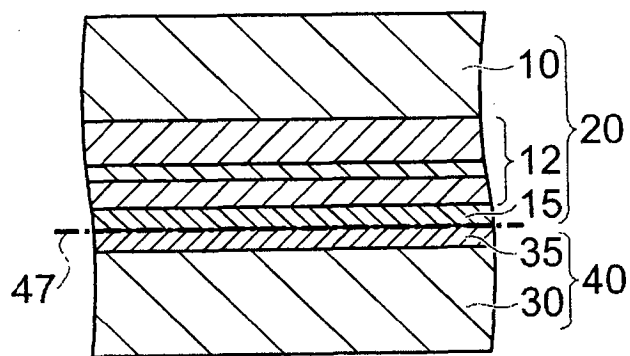


图 1C

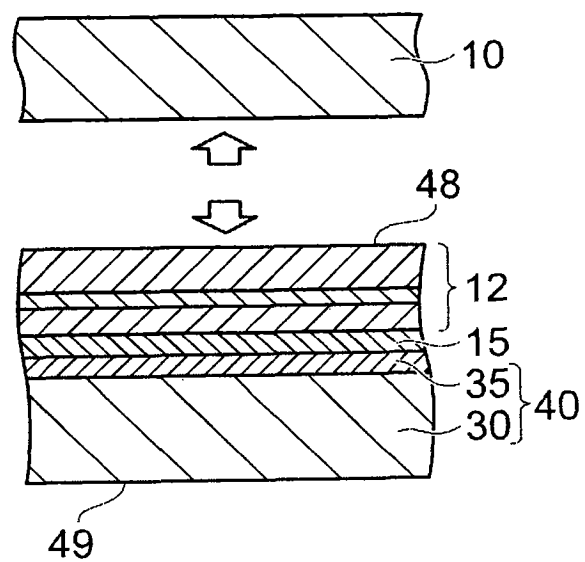


图 1D

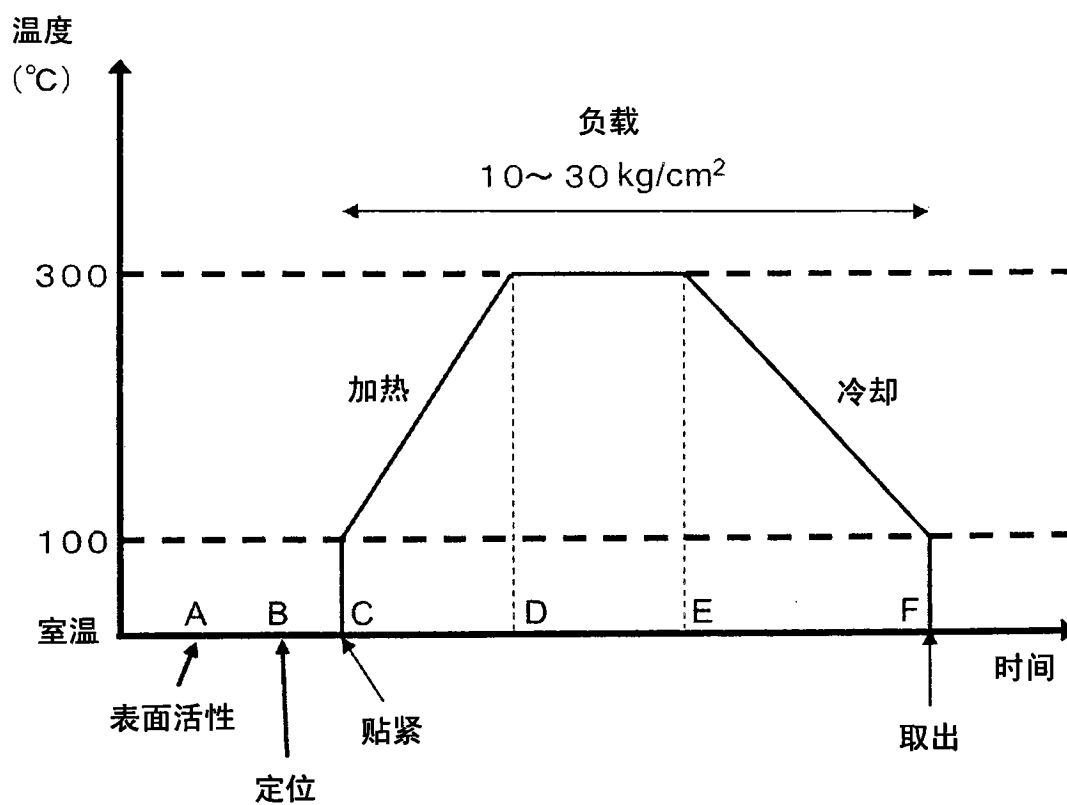


图 2

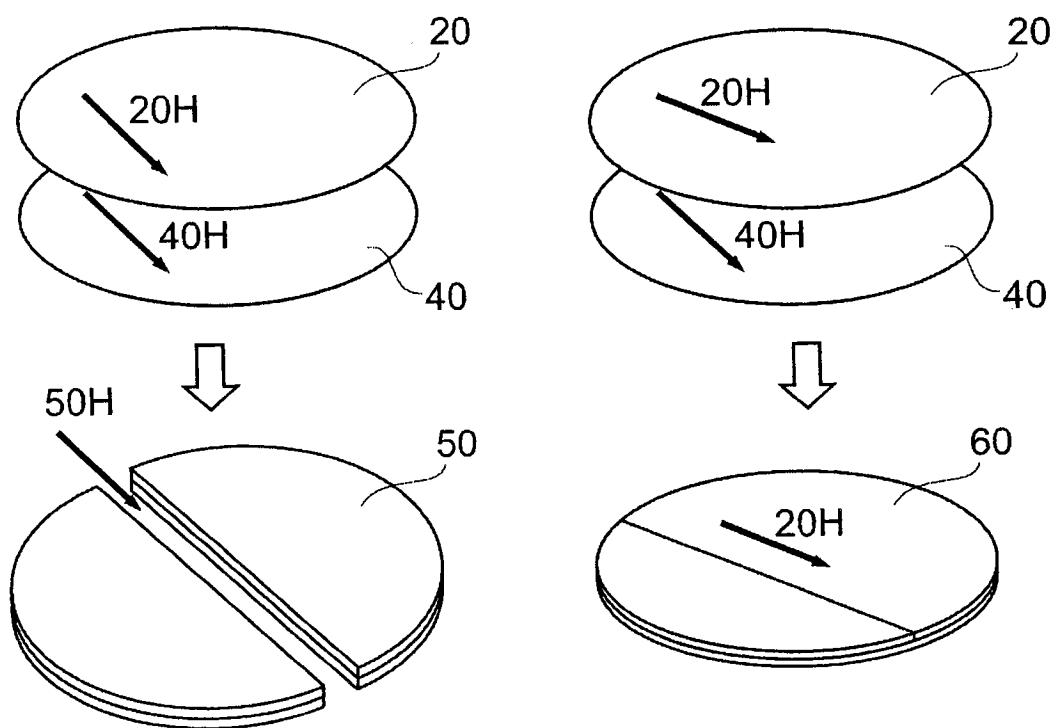


图 3A

图 3B

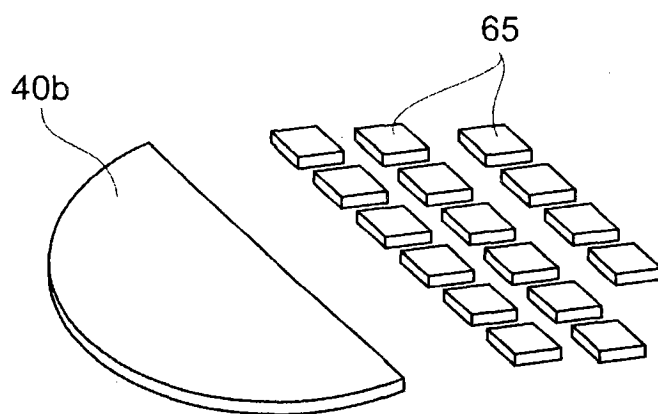


图 4A

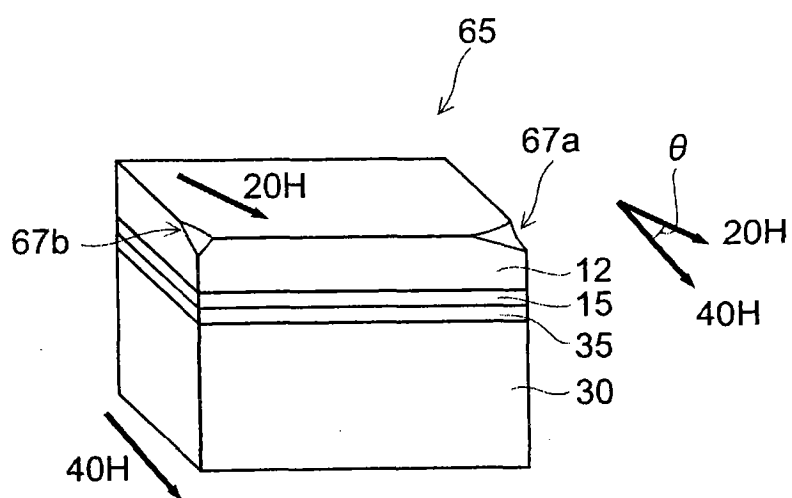


图 4B

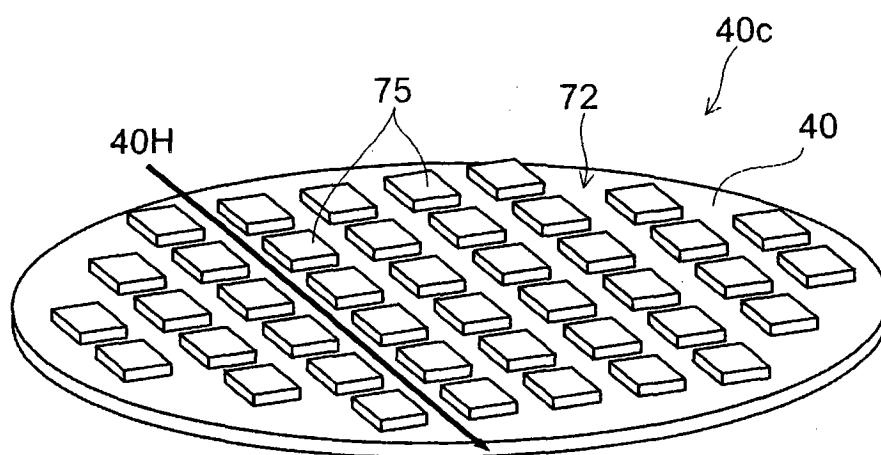


图 5