(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116868309 A
(43)申请公布日 2023.10.10

(21)申请号 202180092263.8
(22)申请日 2021.02.04
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.07.28
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/004035 2021.02.04
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/168217 JA 2022.08.11
(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本东京
(72)发明人 桧座秀一 西村邦彦
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 贾成功
(51)Int.Cl.
H01L 21/02(2006.01)

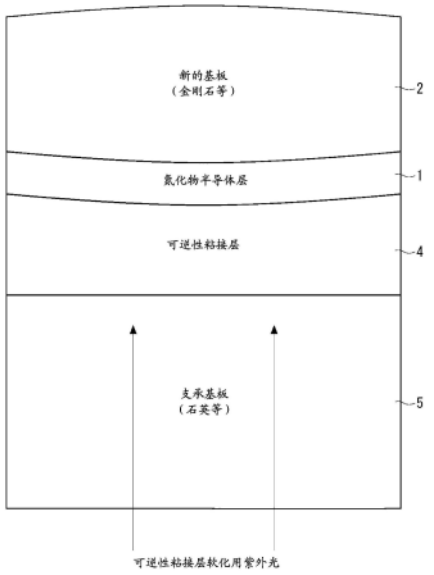
权利要求书1页 说明书6页 附图9页

(54)发明名称

半导体基板的制造方法及半导体装置的制造方法

(57)摘要

本发明涉及半导体基板的制造方法及半导体装置的制造方法。将生长基板(3)上形成的氮化物半导体层(1)经由可逆性粘接层(4)与支承基板(5)贴合。其次,除去生长基板(3),将新的基板(2)接合于露出的氮化物半导体层(1),然后,将可逆性粘接层(4)和支承基板(5)除去。其结果,将氮化物半导体层(1)从生长基板(3)上转移到新的基板(2)上。在将氮化物半导体层(1)与新的基板(2)接合的工序中,进行使氮化物半导体层(1)与新的基板(2)加压接触的工序、使可逆性粘接层(4)软化的工序、和使可逆性粘接层(4)再固化的工序。



CN 116868309 A

1.一种半导体基板的制造方法,其具备:

(a)将生长基板上形成的氮化物半导体层与支承基板经由由可逆性粘接剂构成的可逆性粘接层来贴合、使所述可逆性粘接层固化的工序;

(b)在所述工序(a)之后,除去所述生长基板而使所述氮化物半导体层露出的工序;

(c)在所述工序(b)之后,将新的基板接合到所述氮化物半导体层的工序;和

(d)在所述工序(c)之后,将所述可逆性粘接层及所述支承基板除去的工序,

所述工序(c)包含:

(c-1)使所述氮化物半导体层与新的基板加压接触的工序;

(c-2)使所述可逆性粘接层软化的工序;和

(c-3)在所述工序(c-1)及(c-2)之后,使所述可逆性粘接层再固化的工序。

2.根据权利要求1所述的半导体基板的制造方法,其中,所述可逆性粘接剂通过所照射的光的波长而使固化状态和软化状态切换。

3.根据权利要求1或2所述的半导体基板的制造方法,其中,所述工序(c-2)在工序(c-1)之后进行。

4.根据权利要求1或2所述的半导体基板的制造方法,其中,所述工序(c-1)在工序(c-2)之后进行。

5.一种半导体装置的制造方法,其包含实施权利要求1至4中任一项所述的半导体基板的制造方法的工序,还具备:

(e)在所述工序(a)之前在所述氮化物半导体层形成半导体元件的工序。

半导体基板的制造方法及半导体装置的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及半导体基板的制造方法及半导体装置的制造方法，特别地，涉及包含氮化物半导体层的半导体基板及由氮化物半导体构成的半导体装置的制造方法。

背景技术

[0002] 作为在高输出领域中工作的半导体元件，已知使用有氮化物半导体的场效应晶体管(例如高电子迁移率晶体管(HEMT))。这样的半导体元件在以高输出工作时，如果温度上升，则特性和可靠性有可能显著降低。因此，为了抑制半导体元件的温度上升，需要在半导体元件的发热部的附近设置散热性高的散热材料。特别地，金刚石为固体物质中具有最大的热导率的材料，具有适宜作为散热材料的性质。例如在下述的非专利文献1中，公开有以下技术：使用在金刚石上形成有氮化物半导体层的结构的基板，所述氮化物半导体层形成半导体元件，由此谋求半导体元件的散热性的提高。

[0003] 另一方面，作为氮化物半导体层的制造技术，确立在由硅(Si)、碳化硅(SiC)、蓝宝石(Al_2O_3)等构成的基板上采用异质外延技术来形成氮化物半导体层的技术，该技术作为氮化物半导体元件的制造技术的一部分已广泛地应用。但是，采用异质外延技术在金刚石基板上直接形成氮化物半导体层的技术正在研究，尚未确立。例如，在下述的非专利文献2中，作为用于在金刚石基板上形成半导体层的技术的一例，提出将半导体层与金刚石基板贴合而一体化的方案。

[0004] 一般地，在外延生长的生长基板上所形成的半导体层具有数微米左右的极薄的膜厚，因此将半导体层从生长基板分离而向其他基板上贴合是非常困难的。因此，在非专利文献2中，进行将在生长基板上所形成的氮化物半导体层贴合于支承基板(用于暂时保持氮化物半导体层的基板)后将生长基板除去，由此将氮化物半导体层转移至支承基板，然后，通过在支承基板上的氮化物半导体层的上表面(除去了生长基板的面)将金刚石基板贴合，将氮化物半导体层转移到金刚石基板上。

[0005] 另外，作为将薄膜状的半导体层暂时转移到支承基板后转移至异种基板的方法的具体例，例如在专利文献1中，公开有如下方法：经由由树脂构成的粘接层，将支承基板粘接于半导体层，进行原来的基板的薄层化加工，进行异种基板的接合和支承基板的除去。在该方法中，即使在半导体层上形成元件结构、配线图案等立体的结构物后，在粘接层中将立体的结构物埋入的状态下将半导体层与支承基板粘接，由此能够连通立体的结构物一起转移到其他基板。因此，如果使用该方法，无论在半导体层所形成的半导体元件的形状及结构如何，能够采用同一工艺来实施半导体层向异种基板的贴合。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1：日本特开平6-268183号公报

[0009] 非专利文献

[0010] 非专利文献1：Felix Ejeckam“Keeping cool with diamond”COMPOUND

SEMICONDUCTOR第20卷第7期第41页

[0011] 非专利文献2:D.Francis等“Formation and characterization of 4-inch GaN-on-diamond substrates”Diamond&Related Materials 19(2010)229-233

发明内容

[0012] 发明要解决的课题

[0013] 上述的专利文献1的技术也可应用于将氮化物半导体层向金刚石基板等异种基板上转移的技术。但是,就金刚石而言,由于是制造难度高、加工性低的材料,因此金刚石基板与Si基板、SiC基板相比,基板的翘曲量、基板的厚度的均匀性等品质倾向于低。在支承基板上转移的氮化物半导体层的上表面贴合金刚石基板的工序中,如果金刚石基板的翘曲大,或者金刚石基板的厚度不均匀,则用于贴合的加压没有在金刚石基板整体均匀地施加,全面均匀地进行氮化物半导体层与金刚石基板的贴合变得困难。

[0014] 本公开为了解决以上的课题而完成,目的在于提供能够使氮化物半导体层与金刚石基板全面均匀地接合的半导体基板的制造方法。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 本公开涉及的半导体基板的制造方法具备:(a)将生长基板上形成的氮化物半导体层与支承基板经由由可逆性粘接剂构成的可逆性粘接层来贴合、使上述可逆性粘接层固化的工序;(b)在上述工序(a)之后,除去上述生长基板而使上述氮化物半导体层露出的工序;(c)在上述工序(b)之后,使新的基板接合于上述氮化物半导体层的工序;和(d)在上述工序(c)之后,将上述可逆性粘接层和上述支承基板除去的工序,上述工序(c)包含:(c-1)使上述氮化物半导体层与新的基板加压接触的工序,(c-2)使上述可逆性粘接层软化的工序,和(c-3)在上述工序(c-1)和(c-2)之后使上述可逆性粘接层再固化的工序。

[0017] 发明的效果

[0018] 根据本公开,即使在使用翘曲、膨胀大的金刚石基板的情况下,也能够将氮化物半导体层与金刚石基板全面均匀地接合。

[0019] 本公开的目的、特征、方式和优点通过以下的详细的说明和附图,将变得更加清楚。

附图说明

[0020] 图1为实施方式1涉及的半导体基板的剖面示意图。

[0021] 图2为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

[0022] 图3为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

[0023] 图4为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

[0024] 图5为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

[0025] 图6为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

[0026] 图7为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

[0027] 图8为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

[0028] 图9为用于说明实施方式1涉及的半导体基板的制造方法的工序图。

具体实施方式

[0029] 对于本公开涉及的技术的实施方式进行说明。本公开涉及的技术的范围并不限定于以下所示的实施方式。以下所示的图为示意性的，图中所示的要素的形状、尺寸等与现实的不同。另外，在多个图中标注相同的附图标记的要素为彼此相同或对应的要素。

[0030] ＜实施方式1＞

[0031] 图1为本实施方式涉及的半导体基板10的剖面示意图。如图1所示，半导体基板10具有：氮化物半导体层1在与异质外延生长时所使用的基板(以下称为“生长基板”)不同的基板2(以下称为“新的基板2”)上形成的结构。予以说明，氮化物半导体层1在原样地维持异质外延生长时的晶面的状态下被转移到新的基板2上。

[0032] 图2～图9为用于说明实施方式1涉及的半导体基板10的制造方法的工序图，分别表示与图1相当的截面。参照这些图，对实施方式1涉及的半导体基板10的制造方法进行说明。该制造方法包含以下说明的第1工序～第6工序。

[0033] 在第1工序中，如图2中所示，将通过异质外延法在生长基板3上形成的氮化物半导体层1和作为用于暂时保持氮化物半导体层1的基板的支承基板5经由由可逆性粘接剂构成的可逆性粘接层4来贴合。可逆性粘接剂是可利用光、温度的作用将固化状态和软化状态切换的粘接剂。例如在日本特开2019-26817号公报中，公开有由具有特定的分子结构的液晶高分子化合物构成、通过光照射而可逆地软化・固化的可逆性粘接剂。

[0034] 然后，将氮化物半导体层1与支承基板5贴合后，为了提高可逆性粘接层4的机械强度，进行可逆性粘接层4的固化处理。可逆性粘接层4的固化条件因构成其的可逆性粘接剂而异。例如，在使用由上述的液晶高分子化合物构成的可逆性粘接剂的情况下，通过照射具有420nm至600nm的范围的波长的可见光，能够进行可逆性粘接层4的固化处理。予以说明，作为支承基板5的材料，能够使用玻璃、蓝宝石、硅、SiC等，在通过光照射将可逆性粘接层4的固化状态与软化状态切换的情况下，需要使用将在可逆性粘接层4的固化和软化中所使用的光透过的材料。

[0035] 在第2工序中，如图3中所示，将生长基板3的背侧(氮化物半导体层1的形成面的相反侧)的部分除去，将生长基板3薄层化至一定的厚度。作为第2工序中的生长基板3的除去方法，能够使用机械研磨、干蚀刻、采用溶液的蚀刻等，在第2工序中从除去速度的观点出发，优选使用机械研磨。就第2工序而言，优选以生长基板3的残留厚度成为5μm以上且不到100μm的范围的方式实施，更优选地，生长基板3的残留厚度成为7μm以上且不到30μm的范围为宜。如果第2工序后的生长基板3的残留厚度比上述范围大，则接下来的第3工序所需的时间延长，招致半导体基板10的制造成本的上升。另外，如果第2工序后的生长基板3的残留厚度比上述范围小，则使氮化物半导体层1的内部应力被缓和，产生裂纹的可能性升高。

[0036] 在第3工序中，如图4中所示，将第2工序中被薄层化的生长基板3完全地除去，使氮化物半导体层1露出。作为第3工序中的生长基板3的除去方法，能够使用机械研磨法、化学机械研磨法、干蚀刻法、采用溶液的蚀刻等，在第3工序中优选使用化学机械研磨法。如果采用化学机械研磨法实施第3工序，则由于将露出的氮化物半导体层1的表面在原子层水平上精密地平坦化，因此将氮化物半导体层1与新的基板2贴合后的强度提高。

[0037] 在第4工序中，将新的基板2贴合于第3工序中露出的氮化物半导体层1。作为新的基板2，为了提高在氮化物半导体层1形成的氮化物半导体元件的性能和可靠性，优选热导

率高的基板，特别优选金刚石基板。作为氮化物半导体层1与新的基板2的贴合方法，能够使用表面活化接合法、原子扩散接合法等，为了提高氮化物半导体元件的性能和可靠性，优选能够尽可能减小氮化物半导体层1与新的基板2的界面热阻的方法。因此，特别优选表面活化接合。在使用表面活化接合法的情况下，在对氮化物半导体层1和新的基板2各自的表面进行活化处理后，在接合装置内，如图5将氮化物半导体层1与新的基板2对向配置，使两者加压接触。此时如果新的基板2的翘曲、膨胀大，则氮化物半导体层1和支承基板5如图6沿着新的基板2的表面形状变形。

[0038] 在第5工序中，在使氮化物半导体层1与新的基板2加压接触的状态下，如图7进行用于使可逆性粘接层4暂时为软化状态的处理，然后，如图8进行使可逆性粘接层4再固化的处理。在使用由上述的液晶高分子化合物构成的可逆性粘接剂的情况下，就可逆性粘接层4的软化处理而言，能够通过将具有300nm至400nm的范围的波长的紫外光经由支承基板5照射于可逆性粘接层4而实施，就可逆性粘接层4的软化处理而言，能够通过将具有420nm至600nm的范围的波长的可见光经由支承基板5照射于可逆性粘接层4而实施。在进行可逆性粘接层4的固化处理后，将用于氮化物半导体层1与新的基板2的接合形成的加压释放，从接合装置将试样(图8所示的结构体)取出。

[0039] 在第6工序中，如图9所示，将可逆性粘接层4和支承基板5除去。其结果，完成图1中所示的半导体基板10。就第6工序而言，例如，能够通过经由支承基板5的紫外光照射使可逆性粘接层4成为软化状态后，采用物理的方法从氮化物半导体层1将支承基板5剥离，然后，向有机溶剂的浸渍等，从氮化物半导体层1的表面将可逆性粘接层4除去，由此来实施。

[0040] 在此，对本实施方式中获得的效果进行说明。例如，在代替可逆性粘接层4而使用不具有可逆性的粘接层的情况下，不能实施第5工序。这种情况下，将用于氮化物半导体层1与新的基板2的接合形成的加压释放时，在第4工序中变形的支承基板5要返回原来的形状的力发挥作用。就该力而言，以将氮化物半导体层1从新的基板2剥离的方式作用，因此该力在超过氮化物半导体层1与新的基板2的接合力的区域，接合形成变得不可能。例如，在新的基板2为中央部比周缘部厚的形状的情况下(新的基板2的截面形状为凸透镜状的情况下)，就支承基板5要返回原来的形状的力而言，在新的基板2的周缘部，以将氮化物半导体层1从新的基板2剥离的方式作用。

[0041] 相对于上述，在本实施方式中，通过在第5工序中使可逆性粘接层4暂时为软化状态，在氮化物半导体层1与新的基板2密合的状态下释放可逆性粘接层4的内部应力，在第4工序中产生的支承基板5的变形消失，支承基板5返回原来的形状。因此，即使将用于氮化物半导体层1与新的基板2的接合形成的加压释放，支承基板5要返回原来的形状的力也不起作用，保持氮化物半导体层1与新的基板2的接合。因此，即使在新的基板2的翘曲、膨胀大的情况下，也能够全面均匀地进行氮化物半导体层1与新的基板2的接合。

[0042] 予以说明，在本实施方式中，在第4工序中使氮化物半导体层1与新的基板2在接合装置内加压接触后，在第5工序中进行使可逆性粘接层4暂时为软化状态的处理，但其顺序可颠倒。即，可先使可逆性粘接层4为软化状态，在该状态下使氮化物半导体层1与新的基板2在接合装置内加压接触。

[0043] 就在采用本实施方式涉及的制造方法制造的半导体基板10而言，即使在使用翘曲大的金刚石基板作为新的基板2的情况下，也能够维持将氮化物半导体层1与新的基板2全

面均匀地接合的状态。由此，能够提高氮化物半导体元件向氮化物半导体层1的形成工序中的收率。另外，在新的基板2作为散热基板发挥功能的情况下，能够提高在氮化物半导体层1所形成的氮化物半导体元件的散热性，能够有助于氮化物半导体元件的可靠性的提高。

[0044] ＜实施方式2＞

[0045] 在实施方式1中说明的半导体基板10的制造方法中，使用没有形成HEMT等半导体元件的状态的氮化物半导体层1而形成半导体基板10，在实施方式2中，使用预先形成有半导体元件的氮化物半导体层1来形成半导体基板10。即，就采用实施方式2涉及的半导体基板10的制造方法制造的半导体基板10而言，成为已将搭载于半导体装置的半导体元件组装的半导体基板。因此，实施方式2涉及的半导体基板10的制造方法构成半导体装置的制造方法的一部分。

[0046] 就实施方式2涉及的半导体基板10的制造方法而言，除了在第1工序中使用的氮化物半导体层1预先形成半导体元件以外，与实施方式1相同。在以下的实施方式2涉及的半导体基板10的制造方法的说明中，也参照实施方式1中所示的图2～图9。另外，将与实施方式1重复的说明适当地省略。

[0047] 在实施方式2中，在第1工序之前，实施在生长基板3上的氮化物半导体层1形成半导体元件(氮化物半导体元件)的工序。在氮化物半导体层1所形成的半导体元件可为任意的元件，在本实施方式中形成HEMT。氮化物半导体元件的形成方法可为任意的方法，例如，能够采用“高输出AlGaN/GaN异质结FET的现状和展望”(电子信息通信学会论文志C Vol.J86-C No.4第396-403页2003年4月)等中公开的方法等。

[0048] 在第1工序中，如图2中所示，将形成有半导体元件的氮化物半导体层1与支承基板5经由例如由液晶高分子化合物的可逆性粘接剂构成的可逆性粘接层4来贴合。然后，为了提高可逆性粘接层4的机械强度，进行可逆性粘接层4的固化处理。

[0049] 在第2工序中，如图3中所示，例如通过机械研磨，将生长基板3的背侧(氮化物半导体层1的形成面的相反侧)的部分除去，将生长基板3薄层化到一定的厚度。

[0050] 在第3工序中，如图4中所示，例如通过化学机械研磨法，将在第2工序中被薄层化的生长基板3完全除去，使氮化物半导体层1露出。

[0051] 在第4工序中，在第3工序中露出的氮化物半导体层1将例如由金刚石构成的新的基板2贴合。在使用表面活化接合法的情况下，将氮化物半导体层1及新的基板2各自的表面活化处理后，在接合装置内，如图5将氮化物半导体层1与新的基板2对向配置，使两者加压接触。此时如果新的基板2的翘曲、膨胀大，则氮化物半导体层1和支承基板5如图6沿着新的基板2的表面形状变形。

[0052] 在第5工序中，在使氮化物半导体层1与新的基板2加压接触的状态下，如图7进行用于使可逆性粘接层4暂时为软化状态的处理，然后，如图8所示，进行使可逆性粘接层4再固化的处理。然后，将用于氮化物半导体层1与新的基板2的接合形成的加压释放，从接合装置将试样(图8中所示的结构体)取出。

[0053] 在第6工序中，如图9中所示，将可逆性粘接层4和支承基板5除去。其结果，完成图1所示的半导体基板10。

[0054] 予以说明，即使在本实施方式中，在第4工序中使氮化物半导体层1与新的基板2在接合装置内加压接触后，在第5工序中进行使可逆性粘接层4暂时为软化状态的处理，但其

顺序可颠倒。即，可先使可逆性粘接层4为软化状态，在该状态下使氮化物半导体层1与新的基板2在接合装置内加压接触。

[0055] 就采用本实施方式涉及的制造方法所制造的半导体基板10而言，即使在使用翘曲大的金刚石基板作为新的基板2的情况下，也能够维持使氮化物半导体层1与新的基板2全面均匀地接合的状态。由此，能够提高氮化物半导体元件向氮化物半导体层1的形成工序中的收率。另外，在新的基板2作为散热基板发挥功能的情况下，能够提高在氮化物半导体层1所形成的氮化物半导体元件的散热性，能够有助于氮化物半导体元件的可靠性的提高。

[0056] 予以说明，能够将各实施方式自由地组合，或者将各实施方式适当地变形、省略。

[0057] 上述的说明在所有的方案中都为例示，理解为可设想没有例示的无数的变形例。

[0058] 附图标记的说明

[0059] 10半导体基板、1氮化物半导体层、2新的基板、3生长基板、4可逆性粘接层、5支承基板。

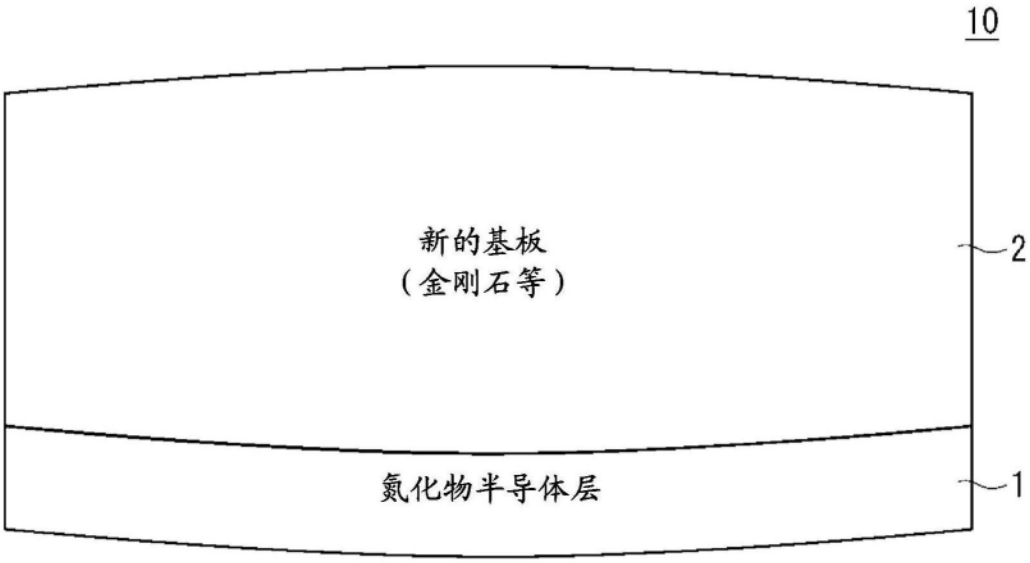


图1



图2

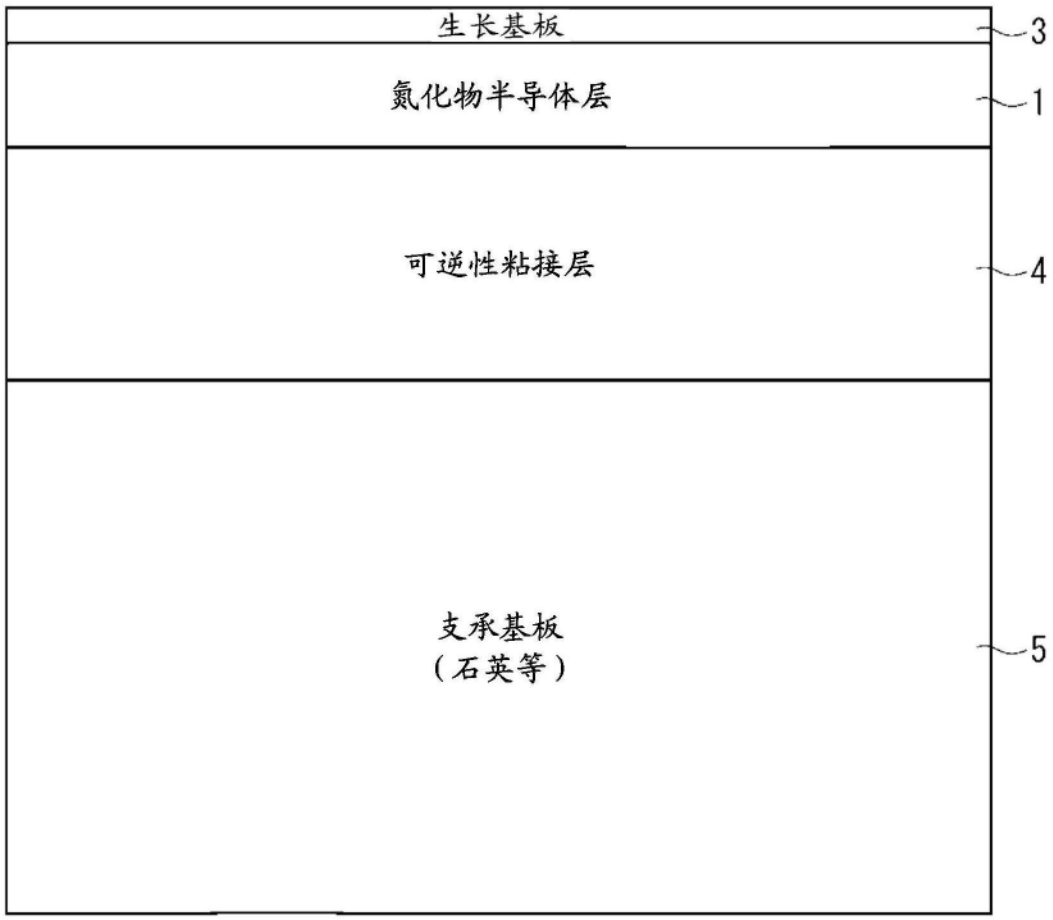


图3

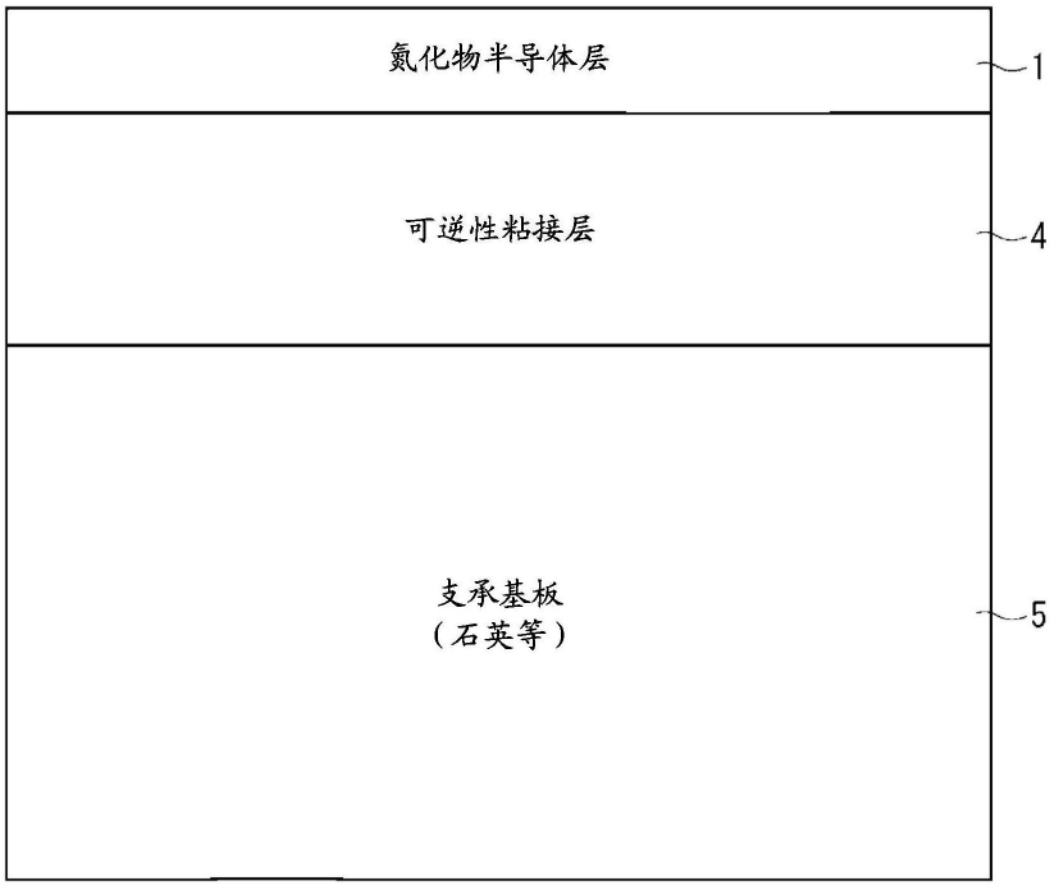


图4

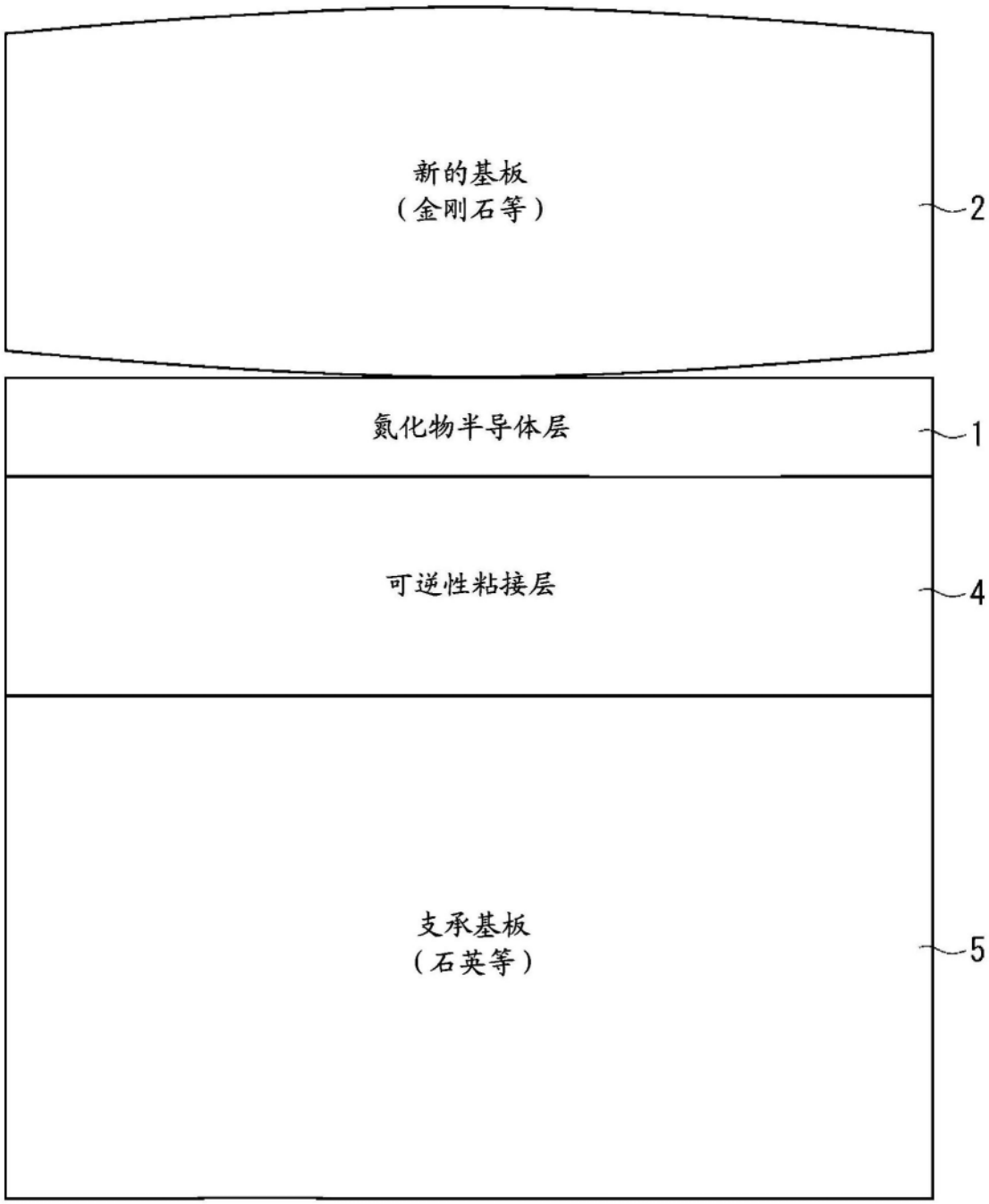


图5

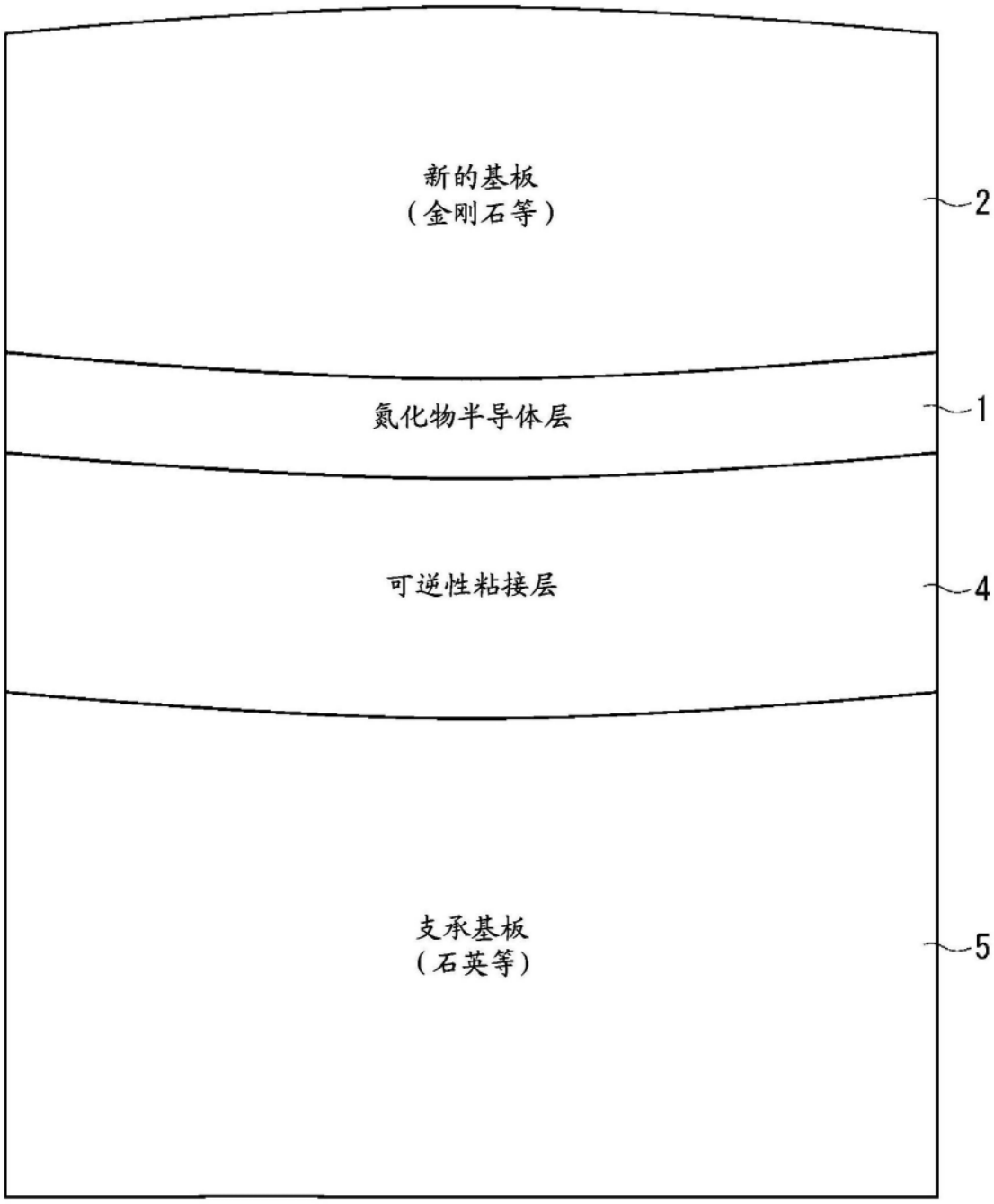


图6

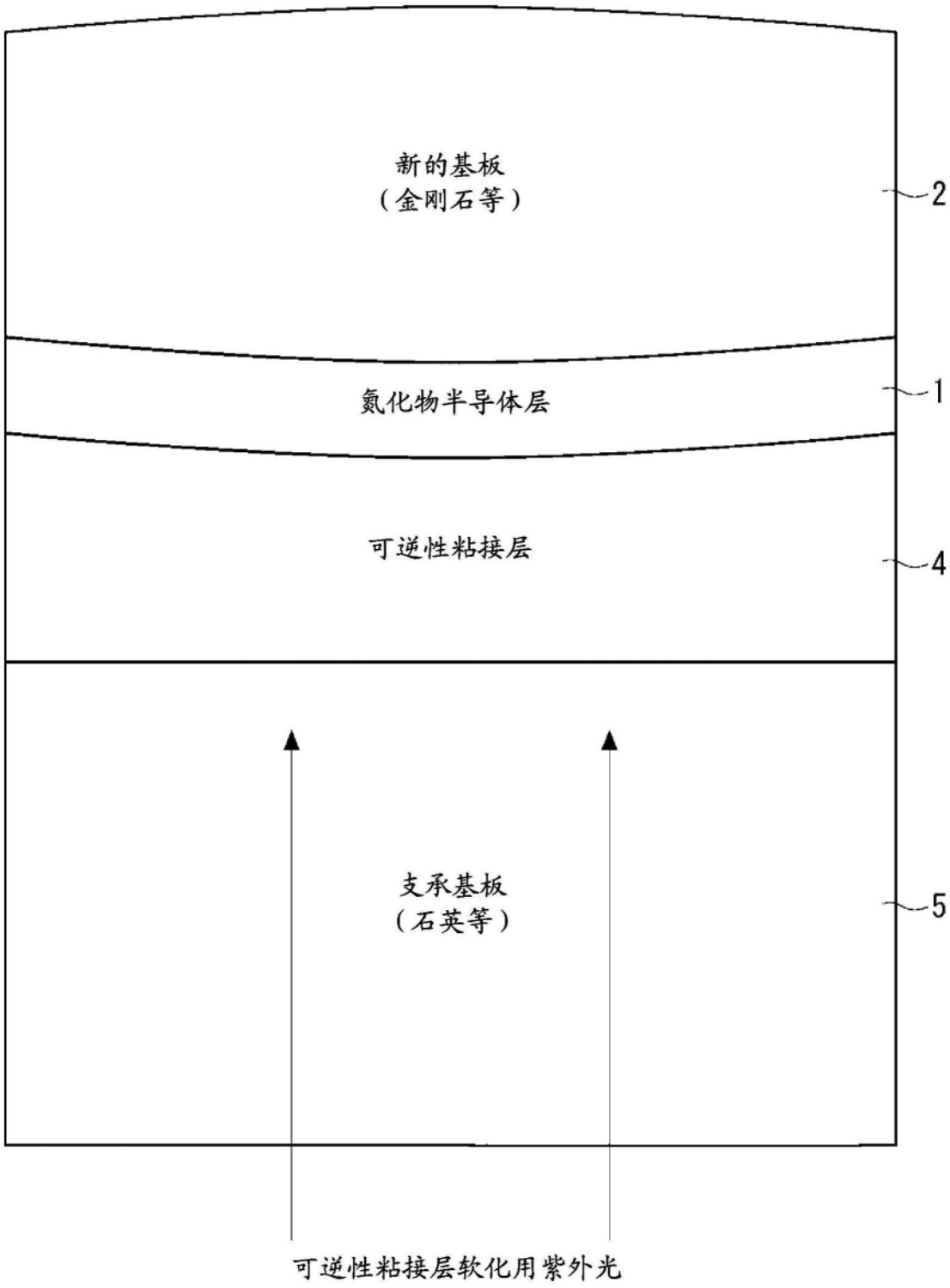


图7

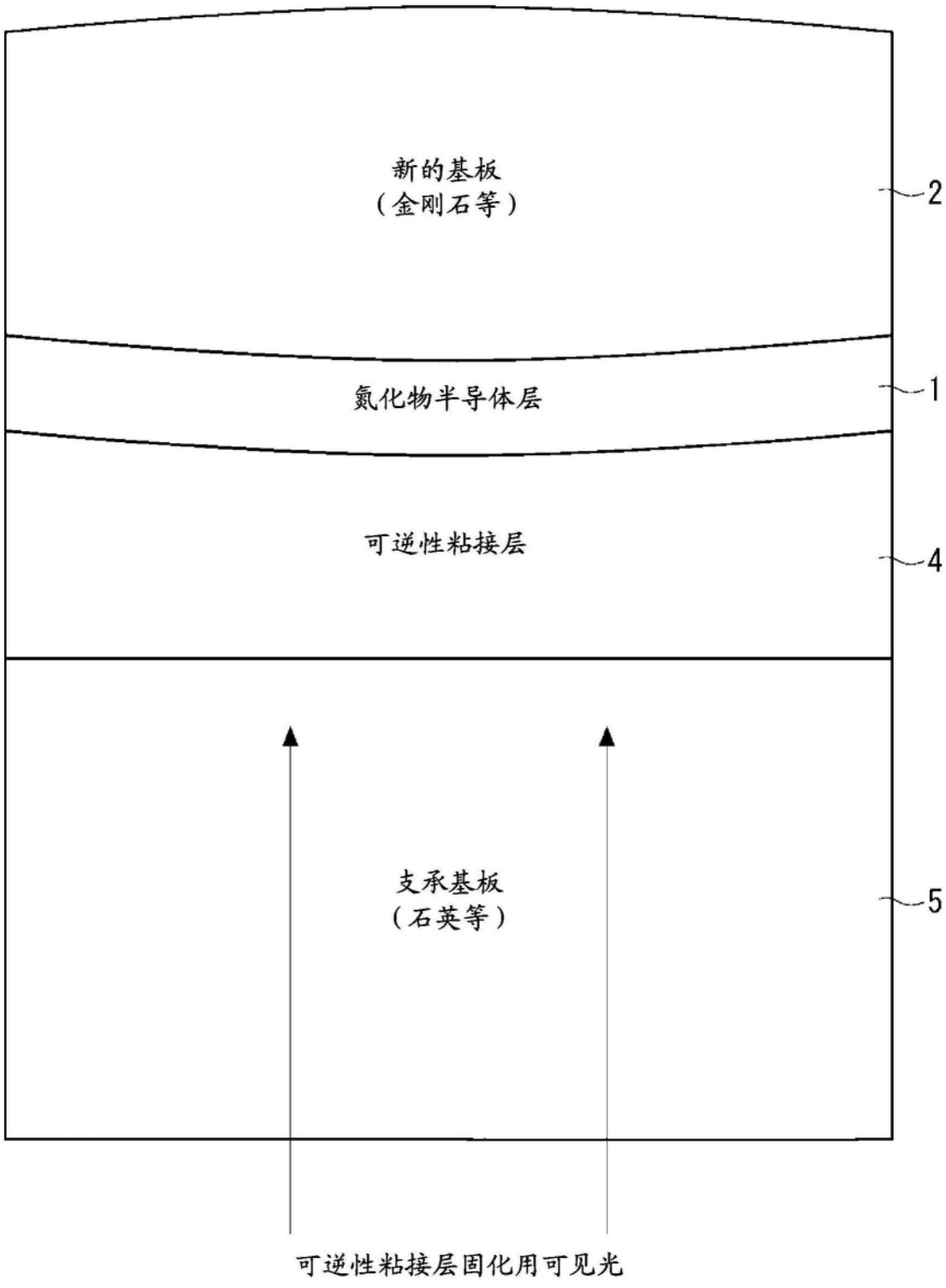


图8

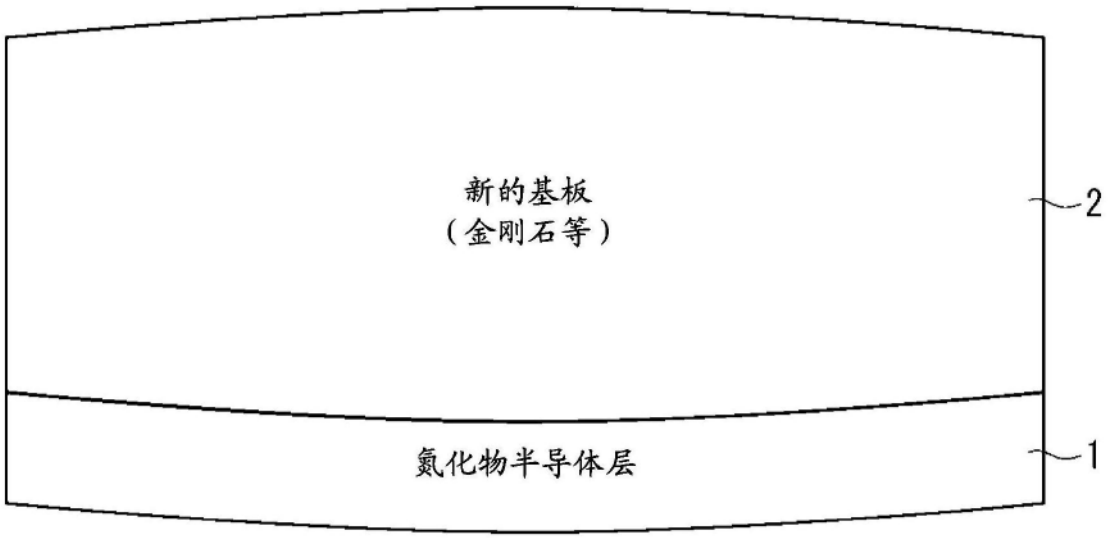


图9