



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101842910 B

(45) 授权公告日 2013.03.27

(21) 申请号 200880114551.3

(22) 申请日 2008.10.23

(30) 优先权数据

2007-285252 2007.11.01 JP

2007-285253 2007.11.01 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.04.29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/069708 2008.10.23

(87) PCT申请的公布数据

W02009/057669 EN 2009.05.07

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 山崎舜平 荒井康行

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 李玲

(51) Int. Cl.

H01L 31/04 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2002/0132449 A1, 2002.09.19, 说明书第 28-45 段, 附图 2A-2F.

US 6258698 B1, 2001.07.10, 说明书第 4 栏 第 60 行 - 第 6 栏第 10 行, 附图 1A-1H.

US 6692981 B2, 2004.02.17, 全文.

审查员 夏杰

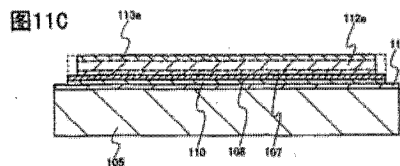
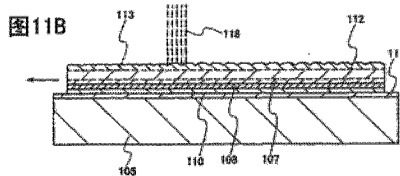
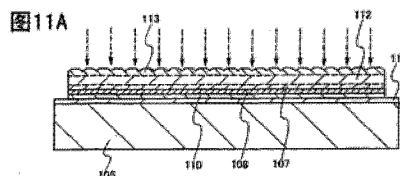
权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图 28 页

(54) 发明名称

用于制造光电转换器件的方法

(57) 摘要

通过有效利用硅半导体材料提供了光电转换特性优秀的光电转换器件。本发明涉及一种用于制造利用太阳能电池的光电转换器件的方法,其中:多个单晶半导体衬底排列在具有绝缘表面的支承衬底上,在各个单晶半导体衬底的预定深度处形成了受损层;单晶半导体衬底的表面层部分利用受损层作为边界薄薄地分离,以在支承衬底的一个表面上形成单晶半导体层;以及该单晶半导体层被来自因单晶半导体层分离而暴露的表面侧的激光束辐照,以使该单晶半导体层的表面平坦化。



1. 一种用于制造光电转换器件的方法,包括以下步骤:
在单晶半导体衬底上形成保护膜;
通过用离子束辐照所述单晶半导体衬底的表面在所述单晶半导体衬底中形成受损层;
在所述单晶半导体衬底的所述表面上形成与所述表面接触的第一杂质半导体层,其中所述第一杂质半导体层具有一导电类型;
在所述第一杂质半导体层上形成与所述第一杂质半导体层接触的第一电极;
在形成所述第一电极之前除去所述保护膜;
在所述第一电极上形成接合层;
将支承衬底附连至所述接合层;
利用所述受损层作为边界分离所述单晶半导体衬底的一部分,其中在所述支承衬底上形成单晶半导体层;和
在所述单晶半导体层的表面上形成第二杂质半导体层,其中所述第二杂质半导体层具有另一导电类型。
2. 如权利要求 1 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,还包括用激光束辐照所述第二杂质半导体层的步骤。
3. 如权利要求 2 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,
所述激光束辐照以使所述第二杂质半导体层的受辐照区域在从 250°C 到 600°C 的温度下加热。
4. 如权利要求 2 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,
所述激光束在氮气气氛中辐照。
5. 如权利要求 2 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,还包括以下步骤:
在辐照所述第二杂质半导体层的步骤之后,使所述第一电极的一部分暴露;
形成与所述第一电极接触的辅助电极;以及
在所述第二杂质半导体层上形成第二电极。
6. 如权利要求 2 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,
通过辐照所述第二杂质半导体层,所述单晶半导体层的所述表面被平坦化并且在所述第一电极与所述第一杂质半导体层之间的界面处形成硅化物。
7. 如权利要求 1 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,
所述受损层在离所述单晶半导体衬底的所述表面小于 10 μm 的深度处形成。
8. 如权利要求 1 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,
所述支承衬底是矩形玻璃衬底。
9. 如权利要求 8 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,
所述矩形玻璃衬底具有 500mm 或更长的边。
10. 如权利要求 1 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,
所述单晶半导体衬底的直径为 300mm 或更大。
11. 如权利要求 1 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,通过热处理执行所述单晶半导体衬底的所述部分的分离。
12. 一种用于制造光电转换器件的方法,包括以下步骤:

在单晶半导体衬底上形成保护膜；
通过用离子束辐照所述单晶半导体衬底的表面在所述单晶半导体衬底中形成受损层；
在所述单晶半导体衬底的所述表面上形成与所述表面接触的第一杂质半导体层，其中所述第一杂质半导体层具有一导电类型；
在所述第一杂质半导体层上形成与所述第一杂质半导体层接触的第一电极；
在形成所述第一电极之前除去所述保护膜；
在所述第一电极上形成接合层；
将支承衬底附连至所述接合层；
利用所述受损层作为边界分离所述单晶半导体衬底的一部分，其中在所述支承衬底上形成单晶半导体层；
用激光束辐照所述单晶半导体层的表面；以及
在辐照所述单晶半导体层的所述表面的所述步骤之后，在所述单晶半导体层的所述表面上形成第二杂质半导体层，其中所述第二杂质半导体层具有另一导电类型。

13. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，还包括以下步骤：

在形成所述第二杂质半导体层的所述步骤之后，使所述第一电极的一部分暴露；
形成与所述第一电极接触的辅助电极；以及
在所述第二杂质半导体层上形成第二电极。

14. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述激光束辐照以使所述单晶半导体衬底的所述部分的受辐照区域在从 250℃ 到 600℃ 的温度下加热。

15. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述激光束在氮气气氛中辐照。

16. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述受损层在离所述单晶半导体衬底的所述表面小于 10 μm 的深度处形成。

17. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述支承衬底是矩形玻璃衬底。

18. 如权利要求 17 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述矩形玻璃衬底具有 500mm 或更长的边。

19. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述单晶半导体衬底的直径为 300mm 或更大。

20. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，通过热处理执行所述单晶半导体衬底的所述部分的分离。

21. 如权利要求 12 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，通过辐照所述单晶半导体层的所述表面，所述单晶半导体层的表面被平坦化并且在所述第一电极与所述第一杂质半导体层之间的界面处形成硅化物。

22. 一种用于制造光电转换器件的方法，包括以下步骤：

在单晶半导体衬底上形成保护膜；

通过用离子束辐照所述单晶半导体衬底的表面在所述单晶半导体衬底中形成受损层，其中所述离子束包括氢的簇离子；

在所述单晶半导体衬底的所述表面上形成与所述表面接触的第一杂质半导体层，其中所述第一杂质半导体层具有一导电类型；

在所述第一杂质半导体层上形成与所述第一杂质半导体层接触的第一电极；

在形成所述第一电极之前除去所述保护膜；在所述第一电极上形成接合层；

将支承衬底附连至所述接合层；

利用所述受损层作为边界分离所述单晶半导体衬底的一部分，其中在所述支承衬底上形成单晶半导体层；

在所述单晶半导体层的表面上形成第二杂质半导体层，其中所述第二杂质半导体层具有另一导电类型。

23. 如权利要求 22 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，还包括用激光束辐照所述第二杂质半导体层的步骤。

24. 如权利要求 23 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，

所述激光束辐照以使所述第二杂质半导体层的受辐照区域在从 250℃ 到 600℃ 的温度下加热。

25. 如权利要求 23 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，还包括以下步骤：

在辐照所述第二杂质半导体层的步骤之后，使所述第一电极的一部分暴露；

形成与所述第一电极接触的辅助电极；以及

在所述第二杂质半导体层上形成第二电极。

26. 如权利要求 23 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，

通过辐照所述第二杂质半导体层，所述单晶半导体层的所述表面被平坦化并且在所述第一电极与所述第一杂质半导体层之间的界面处形成硅化物。

27. 如权利要求 23 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述激光束在氮气气氛中辐照。

28. 如权利要求 22 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述氢的簇离子是 H_3^+ 。

29. 如权利要求 22 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，

所述受损层在离所述单晶半导体衬底的所述表面小于 10 μm 的深度处形成。

30. 如权利要求 22 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述支承衬底是矩形玻璃衬底。

31. 如权利要求 30 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述矩形玻璃衬底具有 500mm 或更长的边。

32. 如权利要求 22 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述单晶半导体衬底的直径为 300mm 或更大。

33. 如权利要求 22 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，所述簇离子的质量比氢分子的质量重。

34. 如权利要求 22 所述的用于制造光电转换器件的方法，其特征在于，

通过热处理执行所述单晶半导体衬底的所述部分的分离。

35. 一种用于制造光电转换器件的方法,包括以下步骤:

在单晶半导体衬底上形成保护膜;

通过用离子束辐照所述单晶半导体衬底的表面在所述单晶半导体衬底中形成受损层,其中所述离子束包括氢的簇离子;

在所述单晶半导体衬底的所述表面上形成与所述表面接触的第一杂质半导体层,其中所述第一杂质半导体层具有一导电类型;

在所述第一杂质半导体层上形成与所述第一杂质半导体层接触的第一电极;

在形成所述第一电极之前除去所述保护膜;

在所述第一电极上形成接合层;

将支承衬底附连至所述接合层;

利用所述受损层作为边界分离所述单晶半导体衬底的一部分,其中在所述支承衬底上形成单晶半导体层;

用激光束辐照所述单晶半导体层的表面;以及

在辐照所述单晶半导体层的所述表面的所述步骤之后,在所述单晶半导体层的所述表面上形成第二杂质半导体层,其中所述第二杂质半导体层具有另一导电类型。

36. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,还包括以下步骤:

在形成所述第二杂质半导体层的所述步骤之后,使所述第一电极的一部分暴露;

形成与所述第一电极接触的辅助电极;以及

在所述第二杂质半导体层上形成第二电极。

37. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,

所述激光束辐照以使所述单晶半导体衬底的所述部分的受辐照区域在从 250°C 到 600°C 的温度下加热。

38. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,所述氢的簇离子是 H_3^+ 。

39. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,所述激光束在氮气气氛中辐照。

40. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,所述受损层在离所述单晶半导体衬底的所述表面小于 10 μm 的深度处形成。

41. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,所述支承衬底是矩形玻璃衬底。

42. 如权利要求 41 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,所述矩形玻璃衬底具有 500mm 或更长的边。

43. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,所述单晶半导体衬底的直径为 300mm 或更大。

44. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,所述簇离子的质量比氢分子的质量重。

45. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,

通过热处理执行所述单晶半导体衬底的所述部分的分离。

46. 如权利要求 35 所述的用于制造光电转换器件的方法,其特征在于,

通过辐照所述单晶半导体层的所述表面,所述单晶半导体层的所述表面被平坦化并且在所述第一电极与所述第一杂质半导体层之间的界面处形成硅化物。

用于制造光电转换器件的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及制造利用半导体层的光电转换器件的方法,更具体涉及利用单晶半导体层的光电转换器件。

背景技术

[0002] 作为针对全球变暖的手段,太阳能光伏器件变得全世界流行。2005 年全世界太阳能电池的总产量为 1,759MW,这比前一财年增长了 147%。当前,常见的太阳能电池是晶体太阳能电池,且利用单晶硅或多晶硅的太阳能电池占产量的大部分。这些太阳能电池利用硅晶片作为基片,该基片通过将大尺寸硅锭切割成圆而形成。

[0003] 在利用硅作为材料的晶体太阳能电池中,足以吸收阳光的硅晶片厚度约为 10 μm 。然而,实际硅晶片的厚度约为 200 μm 到 300 μm 。这意味着,用于晶体太阳能电池的硅晶片比光电转换所需的硅晶片厚度的十倍更厚或相等,从而不能说硅晶片被高效地利用。按极端的说法,硅晶片的大部分仅起保持太阳能电池形状的结构的作用。

[0004] 随着太阳能电池产量提高,作为硅材料的多晶硅供应短缺、以及硅晶片的价格急剧升高成为该行业中的问题。2007 年多晶硅的产量预期为约 36,000 吨;然而,半导体 (LSI) 所需的多晶硅为 25,000 吨或更多,太阳能电池所需的多晶硅为 20,000 吨或更多,藉此多晶硅的供应短缺预期约为 10,000 吨。此外,预期这样的供应短缺将继续。

[0005] 然而,晶体薄膜硅太阳能电池的开发已经在这些情况的预期中进行。例如,公开了其中通过使用 27MHz 或更高的 VHF 并脉冲调制该 VHF 以在衬底上沉积晶体硅膜的用于制造硅薄膜太阳能电池的方法(参见专利文献 1:日本已公开专利申请 No. 2005-50905)。此外,公开了当薄膜多晶硅膜通过等离子体 CVD 方法在称为纹理电极的表面具有微小不平整的特殊电极上形成时控制等离子体处理条件以优化向晶粒和晶粒边界添加掺杂剂的技术(参见专利文献 2:日本已公开专利申请 No. 2004-14958)。

发明内容

[0006] 然而,因为晶体质量低,晶体薄膜硅太阳能电池在光电转换特性方面仍劣于单晶硅太阳能电池。此外,晶体薄膜硅太阳能电池的问题在于,晶体硅膜需要通过化学汽相沉积方法形成来获得 1 μm 或更厚的厚度,而且其生产率低。此外,成膜所需的气体生产率低;因此,晶体薄膜硅太阳能电池的充分优点从经济角度而言还未得到体现。

[0007] 换言之,在晶体薄膜硅太阳能电池中,光电转换层通过诸如等离子体 CVD 方法之类的沉积技术形成;然而,必需大量半导体材料气流来提高沉积速度,从而产生低生产率的问题。另一方面,硅晶片的需求变得紧张,从而存在供应跟不上需求的问题。

[0008] 鉴于上述问题,本发明目的在于高效地利用硅半导体材料,并提供制造光电转换特性优秀的光电转换器件的方法。

[0009] 本发明涉及一种用于制造利用太阳能电池的光电转换器件的方法,其中:多个单晶半导体衬底排列在具有绝缘表面的支承衬底上,在各个单晶半导体衬底的预定深度处形

成了受损层；单晶半导体衬底的表面层部分利用受损层作为边界薄薄地分离，以在支承衬底的一个表面上形成单晶半导体层；以及该单晶半导体层被来自因单晶半导体层分离而暴露的表面侧的激光束辐照，以使被激光束辐照的区域的至少一个表面层熔融和重新单晶化。

[0010] 本发明的一个方面是一种用于制造光电转换器件的方法，该方法包括以下步骤：用其中的 70% 或更多为质量比氢分子质量大的氢的簇离子的离子束辐照单晶半导体衬底，以在离单晶半导体衬底的表面预定深度处形成受损层；在单晶半导体衬底被离子束辐照的表面侧上形成具有一导电类型的至少第一杂质半导体层、与第一杂质半导体层接触的第一电极、以及在第一电极层上的接合层；在具有绝缘表面的支承衬底的一个表面上设置多个单晶半导体衬底，其中接合层牢固地附连至支承衬底；通过热处理利用受损层作为边界分离并去除单晶半导体衬底的一部分，而该单晶半导体层保留在支承衬底上；在通过分离单晶半导体衬底的该部分而暴露的表面侧上形成导电类型与第一杂质半导体层的导电类型相反的第二杂质半导体层；以及在氮气气氛中用激光束从第二杂质半导体层侧辐照所述单晶半导体层，以处理第二杂质半导体层的表面。

[0011] 本发明的一个方面是一种用于制造光电转换器件的方法，该方法包括以下步骤：用其中的 70% 或更多为质量比氢分子质量大的氢的簇离子的离子束辐照单晶半导体衬底，以在离单晶半导体衬底的表面预定深度处形成受损层；在单晶半导体衬底被离子束辐照的表面侧上形成具有一种导电类型的至少第一杂质半导体层、与第一杂质半导体层接触的第一电极、以及在第一电极层上的接合层；在具有绝缘表面的支承衬底的一个表面上设置多个单晶半导体衬底，其中接合层牢固地附连至支承衬底；通过热处理利用受损层作为边界分离并去除单晶半导体衬底的一部分，而该单晶半导体层保留在支承衬底上；在氮气气氛中用激光束从通过分离单晶半导体衬底的该部分而暴露的表面侧辐照单晶半导体层；然后在单晶半导体衬底的被激光束辐照的表面侧上形成导电类型与第一杂质半导体层的导电类型相反的第二杂质半导体层。

[0012] 注意，单晶是晶面和晶轴对齐、且组成单晶的原子或分子空间有序的晶体。然而，虽然单晶由有序对准的原子构成，但单晶可能包括晶格缺陷，其中因为单晶的一部分可能包括有意或无意的晶格应变，所以对齐混乱。

[0013] 通过辐照因分离单晶半导体层衬底的该部分而暴露的表面以使被激光束辐照的区域的至少表面层熔融和重新单晶化，可使单晶半导体层的表面平坦化。此外，通过进行激光处理，保留在单晶半导体层中的晶体缺陷可被修复。利用通过分离单晶半导体衬底的该部分而保留在支承衬底上的单晶半导体层作为光伏转换层，可制造光电转换特性优秀的光电转换器件。

[0014] 此外，进行激光辐照以处理单晶半导体层的表面；然后杂质半导体层形成；从而杂质半导体层的杂质浓度可以高，浅结可形成。因此，能制造对光生载流子具有高收集效率的光伏转换器件。

[0015] 附图简述

[0016] 在附图中：

[0017] 图 1 示出从圆形单晶半导体衬底切出的具有预定外尺寸的转移用半导体衬底的一个方面；

- [0018] 图 2 示出从圆形单晶半导体衬底切出的转移用半导体衬底的一个方面；
- [0019] 图 3A 和 3B 是转移用半导体衬底的结构，其中图 3A 是角部的放大图，而图 3B 是外端部的截面形状；
- [0020] 图 4 示出从圆形单晶半导体衬底切出的具有预定外尺寸的转移用半导体衬底的一个方面；
- [0021] 图 5 示出从圆形单晶半导体衬底切出的转移用半导体衬底的一个方面；
- [0022] 图 6 是示出接合至支承衬底的转移用半导体衬底的排列的平面图；
- [0023] 图 7 是示出光电转换器件的结构平面图；
- [0024] 图 8A 到 8D 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0025] 图 9A 和 9B 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0026] 图 10 是示出支承衬底上的单晶半导体层的排列的平面图；
- [0027] 图 11A 到 11C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0028] 图 12A 到 12B 示出光电转换器件的制造工艺；
- [0029] 图 13 是示出离子掺杂装置的结构示意图；
- [0030] 图 14 是示出激光处理装置的结构的概念图；
- [0031] 图 15 是示出在支承衬底上的单晶半导体层上进行激光处理的一个方面的平面图；
- [0032] 图 16A 到 16C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0033] 图 17A 到 17C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0034] 图 18A 到 18C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0035] 图 19A 到 19C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0036] 图 20A 到 20C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0037] 图 21A 到 21C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0038] 图 22A 到 22C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0039] 图 23A 和 23B 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0040] 图 24A 到 24C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0041] 图 25A 和 25B 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0042] 图 26A 到 26C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0043] 图 27A 到 27C 是示出光电转换器件的制造工艺的截面图；
- [0044] 图 28A 和 28B 是示出太阳能光伏模块的结构平面图；以及
- [0045] 图 29 描述了太阳能光伏系统的示例。
- [0046] 实施本发明的最佳方式
- [0047] 实施方式
- [0048] 以下将参照附图描述本发明的实施方式。注意，本发明不限于以下描述，而且本领域技术人员容易理解的是，能按照多种方法修改模式和细节，而不背离本发明的精神和范围。因此，本发明不应被解释为受限于以下实施方式中的描述。在以下结构中，在全部附图中将共同使用指示相同部分的附图标记。
- [0049] （单晶半导体衬底的处理 1）
- [0050] 根据本发明的光伏转换器件通过利用吸收光能以产生光激发载流子的半导体

层——即由单晶半导体层（通常为单晶硅）形成的光伏转换层而形成。该光伏转换层通过将锭或晶片单晶半导体衬底的表面层部分分离、并将该锭或晶片单晶半导体衬底的表面层部分固定到具有绝缘表面的衬底上来获得。

[0051] 图 1 示出其中具有预定外尺寸的转移用半导体衬底从具有确定大小的圆形单晶半导体衬底切出以形成光伏转换层的一个方面。单晶半导体衬底 100 的一个典型示例是单晶硅晶片。替代地,可使用多晶硅晶片。转移用半导体衬底 101 的面积可通过制造与单晶半导体衬底 100 的圆周内接的正方形而最大化。然而,转移用半导体衬底 101 不一定是正方形。例如,在利用光伏转换器件制造太阳能光伏模块的情况下,转移用半导体衬底 101 可形成为使光接收面积根据模块的大小而最大化。注意,硅晶片的直径优选为 300mm 或更大,例如,优选使用直径为 400mm 或 450mm (18 英寸) 的硅晶片。这是因为当设置多个太阳能电池时产生的开口（不发电区域）的面积在制造太阳能光伏模块的情况下可减小。

[0052] 图 2 示出从圆形单晶半导体衬底切出的转移用半导体衬底的一个方面。如图 1 所示,在转移用半导体衬底 101 被切出（其顶点与单晶半导体衬底 100 的圆周内接）以形成沿切割线 102 和 103 的四边形的情况下,图中的虚线圆中所示的角部 104 的顶角度数基本为 90° 。这与转移用半导体衬底 101 从单晶半导体衬底 100 中切出的情况相同。

[0053] 在该情况下,角部 104 优选被加工成曲面而不成为尖端部。图 3A 和 3B 示出转移用半导体衬底的结构。图 3A 是角部 104 的放大图,且此类处理成曲面能防止转移用半导体衬底 101 被损坏。此外,如图 3B 所示,优选转移用半导体衬底 101 的外端部通过削去尖角而被切成斜面,从而其截面形状被加工成具有曲面的形状或具有多阶角 (multi-stage angle) 的形状。这能通过防止对衬底的损伤而减少硅资源的浪费。注意,切出的边角料可通过熔融而再利用。

[0054] （单晶半导体衬底的处理 2）

[0055] 图 4 示出其中具有预定外尺寸的转移用半导体衬底 101 从具有确定大小的圆形单晶半导体衬底切出以形成与图 1 的光伏转换层不同的光伏转换层的一个方面。单晶半导体衬底 100 的一个典型示例是单晶硅晶片。替代地,可使用多晶硅晶片。转移用半导体衬底 101 的面积可通过制出与单晶半导体衬底 100 的圆周内接的正方形而最大化。然而,转移用半导体衬底 101 不一定是与图 1 的情况相似的正方形。

[0056] 如图 4 所示,转移用半导体衬底 101 被切出,其中相对两边之间的距离比与圆周内接的矩形区 126 中的距离长。即,转移用矩形半导体衬底 101 可通过沿切割线 102 和 103 切割而被切出,从而不产生矩形 90° 的顶点。通过此类处理,如图 5 所示,制造显示面板所需的区域可固定在转移用半导体衬底 101 中,从而可制造角部不是锐角或 90° 的衬底。因为转移用半导体衬底 101 的角部不是直角,所以在操作该衬底时可防止其损坏。还如图 3B 所示,优选转移用半导体衬底 101 的外端部通过削去尖角而被切成斜面,从而其截面形状被加工成具有曲面的形状或具有多阶角的形状。这能通过防止对衬底的损伤而减少硅资源的浪费。注意,切出的边角料可通过熔融而再利用。

[0057] （单晶半导体层的排列）

[0058] 图 6 示出了当转移用半导体衬底 101 接合至支承衬底 105 时的排列的示例。

[0059] 作为支承衬底 105,优选使用诸如玻璃衬底或陶瓷衬底之类的耐热绝缘衬底。例如,当玻璃衬底用作支承衬底 105 时,使用了用于电子电路行业的多种玻璃衬底,诸如铝硅

玻璃衬底、铝硼硅玻璃衬底、或钡硼硅玻璃衬底。作为玻璃衬底,可采用用于液晶面板等等的玻璃衬底。作为支承衬底 105,可使用具有 500mm 或更长边的矩形玻璃衬底。例如,可使用诸如第 3.5 代衬底 (600mm×720mm 或 620mm×750mm) 或第 4 代衬底 (680mm×880mm 或 730mm×920mm) 之类的母玻璃衬底。或者,可使用具有大面积的母玻璃衬底,诸如第 6 代衬底 (1500mm×1850mm)、第七代衬底 (1870mm×2200mm) 或第 8 代衬底 (2200mm×2400mm)。

[0060] 通过使用具有大面积的玻璃衬底作为支承衬底 105,利用光伏转换器件的太阳能光伏模块可具有大面积,从而生产率可提高。例如,在使用大小为 600mm×720mm 的玻璃衬底的情况下,使用了直径为 450mm 的硅晶片;因此,可附连大小为 280mm×350mm 的四个转移用半导体衬底 101。通过从圆形硅晶片切出具有上述大小的转移用矩形半导体衬底 101,硅晶片的边角料保留;然而,转移用半导体衬底 101 可在矩形玻璃衬底上密集地排列。而且,在使用大小为 730mm×920mm 的玻璃衬底作为支承衬底 105 的情况下,可附连大小为 335mm×300mm 的六个转移用半导体衬底 101。

[0061] 受损层在位于离转移用半导体衬底 101 的表面小于 10 μm 的深度处的区域中形成,即位于 50nm 或更多且小于 10000nm 的深度,优选位于从 100nm 到 5000nm 的深度。单晶半导体层利用受损层作为边界从转移用半导体衬底 101 分离,并在支承衬底 105 上形成。利用从转移用半导体衬底 101 分离的单晶半导体层制造光伏转换器件的工艺细节将在以下实施方式中描述。

[0062] (实施方式 1)

[0063] 在该实施方式中,将参照附图描述通过从单晶半导体衬底分离薄单晶半导体层、并将分离出的单晶半导体层转移至具有绝缘表面的衬底或绝缘衬底来制造利用太阳能电池的光伏转换器件的方法。

[0064] 图 7 是根据本实施方式的光伏转换器件 10 的平面图。当光照射在设置在支承衬底 105 上的单晶半导体层 112 上时,该光伏转换器件 10 发电。在单晶半导体层 112 中,用于形成内建电场的杂质半导体层形成。作为单晶半导体层 112,通常使用单晶硅。此外,可使用多晶半导体层代替单晶半导体层 112。在该情况下,使用多晶硅。

[0065] 在图 7 的示例中,网状第二电极 115 设置在单晶半导体层 112 的表面侧上,而第一电极(在平面图中未示出)设置在单晶半导体层 112 的背面侧上。辅助电极 114 是连接至设置在单晶半导体层 112 的背面侧上的第一电极的电极。该实施方式的光伏转换器件 10 具有单晶半导体层 112 接合至具有绝缘表面的支承衬底 105 的结构,从而主要采用正电极和负电极二者均设置在支承衬底的同一表面侧上的结构。

[0066] 接着,将参照与图 7 中的切割线 A-B 相对应的截面视图描述光伏转换器件 10 的制造工艺。

[0067] 图 8A 中所示的转移用半导体衬底 101 从圆形单晶半导体衬底中切出成为基本四边形。转移用半导体衬底 101 的典型示例是单晶硅,而且具有镜面抛光表面的单晶硅是优选的。保护膜 106 优选由氧化硅或氮化硅形成,且通过化学汽相沉积法形成。当第一杂质半导体层在转移用半导体衬底 101 中形成时,该表面被离子辐照,从而该表面的平面度劣化;因此,优选设置保护膜 106。保护膜 106 优选设置为 50nm 到 200nm 的厚度。

[0068] 然后,具有一导电类型的第一杂质半导体层 107 在转移用半导体衬底 101 中形成。例如,作为赋予一导电类型的杂质的硼被添加至转移用半导体衬底 101,以形成作为第一杂

质半导体层 107 的 p 型半导体层。第一杂质半导体层 107 设置在与光入射面相反的面上,以形成背面场 (BSF)。利用离子掺杂装置进行硼的添加,在该离子掺杂装置中,衬底被从 B_2H_6 和 BF_3 的气源产生并通过电场加速(无质量分离)的离子流辐照。通过保护膜 106 向第一杂质半导体层 107 添加离子能防止表面因为离子辐照而产生的损伤。

[0069] 在图 8B 中,保护膜 106 被去除,且第一电极 108 设置在第一杂质半导体层 107 上。第一电极 108 优选由耐热金属形成。作为该耐热金属,优选使用诸如钛、钼、钨或铬之类的金属材料。此外,这些金属材料中的任一种的氮化物可形成为与第一杂质半导体层 107 接触,从而第一电极层 108 具有由这些金属材料中的任一种的氮化物形成的层和由耐热金属形成的层的两层结构。通过设置由这些金属材料中的任一种的氮化物形成的层,第一电极 108 与第一杂质半导体层 107 的粘附力可提高。第一电极 108 通过真空沉积法或溅射法形成。

[0070] 图 8C 示出转移用半导体衬底 101 被来其上形成有第一电极 108 的表面的含氢离子的离子束辐照,以形成受损层 109。受损层 109 通过引入以氢离子(优选 H_3^+ ,其质量大于氢分子的质量)为代表的簇离子而在离表面一定深度处形成。受损层 109 形成处的深度由离子加速能量控制。根据受损层 109 形成处的深度,单晶半导体层的厚度得以确定;因此,用于加速簇离子的电场强度在考虑单晶半导体层的厚度的情况下确定。优选受损层 109 在小于 $10\mu m$ 的深度处形成,即在 $50nm$ 或更深且小于 $10000nm$ 的深度处形成,优选离转移用半导体衬底 101 的表面 $100nm$ 到 $5000nm$ 处形成。此外,通过经由第一电极 108 向转移用半导体衬底 101 引入簇离子,可防止由于离子辐照引起的对转移用半导体衬底 101 的表面的损伤。氢簇离子通过第一杂质半导体层 107 引入以形成受损层 109,因此该引入还可用作第一杂质半导体层 107 的氢化。

[0071] 作为以 H_3^+ 为代表的氢离子的簇离子产生氢等离子体。受损层 109 可利用离子掺杂装置形成,在该离子掺杂装置中衬底被在氢等离子体中产生并通过电场加速(无质量分离)的离子辐照。通过使用离子掺杂装置,即使转移用半导体衬底 101 具有大面积,受损层 109 也可容易地形成。

[0072] 图 13 是示出一离子掺杂装置的结构示意图,其中转移用半导体衬底 101 被离子源 200 中产生的未进行质量分离的多个离子辐照。诸如氢气之类预定气体从供气部分 204 提供给离子源 200。该离子源 200 设置有灯丝 201。灯丝电源 202 对灯丝 201 施加电弧放电电压,并调节流过灯丝 201 的电流。从供气部分 204 提供的气体通过排气系统 209 排出。

[0073] 离子源 200 中产生的离子被提取电极系统 205 提取,从而离子束 117 形成。放置在安装板 206 上的转移用半导体衬底 101 被离子束 117 辐照。离子束 117 中包含的离子比例通过设置在安装板 206 附近的质量分析管 207 进行测量。质量分析管 207 测得的离子密度通过质量分析仪 208 被转换成一信号,且其结果可反馈至电源控制器 203。电源控制器 203 可根据测得离子密度的结果来控制灯丝电源 202。

[0074] 如图 13 所示,从供气部分 204 提供的诸如氢气之类的气体在离子掺杂装置的室中流动,并通过排气系统 209 排出。

[0075] 这根据利用质量分析管 207 测得的流向安装板 206 的离子束 117 的离子质谱分析结果是显而易见的,而且 H_3^+ 与氢离子 H^+ 、 H_2^+ 以及 H_3^+ 的比例为 70% 或更多。因此,通过利用包含所产生的大量 H_3^+ 簇离子的离子束 117 辐照转移用半导体衬底 101,氢的注入效率变

得比辐照 H^+ 和 H_2^+ 的情况更高,从而可获得这样的显著效果——当剂量小时,转移用半导体衬底 101 的氢也能高浓度地注入。

[0076] 通过提高 H_3^+ 的比例,受损层 109 中可包含 1×10^{20} 原子/cm³ 或更高浓度的氢。在转移用半导体衬底 101 中形成的受损层 109 中,晶体结构受损且微孔形成,从而受损层 109 具有多孔结构。因此,在受损层 109 中形成的微孔的体积通过相对低温(600°C 或更低)下的热处理而改变,而且可获得沿受损层 109 分离的单晶半导体层。

[0077] 未引起注意的是,比形成为基本四边形的转移用半导体衬底 101 的边更长的线性离子束被扫描以辐照转移用半导体衬底 101 的表面,而且簇离子被引入转移用半导体衬底 101 中,藉此可在均匀深度处形成受损层 109。

[0078] 图 8D 示出接合层 110 在第一电极层 108 上形成的步骤。接合层 110 由诸如氧化硅膜、氧氮化硅膜、氮氧化硅膜或氮化硅膜之类的绝缘膜形成。接合层 110 的材料不限,只要绝缘膜能由该材料形成。接合层 110 可由表面光滑和具有亲水性的膜形成。优选接合层 110 具有平均表面粗糙度(Ra)为 1nm 或更低、优选为 0.5nm 或更低的表面。注意,平均表面粗糙度(Ra)表示通过 JIS B0601 定义的中心线平均粗糙度的三维延展而获得可将 Ra 应用于测量表面的平均表面粗糙度。

[0079] 作为形成光滑和亲水表面的绝缘膜,可使用含氢的氧化硅膜、含氢的氮化硅膜、含氧和氢的氮化硅膜、氧氮化硅膜、氮氧化硅膜等。

[0080] 注意氧氮化硅膜表示含氧比含氮多的层,而且在使用卢瑟福背散射质谱测量(RBS)和氢前散射(HFS)进行测量的情况下,氧氮化硅膜包括浓度范围分别为 50%到 70%原子百分数、0.5%到 15%原子百分数、25%到 35%原子百分数以及 0.1%到 10%原子百分数的氧、氮、硅以及氢。此外,氮氧化硅膜表示含氮比含氧多的膜,而且在使用 RBS 和 HFS 进行测量的情况下,氮氧化硅膜包括浓度范围分别为 5%到 30%原子百分数、20%到 55%原子百分数、25%到 35%原子百分数以及 10%到 30%原子百分数的氧、氮、硅以及氢。注意氮、氧、硅以及氢的百分比落在以上给出的范围中,其中氧氮化硅膜或氮氧化硅膜中包含的总原子数量被定义为 100%原子百分数。

[0081] 作为含氢的氧化硅膜,例如,可优选使用通过化学汽相沉积法由有机硅烷形成的氧化硅膜。这是因为由有机硅烷形成的氧化硅膜作为接合层 110 能增强支承衬底与转移的单晶半导体层之间的接合。可使用的有机硅烷的示例包括诸如四乙氧基硅烷(TEOS)(化学式 $Si(OC_2H_5)_4$)、四甲基硅烷(TMS)(化学式 $Si(CH_3)_4$)、四甲基环四硅氧烷(TMCTS)、八甲基环四硅氧烷(OMCTS)、六甲基二硅氮烷(HMDS)、三乙氧基硅烷(化学式: $SiH(OC_2H_5)_3$)以及三二甲基氨基硅烷(化学式: $SiH(N(CH_3)_2)_3$)之类的含硅化合物。

[0082] 含氢的氮化硅膜可利用硅烷气体和氨气通过等离子体 CVD 方法形成。氢气可添加至这些气体。含氧和氢的氮化硅膜可利用硅烷气体、氨气以及一氧化二氮气体通过等离子体 CVD 方法形成。在以上两种情况之一下,可采用含氢且利用硅烷等气体作为源气通过诸如等离子体 CVD 方法、低压 CVD 方法或大气压 CVD 方法之类的化学汽相沉积方法形成的诸如氧化硅膜、氧氮化硅膜或氮氧化硅膜之类的绝缘膜。推荐在足够低以保持氢从在单晶半导体衬底中形成的受损层 109 释放的 350°C 或更低温度下形成接合层 110。

[0083] 图 9A 示出了其中支承衬底 105 接合至转移用半导体衬底 101 的步骤。表面光滑且具有亲水性的接合层 110 紧密附连至要接合的支承衬底。氢键和范德瓦耳斯力作用于该接

合。当接合层 110 的表面具有亲水性时,羟基或水分子用作粘合剂,且水分子通过稍后进行的热处理而扩散,藉此剩余的成分形成硅醇基 (Si-OH),且该硅醇基用于通过氢键接合而形成接合。此外,通过氢键接合的该接合因为氢的消耗和硅氧烷键 (O-Si-O) 的形成而具有共价键。因此,转移用半导体衬底 101 与支承衬底 105 之间的结合被加强。注意,氮化硅膜、氮氧化硅膜等可作为阻挡层 111 在支承衬底 105 的接合面上形成。阻挡层 111 的形成能防止来自支承衬底 105 的杂质污染。

[0084] 为了在支承衬底 105 与接合层 110 之间良好地进行结合,接合表面优选被激活。例如,要形成接合的表面之一或二者用原子束或离子束辐照。当使用原子束或离子束时,可使用氩气等惰性气体的中性原子束或惰性气体的离子束。还可能通过等离子体辐照或自由基处理来激活接合表面。即使稍后要进行的热处理的温度为 400℃ 或更低,此类表面处理也便于不同类型的材料之间的接合形成。

[0085] 图 9B 示出了其中转移用半导体衬底 101 的表面层部分利用受损层 109 作为边界通过热处理分离并转移至支承衬底 105 的步骤。该热处理优选在等于或高于接合层 110 的膜形成温度且等于或低于支承衬底 105 的耐热温度的温度下进行。例如,形成于受损层 109 中的微孔的体积通过 400℃ 到 600℃ 下的热处理而改变,而且单晶半导体层 112 沿该区域分离。因为接合层 110 和支承衬底 105 彼此接合,所以单晶半导体层 112 和第一电极 108 保留在支承衬底 105 上。此时,单晶半导体层 112 形成为 50nm 或更厚且小于 10000nm 的膜厚度、优选为 100nm 到 5000nm 的膜厚度,与受损层形成的深度几乎相对应。

[0086] 根据上述步骤,可提供利用接合层 110 固定于支承衬底 105 上的单晶半导体层 112。单晶半导体层 112 已与之分离的表面具有平均表面粗糙度值 (Ra):7nm 到 10nm 以及最大峰到谷高度 (P-V):300nm 到 400nm。注意,本实施方式中的峰到谷高度 (P-V) 代表最高峰的高度与最低谷的高度之差。本实施例中的峰和谷指的是通过由 JISB0601 所定义的“峰”和“谷”的三维延展而获得的峰和谷。该峰由指定表面中的峰的最高部分表示。该谷由指定表面中的谷的最低部分表示。而且,晶体缺陷由引入以形成受损层 109 的离子在单晶半导体层 112 中形成。

[0087] 注意,如图 10 所示,多个单晶半导体层 112 可同时接合支承衬底 105。例如,大小为 280mm×350mm 的四个转移用半导体衬底可附连至 600mm×720mm 的支承衬底 105。

[0088] 在图 11A 中,赋予与第一杂质半导体层 107 相反的导电类型的杂质可添加至单晶半导体层 112,藉此形成第二杂质半导体层 113。例如,添加磷或砷,以使 n 型半导体层被形成为第二杂质半导体层 113。

[0089] 注意,单晶半导体层 112 的表面最接近受损层 109,或包括受损层 109 的一部分;因此,单晶半导体层 112 的表面层优选在稍后进行的激光处理之前通过蚀刻去除。作为蚀刻,可进行干法蚀刻或湿法蚀刻。

[0090] 图 11B 示出了其中进行激光处理以修复保留在单晶半导体层 112 中的晶体缺陷的步骤。通过用激光束 118 辐照单晶半导体层 112,至少单晶半导体层 112 的表面侧(单晶半导体层 112 的表面层)熔融以在后续的冷却过程中利用固态下层部分作为籽晶而重新单晶化。在该过程中,单晶半导体层 112 的表面平坦化,从而可获得单晶半导体层 112a。通过激光处理第二杂质半导体层 113,可获得其中杂质元素以高浓度分布在第二杂质半导体层 113 的表面侧上的区域中的第二杂质半导体层 113a。在该激光处理中,至少被激光束辐

照的区域优选在从 250℃到 600℃的温度下加热。通过加热要辐照的区域,激光束辐照的熔融时间可延长;从而晶体缺陷能有效修复。利用激光束 118 的辐照使单晶半导体层 112 的表面侧熔融,而支承衬底 105 几乎不加热。因此,诸如玻璃衬底之类的具有低耐热性的衬底可用作支承衬底 105。此外,因为第一电极 108 由耐热金属形成,所以当第一电极 108 在上述温度下加热时,它不会有害地影响单晶半导体层 112。硅化物在第一电极 108 与第一杂质半导体层 107 之间的界面处形成;从而电流容易流过。该激光处理用作第二杂质半导体层 113 的激活。

[0091] 用于执行该激光处理的激光处理装置的示例将参照图 14 进行描述。激光处理装置包括激光振荡器 210、将激光聚光或延展成具有窄截面的激光束的光学系统 211、控制将用激光束辐照的区域的气氛的喷气管 212、供气以控制通往喷气管 212 的气氛的供气部分 213、流速控制部分 214、气体加热部分 215、悬置并输送支承衬底 105 的衬底平台 222、支承衬底两端并输送该衬底的导轨 223、以及向衬底平台 222 供气以供悬置的供气部分 216。

[0092] 作为激光振荡器 210,选择了振荡波长为从紫外到可见光的光的激光振荡器。激光振荡器 210 优选振荡重复率为 1MHz 或更低而脉宽为 10ns 到 500ns 的脉冲式 ArF、KrF 或 XeCl 准分子激光、或诸如 Nd:YAG 激光或 YLF 激光之类的固态激光。例如,使用了重复率为 10Hz 到 300Hz、脉宽为 25ns 以及波长为 308nm 的 XeCl 准分子激光。

[0093] 光学系统 211 将激光聚光并延展以形成用于辐照表面的截面为线性形状的激光束。形成线性激光束的光学系统 211 包括圆柱透镜阵列 217、圆柱透镜 218、反射镜 219 以及平板圆柱透镜 220。较长方向上约为 100mm 到 700mm 和较短方向上约为 100 μm 到 500 μm 的线性激光束可形成,但它取决于透镜的大小。

[0094] 支承衬底 105 用通过喷气管 212 的光引入窗口 221 聚光并延展成线性形状的激光束辐照。该喷气管 212 设置在支承衬底 105 附近。氮气从供气部分 213 提供给喷气管 212。氮气从喷气管 212 的正对支承衬底 105 的开口部分喷射。喷气管 212 的开口部分根据线性激光束 118 的光轴设置,从而支承衬底 105 用通过光引入窗口 221 透射的激光束辐照。由于从喷气管 212 的开口部分喷射的氮气,要用激光束辐照的区域变为具有氮气气氛。

[0095] 支承衬底 105 将用激光束辐照的表面的温度可利用从喷气管 212 提供并在气体加热部分 215 中加热至高达 250℃到 600℃的氮气来控制。通过加热要辐照的区域,激光束辐照的熔融时间可如上所述地控制。

[0096] 空气或氮气从供气部分 216 通过流速控制部分 214 提供给衬底平台 222。从供气部分 216 提供的气体从衬底平台 222 的主表面喷射,从而支承衬底 105 的底面用该气体喷雾,藉此支承衬底 105 悬置。支承衬底 105 以其两端安装在滑块 224 上的方式被输送,该滑块 224 在导轨 223 上移动。因为支承衬底 105 用来自衬底平台 222 侧的气体喷雾,所以支承衬底 105 在悬置输送时不会弯曲。在本实施方式的激光处理装置中,氮气从喷气管 212 喷射至支承衬底 105 的顶面,而支承衬底的底面用该气体喷雾;因此,可防止支承衬底 105 弯曲。具有该结构的衬底平台 222 可有效处理一条边超过 500mm 且厚度为 1mm 或更薄的玻璃衬底。例如,可处理厚度为 0.7mm 或更薄的 600mm×720mm 或 730×920mm 的玻璃衬底。

[0097] 衬底平台 222 可分成激光辐照部分附近区和另一区域。衬底平台 222 的激光辐照部分附近区可用通过气体加热部分 215 加热的氮气喷雾,从而支承衬底 105 可被加热。

[0098] 图 15 示出其中这样的激光处理装置在支承衬底 105 上的单晶半导体层 112 上的

情况下进行激光处理的一个方面。多个单晶半导体层 112 接合至支承衬底 105, 藉此多个单晶半导体层 112 的整个表面可用通过移动支承衬底 105 而被聚光和延展为线性形状的激光束 118 辐照。

[0099] 图 11C 示出了其中单晶半导体层 112a 的末端部分被蚀刻以暴露第一电极 108 的步骤。至于蚀刻, 可通过在单晶半导体层 112a 上形成掩模并利用诸如 NF_3 或 SF_6 之类的气体进行干法蚀刻。

[0100] 图 12A 示出其中与第一电极 108 接触的辅助电极 114 以及第二杂质半导体层 113a 上的第二电极 115 形成的步骤。辅助电极 114 被形成为与图 11C 中通过蚀刻暴露的第一电极 108 接触。第二电极 115 具有如图 7 的平面图中所示的梳状或格状形状。辅助电极 114 和第二电极 115 可由铝、银、铅-锡(焊料)等形成。例如, 辅助电极和第二电极 115 利用银浆料通过丝网印刷方法形成。

[0101] 然后, 如图 12B 所示, 用作钝化膜的抗反射膜 116 形成。该抗反射膜 116 优选由氮化硅膜形成, 且可由氮化硅膜和氮氧化硅膜的叠层形成。

[0102] 以上述方式, 可制造图 7 中所示的光伏转换器件 10。根据该工艺, 可利用不同材料之间的接合技术和激光处理技术在 700°C 或更低的处理温度(优选为 500°C 或更低)下制造具有厚度为 $10\ \mu\text{m}$ 或更薄的单晶半导体层的光伏转换器件。换言之, 可在 700°C 或更低的温度上限下在大面积玻璃衬底上制造包括单晶半导体层的光伏转换器件。该单晶半导体层通过分离单晶半导体衬底的表面层部分而获得。因为在单晶半导体层的表面层部分分离之后单晶半导体衬底可重复使用, 所以资源可有效地使用。

[0103] (实施方式 2)

[0104] 在该实施方式中, 与实施方式 1 不同的制造工艺参照图 16A 到 16C 示出。如图 16A 所示, 保护膜 106 在转移用半导体衬底 101 上形成, 赋予一导电类型的杂质通过保护膜 106 添加以形成第一杂质半导体层 107, 然后氢的簇离子在保护膜 106 保留的情况下引入以形成受损层 109。之后, 如图 16C 所示, 保护膜 106 被去除, 从而第一电极 108 形成。

[0105] 通过上述工艺, 保护膜 106 可有效用作离子掺杂时的抗损坏层。即, 通过在形成第一电极 108 之前去除因离子辐照而损伤的保护膜 106, 可防止转移用半导体衬底 101 的表面受损。而且, 氢的簇离子通过第一杂质半导体层 107 引入以形成受损层 109, 因此该引入还可用作第一杂质半导体层 107 的氢化。

[0106] (实施方式 3)

[0107] 在该实施方式中, 与实施方式 1 不同的制造工艺参照图 17A 到 17C 示出。如图 17A 所示, 第一电极 108 在转移用半导体衬底 101 上形成, 赋予一导电类型的杂质通过第一电极 108 添加以形成第一半导体层 107。然后, 如图 17C 所示, 氢的簇离子通过第一电极 108 和第一杂质半导体层 107 引入以形成受损层 109。

[0108] 在该工艺中, 第一杂质半导体层 107 通过第一电极 108 形成; 从而第一杂质半导体层 107 的厚度能容易地控制。此外, 受损层 109 在形成第一电极 108 之后形成; 因此, 第一电极 108 在离子掺杂时可用作抗损坏层。因此, 形成保护膜以供离子掺杂的步骤可省略。此外, 氢的簇离子通过第一杂质半导体层 107 引入以形成受损层 109; 因此该引入还可用作第一杂质半导体层 107 的氢化。

[0109] (实施方式 4)

[0110] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造工艺参照图 18A 到 18C 示出。如图 18A 所示,第一电极 108 在转移用半导体衬底 101 上形成,且如图 18B 所示,氢的簇离子通过第一电极 108 添加以形成受损层 109。然后,如图 18C 所示,赋予一导电类型的杂质通过第一电极 108 引入,以形成第一杂质半导体层 107。

[0111] 在该工艺中,第一杂质半导体层 107 通过第一电极 108 形成;从而第一杂质半导体层 107 的厚度能容易地控制。此外,受损层 109 在形成第一电极 108 之后形成;因此,第一电极 108 在离子掺杂时可用作抗损坏层。因此,形成保护膜以供离子掺杂的步骤可省略。此外,第一杂质半导体层 107 在形成受损层 109 之后形成;因此第一杂质半导体层 107 的杂质浓度可以高,藉此浅结可形成。因此,可通过背面场 (BSF) 效应制造对光生载流子具有高收集效率的光伏转换器件。

[0112] (实施方式 5)

[0113] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造工艺在图 19A 到 19C 中示出。如图 19A 所示,保护膜 106 在转移用半导体衬底 101 上形成,且氢的簇离子被引入以形成受损层 109;且如图 19B 所示,赋予一种导电类型的杂质在保护膜 106 保留的情况下添加,以形成第一杂质半导体层 107。然后,如图 19C 所示,保护膜 106 被去除,且第一电极 108 形成。

[0114] 通过上述工艺,保护膜 106 可有效用作离子掺杂时的抗损坏层。即,通过在形成第一电极 108 之前去除因离子辐照而损伤的保护膜 106,可防止转移用半导体衬底 101 的表面受损。此外,第一杂质半导体层 107 在形成受损层 109 之后形成;因此第一杂质半导体层 107 的杂质浓度可以高,藉此浅结可形成。因此,可通过背面场 (BSF) 效应制造对光生载流子具有高收集效率的光伏转换器件。

[0115] (实施方式 6)

[0116] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造工艺在图 20A 到 20C 中示出。如图 20A 所示,保护膜 106 在转移用半导体衬底 101 上形成,且氢的簇离子通过保护膜 106 引入以形成受损层 109;且如图 20B 所示,保护膜 106 被去除且第一电极 108 形成。然后,如图 20C 所示,赋予一导电类型的杂质通过第一电极 108 引入,从而形成第一杂质半导体层 107。

[0117] 保护膜 106 可有效用作离子掺杂时的抗损坏层。即,通过在形成第一电极 108 之前去除因离子辐照而损伤的保护膜 106,可防止转移用半导体衬底 101 的表面受损。此外,第一杂质半导体层 107 在形成受损层 109 之后形成;因此第一杂质半导体层 107 的杂质浓度可以高,藉此浅结可形成。因此,可通过背面场 (BSF) 效应制造对光生载流子具有高收集效率的光伏转换器件。此外,通过经由第一电极 108 形成第一杂质半导体层 107,第一杂质半导体层 107 的厚度能容易地控制。

[0118] (实施方式 7)

[0119] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造工艺在图 21A 到 21C 中示出。单晶半导体层 112 接合至支承衬底 105;第二杂质半导体层 113 形成;激光处理(图 11B)在其上进行;以及然后如图 21A 所示,抗反射膜 116 形成。之后,如图 21B 所示,单晶半导体层 112a 的末端部分被蚀刻以暴露第一电极 108,且如图 21C 所示,第二电极 115 和辅助电极 114 形成。第二电极 115 在抗反射膜 116 上形成;然而,第二电极 115 通过瞬时施加绝缘击穿电压而形成烧进接触可起电极的作用。

[0120] 本实施方式可与实施方式 2 或 6 自由组合。

[0121] (实施方式 8)

[0122] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造方法在图 22A 到 22C 以及图 23A 和 23B 中示出。在将单晶半导体层 112 接合至支承衬底 105 之后(图 9B),进行激光处理以修复保留在单晶半导体层 112 中的晶体缺陷。通过用激光束 118 辐照单晶半导体层 112,至少单晶半导体层 112 的表面侧熔融以在后续的冷却过程中利用固态下层部分作为籽晶而重新单晶化。在该过程中,单晶半导体层 112 的表面平坦化,从而可获得单晶半导体层 112b。在该激光处理中,至少被激光束辐照的区域优选在从 250°C 到 600°C 的温度下加热。通过加热要辐照的区域,激光束辐照的熔融时间可延长;从而晶体缺陷能有效修复。利用激光束 118 的辐照使单晶半导体层 112 的表面侧熔融,而支承衬底 105 几乎不被加热。因此,可使用诸如玻璃衬底之类的具有低耐热性的衬底。此外,因为第一电极 108 由耐热金属形成,所以当第一电极 108 在上述温度下加热时,它不会有害地影响单晶半导体层 112。硅化物在第一电极 108 与第一杂质半导体层 107 之间的界面处形成;从而电流容易流过。

[0123] 注意,单晶半导体层 112 的表面最接近受损层 109 或包括受损层 109 的一部分;因此,单晶半导体层 112 的表面层优选在稍后进行的激光处理之前通过蚀刻去除。作为蚀刻,可进行干法蚀刻或湿法蚀刻。

[0124] 至于激光处理,例如,可使用如图 14 所示的激光处理装置。如图 15 所示,通过这样的激光处理装置在支承衬底 105 上的单晶半导体层 112 上进行激光处理。

[0125] 之后,如图 22B 所示,赋予与第一杂质半导体层 107 相反的导电类型的杂质被添加至单晶半导体层 112b,藉此形成第二杂质半导体层 113b。例如,添加磷或砷,以使 n 型半导体层被形成为第二杂质半导体层 113b。在该情况下,因为单晶半导体层 112b 的表面处的晶体缺陷被前一步骤的激光处理所修复和平坦化,第二杂质半导体层 113b 中的杂质浓度和杂质添加的深度能得到精确控制。即,单晶半导体层 112 的表面利用激光束辐照进行处理,然后杂质被添加以形成第二杂质半导体层 113b,藉此第二杂质半导体层 113b 中包含的杂质浓度可以为高,从而浅结可形成。因此,能制造对光生载流子具有高收集效率的光伏转换器件。此外,通过在形成第二杂质半导体层 113b 之前进行激光处理,因激光束辐照而产生的熔融区可扩展至单晶半导体层 112 的内部,且通过重新单晶化得到的修复晶体缺陷的效果可增强。

[0126] 图 22C 示出了其中单晶半导体层 112b 的末端部分被蚀刻以暴露第一电极 108 的步骤。至于蚀刻,可通过在单晶半导体层 112b 上形成掩模并利用诸如 NF_3 或 SF_6 之类的气体进行干法蚀刻。

[0127] 图 23A 示出了其中与第一电极 108 接触的辅助电极 114 以及第二杂质半导体层 113b 上的第二电极 115 形成的步骤。辅助电极 114 被形成为与图 11C 中通过蚀刻暴露的第一电极 108 接触。第二电极 115 具有如图 7 的平面图中所示的梳状或格状形状。辅助电极 114 和第二电极 115 可由铝、银、铅-锡(焊料)等形成。例如,辅助电极和第二电极 115 利用银浆料通过丝网印刷方法形成。

[0128] 然后,如图 23B 所示,用作钝化膜的抗反射膜 116 形成。该抗反射膜 116 优选由氮化硅膜形成,且可由氮化硅膜和氮氧化硅膜的叠层形成。

[0129] 以上述方式,可制造图 7 中所示的光伏转换器件 10。根据该工艺,可利用不同类型的材料之间的接合技术和激光处理技术在 700°C 或更低的处理温度(优选为 500°C 或更

低)下制造具有厚度为 $10\ \mu\text{m}$ 或更薄的单晶半导体层的光伏转换器件。换言之,可在 700°C 或更低的温度上限下在大面积玻璃衬底上制造包括单晶半导体层的光伏转换器件。该单晶半导体层通过分离单晶半导体衬底的表面层部分而获得。因为在单晶半导体层的表面层部分分离之后的单晶半导体衬底可重复使用,所以资源可有效地使用。

[0130] 本实施方式可与实施方式 2 到 6 自由组合。

[0131] (实施方式 9)

[0132] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造工艺在图 24A 到 24C 以及图 25A 和 25B 中示出。在将单晶半导体层 112 接合到支承衬底 105 上之后(图 9B),如图 22A 所描述,进行激光处理以修复保留在单晶半导体层 112 中的晶体缺陷,如图 24A 所示。

[0133] 之后,如图 22B 所描述,赋予与第一杂质半导体层 107 相反的导电类型的杂质被添加至单晶半导体层 112b,藉此形成第二杂质半导体层 113b。此外,通过在形成第二杂质半导体层 113b 之前进行激光处理,因激光束辐照而产生的熔融区可扩展至单晶半导体层 112 的内部,且通过重新单晶化得到的修复晶体缺陷的效果可增强。

[0134] 然后,抗反射膜 116 如图 24C 所示地形成。

[0135] 之后,如图 25A 所示,单晶半导体层 112b 的末端部分被蚀刻以暴露第一电极 108,且如图 25B 所示,第二电极 115 和辅助电极 114 形成。第二电极 115 在抗反射膜 116 上形成;然而,第二电极 115 通过瞬时施加绝缘击穿电压而形成烧进接触可起电极的作用。

[0136] 根据本实施方式,起钝化膜作用的抗反射膜 116 在第二杂质半导体层 113b 在单晶半导体层 112b 上形成之后形成;因此,表面复合速率可降低,且光电转换器件的转换效率可增强。

[0137] 本实施方式可与实施方式 2 到实施方式 6 自由组合。

[0138] (实施方式 10)

[0139] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造工艺在图 26A 到 26C 中示出。在将单晶半导体层 112 接合到支承衬底 105 上之后(图 9B),如图 22A 所描述,进行激光处理以修复保留在单晶半导体层 112 中的晶体缺陷,如图 26A 所示。通过用激光束 118 辐照,至少单晶半导体层 112 的表面侧熔融以在后续的冷却过程中利用固态下层部分作为籽晶而重新单晶化。在该过程中,单晶半导体层 112 的表面平坦化,从而可获得单晶半导体层 112b。

[0140] 之后,抗反射膜 116 如图 26B 所示地形成。

[0141] 然后,如图 26C 所示,赋予与第一杂质半导体层 107 相反的导电类型的杂质被添加至单晶半导体层 112b,藉此形成第二杂质半导体层 113b。根据本实施方式,通过在形成第二杂质半导体层 113b 之前进行激光处理,因激光束辐照而产生的熔融区可扩展至单晶半导体层 112 的内部,且通过重新单晶化得到的修复晶体缺陷的效果可增强。

[0142] 之后,如图 25A 所示,单晶半导体层 112b 的末端部分被蚀刻以暴露第一电极 108,且如图 25B 所示,第二电极 115 和辅助电极 114 形成。第二电极 115 在抗反射膜 116 上形成;然而,第二电极 115 通过瞬时施加绝缘击穿电压而形成烧进接触可起电极的作用。

[0143] 本实施方式可与实施方式 2 到实施方式 6 自由组合。

[0144] (实施方式 11)

[0145] 在本实施方式中,与实施方式 1 不同的制造工艺在图 27A 到 27C 中示出。在将单晶半导体层 112 接合到支承衬底 105 上(图 9B)、并进行激光处理以修复保留在单晶半导体

层 112 中的晶体缺陷 (图 22A) 之后,如图 27A 所示,绝缘层 119 在单晶半导体层 112b 上形成。

[0146] 之后,如图 27B 所示,开口部分在绝缘层 119 中形成以使单晶半导体层 112b 暴露,然后赋予与第一杂质半导体层 107 的导电类型相反的导电类型的杂质被添加至单晶半导体层 112b,藉此第二杂质半导体层 113b 在开口部分中形成。通过在形成第二杂质半导体层 113b 之前进行激光处理,因激光束 118 辐照而产生的熔融区可扩展至单晶半导体层 112 的内部,且通过重新单晶化得到的修复晶体缺陷的效果可增强。

[0147] 之后,如图 27C 所示,穿透绝缘层 119 和单晶半导体层 112b 以到达第一电极 108 的开口部分形成,且辅助电极 114 和第二电极 115 形成。此外,抗反射膜 116 形成。在本实施方式中,开口部分在单晶半导体层 112b 内侧形成,且电连接至第一电极 108 的辅助电极 114 形成;因此,光电转换器件的尺寸可缩小。

[0148] 本实施方式可与实施方式 2 到实施方式 6 自由组合。

[0149] [实施例 1]

[0150] 在本实施例中,将描述根据本发明制造的利用光伏转换器件的太阳能光伏模块的示例和利用太阳能光伏模块的太阳能光伏系统。

[0151] 图 28A 和 28B 示出了太阳能光伏模块的结构。图 28A 的太阳能光伏模块 12 包括光伏转换器件 10,其中单晶半导体层 112 接合至支承衬底 105。单晶半导体层 112 包括具有光电转换功能的第一杂质半导体层和第二杂质半导体层。

[0152] 辅助电极 114 是连接至在单晶半导体层 112 的背面侧上形成的第一电极的电极,而第二电极 115 是具有梳状或格状形状的电极。辅助电极 114 和第二电极 115 在支承衬底 105 的一个表面上形成,且在支承衬底 105 的末端部分的区域处分别连接至用作连接器的第一背面电极 120 和第二背面电极 121。图 28B 是对应于图 28A 的切割线 C-D 的截面图。辅助电极 114 和第二电极 115 分别通过支承衬底 105 的开口连接至第一背面电极 120 和第二背面电极 121。

[0153] 如图所述,光伏转换器件 10 通过将单晶半导体层 112 接合在支承衬底 105 上形成,藉此可制成薄太阳能光伏模块。

[0154] 图 29 示出利用太阳能光伏模块 12 的太阳能光伏系统的示例。一个或多个太阳能光伏模块 12 的输出功率利用充电控制器电路 122 对可充电电池 123 充电。当充电量大时,存在输出电能直接输出至负载 124 的情况。

[0155] 当双电荷层电容器用作可充电电池 123 时,该电池可迅速充电而无需为充电进行化学反应。此外,通过使用双电荷层电容器,相比使用利用化学反应的铅电池的情况而言,寿命可提高约八倍且充-放电效率可时间减半。负载 124 可应用于诸如照明之类的多种用途,诸如荧光灯、发光二极管、电致发光面板、小电子设备等。

[0156] 本申请基于 2007 年 11 月 1 日向日本专利局提交的日本专利申请 S/N2007-285252 和 2007 年 11 月 1 日向日本专利局提交的日本专利申请 S/N2007-285253。

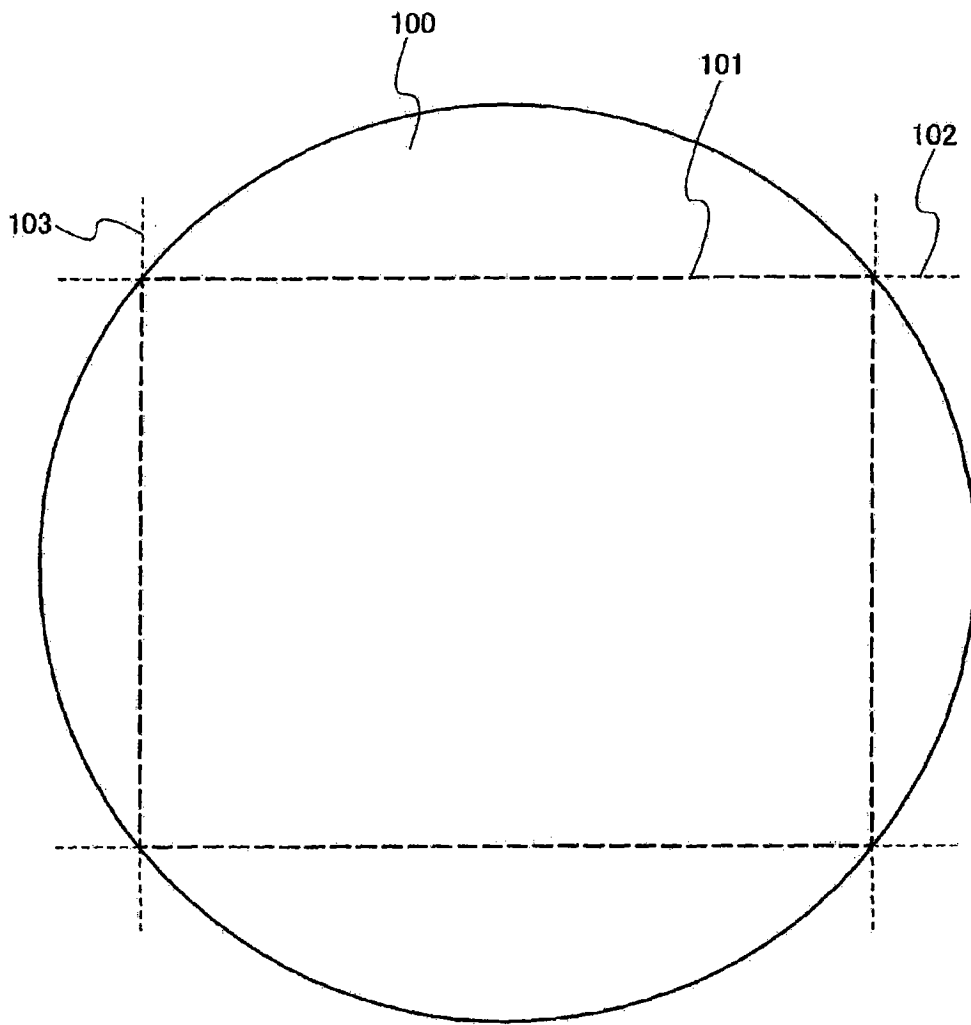


图 1

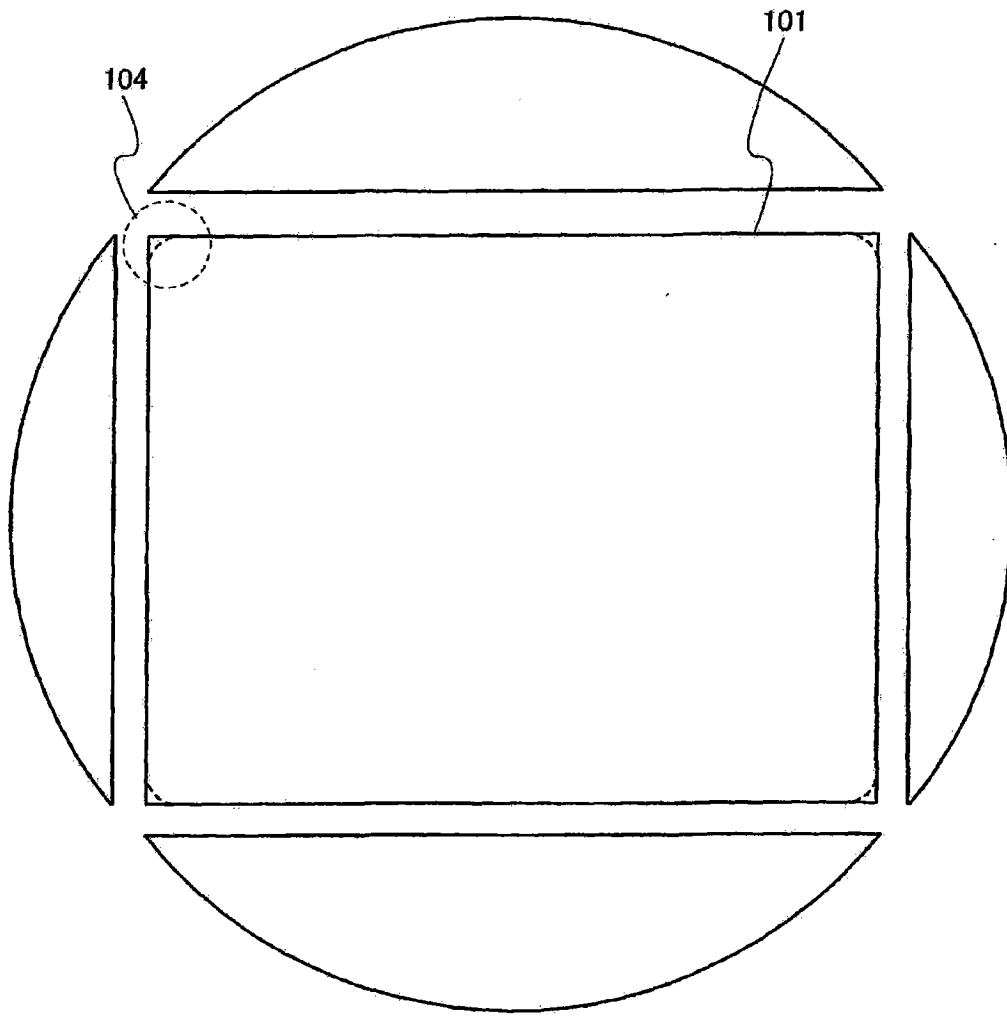


图 2

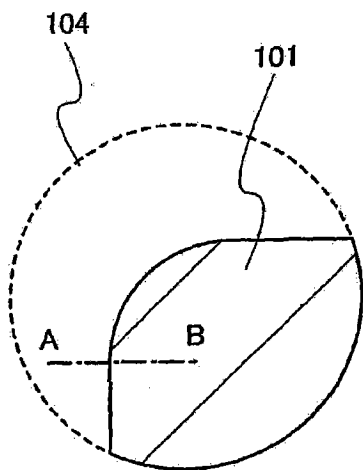


图 3A

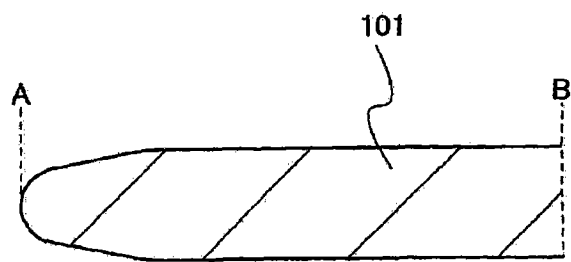


图 3B

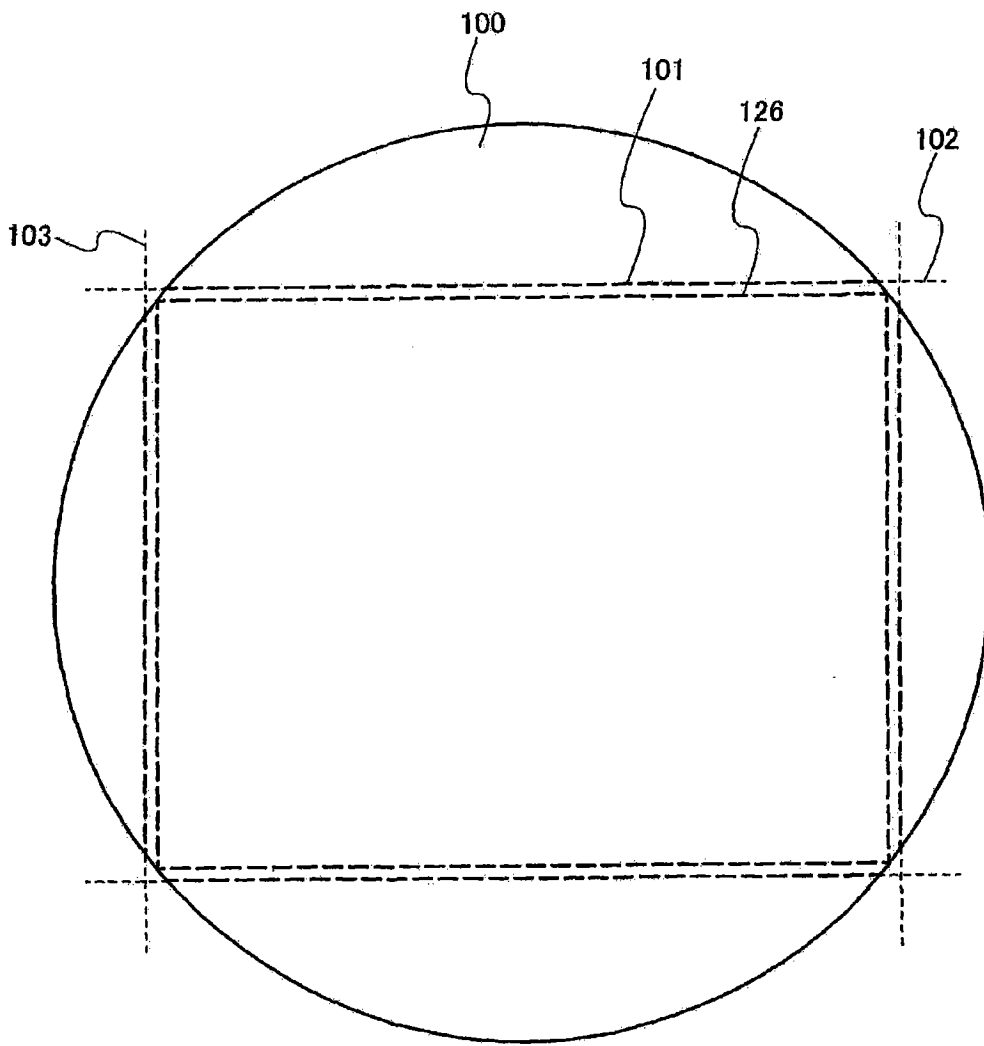


图 4

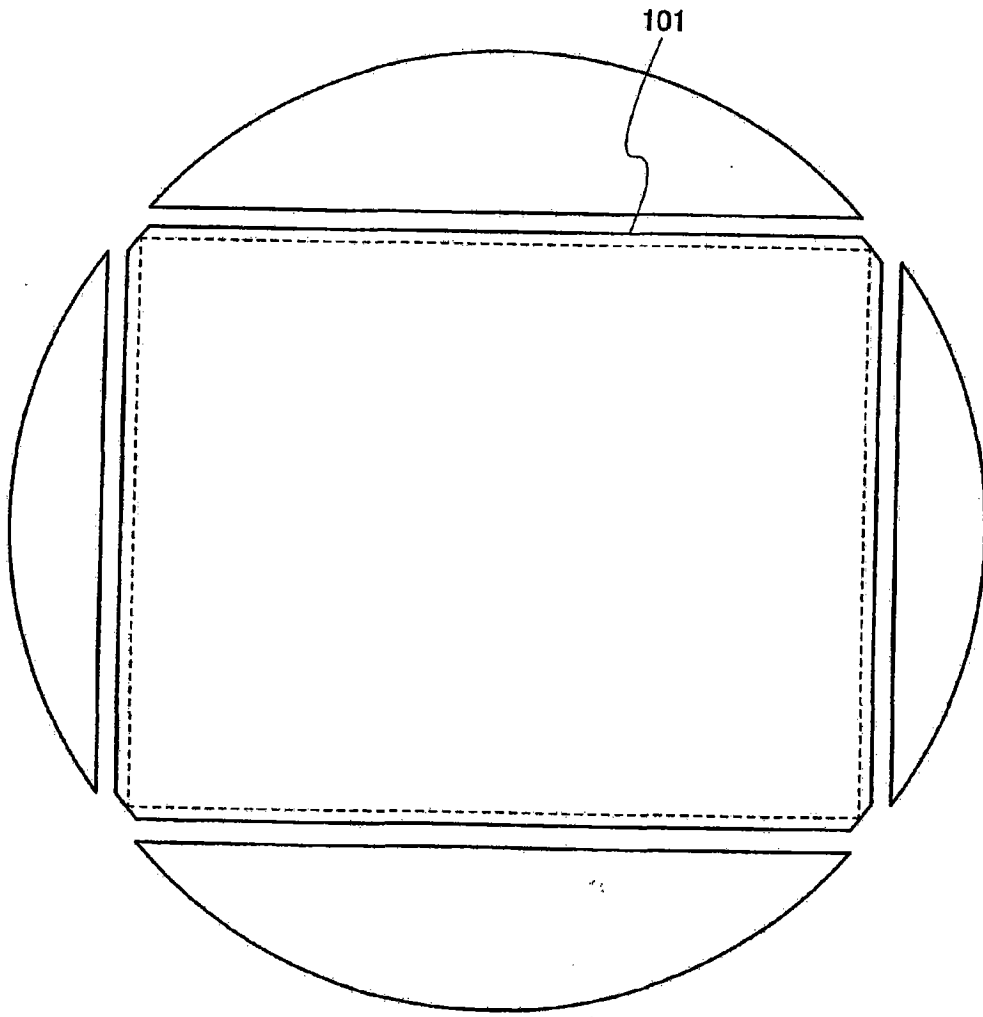


图 5

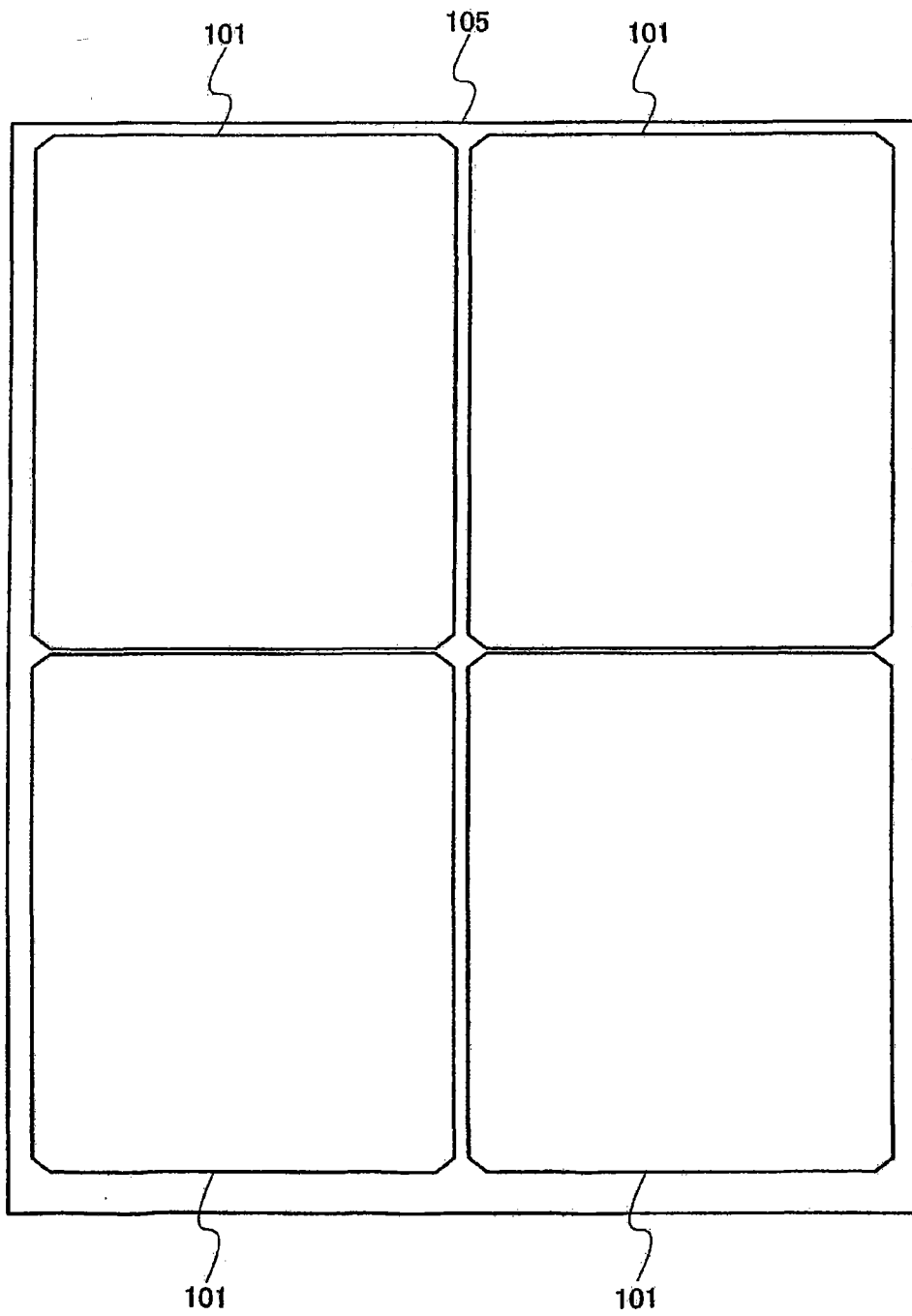


图 6

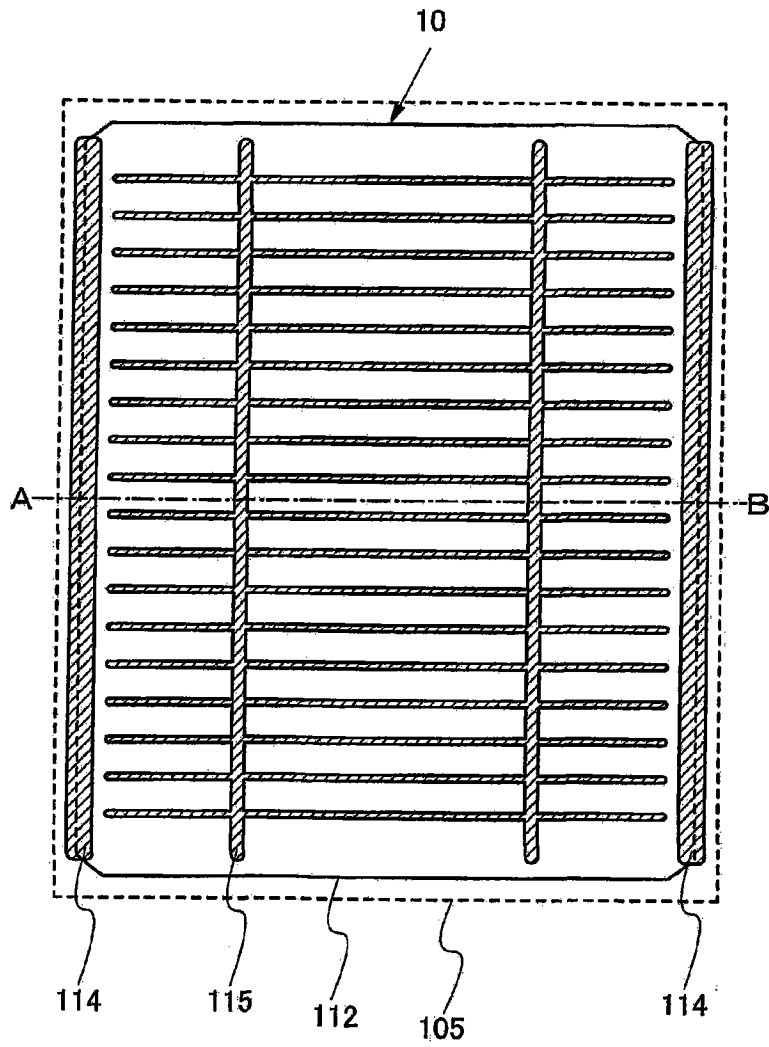


图 7

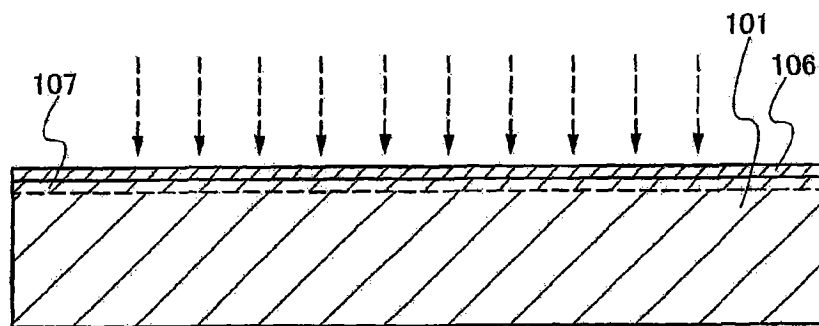


图 8A

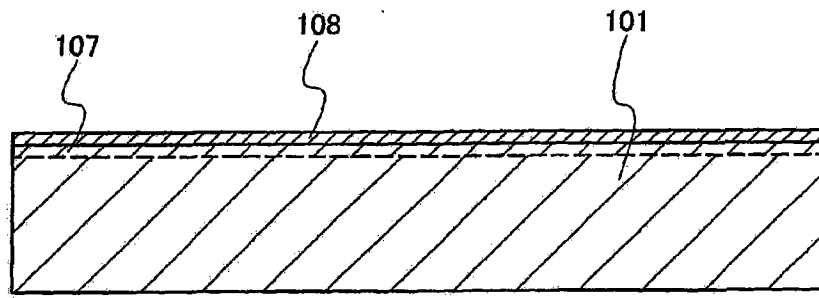


图 8B

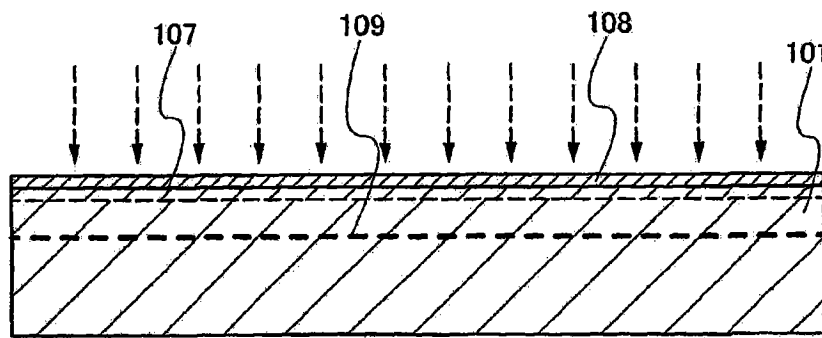


图 8C

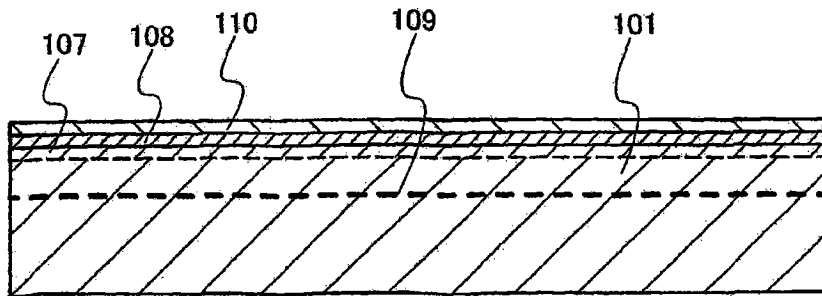


图 8D

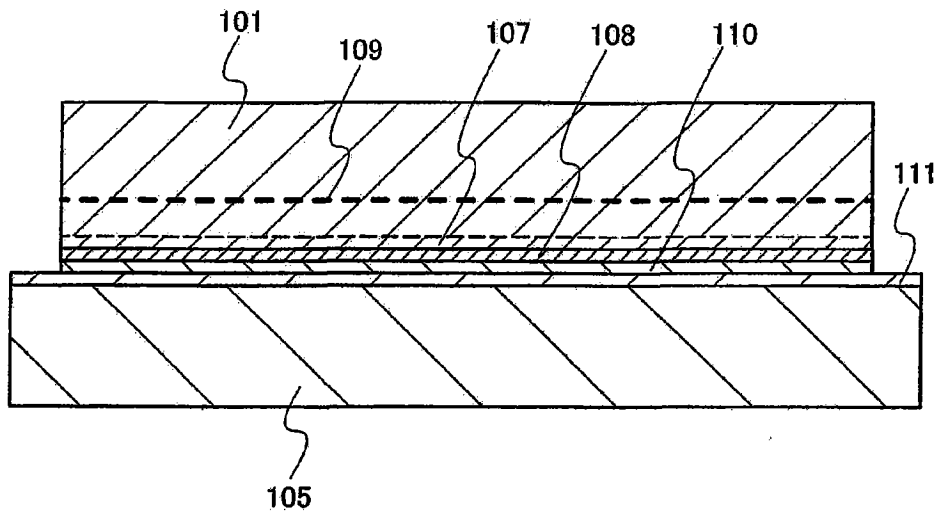


图 9A

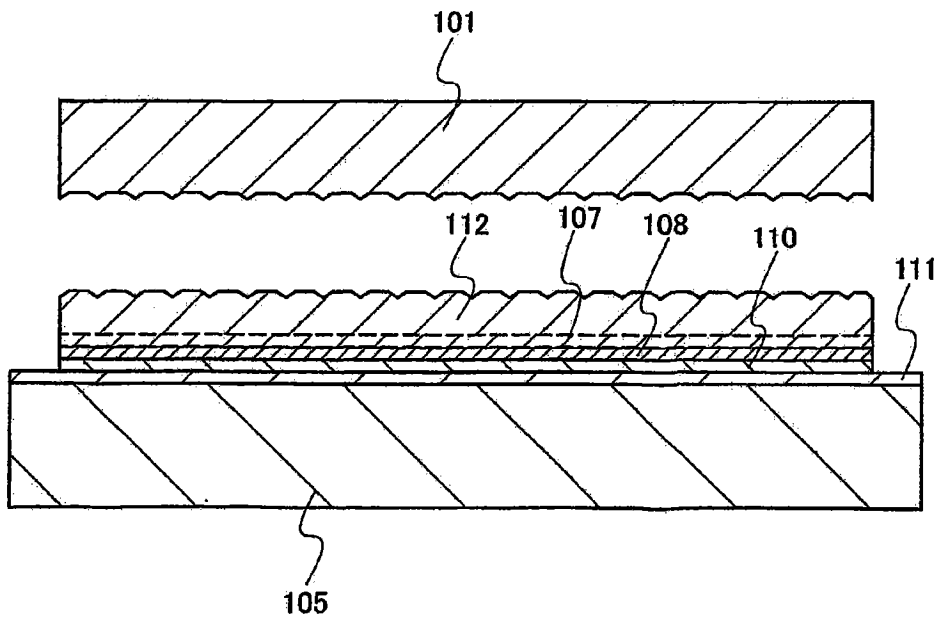


图 9B

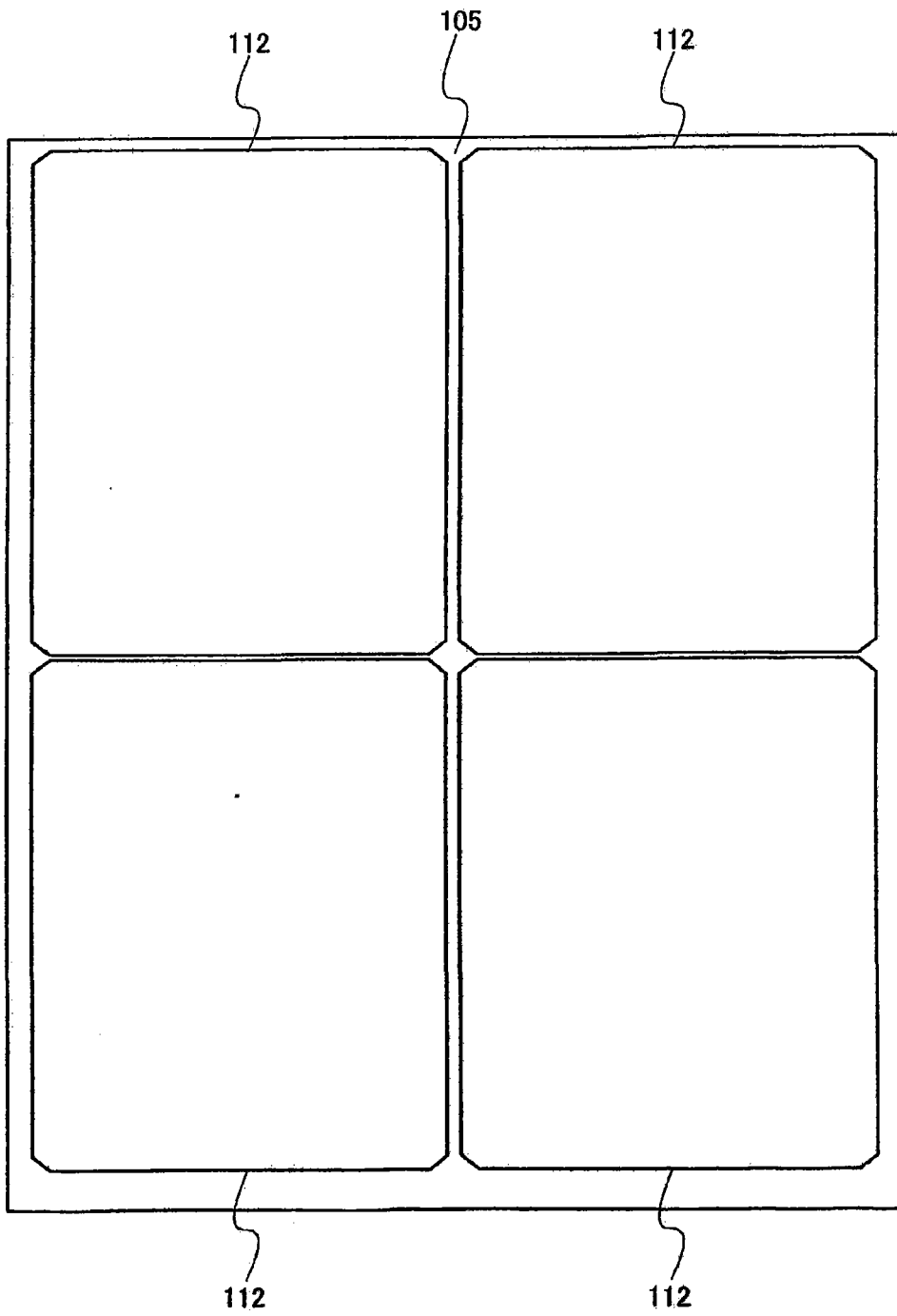


图 10

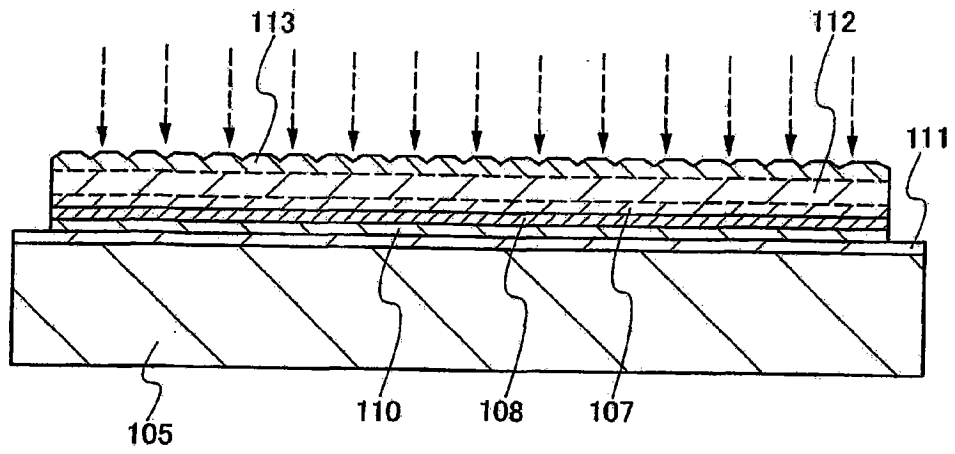


图 11A

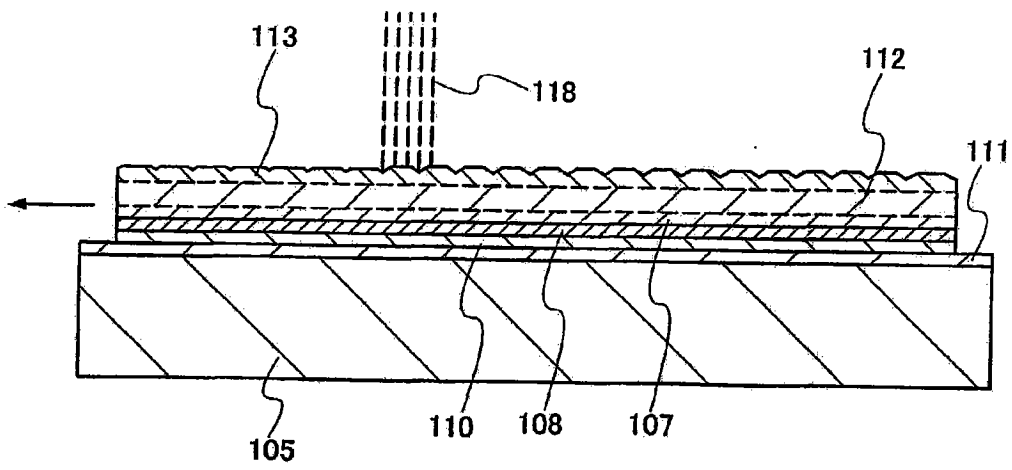


图 11B

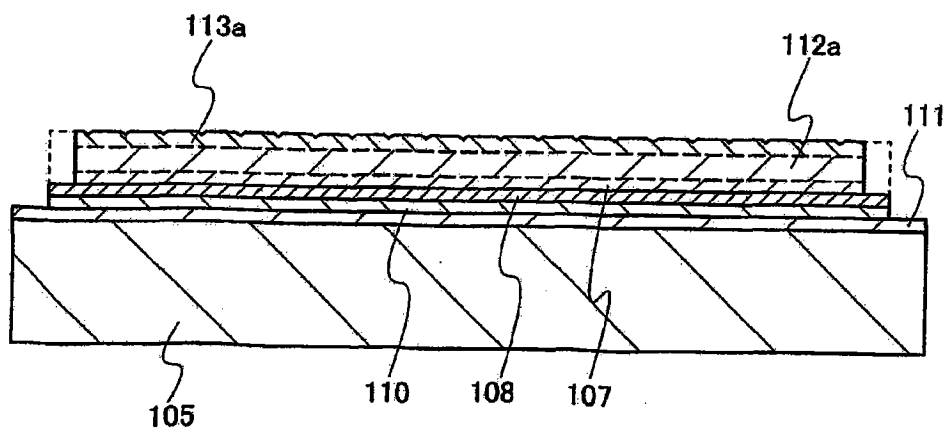


图 11C

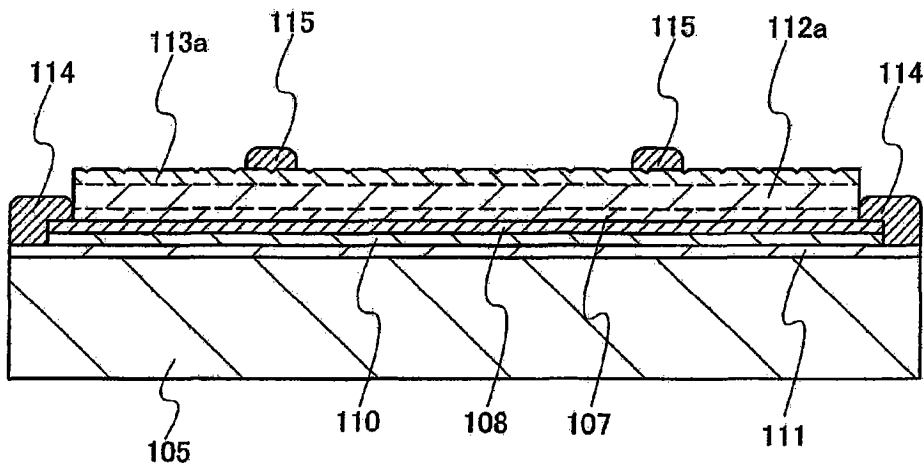


图 12A

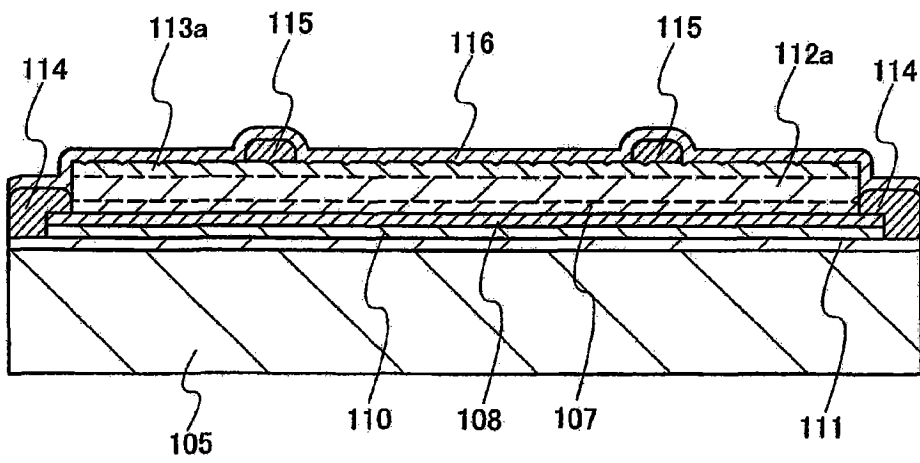


图 12B

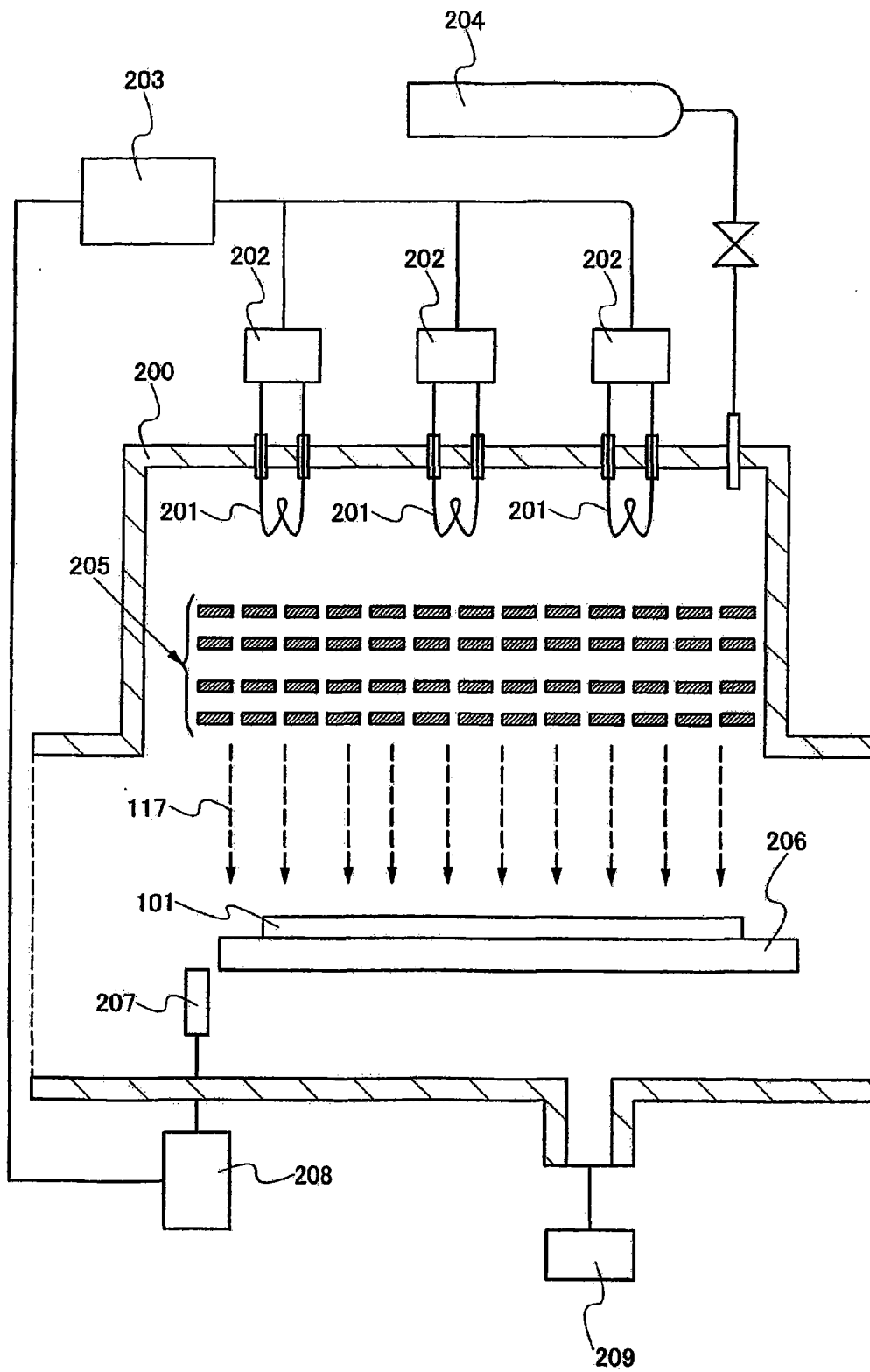


图 13

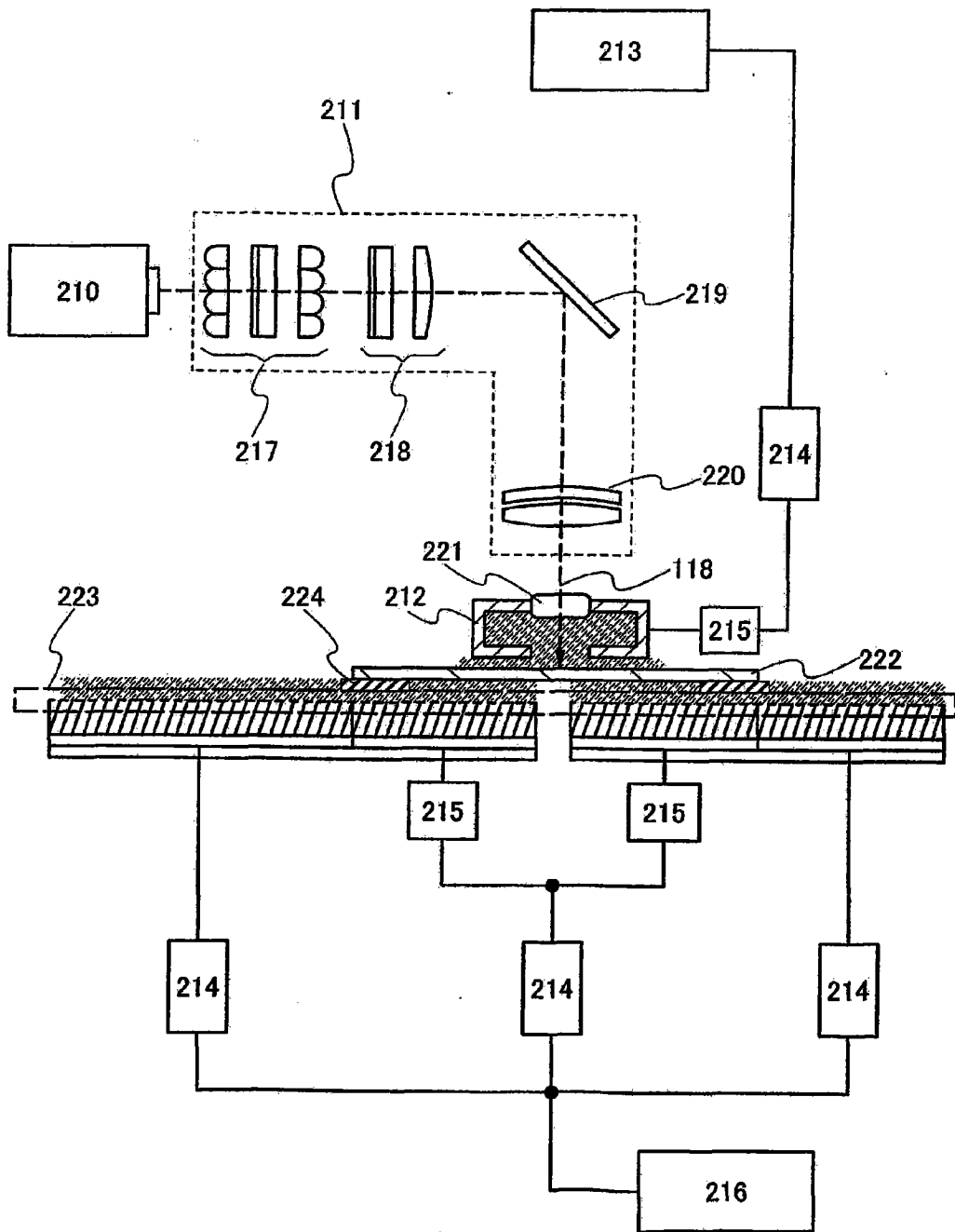


图 14

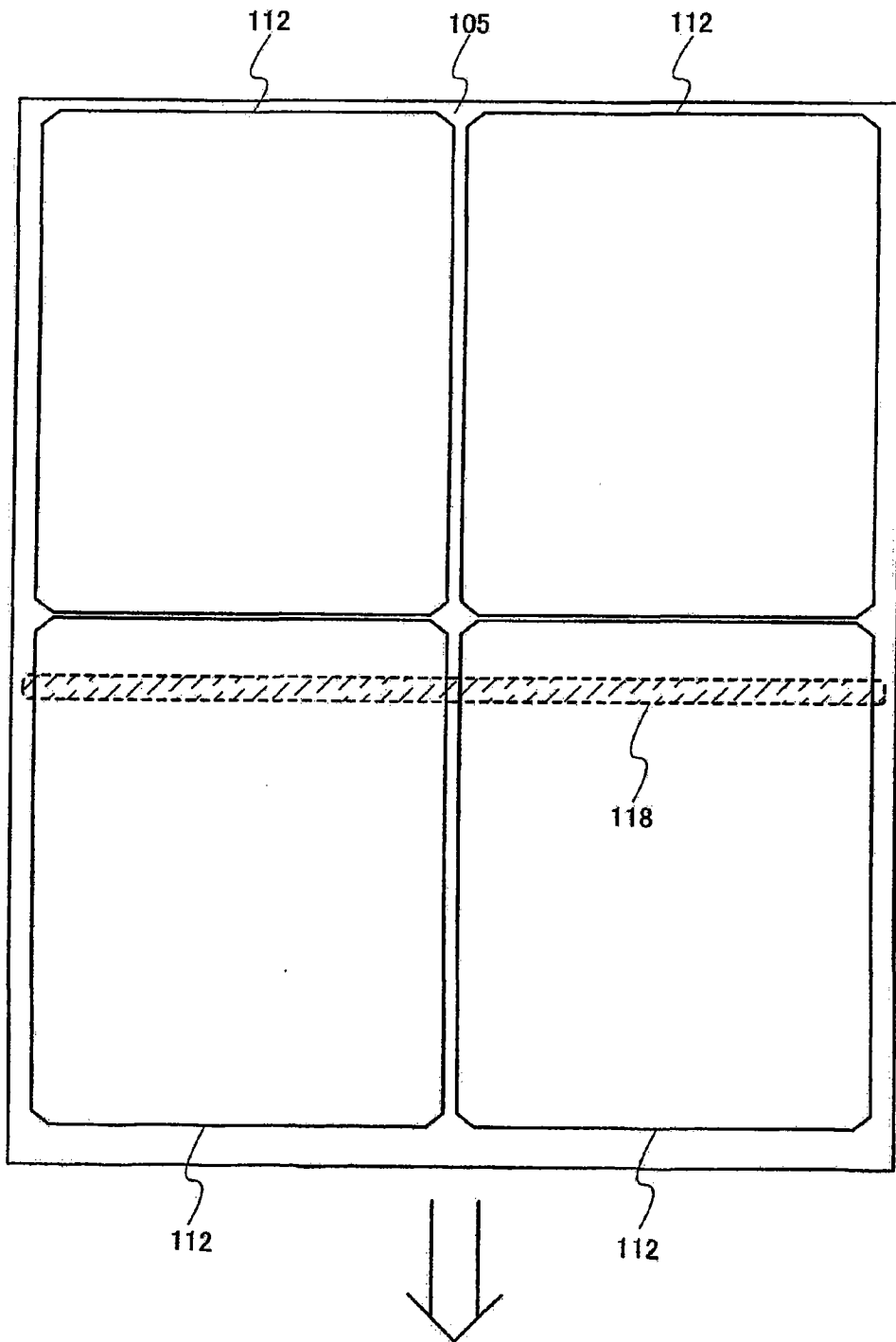


图 15

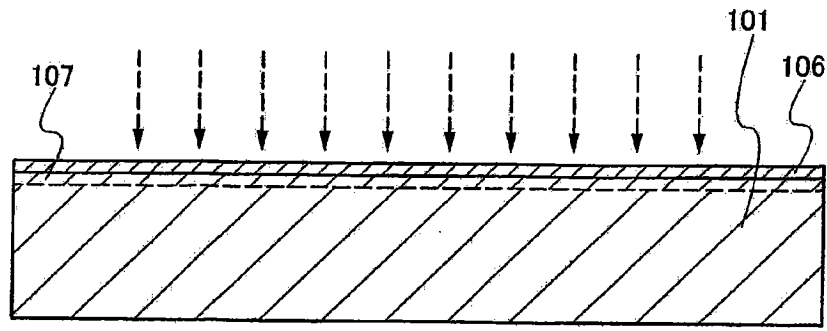


图 16A

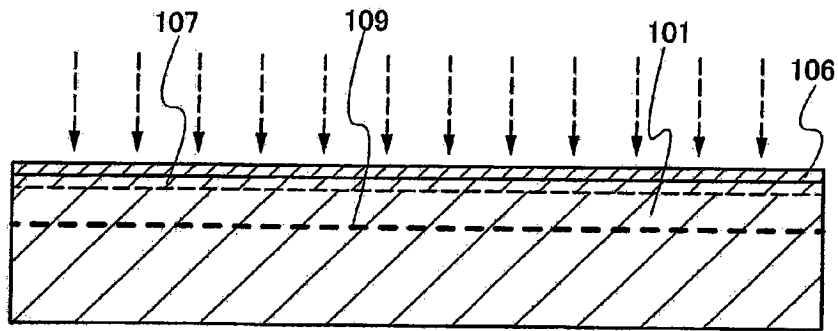


图 16B

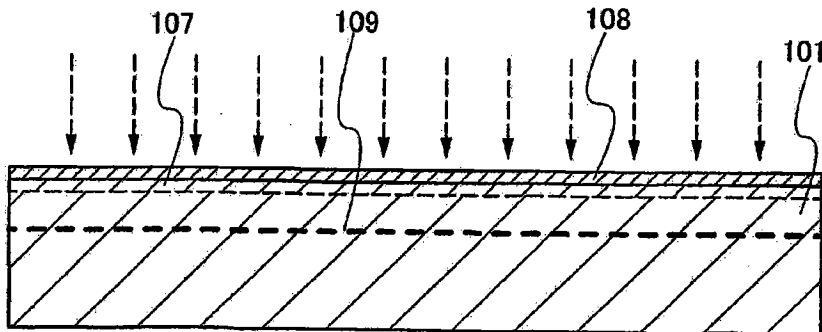


图 16C

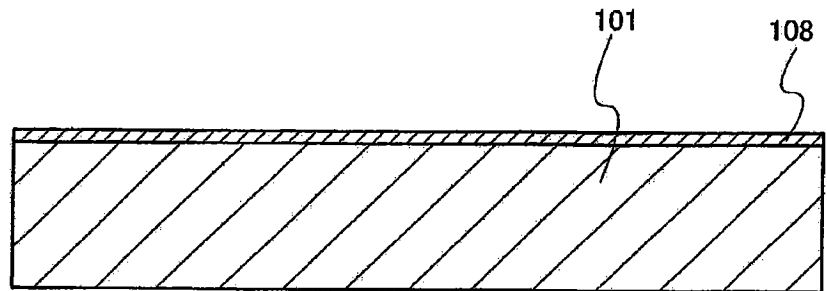


图 17A

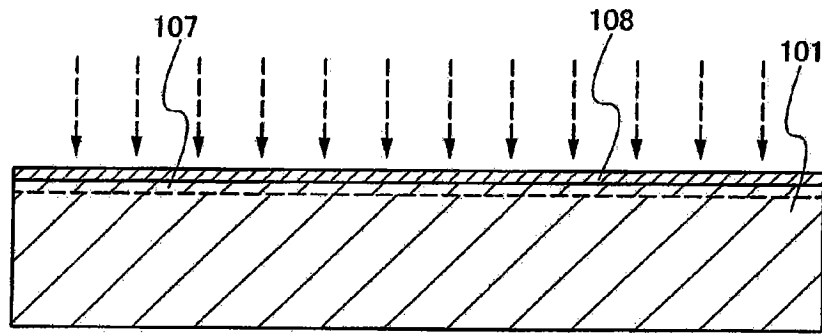


图 17B

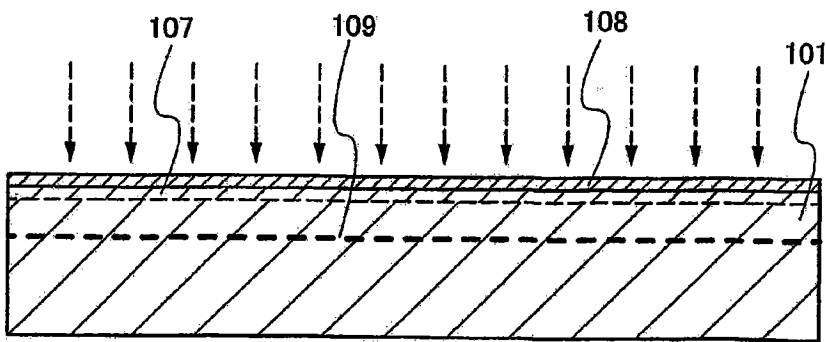


图 17C

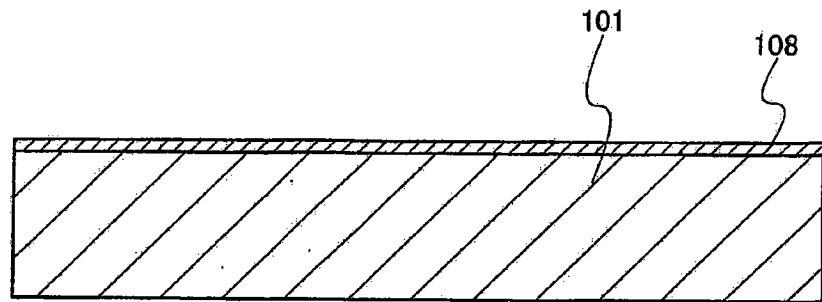


图 18A

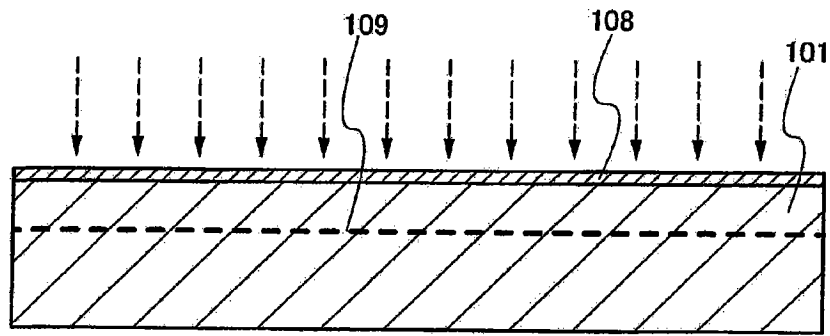


图 18B

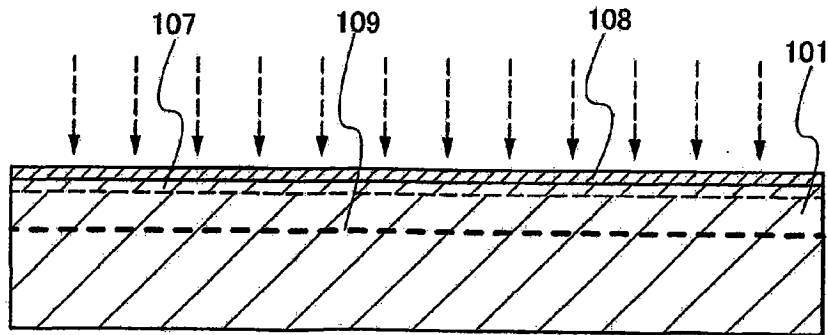


图 18C

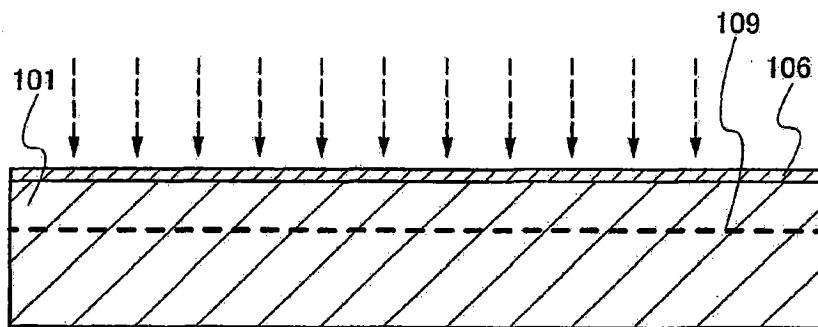


图 19A

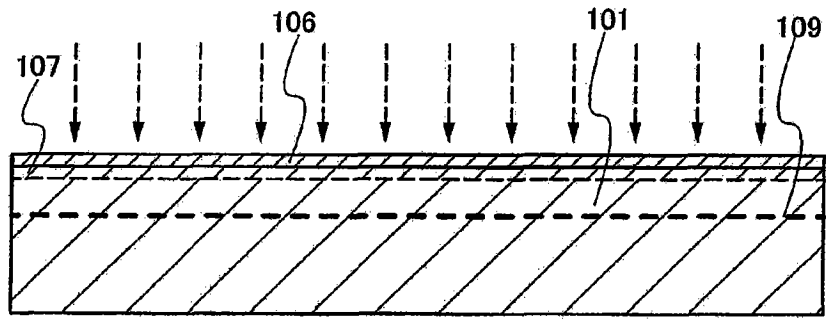


图 19B

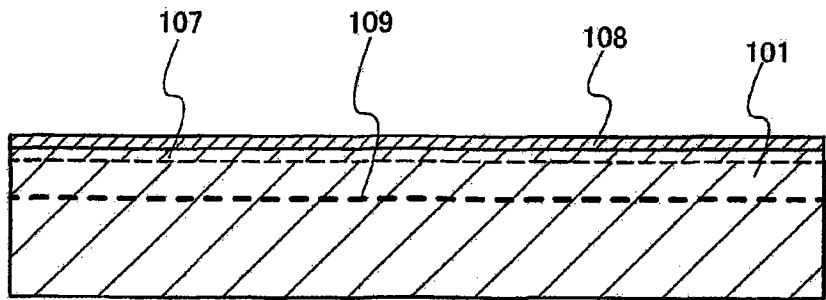


图 19C

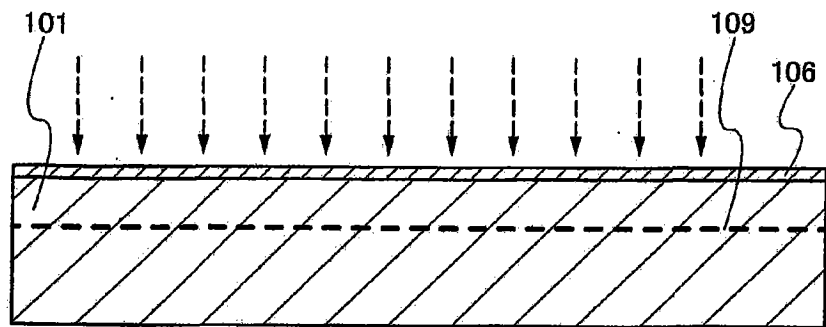


图 20A

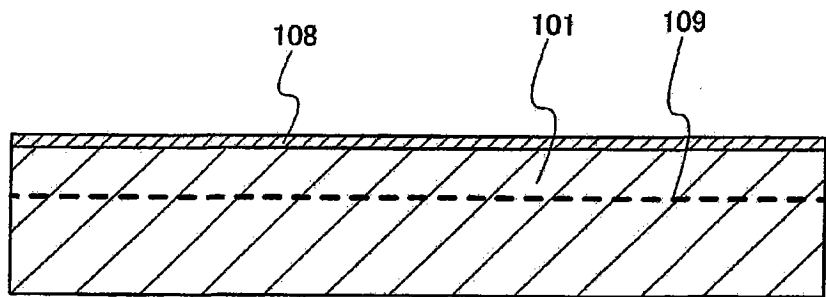


图 20B

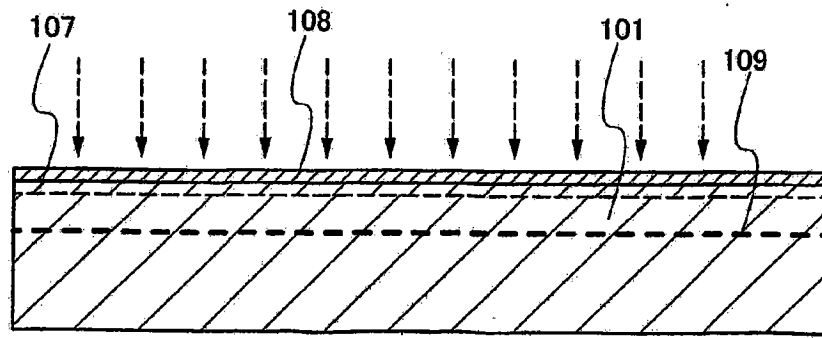


图 20C

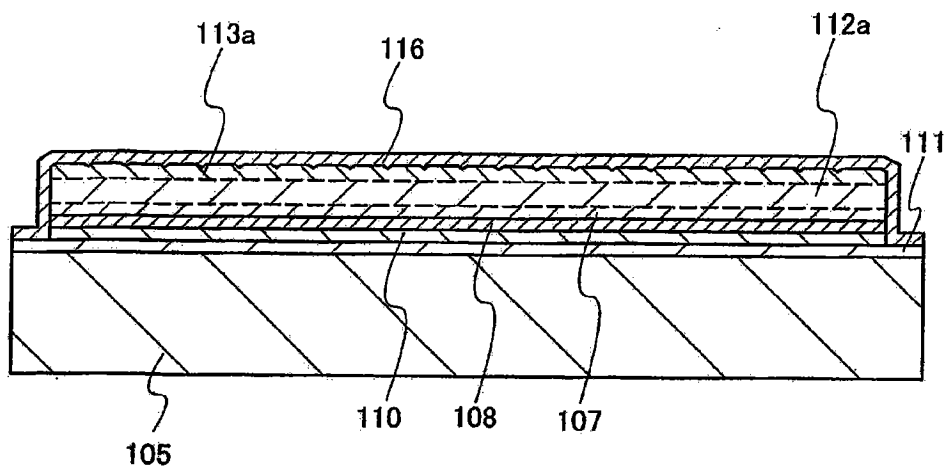


图 21A

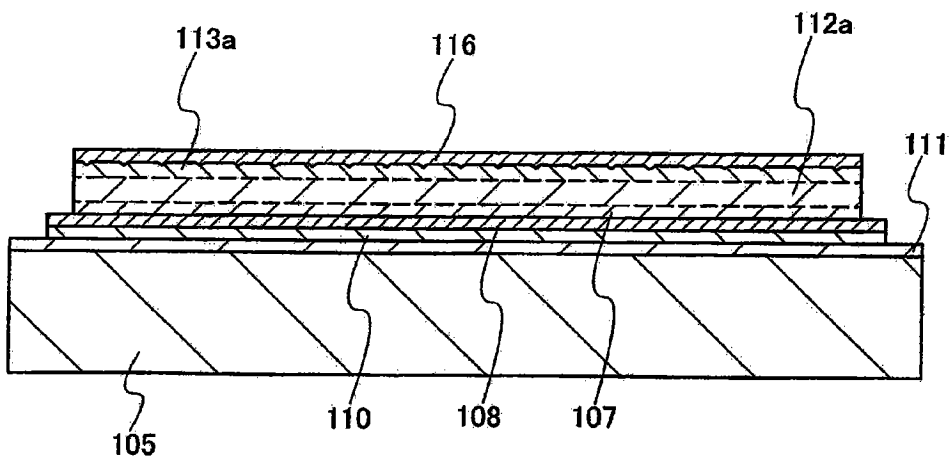


图 21B

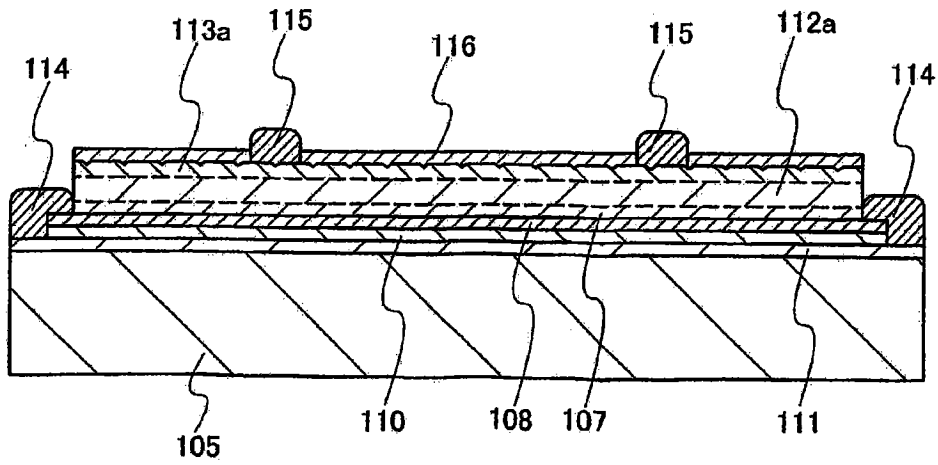


图 21C

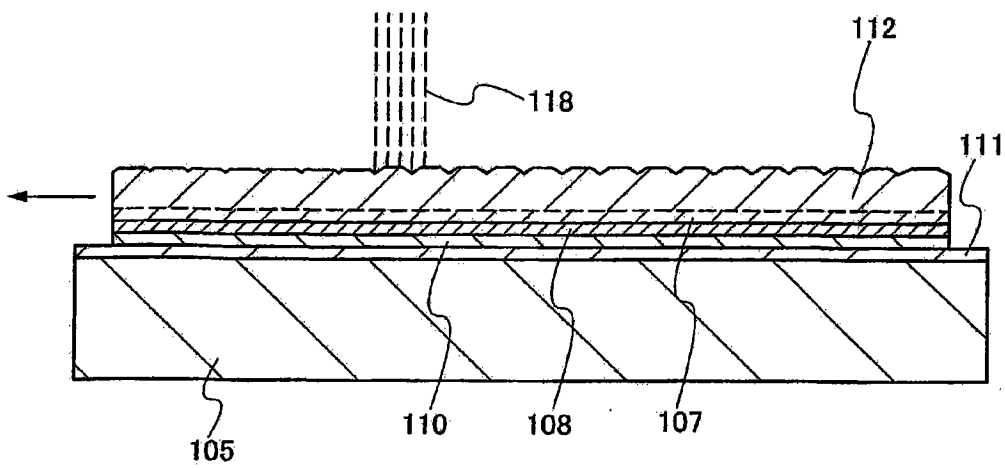


图 22A

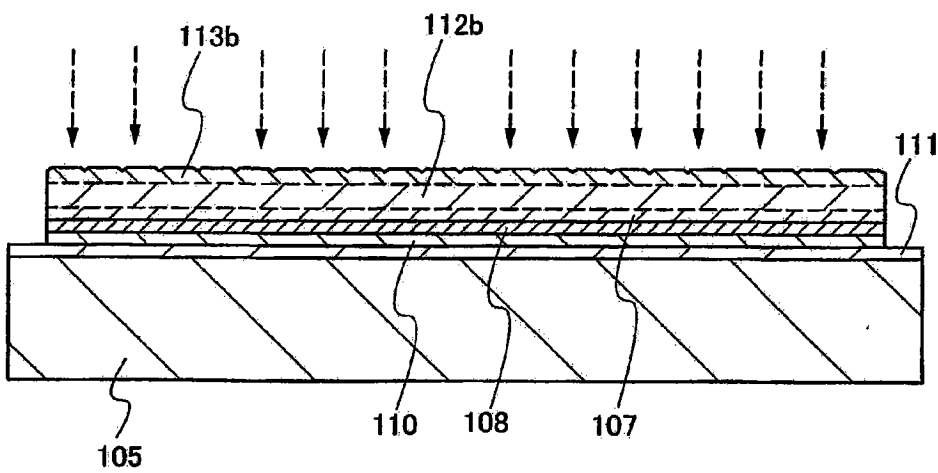


图 22B

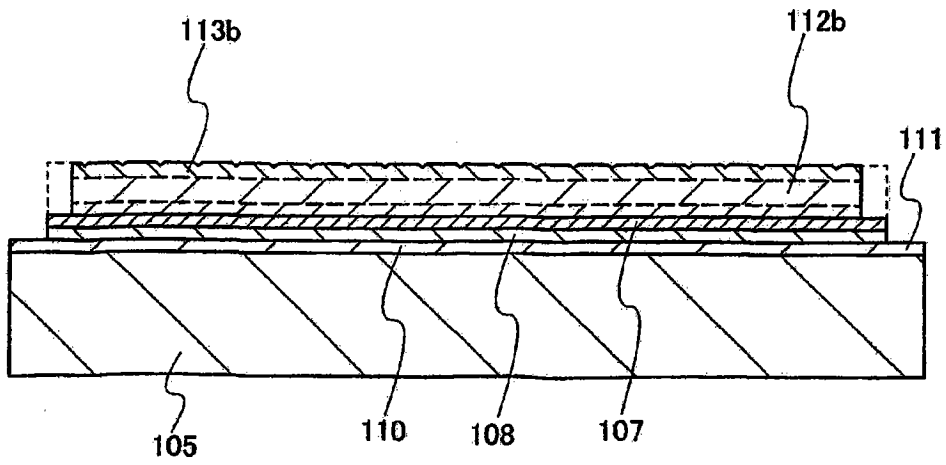


图 22C

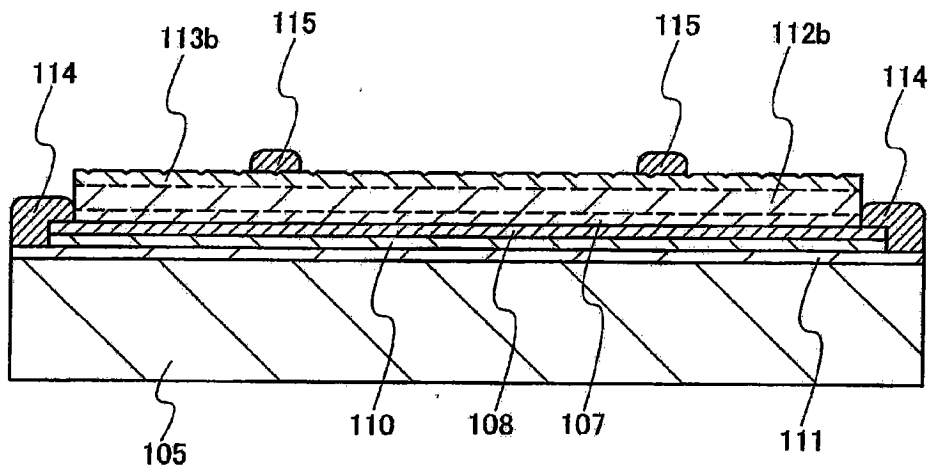


图 23A

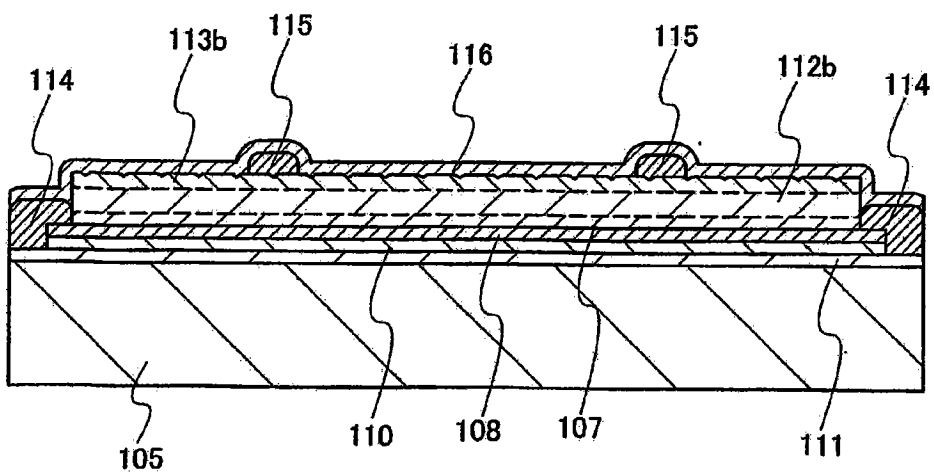


图 23B

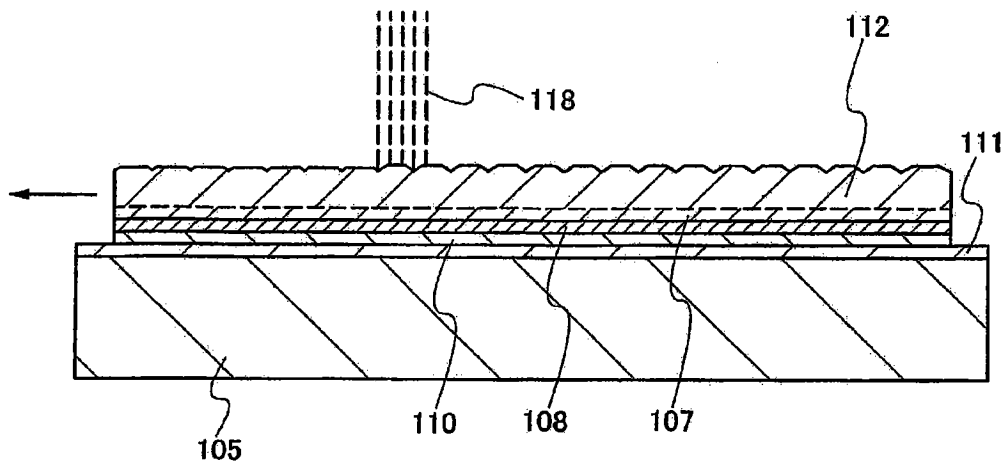


图 24A

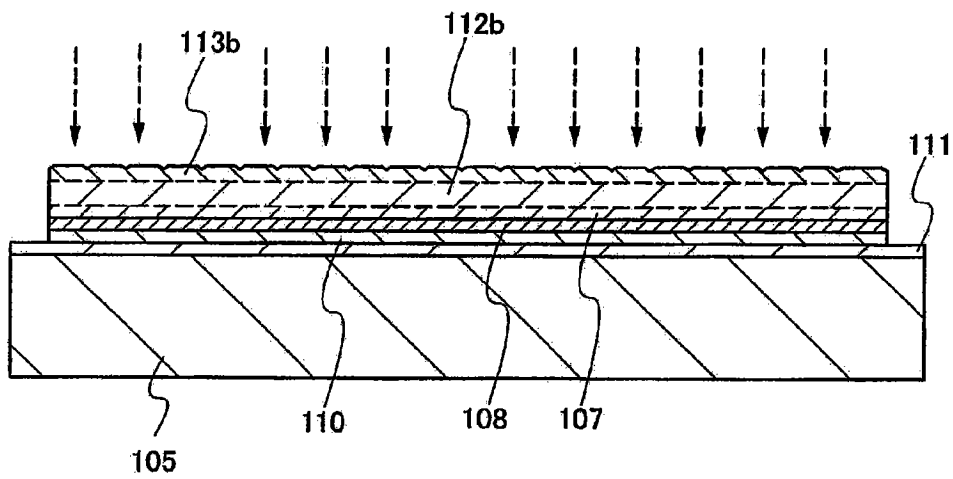


图 24B

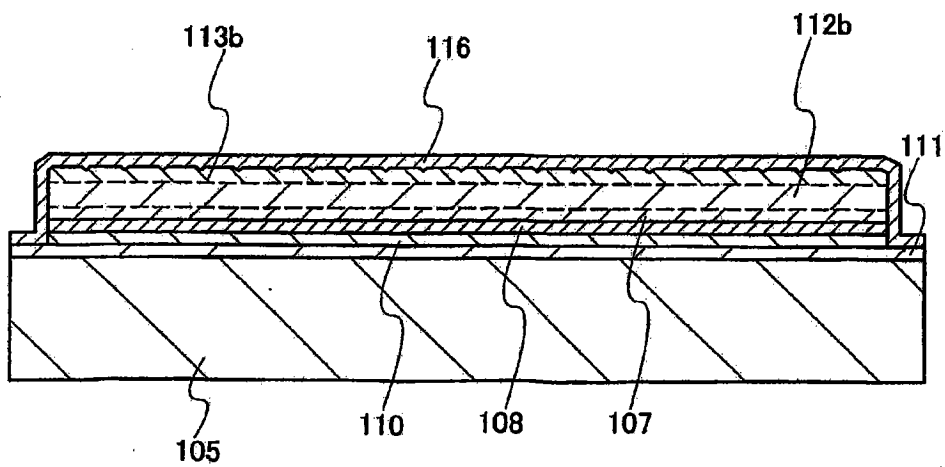


图 24C

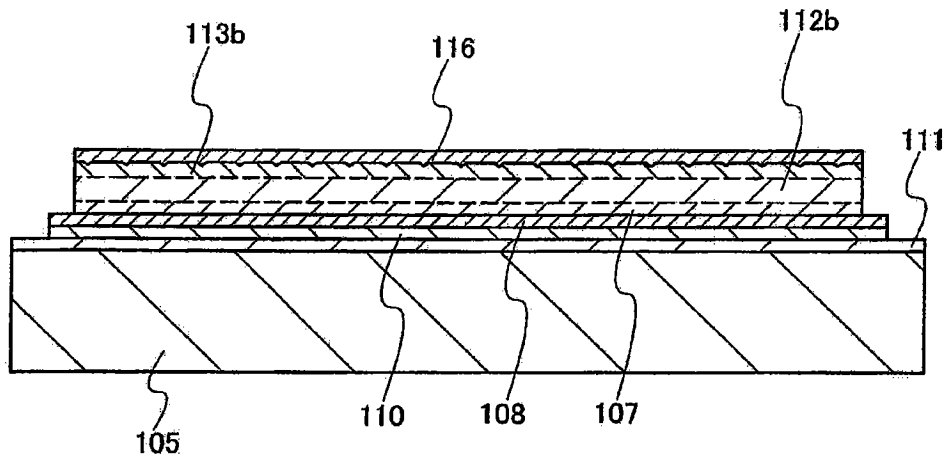


图 25A

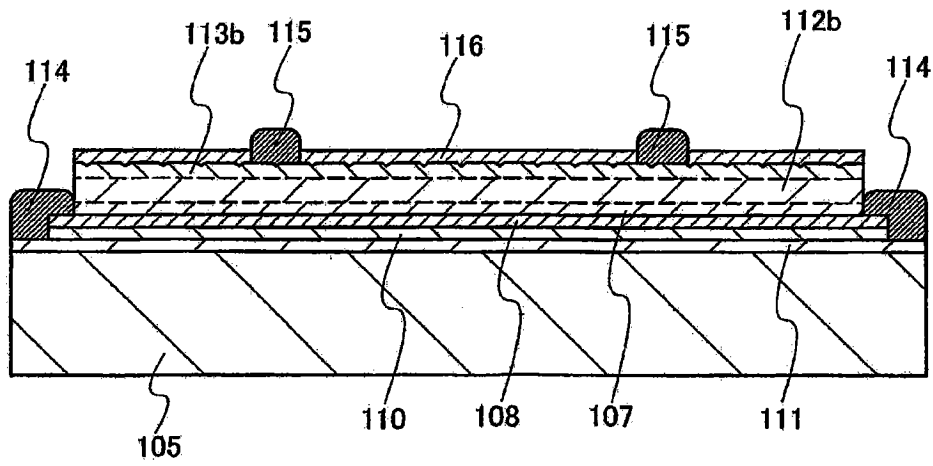


图 25B

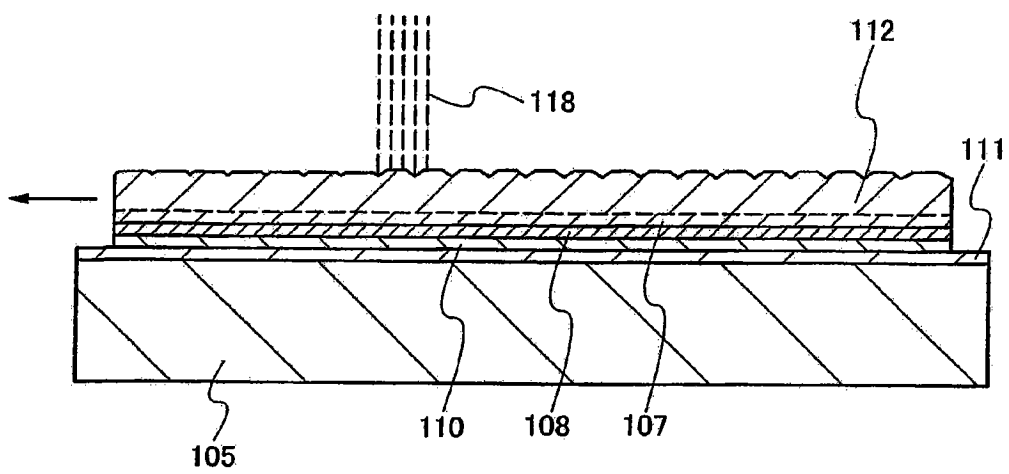


图 26A

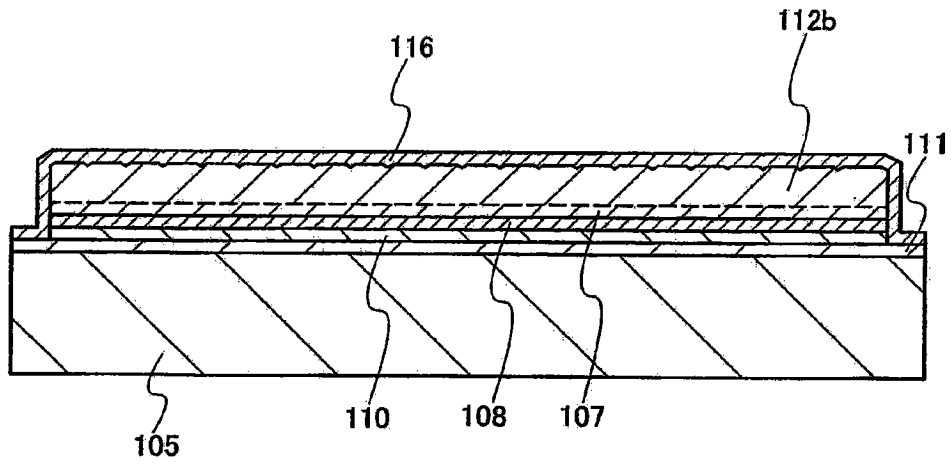


图 26B

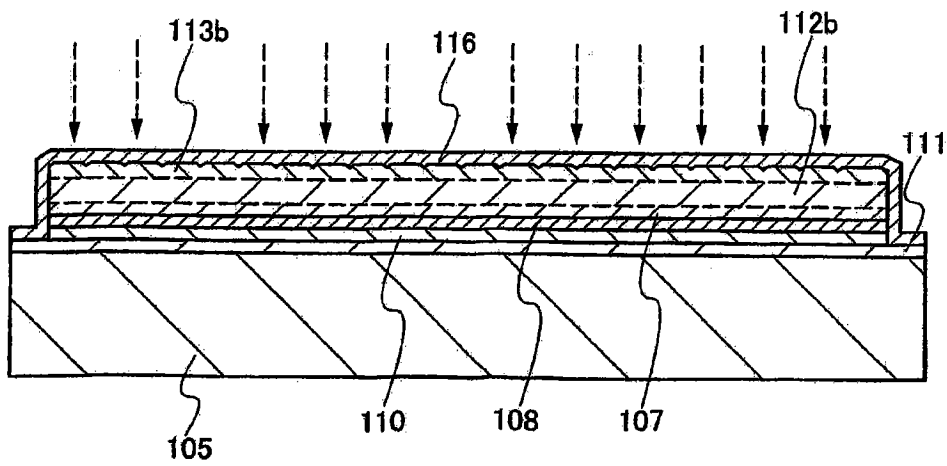


图 26C

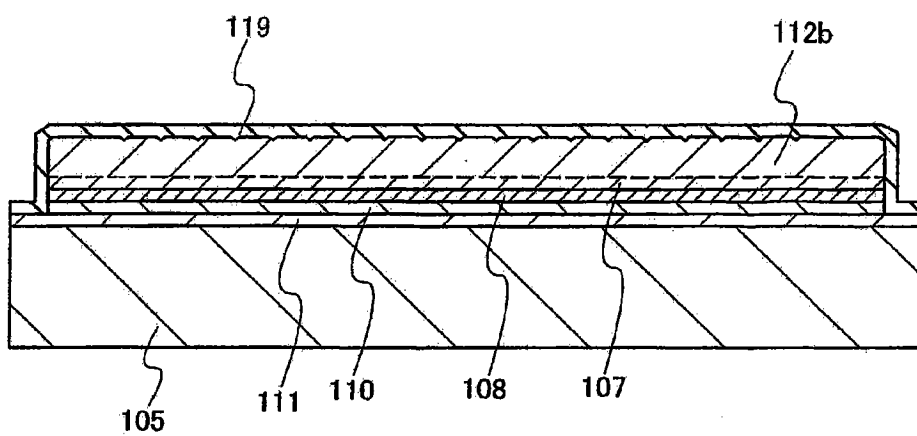


图 27A

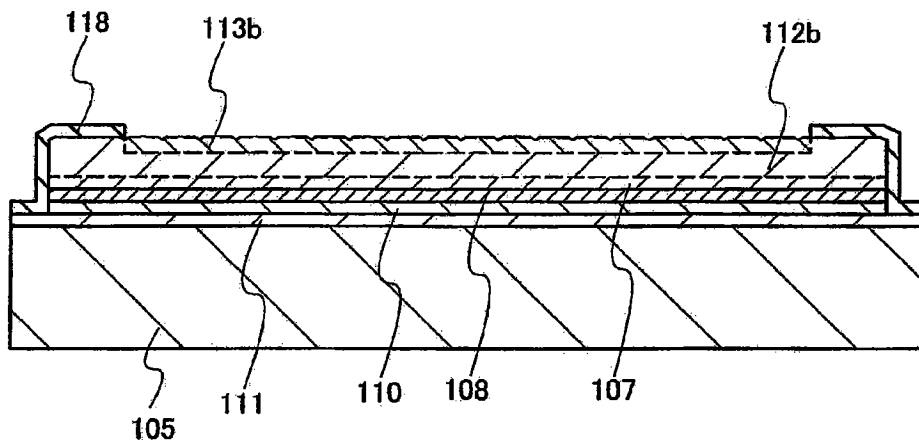


图 27B

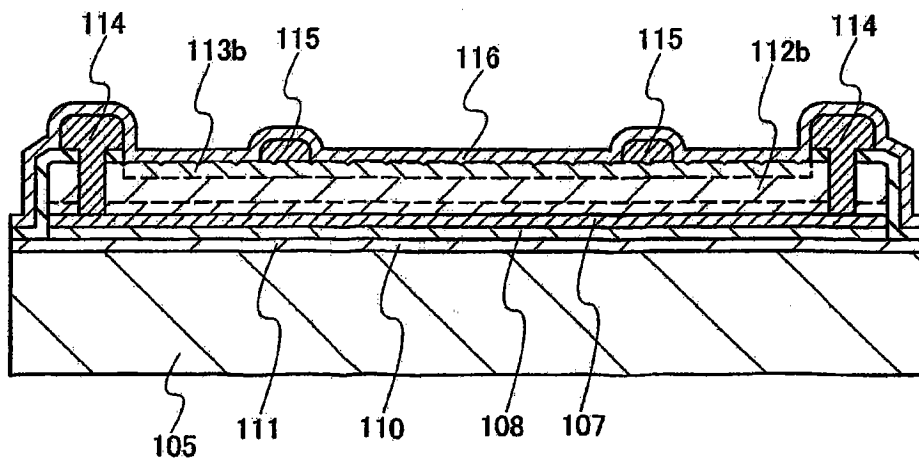


图 27C

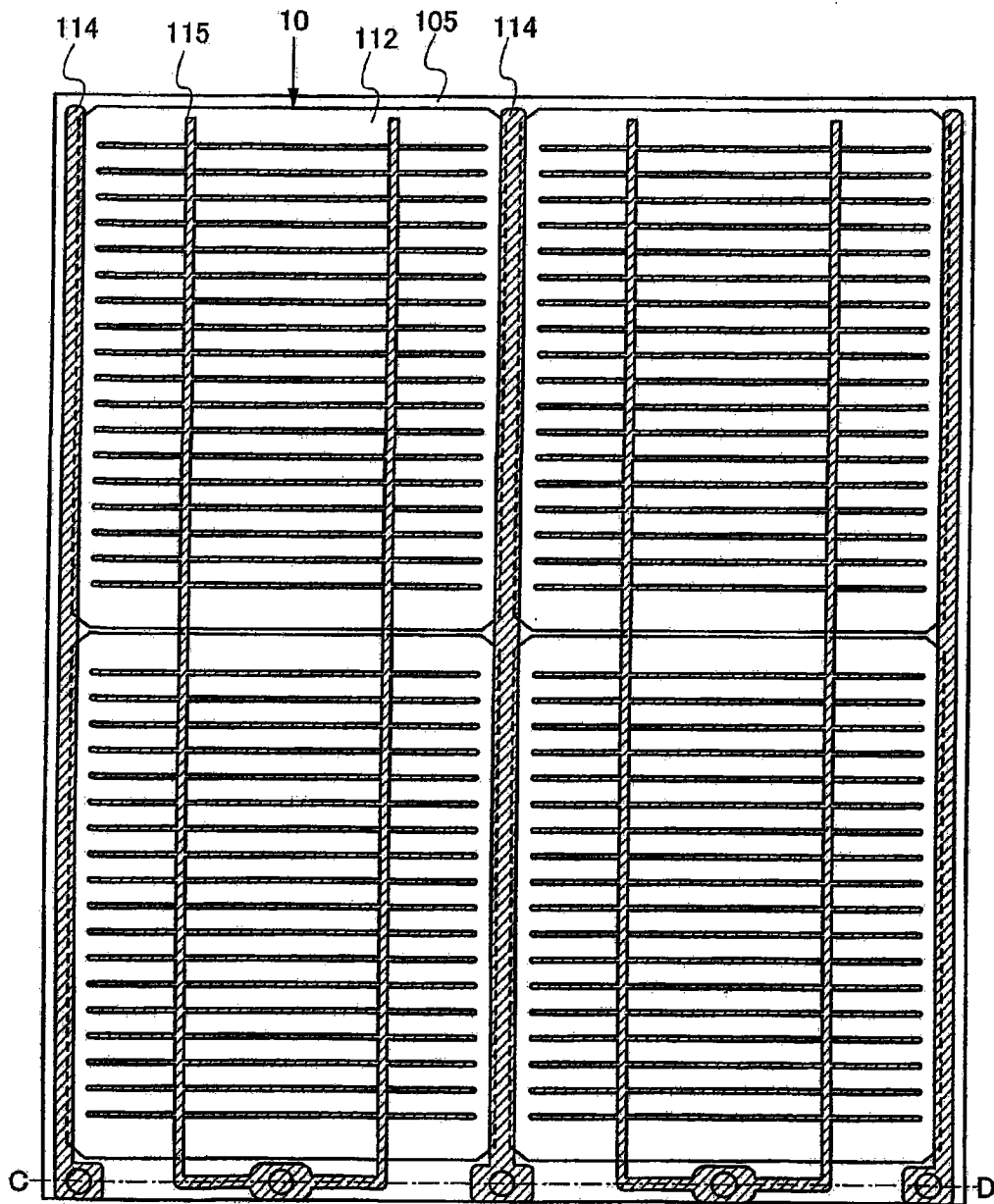


图 28A

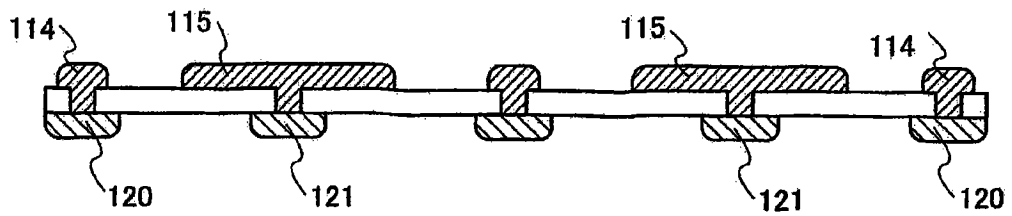


图 28B

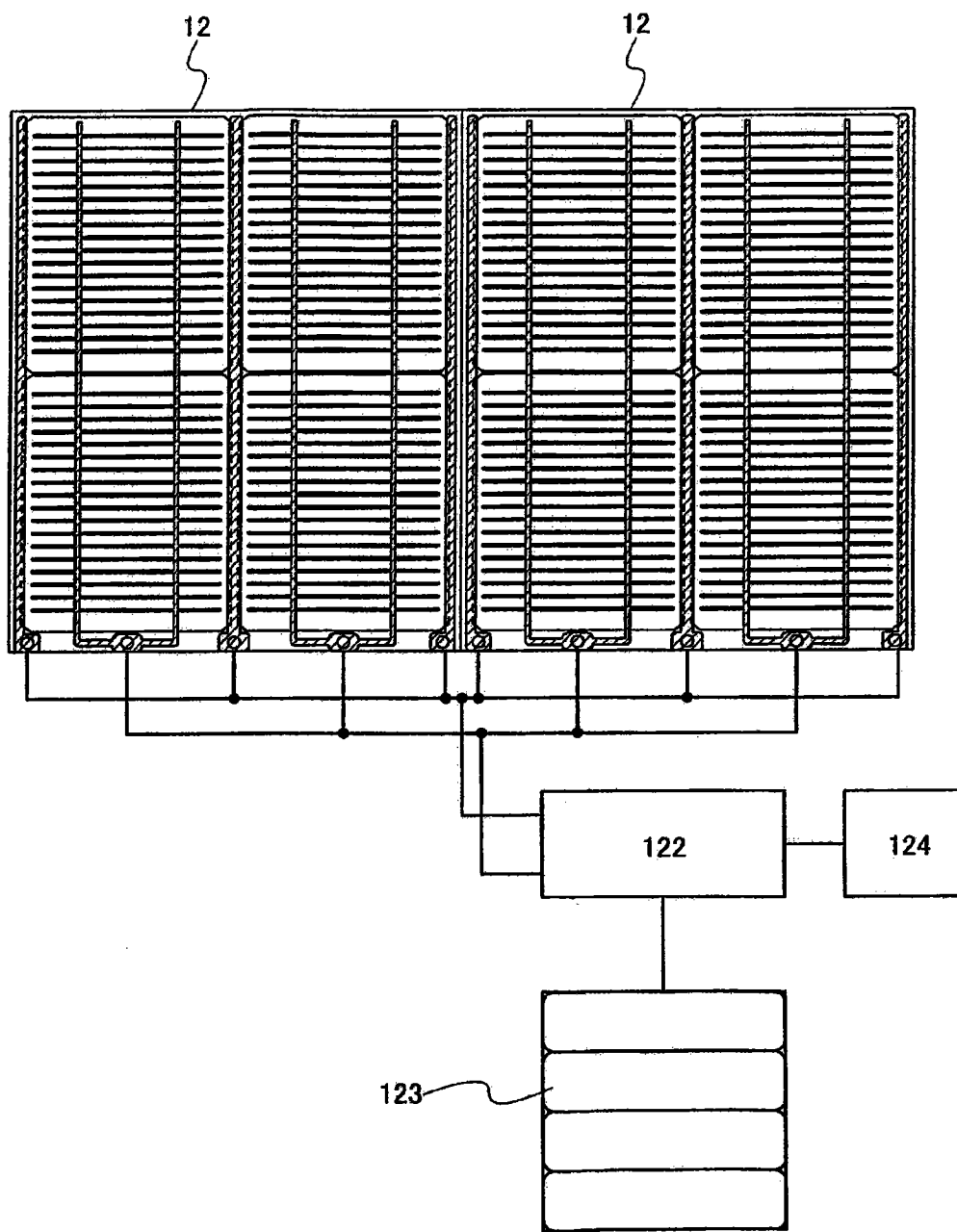


图 29

10 : 光伏转换器件, 12 : 太阳能光伏模块, 100 : 单晶半导体衬底,
 101 : 转移用半导体衬底, 102 : 切割线, 103 : 切割线,
 104 : 角部, 105 : 支承衬底, 106 : 保护膜, 107 : 第一杂质半导体层,
 108 : 第一电极, 109 : 受损层, 110 : 接合层, 111 : 阻挡层,

112 :单晶半导体层, 112a :单晶半导体层, 112b :单晶半导体层,
113 :第二杂质半导体层, 113a :第二杂质半导体层,
113b :第二杂质半导体层, 114 :辅助电极, 115 :第二电极,
116 :抗反射膜, 117 :离子束, 118 :激光束, 119 :绝缘层,
120 :第一背面电极, 121 :第二背面电极, 122 :充电控制器电路,
123 :可充电电池, 124 :负载, 126 :矩形区, 200 :离子源, 201 :灯丝,
202 :灯丝电源, 203 :电源控制器, 204 :供气部分, 205 :提取电极系统,
206 :安装板, 207 :质量分析管, 208 :质量分析仪, 209 :排气系统,
210 :激光振荡器, 211 :光学系统, 212 :喷气管, 213 :供气部分,
214 :流速控制部分, 215 :气体加热部分, 216 :供气部分,
217 :圆柱透镜阵列, 218 :圆柱透镜, 219 :反射镜, 220 :平板圆柱透镜,
221 :光引入窗口, 222 :衬底平台, 223 :导轨, 224 :滑块