

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410081684.9

[51] Int. Cl.

H01L 21/20 (2006.01)

H01L 21/324 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)

G02F 1/37 (2006.01)

G02B 27/00 (2006.01)

B23K 26/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100557771C

[22] 申请日 2004.12.24

审查员 赵 星

[21] 申请号 200410081684.9

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

[30] 优先权

代理人 王 勇

[32] 2003.12.26 [33] JP [31] 432504/03

[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 田中幸一郎 山本良明

[56] 参考文献

US2002/0094008A1 2002.7.18

JP6 - 201333A 1994.7.19

Ultrafast laser - induced crystallization of amorphous siliconfilms. Tae Y. Choi et al. Society of Photo. Optical Instrumentation Engineers, Vol. 42 No. 11. 2003

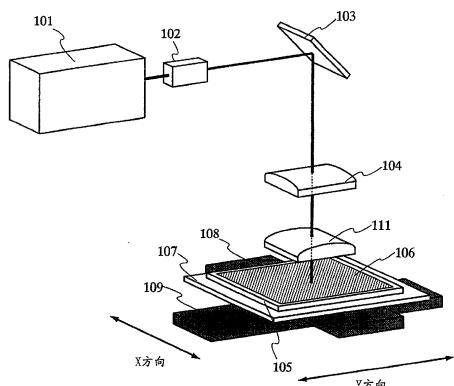
权利要求书 4 页 说明书 26 页 附图 9 页

[54] 发明名称

激光照射方法以及晶质半导体膜的制作方法

[57] 摘要

即使适当地对光束点自身的能源分布进行整形以在相同条件下执行激光照射，然而供应给被照射物面中的能源也会产生(激光照射的)不均匀。另外，如果在这种照射能源不均匀的情况下晶化半导体膜以形成晶质半导体膜，就会在该膜内产生结晶性的不均匀，从而使利用该膜制成的半导体元件产生特性的不均匀。在本发明中，当对设置或形成在衬底上的被照射物照射激光束时，将该激光束的脉宽设定为 psec (10^{-12} sec) 左右，或者照射短于此的极短脉冲的激光束。



1. 一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上形成非晶半导体膜；

在沿扫描方向扫描衬底时，利用从脉冲激光振荡器发射出的激光束照射所述非晶半导体膜，从而形成沿扫描方向连续生长的晶粒，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 2nd$ 。

2. 根据权利要求 1 的半导体器件的制作方法，其中从所述脉冲激光振荡器发射出的所述激光束被非线形光学元件转换为二次谐波。

3. 根据权利要求 1 的半导体器件的制作方法，其中所述非晶半导体膜包括硅膜。

4. 根据权利要求 1 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束垂直入射于所述非晶半导体膜。

5. 根据权利要求 1 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束斜着入射于所述非晶半导体膜。

6. 根据权利要求 1 的半导体器件的制作方法，其中所述半导体器件被安装在包括选自个人计算机、摄像机、移动计算机、目镜型显示器、播放机、数码相机、蜂窝式电话、便携式书以及显示器的电子器件中。

7. 根据权利要求 1 的半导体器件的制作方法，其中激光束的振荡频率大于或等于 10MHz 。

8. 一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上形成非晶半导体膜；

在沿扫描方向扫描衬底时，利用从脉冲激光振荡器发射出的激光束照射所述非晶半导体膜，从而形成沿扫描方向连续生长的晶粒，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 4nd$ 。

9. 根据权利要求 8 的半导体器件的制作方法，其中从所述脉冲激光振荡器发射出的所述激光束被非线形光学元件转换为二次谐波。

10. 根据权利要求 8 的半导体器件的制作方法，其中所述非晶半导体膜包括硅膜。

11. 根据权利要求 8 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束垂直

入射于所述非晶半导体膜。

12. 根据权利要求 8 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束斜着入射于所述非晶半导体膜。

13. 根据权利要求 8 的半导体器件的制作方法，其中所述半导体器件被安装在包括选自个人计算机、摄像机、移动计算机、目镜型显示器、播放机、数码相机、蜂窝式电话、便携式书以及显示器的电子器件中。

14. 根据权利要求 8 的半导体器件的制作方法，其中激光束的振荡频率大于或等于 10MHz。

15. 一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上形成非晶半导体膜；

在沿扫描方向扫描衬底时，以从脉冲激光振荡器发射出的激光束照射所述非晶半导体膜，从而形成沿扫描方向连续生长的晶粒，

其中，射入所述非晶半导体膜的所述激光束和被所述衬底的背面反射的激光束在相当于所述激光束脉宽的 10% 或更少的时间，同时照射所述非晶半导体膜的某一点。

16. 根据权利要求 15 的半导体器件的制作方法，其中从所述脉冲激光振荡器发射出的所述激光束被非线形光学元件转换为二次谐波。

17. 根据权利要求 15 的半导体器件的制作方法，其中所述非晶半导体膜包括硅膜。

18. 根据权利要求 15 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束垂直入射于所述非晶半导体膜。

19. 根据权利要求 15 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束斜着入射于所述非晶半导体膜。

20. 根据权利要求 15 的半导体器件的制作方法，其中所述半导体器件被安装在包括选自个人计算机、摄像机、移动计算机、目镜型显示器、播放机、数码相机、蜂窝式电话、便携式书以及显示器的电子器件。

21. 根据权利要求 15 的半导体器件的制作方法，其中激光束的振荡频率大于或等于 10MHz。

22. 一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在沿扫描方向扫描衬底时，利用从脉冲激光振荡器发射出的激光束照射形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的晶质半导体膜以形成沿扫描方向连续生长的晶粒，从而改善该晶质半导体膜的结晶性，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 2nd$ 。

23. 根据权利要求 22 的半导体器件的制作方法，其中从所述脉冲激光振荡器发射出的所述激光束被非线形光学元件转换为二次谐波。

24. 根据权利要求 22 的半导体器件的制作方法，其中所述晶质半导体膜包括硅膜。

25. 根据权利要求 22 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束垂直入射于所述晶质半导体膜。

26. 根据权利要求 22 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束斜着入射于所述晶质半导体膜。

27. 根据权利要求 22 的半导体器件的制作方法，其中所述半导体器件被安装在包括选自个人计算机、摄像机、移动计算机、目镜型显示器、播放机、数码相机、蜂窝式电话、便携式书以及显示器的电子器件。

28. 根据权利要求 22 的半导体器件的制作方法，其中激光束的振荡频率大于或等于 10MHz。

29. 一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在沿扫描方向扫描衬底时，利用从脉冲激光振荡器发射出的激光束照射形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的晶质半导体膜以形成沿扫描方向连续生长的晶粒，从而改善该晶质半导体膜的结晶性，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 4nd$ 。

30. 根据权利要求 29 的半导体器件的制作方法，其中从所述脉冲激光振荡器发射出的所述激光束被非线形光学元件转换为二次谐波。

31. 根据权利要求 29 的半导体器件的制作方法，其中所述晶质半导体膜包括硅膜。

32. 根据权利要求 29 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束垂直入射于所述晶质半导体膜。

33. 根据权利要求 29 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束斜着入射于所述晶质半导体膜。

34. 根据权利要求 29 的半导体器件的制作方法，其中所述半导体器件被安装在包括选自个人计算机、摄像机、移动计算机、目镜型显示器、播放机、数码相机、蜂窝式电话、便携式书以及显示器的电子器件。

35. 根据权利要求 29 的半导体器件的制作方法，其中激光束的振荡频率大于或等于 10MHz。

36. 一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在沿扫描方向扫描衬底时，利用从脉冲激光振荡器发射出的激光束照射形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的晶质半导体膜以形成沿扫描方向连续生长的晶粒，从而改善该晶质半导体膜的结晶性，

其中，射入所述晶质半导体膜的所述激光束和被所述衬底的背面反射的激光束在相当于所述激光束脉宽的 10% 或更少的时间，同时照射所述晶质半导体膜的某一点。

37. 根据权利要求 36 的半导体器件的制作方法，其中从所述脉冲激光振荡器发射出的所述激光束被非线形光学元件转换为二次谐波。

38. 根据权利要求 36 的半导体器件的制作方法，其中所述晶质半导体膜包括硅膜。

39. 根据权利要求 36 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束垂直入射于所述晶质半导体膜。

40. 根据权利要求 36 的半导体器件的制作方法，其中所述激光束斜着入射于所述晶质半导体膜。

41. 根据权利要求 36 的半导体器件的制作方法，其中所述半导体器件被安装在包括选自个人计算机、摄像机、移动计算机、目镜型显示器、播放机、数码相机、蜂窝式电话、便携式书以及显示器的电子器件。

42. 根据权利要求 36 的半导体器件的制作方法，其中激光束的振荡频率大于或等于 10MHz。

激光照射方法以及晶质半导体膜的制作方法

技术领域

本发明涉及一种激光照射方法，尤其涉及能够对照射对象执行均匀退火的激光照射方法。另外，本发明涉及晶质半导体膜的制作方法，尤其涉及生产量高且结晶性不均匀少的晶质半导体膜的制作方法。

背景技术

在激光退火中，为了给被照射物施加均匀的激光能源，适当选择线状射束的射束轮廓很重要。

从激光振荡器发射出的激光束的光束点由于带有大的能源分布，如果照原样发射出去，则会引起因位置不同而导致的被照射面内的激光照射强度的不均匀。

因为上述理由，常规上通过使用一个或多个柱状透镜阵列的光学系统，重叠分开的激光束的光束点，从而实现光束点能源分布的均匀化。另外，还有一个提案是通过在如上述的光学系统中增加一个或多个柱状透镜，从而制作光束点的能源分布良好的线形射束（参考专利文件1）。

如上所述，根据具有均匀能源分布的光束点的激光来执行激光退火，可以对被照射物执行均匀的退火。

专利文件 1

日本专利公开 H10-153746

但是，即使适当地对这样的光束点自身的能源分布进行整形以在相同条件下执行激光照射，然而供应给被照射物面内的能源也会产生（激光照射的）不均匀。另外，如果在这样照射能源不均匀的情况下晶化半导体膜以形成晶质半导体膜，就会使该膜内产生结晶性的不均匀，从而使利用该膜制成的半导体元件产生特性的不均匀。

发明内容

鉴于以上问题，本发明的目的是提供一种激光照射方法，该方法能够抑制在被照射物面内产生的照射能源不均匀。

另外，本发明还有一个目的是提供一种晶质半导体膜的制作方法，该方法能够制作在膜内结晶性均匀的晶质半导体膜。

公开在本发明的结构之一，一种激光照射方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的被照射物照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 2nd$ 。

公开在本发明的其他结构，一种激光照射方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的被照射物照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，

其中，所述激光束的波长被非线形光学元件转换，

并且，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 2nd$ 。

公开在本发明的其他结构，一种激光照射方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的被照射物照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 4nd$ 。

公开在本发明的其他结构，一种激光照射方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的被照射物照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，

其中，所述激光束的波长被非线形光学元件转换，

并且，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 4nd$ 。

公开在本发明的其他结构，一种激光照射方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的被照射物照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，

其中，射入所述被照射物的激光束和被所述衬底的背面反射的激光束在相当于所述激光束脉宽的 10%或更少的时间，同时照射所述被照射物的某一点。

公开在本发明的其他结构，一种激光照射方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的被照射物照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，

其中，所述激光束的波长被非线形光学元件转换，

并且，射入所述被照射物的激光束和被所述衬底的背面反射的激光

束在相当于所述激光束脉宽的 10%或更少的时间，同时照射所述被照射物的某一点。

公开在本发明的其他结构，一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

· 在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上形成非晶半导体膜；

对所述非晶半导体膜照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，从而形成晶质半导体膜，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 2nd$ 。

本发明的其他结构，一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上形成非晶半导体膜；

对所述非晶半导体膜照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，从而形成晶质半导体膜，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述激光束的脉宽 t 满足不等式 $ct < 4nd$ 。

公开在本发明的其他结构，一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上形成非晶半导体膜；

对所述非晶半导体膜照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，从而形成晶质半导体膜，

其中，射入所述非晶半导体膜的激光束和被所述衬底的背面反射的激光束在相当于所述激光束脉宽的 10%或更少的时间，同时照射所述被照射物的某一点。

公开在本发明的其他结构，一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的晶质半导体膜照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，从而改善该晶质半导体膜的结晶性，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述脉冲激光振荡器具有的脉宽 t 满足不等式 $ct < 2nd$ 。

公开在本发明的其他结构，一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的晶质半导体膜照射从脉

冲激光振荡器发射出的激光束，从而改善该晶质半导体膜的结晶性，

其中，如将真空中的光速定义为 c ，则所述脉冲激光振荡器具有的脉宽 t 满足不等式 $ct < 4nd$ 。

公开在本发明的其他结构，一种半导体器件的制作方法，包括以下步骤：

对形成在折射率为 n 且厚度为 d 的衬底上的晶质半导体膜照射从脉冲激光振荡器发射出的激光束，从而改善该晶质半导体膜的结晶性，

其中，射入所述晶质半导体膜的激光束和被所述衬底的背面反射的激光束在相当于所述激光束脉宽的 10%或更少的时间，同时照射所述被照射物的某一点。

值得注意的是，本发明的半导体器件的制作方法可以被应用于集成电路或半导体显示器件的制作方法。半导体显示器件包括例如液晶显示器件、以有机发光元件为典型的在各个像素内配置发光元件的发光显示器件、DMD（数码微镜器件，Digital Micromirror Device）、PDP（等离子体显示器，Plasma Display Panel）、FED（场致发射显示器，Field Emission Display）等。

使用本发明的激光照射方法，可以对被照射物执行更加均匀的激光照射。

而且，应用本发明的晶质半导体膜的制作方法，可以将被照射物的均匀晶化，因此可以高产量地获取特性良好的晶质半导体膜。另外，使用由根据本发明的晶质半导体膜的制作方法而被晶化的晶质半导体膜制作的元件可以减少元件特性的不均匀。

附图说明

在附图中，

图 1 是表示本发明使用的激光照射装置的图；

图 2 是表示激光束的扫描路径的图；

图 3 是表示本发明使用的激光照射装置的图；

图 4A 至图 4D 是表示使用本发明制作半导体器件时的工艺图 1；

图 5A 和图 5B 是表示使用本发明制作半导体器件时的工艺图 2；

图 6A 至图 6C 表示发光显示器件的例子；

图 7A 至图 7C 是表示常规的为防止干涉而使用的方法的图；

图 8A 至图 8F 是表示应用了本发明的电子器件；

图 9A 至图 9C 是表示应用了本发明的电子器件。

本发明的选择图是图 1

具体实施模式

下面给出本发明的实施模式的说明。值得注意的是，本发明可以以多种不同形式而被执行，只要是本领域的人员就很容易明白本发明的形式、以及详情等可以被更改或修改。所以，对本发明的解释不受本发明的实施模式所记载内容的限制。

在本实施模式中，当给设置或形成在衬底上的被照射物照射激光束时，照射的该激光束的脉宽为 $psec$ ($10^{-12} sec$) 左右；或照射低于此的极短脉冲的激光束。

通过应用该激光照射方法，可以使被照射物面内的照射能源强度均匀。

根据上述结构可以解决问题，其理由如下。

本发明的发明者们认为当照射激光时在被照射物内产生的照射能源不均匀是因为直接照射的激光束（原始射束）和被衬底背面反射的再次侵入到被照射物的激光束（次级射束）的干涉而引起的。并且该干涉反映了衬底的弯曲或凸凹。

激光退火是被照射物吸收具有某种波长的电磁波的激光束并在吸收的部分产生热，根据该热而被执行的。但是，当物质吸收具有某种波长的电磁波时，依据该物质而具有固定的吸收系数，当对没有足够厚度的被照射物照射吸收系数较小的波长的激光时，被照射物吸收不了的激光有可能穿透被照射物。

例如当对形成在玻璃衬底上的非晶硅膜照射波长为 $532nm$ 的 Nd:YAG 激光器的二次谐波时，如果非晶硅膜的膜厚是 $200nm$ 或更多则可以将照射的激光几乎都吸收掉，照射的激光不穿透该硅膜。但是如果其厚度少于 $200nm$ ，则该非晶硅膜吸收不了的激光束就会穿透该硅膜。而透过的激光束的一部分被玻璃衬底表面反射，或者一部分被玻璃衬底的底面反射，这些反射的激光再次照射硅膜。如果玻璃衬底上有微小的弯斜或凸凹，则在该部分被反射的次级射束相对于玻璃衬底表面的角度会被改变。角度被改变的次级射束根据其角度使从玻璃衬底底面到玻璃衬底表面的光路长产生变化，当该次级射束和直接照射的原始射束发生干涉时，会出现总是互相减弱的地方和总是互相增强的地方。换言之，在硅膜上形

成驻波，该分布被纪录在硅膜上。

目前被用于平面显示器等的薄膜半导体器件的衬底所使用的玻璃衬底的厚度在 $1000\mu\text{m}$ 前后，常用的是厚 $700\mu\text{m}$ 左右的衬底。 $700\mu\text{m}$ 的厚度是波长的 1000 倍以上的厚度，而以 1000 分之一的精度控制衬底整体的板厚是相当困难的，不难想象衬底中存在着上述微小的歪斜或凸凹。

针对于此，本发明为了减少导致干涉的被衬底背面反射的次级射束和射入的原始射束在被照射物中同时存在的时间，或不使其同时存在，从而设定脉宽为 psec (10^{-12}sec) 左右，或设定为低于此的极短脉冲，其结果是降低了相对于被照射面的激光照射时间出现干涉的时间比例，或者使该时间比例为 0，从而减弱干涉的影响，或者完全消除干涉。

下文中将以应用本发明的一个模式为例简单说明本发明的原理。由于激光束是电磁波，其速度被认为和光速相同（大约 30 万 km/s ）。当将脉宽设定为本发明的 10ps 时，从一个脉冲的激光发射开始到终结期间 (10ps)，射束大约前进 3mm 。也就是说，可以视一个脉冲为 3mm 。

如将脉宽为 10psec ，一个脉冲为 3mm 的激光照射在形成于厚 $700\mu\text{m}$ 左右的衬底上的被照射物上，则直接照射的原始射束和被衬底背面反射的次级射束出现干涉的时间为照射时间的 50% 左右。如果使脉宽下降到 5psec 左右，则有可能使干涉完全不出现。据此，可以抑制因为透过被照射物的激光束的反射而引起的干涉，因此，可以执行均匀的激光照射。

另一方面，用于常规的激光退火的脉冲激光的脉宽为几十 nsec 至几百 nsec 左右。所以，一个脉冲的激光发射期间中激光束前进 3 至 100m 。在这种情况下，可以换句话说，一个脉冲射出 $3\text{-}100\text{m}$ 的激光束。

假设将脉宽为 10nsec 、一个脉冲为 3m 的用于常规的脉宽的激光照射在形成于和上述条件相同的厚 $700\mu\text{m}$ 左右的衬底上的被照射物上，这种情况下，得出在实质照射时间的 99.5% 的期间内有在被照射物中发生着干涉的结果。换言之，如将脉宽从 10nsec 转换为 10psec ，则可以得出能够将因干涉影响导致的照射不均匀减少至大约一半的结果，如果转换为 5psec ，则可以得出在计算上能够消除起因于这种结构的干涉的结果。

上述是大概念上的结论，在下文中将进行更详细的说明。光在某种媒质中前进时，该媒质的折射率影响光的前进速度。例如，在折射率 $n=1$ 的空气中前进的光如果入射到折射率 $n=1.5$ 的玻璃中，则其速度是在空气中的 $1/1.5$ 。考虑到这个因素，在使用厚度为 d ，折射率为 n 的衬底时，

不因被衬底背面反射的次级射束导致干涉的脉宽 t 满足以下的公式。注意，公式中 c 表示真空中的光速。

公式 1

$$ct < 2nd$$

根据该公式，可以知道，当用厚度 $d=0.7\text{mm}$ 的玻璃衬底（折射率 $n=1.5$ ）晶化非晶硅膜时，完全不发生干涉的脉宽 t 是约 7psec 或更短。注意，以上是在假设真空中的光速 $c=30\text{万 km/sec}$ 的情况下算出的结果。

如用满足上述公式 1 的脉宽的激光束来执行激光晶化或激光退火，则即使将激光束垂直入射于被照射物，也可以抑制因衬底的反射而引起的干涉，从而可以使非晶硅膜上的照射能源均匀。

另外，在通过激光照射以晶化非晶半导体膜的情形中，如果激光束的能源摇摆很大，则不能进行均匀的晶化，从而使以多晶半导体膜作为激活层的 TFT 的特性，例如导通电流、迁移度等产生不均匀。注意，即使是没有出现干涉的状态，激光束也有 $\pm 1\%$ 的能源摇摆，所以可以认为当形成用于半导体显示器件的像素部分的 TFT 时，通过抑制干涉使该能源摇摆在小于 $\pm 1\%$ 左右的范围，能够防止在像素部分看到起因于干涉的亮度的不均匀。

另一方面，当对形成在玻璃衬底上的非晶半导体膜照射二次谐波的激光束时，该激光束的大约一半在该非晶半导体膜的表面被反射，剩下的一半进入到非晶半导体膜内。被用于半导体显示器件所包括的 TFT 的激活层的半导体膜因为其厚度是大约几十 nm 左右，如果考虑非晶半导体的吸收系数，则可以认为进入到非晶半导体膜内的激光束中的大约一半被非晶半导体膜吸收，剩下的一半进入到玻璃衬底。而且，进入到玻璃衬底的光在衬底背面有大约 4% 被反射而重新进入到非晶半导体膜内。因此，相对于从激光振荡器入射到非晶半导体膜的光，在玻璃衬底背面反射而入射到非晶半导体膜的光的比例大约是 2%，如果该两个激光束发生干涉，则产生 $\pm 2\%$ 的能源摇摆。

所以，为了抑制干涉使该能源摇摆在小于 $\pm 1\%$ 左右的范围内，就要将干涉时间缩短在少于脉宽 t 的一半的范围。理想的是，该两个激光束同时照射非晶半导体膜的某一点的时间不多于激光束的脉宽的 10%。当缩短到少于脉宽 t 的一半时，根据公式 1，可以得知激光束的脉宽 t 满足以下表示的公式 2。

公式 2

$$ct < 4nd$$

注意，被照射物即使不是非晶半导体膜，脉宽根据想将通常本应产生的该能源摇摆减少到原本的几%而变化。当欲将通常本应产生的该能源摇摆减少到该能源摇摆的 X% 时，只要满足以下的公式 3 就可以。

公式 3

$$ct(100-X)/100 < 2nd$$

另外，为了解决上述干涉问题，还有一个方法是在半导体膜内在使射入的原始射束和被衬底背面反射的次级射束不重叠的情况下从斜面照射激光束。图 7A 至图 7C 表示借助该斜面照射来防止干涉时的在照射面的光束点和被衬底背面反射的次级射束的状态。

图 7A 表示为了不使入射的原始射束 301 和被衬底 303 背面反射的次级射束 302 在光束点的长轴方向上重叠而给入射的原始射束 301 赋予角度的情形。像这样，当为了不使入射的原始射束 301 和被衬底 303 背面反射的次级射束 302 在光束点 304 的长轴方向上重叠而赋予角度时，必须赋予大的角度，而这样要整形照射面上的光束点 304 就变得困难。图 7B、图 7C 表示赋予入射角度以不使入射的原始射束 301 和被衬底 303 背面反射的次级射束 302 在光束点 304 的短轴方向上重叠的情形。在这种情况下，虽然不必如图 7A 那样必须赋予角度，但图 7B、图 7C 的照射状况就会不同，例如在晶化半导体膜时，结晶特性就会不同。也就是说，导致在激光照射的去路和归途中结晶特性不同的结果。因此，为了获取衬底整体上的均匀的结晶激光的照射状态，就只能进行单程照射，也就是要牺牲生产量。

但是如果应用本实施模式的激光照射方法，则可以将激光束垂直入射于半导体膜，这样，对在半导体膜上的光束点的整形就变得容易，即使不牺牲生产量也可以对激光照射部分的整体进行均匀的激光照射。

实施例 1

图 1 中的 101 表示脉冲振荡的激光振荡器。只要能够振荡出 10psec 或更短的极短脉冲激光束，任何激光器都能够被用于本发明的激光振荡器。例如，可以使用受激准分子激光器、Ar 激光器、Kr 激光器、CO₂ 激光器、YAG 激光器、Y₂O₃ 激光器、YVO₄ 激光器、YLF 激光器、YAlO₃ 激光器、GdVO₄ 激光器、陶瓷激光器、玻璃激光器、红宝石激光器、紫翠玉激光器、Ti:

蓝宝石激光器、铜蒸气激光器、或金蒸气激光器等等。

本实施例使用 8W 的 YVO₄ 激光器。图 1 的 102 表示非线形光学元件。理想的是使用稳定形共振器作为激光振荡器 101，并使用 TEM₀₀ 振荡模式。TEM₀₀ 振荡模式的激光具有高斯强度分布，有优越的集光性，所以容易加工光束点。从激光振荡器 101 振荡出来的激光束如果是原始的波长，因为本实施例的作为被照射物 106 的非晶硅膜的吸收率低，不能高效率地供应能源给非晶硅膜；所以借助非线形光学元件 102 将振荡出来的激光束转换为二次谐波（532nm）。值得注意的是，激光器的种类以及波长也可以不是 YVO₄ 激光器的二次谐波，可以根据被照射物 106 来选择。至于振荡频率，只要在本发明的范围内就没有特殊的限制，在本实施例中设定为 80MHz，脉宽设定为 10psec。

另外，本发明的激光照射装置可以将非线形光学元件 102 设置在激光振荡器 101 所具有的共振器内，也可以在基波的激光共振器之外设置具备其他非线形光学元件的共振器。前者具有装置小型化、不需要精密控制共振器的长度的优点，后者具有能够忽略基波与高次谐波得相互作用的优点。

在非线形光学元件 102 中，通过使用非线形光学常数比较大的 KTP (KTiOPO₄)、BBO (β -BaB₂O₄)、LBO (LiB₃O₅)、CLBO (CsLiB₆O₁₀)、GdYCOB (YCa₄O (B₃O₅)₃)、KDP (KD₂P₀₄)、KB₅、LiNbO₃、Ba₂NaNb₅O₁₅ 等的结晶，特别是通过使用 LBO 或 BBO、KDP、KTP、KB₅、CLBO 等，就能够提高从基波到高次谐波的变换效率。

从激光器振荡器 101 振荡出来的激光束，借助反射镜 103，其前进方向被转换为垂直入射被照射物的方向。如果使用脉宽为 nsec (10^{-9} 秒) 级的通常的激光器，则要设置 5 至 30 度左右的入射角以便防止由在衬底背面被反射的次级射束引起的干涉。但是，如果使用本发明的脉宽为 10psec 或更少的激光束来进行激光照射，则可以抑制由在衬底背面被反射的次级射束引起的干涉。在本实施例中，可以将激光束垂直射入被照射物。因为可以将激光束垂直射入被照射物，所以光束点的能源分布可以在维持良好状态的情况下在去路和归途双程执行同样的激光照射，从而可以高生产量地执行均匀的激光照射。使用借助这样的均匀能源照射而被激光退火或激光晶化的被照射物制作的元件可以将元件之间的特性不均匀控制得很小，结果是可以提供品质稳定的产品。

前进方向被改变的激光束，借助柱状透镜 104 和 111，其光束点的形状被加工，最终被照射到安装在载物台 107 上的被照射物。在图 1 中，形成在衬底 105 上的半导体膜 106 相当于被照射物，反射镜 103 和柱状透镜 104、111 相当于将激光束聚光在半导体膜 106 上的光学系统。

使用者可以适当设定两个柱状透镜 104 和 111 的焦距，但是需将柱状透镜 104 和 111 中距离被照射物近的柱状透镜 111 的焦距缩短。例如，可以将距被照射物近的柱状透镜 111 的焦距设为 20mm，而将距被照射物远的柱状透镜 104 的焦距设为 150mm。此时，虽然设定柱状透镜 111 和被照射物的距离为 20mm，但是通过将柱状透镜 111 和被照射物 106 的距离设为 100mm 左右，可以将光束点的形状形成为在 X 方向上是长线状的射束。

注意在用激光晶化半导体膜的晶化工艺中，将光束点加工成在单方向上为长椭圆形或矩形，在该光束点的短轴方向扫描晶化半导体膜，可以提高生产量。加工后的激光变成椭圆形，这是因为激光的原来形状是圆形或近于圆形。激光的原来形状如果是长方形，用柱面透镜在单方向上扩大该长方形，使长轴变得更长，如此加工后再使用。另外，分别加工多个激光使其在单方向上成为长椭圆形或矩形，然后连接多个激光，在单方向上制作更长的激光，从而进一步提高生产量。在本实施例中，将激光束整形为在长轴方向的长度为 300μm，在短轴方向的长度为 10μm 的线状射束。

如图 1 所示，当使用形成有半导体膜 106 的衬底 105 作为被照射物时，并当半导体膜 106 是非晶半导体时，优选在照射激光束之前，对该半导体膜 106 执行热退火。具体来说，可以执行例如氮气氛中的 500°C 温度下、1 小时左右的热退火。通过该热退火工艺，可以使半导体膜中的氢降低在 1×10^{20} atoms/cm³ 或更少。如果半导体膜中的氢浓度很高，则当照射强激光时，氢元素一下子被释放出来，这样就有可能破坏膜。

另外，还可以实施使用了金属催化剂的结晶化。即使是对于实施了热退火处理的半导体膜，或者对于使用金属催化剂而结晶化的半导体膜，最合适的激光照射条件都是大致相同的。

载物台 107 借助在 X 轴方向上进行扫描的自动机（X 轴用的自动机）108 和在 Y 轴方向上进行扫描的自动机（Y 轴用的自动机）109，可以在与衬底 105 平行的平面内以 X、Y 方向移动。

而且，使用 Y 轴用的单轴自动机 109 在光束点 110 的短轴方向上对载物台 107 进行扫描。注意，光束点 110 的扫描速度为几十 mm/sec~几千 mm/sec 比较合适，这里取 400mm/sec。通过该对载物台 107 的扫描，光束点 110 相对地对半导体膜 106 的表面进行了扫描。

下面用图 2 说明光束点 110 在半导体膜 106 的表面上的扫描路径。当在作为被处理物的半导体膜 106 整个面上照射激光时，在使用 Y 轴用的单轴自动机 109 来进行向一个方向的扫描后，使用 X 轴用的单轴自动机 108 来使光束点 110 在相对于根据 Y 轴用的单轴自动机 109 的扫描方向成垂直的方向上滑动。

例如，通过 Y 轴用的单轴自动机 109 来在一个方向上扫描光束点 110。在图 2 中，用 A1 来表示该扫描路径。接着，使用 X 轴用的单轴自动机 108 来使光束点 110 在相对于扫描路径 A1 成垂直的方向上滑动。该滑动的扫描路径用 B1 表示。接下来，面向与扫描路径 A1 相反的方向通过 Y 轴用的单轴自动机 109 来在一个方向上扫描光束点 110。该扫描路径用 A2 表示。接着，用 X 轴用的单轴自动机 108 来使光束点 110 在相对于扫描路径 A2 成垂直的方向上滑动。该滑动的扫描路径用 B2 表示。这样，通过按顺序反复进行通过 Y 轴用的单轴自动机 109 的扫描和通过 X 轴用的单轴自动机 108 的扫描，就能够对半导体膜 106 的整个面照射激光。

本实施例通过使用 10psec 或更少的极短脉冲的激光束，可以抑制在玻璃衬底背面被反射的次级射束的干涉，并可以执行均匀的激光照射，所以，使用根据本实施例的被激光照射的被照射物而制作的元件的特性更加稳定。

注意，能够应用于本发明的光学系统不局限于本实施例的光学系统，也可以使用其它任意的光学系统。另外，本实施例可以和实施模式组合。

实施例 2

本实施例将参考图 3 针对能够用于本发明的激光照射装置的光学系统进行说明。

激光一般以水平方向被射出，基于此，从激光振荡器 101 振荡出来的第一激光在反射镜 103 处其前进方向被转换为和垂直方向的角度成 θ 的角度（入射角）。在本实施例中 $\theta = 18^\circ$ 。前进方向被改变了的第一激光根据透镜 201 其光束点的形状被加工，然后被照射到安装在载物台 107 上的被处理物。在图 3 中，形成在衬底 105 上的半导体膜 106 相当

于被处理物。另外，在图3中，反射镜103和透镜201相当于将激光束聚光在半导体膜106上的光学系统。

图3示出了使用平凸球面透镜作为镜头201的例子。平凸球面透镜的焦距是20mm。布置该平凸球面透镜的平面部分和衬底105平行并使激光束入射到其曲面的中央。另外，平凸球面透镜的平面和半导体膜106的距离是20mm。根据上述布局，就在半导体膜106的表面形成了 $10\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 大小左右的光束点110。可以将光束点110以细长方向延伸，这是因为透镜201的散光效果。

注意，其他结构要素因和实施模式相同，所以在此省略。

在本实施例中，激光束是以倾斜方向入射，但即使激光束具有入射角度也可以应用本发明。在这种情况下，即使激光束的入射角度在不能防止由衬底背面的反射而导致干涉的范围，通过应用本发明，也可以抑制该干涉，从而可以进行均匀的激光照射。

如上所述，通过使用10psec或更少的极短脉冲的激光束，可以抑制在玻璃衬底背面被反射的次级射束的干涉，并可以执行均匀的激光照射，所以，使用根据本实施例的被激光照射的被照射物而制作的元件的特性更加稳定。

注意，能够应用于本发明的光学系统不局限于本实施例所示的光学系统，也可以使用其它任意的光学系统。另外，本实施例可以和实施模式组合。

实施例3

如果使用连续振荡的激光照射装置给半导体膜照射激光，则可以在光束点的扫描方向上获取连续成长的结晶粒。而在扫描方向上成长的晶粒所形成的区域在结晶性上相当优越。因此，如将该区域用于TFT的沟道形成区域，则可以期待获取具有极高的迁移率以及导通电流的TFT。但是，如果使用连续振荡的激光器，则有非线形光学元件的寿命短，光束点的面积小，以及对衬底的热影响大等劣势。

本发明通过使用脉宽极短的激光器，可以使振荡频率相当高。因此，可以在半导体膜被激光束融化到固化期间照射下一个脉冲的激光束。据此，和使用连续振荡的激光照射装置晶化半导体膜时同样，在光束点的扫描方向上获取连续成长的晶粒。

根据该晶化方法，振荡频率虽然很高，但因不是连续振荡而是脉冲

振荡，所以跟连续振荡的激光器相比，具有非线形光学元件的寿命长，光束点的面积大，以及对衬底的热影响小等特征，并且能够获取在扫描方向上连续成长的结晶性优越的晶粒。

如果连续振荡的激光束垂直入射到被照射物，则在衬底背面被反射的次级射束总会导致干涉，从而引起激光的照射不均匀，然而如应用本实施例的结构，则可以抑制这样的由在衬底背面被反射的次级射束导致的干涉，并且，可以获取在激光束的扫描方向上连续长大的在结晶性上特别优越的晶粒。

能够获取上述那样的在光束点的扫描方向上连续成长的晶粒的振荡频率不少于 10MHz，使用比通常使用的几十 Hz 至几百 Hz 的频率带显著高许多的频率。从用脉冲振荡对半导体膜照射激光束到半导体膜完全固化的时间被认为在几十 nsec 至几百 nsec，本实施例通过使用上述频率带，从半导体膜被激光束融化直到固化期间，可以照射下一个脉冲激光束。因此，和常规的使用脉冲振荡的激光器的情况不同，可以在半导体膜中连续移动固液界面，从而可以形成具有在扫描方向上连续成长的晶粒的半导体膜。具体来说，可以获得在扫描方向上的长度为 10μm 至 30μm，在垂直于扫描方向上的宽度为 1μm 至 5μm 左右的晶粒的集合体。

被激光照射而在扫描方向上形成成长的晶粒的区域在结晶性上非常优越。因此，如将该区域用于 TFT 的沟道形成区域，则可以期待获取具有极高的迁移率以及导通电流的 TFT。但是，当半导体膜中有不需要这样高结晶性的部分时，则可以不给该部分照射激光。或者，可以在增大扫描速度等不能获取高结晶性的条件下执行激光照射。

本实施例可以和实施模式、实施例 1 或实施例 2 组合使用。

实施例 4

本实施例将参考图 4A 至图 4D、图 5A 和图 5B 说明使用本发明的激光照射装置以及激光照射方法制作用于显示器件的半导体元件的方法。

首先，在衬底 800 上形成基底绝缘膜 801，之后形成非晶硅膜，通过激光照射使其成为晶质硅膜。

衬底 800 可以是例如玻璃衬底、石英衬底、结晶玻璃等绝缘衬底，虽然也可以使用陶瓷衬底、不锈钢衬底、金属衬底（钽、钨、钼等）、半导体衬底、塑料衬底（聚酰亚胺、丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚碳酸酯、聚芳酯、聚苯醚砜等）等，但要使用至少能承受工艺中产生的

热的材料。这些衬底可以根据需要经 CMP 等研磨被使用。本实施例使用折射率 $n=1.5$, 厚度为 0.7mm 的日本旭硝子株式会社 (Asahi Glass Co., Ltd.) 生产的 AN100 玻璃衬底。

基底膜 801 是为了防止衬底 800 中的碱金属或碱土金属扩散到晶质硅膜中而提供的。这是因为上述元素会给晶质硅膜的半导体特性带来负面影响。氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、氧氮化硅等可以作为基底膜 801 的材料，并以单层或者叠层而形成。注意，如果是没有碱金属或碱土金属扩散担忧的衬底，则不必特意提供基底绝缘膜。

在本实施例中，制作层叠结构的基底绝缘膜 801，作为第一层绝缘膜由厚度为 50nm 的氮氧化硅膜形成；作为第二层绝缘膜由厚度为 100nm 的氧氮化硅膜形成。值得注意的是，氮氧化硅膜和氧氮化硅膜中氮和氧的比例不同。前者比后者含有更多的氮。第一层基底膜根据等离子体 CVD 的方法，使用 SiH_4 、 N_2O 、 NH_3 、 H_2 作为原料气体，在压力为 40 Pa、射频功率为 50W、射频频率为 60MHz、衬底温度为 400°C 的条件下形成。第二层基底膜同样根据等离子体 CVD 的方法，使用 SiH_4 、 N_2O 作为原料气体，在压力为 40 Pa、射频功率为 150W、射频频率为 60MHz、衬底温度为 400 °C 的条件下形成。

接着，在基底绝缘膜上形成 25nm~100nm（优选 30nm~60nm）厚的非晶硅膜。作为制作方法，可以采用已知的例如溅射、减压 CVD 或等离子体 CVD 的方法。本实施例采用等离子体 CVD 的方法形成 50nm 厚的膜作为非晶硅膜。

之后通过照射激光以执行晶化工艺，但是因为该非晶质硅膜中包含大量氢，当进行晶化时如接受强烈的激光能源，该氢元素会沸腾，这样就有可能破坏膜，所以对该非晶质硅膜进行 500°C、1 小时的热处理以清除氢元素。

接着，使用本发明的激光照射装置以晶化非晶硅膜，从而形成晶质半导体膜。本实施例使用能源为 2W、 TEM_{00} 振荡模式、二次谐波 (532nm)、振荡频率为 80MHz、脉宽为 7 psec 的 YVO₄ 激光器作为激光束。注意，使用光学系统将形成在被照射物的非晶硅膜上的光束点的形状形成为短轴为 10μm，长轴为 70μm 的矩形形状。注意，本发明不受本实施例所示照射条件的限制。脉宽可以如实施模式所述那样算出，至于其他条件，使用者可以根据本发明的用途而适当选择。在本实施例中，根据该波长的激光和

使用的衬底的折射率，应用在非晶硅膜中不引起干涉的脉宽。

之后，对衬底在氮气氛中进行 500℃、1 小时的加热处理，然后根据激光退火法执行半导体膜的晶化，从而形成晶质半导体膜。扫描载物台的速度大约为几十 mm/sec~几千 mm/sec 比较合适，这里取 400mm/sec。

波长 532nm 的激光束的一部分穿透厚 50nm 的非晶硅膜而被衬底背面反射，但是由于脉宽 10psec 极窄，跟常规相比，和入射的原始射束产生干涉的时间显著减少，因此可以大大减低因干涉带来的影响。其结果，结晶状的不均匀变得相当小，从而可以制作有稳定特性的半导体元件。

注意，通过将振荡频率设定在 10MHz 或更多，可以获取在激光束的扫描方向上连续形成的长的结晶粒，并通过将该方向作为薄膜晶体管的沟道方向，可以制作特性极好的薄膜晶体管，注意，本发明不局限于此。

作为实现结晶化的方法，除了上述方法外，还包括使用促进非晶硅结晶化的元素，通过加热处理来执行晶化的方法。作为促进晶化的元素，典型的是镍。通过使用这样的促进晶化的元素，跟没有使用该元素的情况相比，因为可以在低温、短时间的条件下执行晶化工艺，所以可以使用玻璃等耐热性较差的衬底。该促进非晶硅晶化的元素除了镍，还包括铁、钯、锡、铅、钴、白金、铜、金等。可以使用其中的一种或多种。

作为上述元素的掺杂方法，可以举出例如将该元素的盐溶解在溶剂中并用旋涂法或浸渍法等进行涂敷的方法。溶剂可以使用有机溶剂或水等，但由于要直接接触硅膜，所以选择不会对半导体特性产生不良影响的溶剂是首要的。另外，对于盐来说，也是同样的。

使用促进非晶硅晶化的元素进行晶化后，可以通过照射激光来改善其结晶性。这种情况下也可以使用本发明的激光照射方法。使用的激光器以及条件因和激光晶化时的条件相同，所以在此省略相关说明。

然后，根据需要，给晶质硅膜掺杂微量的杂质以控制阈值，执行所谓的沟道掺杂。为了获取要求的阈值，用离子掺杂法掺杂硼或磷等。

然后，如图 4A 所示，按所希望的形状执行图案化，获取岛形状的晶质硅膜 801a-801d。在晶质硅膜上涂敷光致抗蚀剂，暴露出预定的掩膜形状，并烘烤，从而在晶质半导体膜上形成掩膜，利用该掩膜，根据干式蚀刻法对晶质硅膜进行蚀刻从而完成图案化。干式蚀刻法的气体可以使用 CF₄、O₂ 等。

接着，形成覆盖晶质半导体膜 801a-801d 的栅绝缘膜。用等离子体

CVD、溅射法等形成厚度约 40–150nm 的含硅的绝缘层作为栅绝缘膜。在本实施例中，用等离子体 CVD 法形成 115nm 厚的氧氮化硅膜作为栅绝缘膜。

接下来，在栅绝缘膜上形成 30nm 厚的氮化钽 (TaN) 802 作为第一导电层，并在第一导电层上形成 370nm 厚的钨 (W) 803 作为第二导电层。TaN 膜和 W 膜都可以通过溅射法形成。TaN 膜可以在氮气氛中使用 Ta 作为靶而形成，W 膜可以使用 W 作为靶而形成。

注意在本实施例中第一导电层是 30nm 厚的 TaN 膜，第二导电层是 370nm 厚的 W 膜，但是第一和第二导电层们也可以由选自 Ta、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、以及 Nd 中的任何元素，或由主要含有上述元素的合金材料或复合材料形成。此外，可以使用以掺杂有例如磷的杂质元素的多晶硅膜为代表的半导体膜。也可以使用 AgPdCu 合金。可以适当地选择它们的结合。第一导电层的膜的厚度在 20–100nm 的范围，第二导电层的膜的厚度在 100–400nm 的范围。在本实施例中，导电层使用两层的叠层，但是也可以叠置一层或三层或多层。

通过光刻曝光工艺形成由抗蚀剂构成的掩膜以对导电层进行蚀刻从而形成电极和布线。在第一蚀刻处理中，在第一和第二蚀刻条件下进行蚀刻。使用由抗蚀剂构成的掩膜进行蚀刻以形成栅电极和布线。蚀刻条件可以适当选择。

此处，使用 ICP (电感耦合等离子体) 蚀刻。第一蚀刻条件是：CF₄、Cl₂、O₂ 用作蚀刻气体，气流比率为 25/25/10 (sccm)，并在 1.0Pa 压强下，在线圈电极上施加 500W 的 RF 功率 (13.56MHz) 产生等离子体以进行蚀刻。在衬底 (样品台) 侧施加 150W 的 RF 功率 (13.56MHz)，以施加实质为负的自偏置电压。在第一蚀刻条件下蚀刻 W 膜以使第一导电层的边缘具有锥形的形状。

接下来，在第二蚀刻条件下进行蚀刻。使用气流比率为 30/30 (sccm) 的 CF₄ 和 Cl₂ 作为蚀刻气体，在残留抗蚀剂制成的掩膜的情况下，并在 1.0Pa 压强下在线圈电极上施加 500W 的 RF 功率 (13.56MHz) 以产生等离子体来进行大约 15 秒的蚀刻。在衬底 (样品台) 侧施加 20W 的 RF 功率 (13.56MHz) 以施加实质为负的自偏置电压。在混合 CF₄ 和 Cl₂ 的第二蚀刻条件下，W 膜和 TaN 膜被蚀刻到相同的程度。为了执行蚀刻而不在栅绝缘膜上残留残渣，可以以 10–20% 左右的比例增加蚀刻时间。未被电极覆盖的栅绝缘膜在该第一蚀刻处理中被蚀刻了约 20nm~50nm，根据施

加到衬底侧的偏置电压的效果，第一和第二导电层的边缘部分变为锥形。

在不除去抗蚀剂制成的掩膜的情况下进行第二蚀刻处理。使用气流比率为 24/12/24 (sccm) 的 SF₆、Cl₂ 和 O₂ 作为蚀刻气体进行第二蚀刻处理，在 1.3Pa 压强下，在线圈电极上施加 700W 的 RF 功率 (13.56MHz) 以产生等离子体来进行约 25 秒的蚀刻。将 10W 的 RF 功率 (13.56MHz) 施加到衬底 (样品台) 侧以施加实质为负的自偏置电压。W 膜通过该蚀刻被选择性地蚀刻从而形成具有第二形状的导电层。这时，第一导电层几乎没有被蚀刻。根据第一、第二蚀刻处理，形成由第一导电层 802a-802d、第二导电层 803a-803d 构成的栅电极。

在不除去抗蚀剂掩膜的情况下进行第一掺杂。这样，以低浓度将赋予 N 型的杂质掺杂到结晶半导体层中。第一掺杂可以通过离子掺杂或离子注入实现。离子掺杂可以以 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14}$ ions/cm² 的剂量、40kV~80kV 的加速电压来执行。在本实施例中离子掺杂在 50kV 的加速电压下进行。赋予 N 型的杂质可以是以磷 (P) 或砷 (As) 为代表的周期表 15 族的元素。本实施例中使用磷 (P)。第一导电层被用作掩膜以形成第一杂质区 (N⁻区)，该区以自对准的方式掺入低浓度杂质。

接下来，除去抗蚀剂制成的掩膜。然后，形成新的抗蚀剂制成的掩膜，在比第一掺杂更高的加速电压下进行第二掺杂。第二掺杂中也加入赋予 N 型的杂质。离子掺杂可以使用 $1 \times 10^{13} \sim 3 \times 10^{15}$ ions/cm² 的剂量、60kV~120kV 的加速电压执行。在本实施例中离子掺杂在 3.0×10^{15} ions/cm² 的剂量和 65kV 的加速电压下进行。第二掺杂使用第二导电层作为抵挡杂质元素的掩膜进行掺杂，以将杂质元素掺入第一导电层下的半导体层中。

通过第二掺杂，在晶体半导体层与第一导电层重叠的部分中的不与第二导电层重叠的部分、或不被掩膜覆盖的部分上形成第二杂质区 (N⁻区)。赋予 N 型的杂质以范围为 1×10^{18} 原子/cm³~ 5×10^{19} 原子/cm³ 的浓度被掺入到第二杂质区。此外，赋予 N 型的杂质以范围为 1×10^{19} 原子/cm³~ 5×10^{21} 原子/cm³ 的高浓度被掺杂到即不被第一形状的导电层覆盖、也不被掩膜覆盖的暴露的部分 (第三杂质区：N⁺区)。半导体层存在着 N⁺区，其一部分只被掩膜覆盖。这部分的赋予 N 型的杂质的浓度相比在第一掺杂中掺入的杂质浓度未改变，所以继续称作为第一杂质区 (N⁻区)。

注意在本实施例中每个杂质区都通过两次掺杂处理形成，然而，本发明并不仅限于此。可以通过适当地确定条件，执行一次或多次掺杂以形成具有所需杂质浓度的杂质区。

接下来，除去抗蚀剂制成的掩膜后，形成新的抗蚀剂制成的掩膜以进行第三掺杂。通过第三掺杂，在形成 P 沟道 TFT 的半导体层中形成第四杂质区（P⁺区）和第五杂质区（P⁻区），其中加入了赋予与第一和第二杂质区中的杂质元素相反导电性的杂质元素。

在第三掺杂中，第四杂质区（P⁺区）在不被抗蚀剂掩膜覆盖并且不与第一导电层重叠的部分上形成。第五杂质区（P⁻区）在不被抗蚀剂掩膜覆盖、但与第一导电层重叠、并且不与第二导电层重叠的部分上形成。赋予 P 型的杂质元素可以是硼（B）、铝（Al）、镓（Ga）等，其中每个均是周期表 13 族的元素。

在本实施例中，通过使用乙硼烷（B₂H₆）的离子掺杂将硼用作 P 型杂质元素以形成第四和第五杂质区。使用 1×10^{16} ions/cm² 的剂量以及 80kV 的加速电压进行离子掺杂。

注意，当执行第三掺杂处理时，形成 N 沟道型 TFT 的部分被由抗蚀剂构成的掩膜覆盖。

通过第三掺杂，第四杂质区（P⁺区）以及第五杂质区（P⁻区）被掺入不同浓度的磷。然而，在所有的第四杂质区（P⁺区）和第五杂质区（P⁻区）中，进行第三掺杂以使赋予 P 型的杂质元素的浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{21}$ 原子/cm²。因此，第四杂质区（P⁺区）以及第五杂质区（P⁻区）毫无疑问地作为 P 沟道 TFT 的源区和漏区。

在本实施例中，第四杂质区（P⁺区）以及第五杂质区（P⁻区）通过一次的第三掺杂形成，然而，第四杂质区（P⁺区）以及第五杂质区（P⁻区）也可以根据每次掺杂条件通过多次掺杂处理形成。

根据上述掺杂处理，形成第一杂质区（N⁻⁻区）805；第二杂质区（N⁻区）804；第三杂质区（N⁺区）806、807；第四杂质区（P⁺区）808、809；以及第五杂质区（P⁻区）810、811。

接下来，除去抗蚀剂掩膜并形成第一钝化膜 812。作为第一钝化层，使用等离子体 CVD 或溅射形成 100nm~200nm 厚的含硅的绝缘膜。

在本实施例中，使用等离子体 CVD 形成厚度为 100nm 的含氮的氧化硅膜。在使用含氮的氧化硅膜的情况下，可以使用根据等离子体 CVD 法

由 SiH₄、N₂O 和 NH₃形成的氧氮化硅膜，或使用由 SiH₄、N₂O 形成的氧氮化硅膜，或使用用 Ar 稀释 SiH₄、N₂O 的气体而形成的氧氮化硅膜。此外，可以使用由 SiH₄、N₂O 和 H₂形成的氢化氧氮化硅膜作为第一钝化膜。当然，第一钝化膜 812 不限于如本实施例中所描述的氧氮化硅膜的单层结构，而是也可以使用其它具有单层或叠层结构的含有硅的绝缘层。

接下来，在第一钝化膜 812 上形成层间绝缘膜 813。该层间绝缘膜 813 可以是无机绝缘膜或有机绝缘膜。无机绝缘膜可以是使用 CVD 法形成的氧化硅膜，使用 SOG（玻璃上旋涂）法涂敷的氧化硅膜。有机绝缘膜可以是聚酰亚胺、聚酰胺、BCB（苯并环丁烯）、丙烯或正型光敏有机树脂、负型光敏有机树脂、以及由硅（Si）和氧（O）结合的骨骼结构构成，且以至少包含氢作为取代基的材料，或者至少包含氟、烷基、芳香族碳化氢中的一种作为取代基的材料，也就是硅氧烷的膜。也可以使用上述材料的叠层。

本实施例用硅氧烷形成层间绝缘膜 813。在整个表面上涂敷硅氧烷基聚合物，之后进行 10 分钟的 50-200℃ 温度下的加热处理以干燥，并执行进一步的 1-12 小时的 300-450℃ 温度下的烘烤从而形成层间绝缘膜。根据该烘烤，在整个表面上形成 1 μm 厚的硅氧烷膜。该工艺由于可以在烘烤硅氧烷基聚合物的同时，用第一钝化膜 812 的氢元素氢化半导体膜或激活半导体层的杂质，因此可以减少工序，简化工艺。氢化是指利用包含在第一钝化膜中的氢来终止半导体层中的悬挂键。

当使用硅氧烷以外的材料形成层间绝缘膜时，为了实现氢化和激活化，需要进行加热处理。这种情况下，在形成层间绝缘膜之前需要另外进行加热处理。加热处理在氧浓度 1 ppm 以下，优选在 0.1 ppm 以下的氮气氛中 400 至 700℃ 的温度下执行。本实施例执行 1 小时在 410℃ 的温度下的加热处理作为激活处理。注意，处理加热处理以外，还可以应用激光退火法或快速热退火（RTA）法。

可以在形成第一钝化膜 812 前进行加热处理；但是，在本实施例中，在构成第一导电层 802a-802d 和第二导电层 803a-803d 的材料是热敏性材料的情况下，如本实施例那样，为了保护布线等，优选在形成第一钝化膜 812 之后进行加热处理。此外，在形成第一钝化膜前进行加热的情形中，由于第一钝化膜 812 还未形成，所以不能使用该钝化膜中含有的氢进行氢化。在这种情况下，可以使用等离子体激发的氢（等离子体氢

化)、或在含有 3%~100% 的氢的气氛下在 300℃~450℃ 下加热 1~12 个小时来进行氢化。

之后，可以根据 CVD 法形成覆盖层间绝缘膜 813 的氮氧化硅膜或氧氮化硅膜。该膜在当蚀刻后面形成的导电膜时，可以作为蚀刻阻挡膜发挥作用，以防止层间绝缘膜被过度蚀刻。而且，可以用溅射法在其上形成氮化硅膜。因为该氮化硅膜有可以抑制碱金属离子移动的功能，所以可以抑制来自后面形成的像素电极的锂元素、钠等的金属离子移动到半导体薄膜。

接着，对层间绝缘膜执行图案化和蚀刻处理，从而形成到达晶质半导体层 801a~801d 的接触孔。接触孔的蚀刻用 CF₄、O₂、He 的混合气体蚀刻硅氧烷膜，接着，用 CHF₃ 的气体蚀刻并除去栅绝缘膜的氧化硅膜而完成。

接着，在接触孔中层叠金属膜，并对其执行图案化以形成源电极和漏电极。在本实施例中，在含有氮的钛膜上分别依序层叠钛-铝合金膜和钛膜 100、350、100nm 之后，按所希望的形状执行图案化和蚀刻处理从而形成由三叠层形成的源电极和/或漏电极 814~821。

第一层的包含氮原子的钛膜是根据以钛作为靶，在氮和氩的流量比为 1:1 的条件下的溅射法而形成。如将上述包含氮的钛膜形成在硅氧烷基的层间绝缘膜上，则膜不容易剥落，而且可以形成和晶质硅膜有低电阻连接的布线。

根据到此为止的步骤，就可以制作薄膜晶体管或电容等半导体元件。使用根据本发明的激光照射装置以及激光照射方法执行被用于薄膜晶体管和电容等半导体元件的半导体膜的晶化工艺，可以抑制因被衬底背面反射的次级射束而引起的干涉，从而可以对半导体膜进行均匀的晶化。结果是，可以使形成在衬底上的半导体元件的特性更加均匀，即使该半导体元件被用于显示器件的像素部分，也可以减少看到因晶化不均匀而导致的薄膜晶体管的特性不均匀的现象。据此，可以提供显示高清晰度图像的显示器件。

实施例 5

本实施例将参考图 5A 和 5B 说明使用根据实施例 3 制作的元件衬底制作发光显示器件的例子。本实施例说明的发光显示器件是指将在成对的电极之间夹持含有发光物质的层，并通过在电极之间流通电流来发光

的元件按矩阵排列的发光显示器件。

发光元件的受激状态已知两种类型的激发态，受激单重态和受激三重态。发光被认为能够在任何一种状态中被执行。所以，根据元件的特征，单重受激状态的元件或三重受激状态的元件可以在一个发光显示器件中混合存在。例如在 RGB 的三色中，可以使用三重受激状态的元件作为红色，并使用单重受激状态的元件作为蓝色和绿色。另外，选择三重受激状态的元件普遍发光效率高，这对降低驱动电压有好处。

发光元件的材料使用低分子、高分子、具有低分子和高分子的中间性质的中分子的发光材料。本实施例使用低分子的发光材料。无论低分子材料还是高分子材料因都可以溶解在溶剂中，所以可以用旋涂法或喷墨法来涂敷。另外，不仅仅是有机材料，还可以使用有机材料和无机材料的复合材料。

形成发光元件的第一电极 901，并使其重叠于根据上述工艺形成的薄膜晶体管的漏电极的一部分。第一电极是作为发光元件的阳极或阴极被使用的电极。当第一电极是阳极时，优选使用功函数大的金属、合金、导电性化合物、以及上述的混合物。功函数的大体目标是 4.0eV 或更多。具体材料的例子包括 ITO（氧化铟锡）、在氧化铟中混合了 2-20% 的氧化锌 (ZnO) 的 IZO（氧化铟锌）、在氧化铟中混合了 2-20% 的氧化硅 (SiO₂) 的 ITSO、金 (Au)、白金 (Pt)、镍 (Ni)、钨 (W)、铬 (Cr)、钼 (Mo)、铁 (Fe)、钴 (Co)、铜 (Cu)、钯 (Pd)、或金属材料的氮化物 (TiN) 等。

当第一电极被用作阴极时，优选使用功函数小（功函数是 3.8eV 或更少）的金属、合金、导电性化合物、以及上述的混合物。具体材料除了归属于元素周期表中的第 1 族或第 2 族的元素，也就是 Li 或 Cs 等的碱金属；Mg、Ca、Sr 等的碱土金属；以及上述的合金 (Mg:Ag、Al:Li) 或化合物 (LiF、CsF、CaF₂)，还包括使用包含稀土金属的过渡金属。但是，由于本实施例的第二电极具有半透明性，所以还可以使用层叠这些金属或包含这些金属的合金的极薄的膜和 ITO、IZO、ITSO 或其他金属（包含合金）而形成的叠层。

本实施例将第一电极 901 当作阳极使用，其材料使用 ITSO。当电极使用 ITSO 时，如执行真空烘烤，则可以提高发光显示器件的可靠性。

另外，本实施例中第一电极在薄膜晶体管的源电极和漏电极形成后

形成，但是也可以首先形成第一电极，之后形成薄膜晶体管的电极。

形成绝缘膜 902，并使其覆盖和像素部分的薄膜晶体管连接的作为像素电极的第一电极 901 的边沿部分。该绝缘膜 902 被称作为堤坝或分隔墙。绝缘膜 902 可以使用无机绝缘膜或有机绝缘膜。无机绝缘膜可以使用根据 CVD 法形成的氧化硅膜或使用根据 SOG（玻璃上旋涂）法涂敷而形成的氧化硅膜等。有机绝缘膜可以是光敏性或非光敏性的聚酰亚胺、聚酰胺、BCB（苯并环丁烯）、丙烯或正型光敏有机树脂、负型光敏有机树脂、以及可以是使用由硅（Si）和氧（O）结合的骨骼结构构成，且以至少包含氢作为取代基的材料，或者至少包含氟、烷基、芳香族碳化氢中的一种作为取代基的材料，也就是硅氧烷的膜。另外，也可以使用上述材料的叠层。如果使用光敏性的有机物来形成绝缘膜，则可以形成具有曲率半径连续变化的截面形状的开口部分，当蒸发沉积场致发光层时，不容易在该开口部分发生分段断裂，所以是合适的材料。本实施例使用光敏性的聚酰亚胺。

然后，使用蒸发沉积装置移动蒸发源以执行蒸发沉积。蒸发沉积在被抽真空成 0.665 Pa 或更小，优选 $1.33 \times 10^{-4} \sim 1.33 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 的沉积室中被执行。在进行沉积时，有机化合物提前通过电阻加热蒸发，并在沉积中闸门打开时分散向衬底的方向。被蒸发的有机化合物向上分散并穿过金属掩膜中设置的开口部分沉积在衬底上，以形成场致发光层 903（从第一电极侧开始依序为空穴注入层、空穴输运层、发光层、叠层体和电子注入层）。注意，场致发光层 903 的结构也可以不是该结构，也可以用单层来形成。当用叠层来形成时，可以在层和层之间提供该两个层构成的混合层。

形成场致发光层 903 后，接着形成和场致发光层 903 连接的第二电极 904。在本实施例中，由于第一电极 901 是阳极，第二电极 904 就作为阴极而形成。阴极材料可以使用先前叙述的材料，本实施例形成厚 150nm 的铝膜作为第二电极（阴极）904。

在本实施例中，由于仅仅第一电极 901 由半透明性材料形成，所以是从衬底的底面侧获取光的结构。图 5B 是顶面发光结构的一个例子，且是将像素电极 901 和薄膜晶体管的电极形成在不同层的例子。第一层间绝缘膜 813 和第二层间绝缘膜 902 可以使用和图 4C 所示的层间绝缘膜 813 相同的材料制作，其组合也可以任意执行。在此上述各层均用硅氧

烷来形成。从第二层间绝缘膜 902 侧依次层叠 Al-Si、TiN、ITSO 从而形成像素电极 901，当然，像素电极也可以是单层、双层、或者四层、四层以上的结构。

图 6A、6B、6C 分别表示底面发光、双面发光、顶面发光的例子。本实施例所描述的从底面获取光的结构相当于图 6A。在第二电极下面形成很薄（具有半透明性程度）的包含 Li 的材料的膜，并用 ITO、ITSO、IZO 等具有半透明性的材料作为第二电极，这样可以获取如图 6B 所示的从双面获取光的双面发光的发光显示器件。注意，虽然如用铝或银等形成厚的膜，则是非半透明性，但如果对该膜执行薄膜化，就可以使其具有半透明性，所以可以用铝或银的具有半透明性程度的薄膜形成第二电极，从而实现双面发光。

图 6C 表示顶面发光的发光显示器件的一个例子，其相当于图 5B。如果顶面发光如图 6C 那样将层间膜形成得比图 6A、6B 多一张，则在薄膜晶体管的上部也可以提供发光元件，这样就形成了在开口率上有利的结构。

另一方面，由于在双面发光或顶面发光时使用的透明电极的 ITO 或 ITSO 不能通过蒸发沉积来形成，所以用溅射法形成透明电极的膜。当用溅射法形成第二电极 904 时，有可能因溅射而给电子注入层的表面或电子注入层和电子输运层的界面造成损伤。该损伤有可能给发光元件特性带来负面影响。为了防止出现这种情况，在距离第二电极 904 最近的位置上提供不容易受溅射损伤的材料。作为这样不容易受溅射损伤并且能够用于场致发光层 903 的材料可以举出氧化钼 (MoO_x)。但是， MoO_x 是适合作为空穴注入层的材料，所以要在和第二电极 904 连接的位置提供 MoO_x ，就需要将第二电极 904 当作阳极使用。象这样，将阴极作为第一电极，并将阳极作为第二电极的元件被假设称为反向层叠的元件。

因此，该反向层叠的元件的第一电极 901 作为阴极而形成，之后按顺序形成电子注入层、电子输运层、发光层、空穴输运层、空穴注入层 (MoO_x)、第二电极 (阳极)，另外，像素的驱动用薄膜晶体管需要是 N 沟道型。

MoO_x 用蒸发沉积法形成，使用 $X=3.1$ 至 3.2 的 MoO_x 是合适的。 MoO_x 层可以是通过共同蒸发沉积铜酞菁 (CuPc) 等有机金属络合物或有机物而形成的有机、无机的混合层。当使用反向层叠元件时，像素部分的薄膜晶体管如

使用以原本是N型的a-Si:H作为半导体层的晶体管，则可以简化工艺，所以是合适的。当在同一个衬底上形成驱动电路部分时，使用本发明的激光照射方法仅仅照射该驱动电路部分，从而实现该部分的晶化。

之后，用等离子CVD法形成包含氮的氧化硅膜作为第二钝化膜905。当使用包含氮的氧化硅膜时，可以通过等离子体CVD法形成由SiH₄、N₂O、NH₃制作的氧氮化硅膜，或者由SiH₄、N₂O制作的氧氮化硅膜，或者由用Ar稀释SiH₄、N₂O的气体而形成的氧氮化硅膜。另外，第一钝化膜可以应用由SiH₄、N₂O、H₂制作的氢化氧氮化硅膜。当然，第二钝化膜905不限于单层结构，也可以是单层结构或叠层结构的包含其他硅的绝缘膜。另外，也可以形成氮化碳膜和氮化硅膜的多层膜、或苯乙烯聚合物的多层膜、氮化硅膜或类金刚石碳膜来代替包含氮的氧化硅膜。

接着，为了保护场致发光元件避免受水等促进退化的物质的影响，密封显示部分。当用对面衬底进行密封时，在使外部连接部分暴露出来的情况下，用有绝缘性的密封剂键合该对面衬底。可以在对面衬底和元件衬底之间的空间填充干燥过的氮等惰性气体，也可以在整个像素部分涂敷密封剂，并在其上形成对面衬底。密封剂适合使用紫外线固化树脂等。也可以给密封剂掺杂干燥剂或维持一定间距的颗粒。接着，将柔性线路板键合到外部连接部分，就完成了场致发光面板。

这样的场致发光面板包括单色、区域颜色、全颜色等显示方法，全颜色又包括RGB的三色分涂法、通过颜色滤光片实现白色光源的RGB化的方法、用颜色转换滤光片将短波长的颜色转换为长波长的颜色的方法等。另外，为了提高颜色纯度，有可能使用颜色滤光片。

注意，具有显示功能的本发明的发光显示器件可以使用模拟视频信号，也可以使用数字视频信号。当使用数字视频信号时，其视频信号可以分为使用电压的视频信号和使用电流的视频信号。当发光元件发光时，输入到像素的视频信号包括恒电压和恒电流的视频信号，而恒电压的视频信号包括施加到发光元件的电压为一定的视频信号和施加到发光元件的电流为一定的视频信号。另外，恒电流的视频信号包括施加到发光元件的电压为一定的视频信号和施加到发光元件的电流为一定的视频信号。该施加到发光元件的电压为一定的视频信号是恒电压驱动，而该施加到发光元件的电流为一定的视频信号是恒电流驱动。恒电流驱动不因发光元件的电阻变化而变化，流通恒电流。本发明的发光显示器件以及

该驱动方法可以使用电压的视频信号和电流的视频信号中的任何一方，并可以使用恒电压驱动和恒电流驱动中的任何一方。

虽然在实施例 5 和实施例 3 描述了应用本发明于发光显示器件的例子，但是只要是使用了通过晶化或激光退火形成的薄膜的元件的电子器件，就可以应用本发明，由于根据本发明制作的半导体元件的特性均匀性好，所以可以提供质量稳定的产品。

实施例 6

作为这种电子器件的例子，给出了摄像机、数字照相机、头戴式显示器（护目镜型显示器）、汽车导航、汽车音响、个人计算机、便携式信息终端（例如移动计算机、蜂窝式电话、电子书等），等等。图 8A-9C 示出了这些例子。或者，本发明也可以应用于一般的 IC 芯片、ID 芯片、RFID（无限射频识别）标签的电子器件。

图 8A 示出了一种个人计算机，包括主体 1001、图像输入部分 1002、显示部分 1003、键盘 1004 等。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1003。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。

图 8B 示出了一种摄像机，包括主体 1005、显示部分 1006、声频输入部分 1007、操作开关 1008、电池 1009、图像接收器 1010 等。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1006。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。

图 8C 示出一种移动计算机，包括主体 1011、照相机部分 1012、图像接收器 1013、操作开关 1014、显示部分 1015 等。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1015。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。

图 8D 示出了一种目镜型显示器，包括主体 1016、显示部分 1017、臂部分 1018 等。显示部分 1017 使用柔性衬底作为衬底，将显示部分弯曲以制成目镜型显示器。此外，可以将目镜型显示器制造得重量轻且薄。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1017。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。

图 8E 示出了一种利用记录了程序的记录介质（此后称为记录介质）的播放机，包括主体 1019、显示部分 1020、扬声器部分 1021、记录介质 1022、操作开关 1023 等。应当注意，这种播放机能够利用 DVD（数字视频光盘）、CD 等作为其记录介质

来欣赏音乐、观看电影、玩游戏并上因特网，等等。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1020。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。

图 8F 示出了一种数字式照相机，包括主体 1024、显示部分 1025、目镜 1026、操作开关 1027 和图象接收器（图中未示出）等。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1025。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。

图 9A 示出了一种蜂窝式电话，包括主体 1028、声频输出部分 1029、声频输入部分 1030、显示部分 1031、操作开关 1032、天线 1033 等。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1031。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。

图 9B 示出了一种便携式书本（电子书），包括主体 1034、显示部分 1035 和 1036、记录介质 1037、操作开关 1038、天线 1039 等。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1035 和 1036。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。而且，便携式书本（电子书）可以制造成和笔记本一样大小，以便于携带。

图 9C 示出了一种显示器，包括主体 1040、支撑台 1041、显示部分 1042 等。用柔性衬底制造显示部分 1042，由此实现了轻且薄的显示器。而且，能够弯曲该显示部分。可以将根据本发明的激光照射方法制作的半导体元件用于显示部分 1042。因为应用本发明而制作的半导体元件的特性的不均匀很少，所以可以提供稳定的显示品质。本发明尤其在制造对角线长为 10 英寸或更长（特别是大于 30 英寸）的大尺寸显示器上具有突出优点。

本发明的应用范围极其广泛，能够应用于各种领域的电子器件。应当注意，可以用实施模式和实施例 1 至 5 任意组合的结构来制造在本实施例中描述的电子器件。

另外，在小型化、集成化日新月异的今天，被用于以薄膜晶体管为典型的薄膜半导体元件的半导体膜的膜厚因为设计规则的缩小而迅速变薄，所以由透过半导体膜，在衬底背面被反射的次级射束而引起的激光束的干涉成为大的问题，但是通过使用本发明能够避免该问题，从而制作结晶性好的半导体膜。

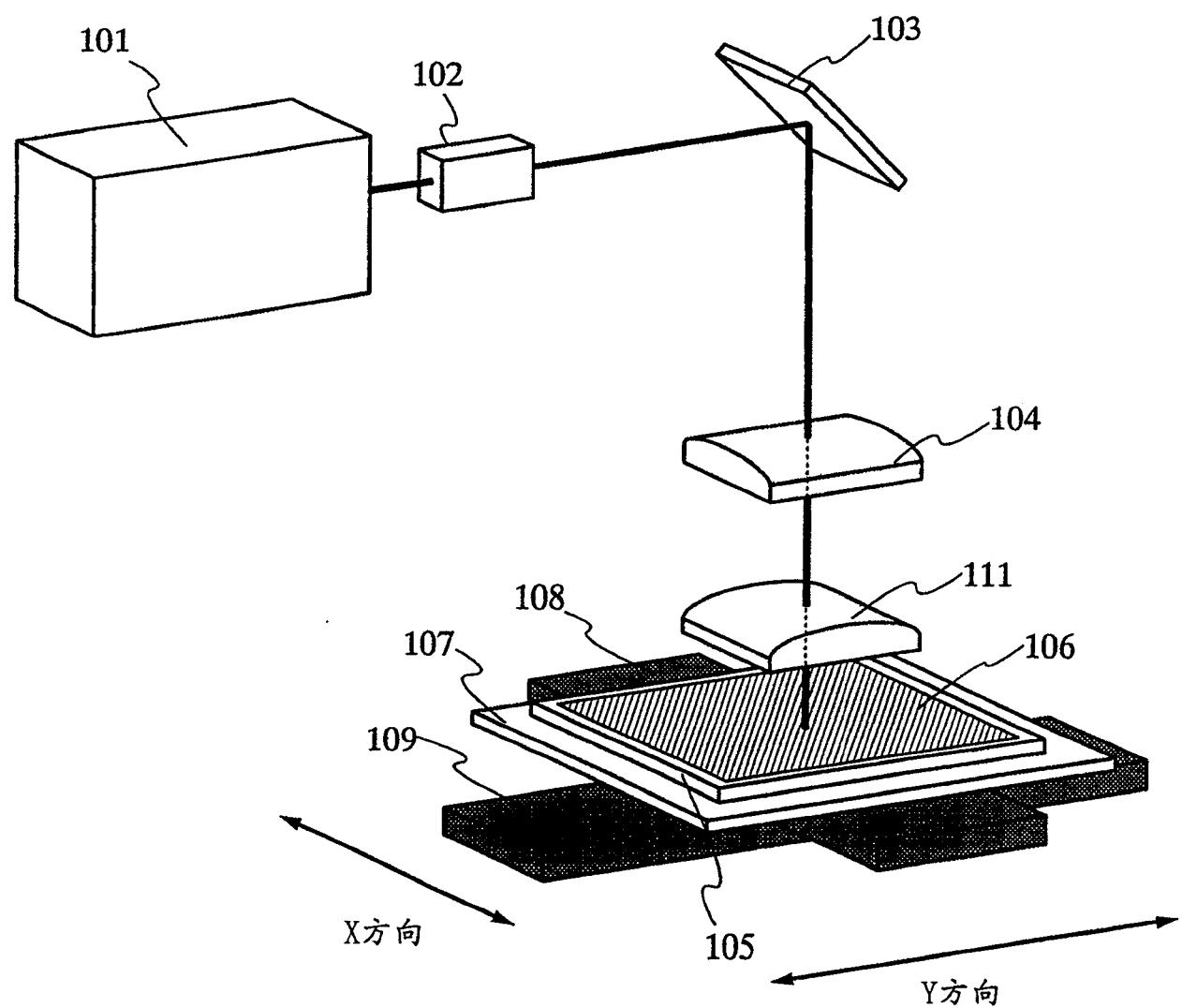


图 1

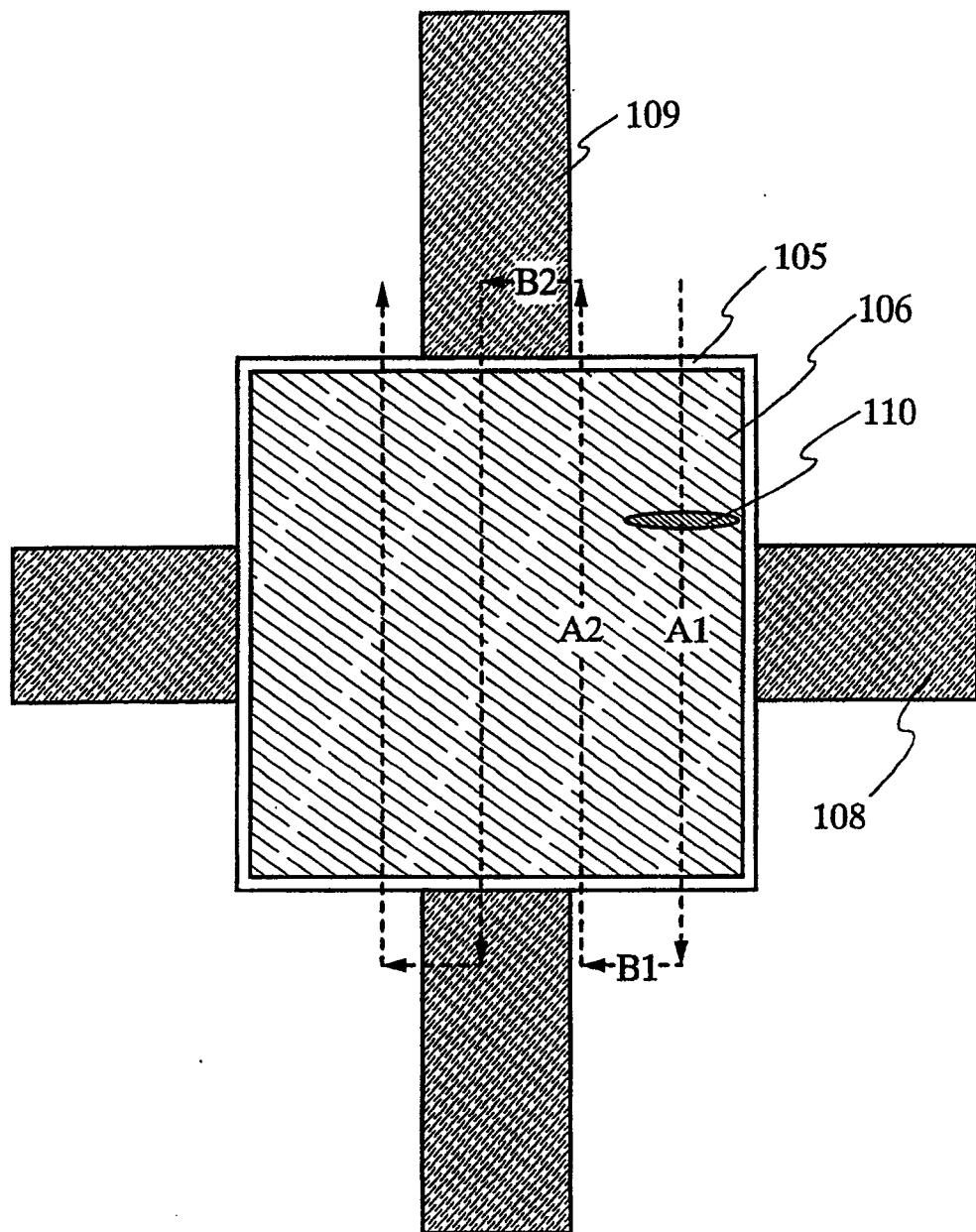


图 2

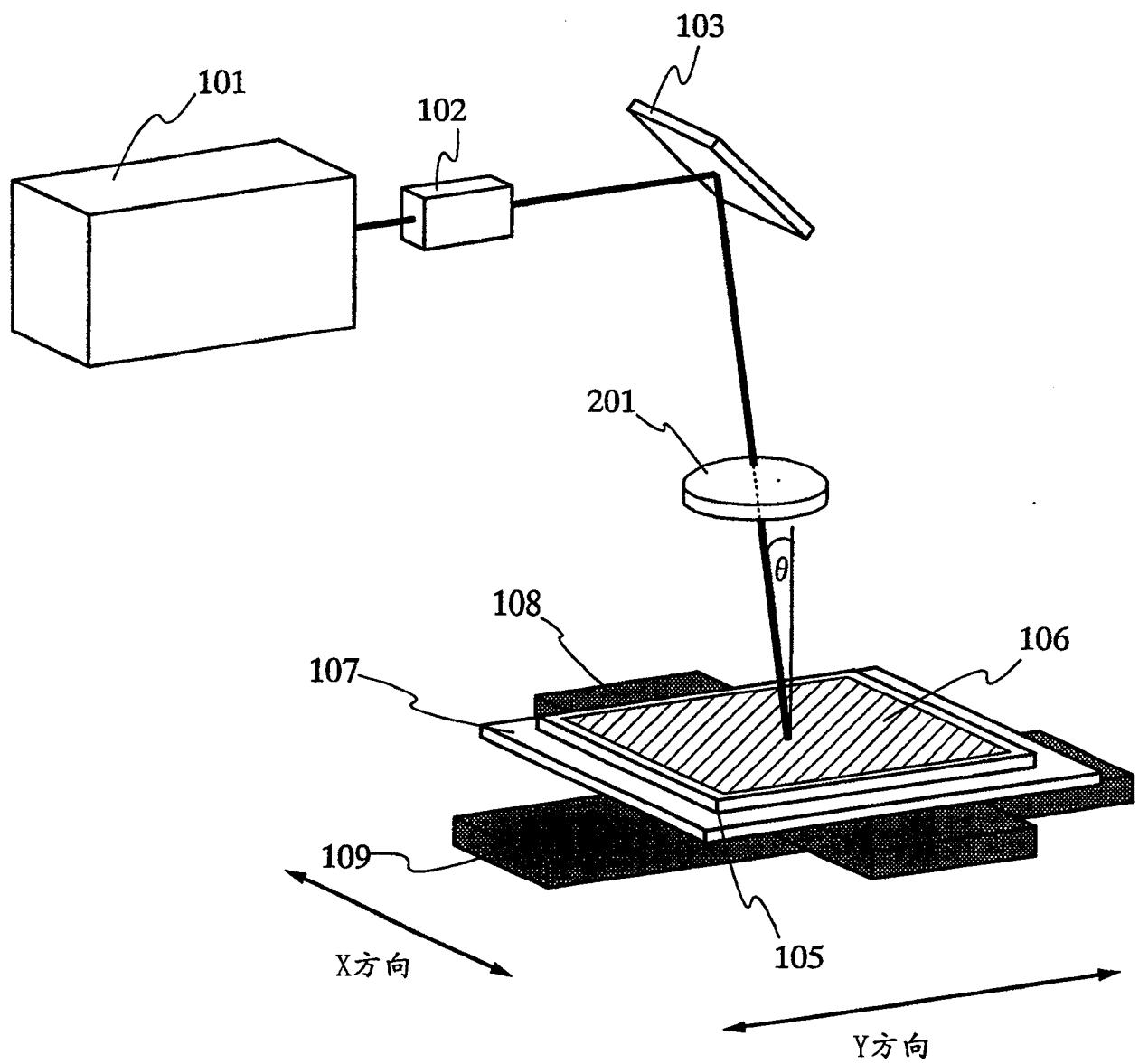


图 3

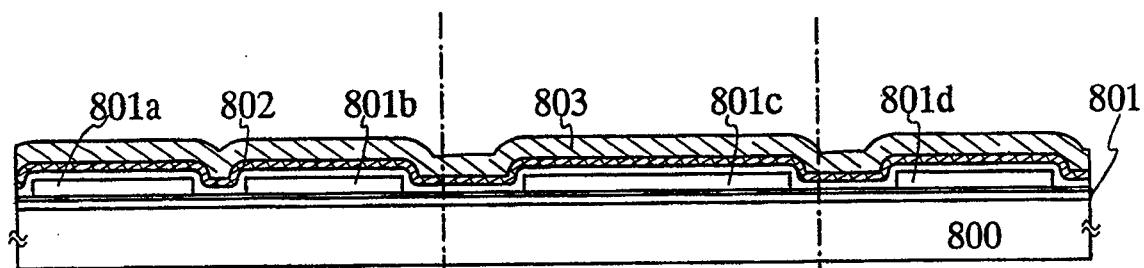


图 4A

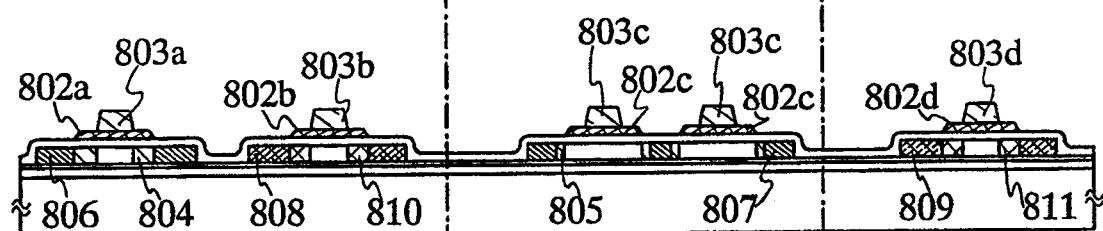


图 4B

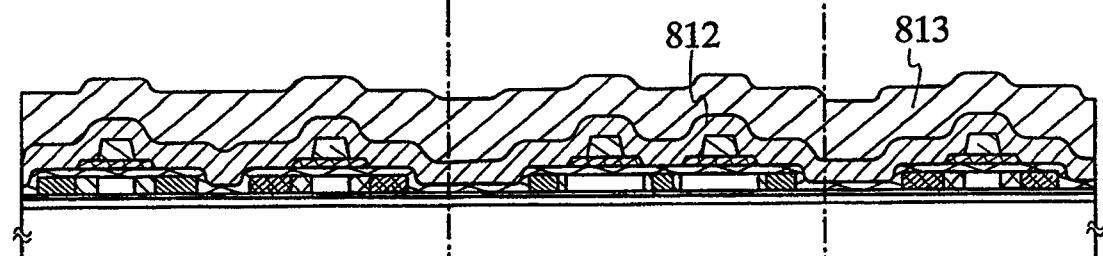


图 4C

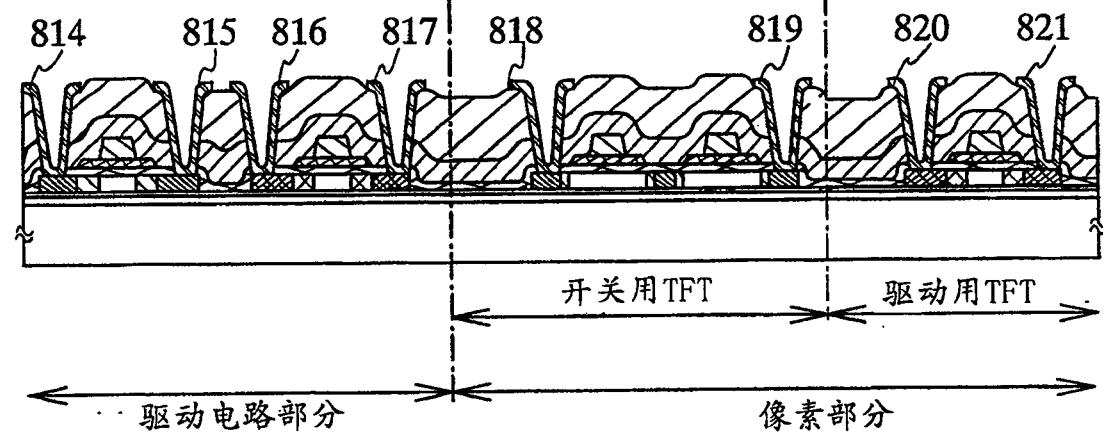


图 4D

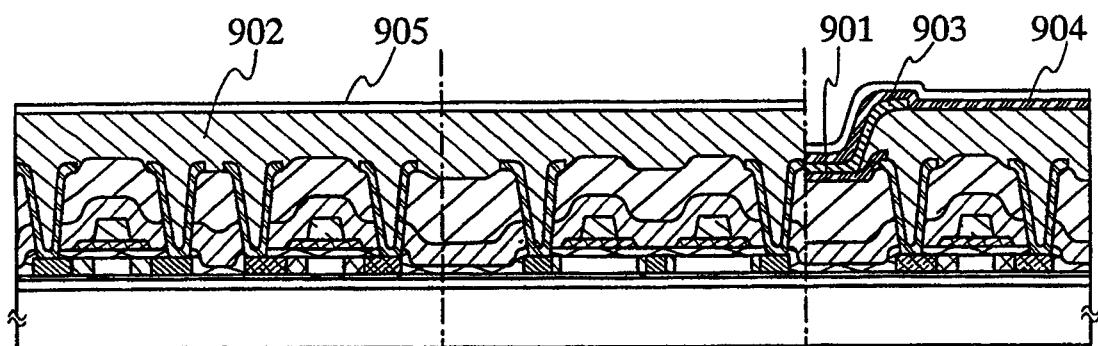


图 5A

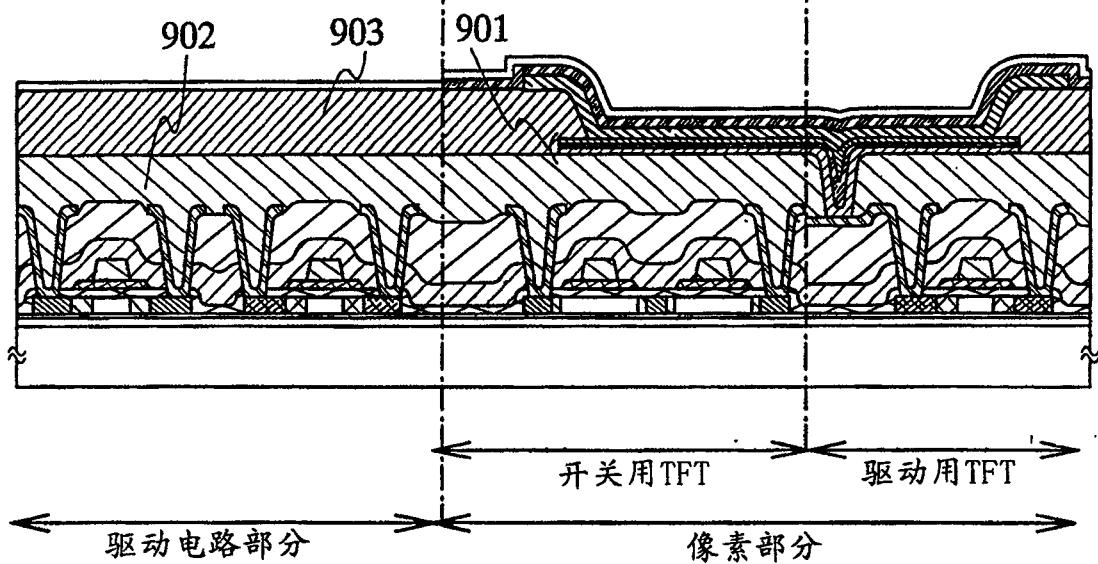


图 5B

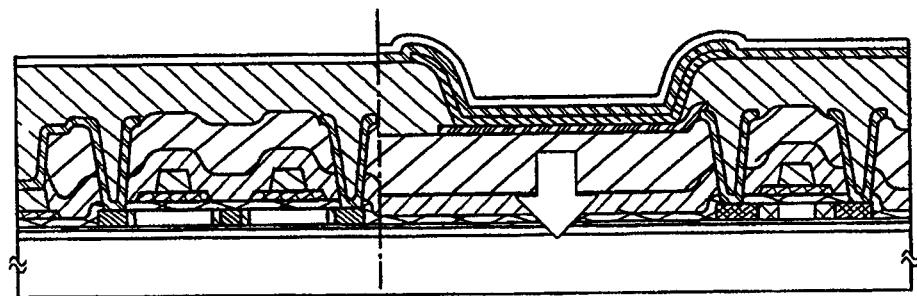


图 6A

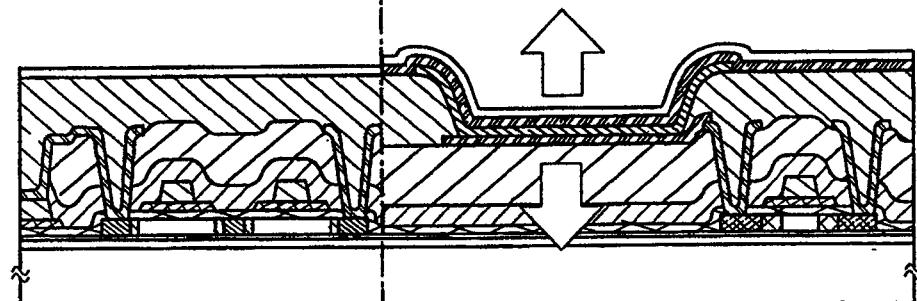


图 6B

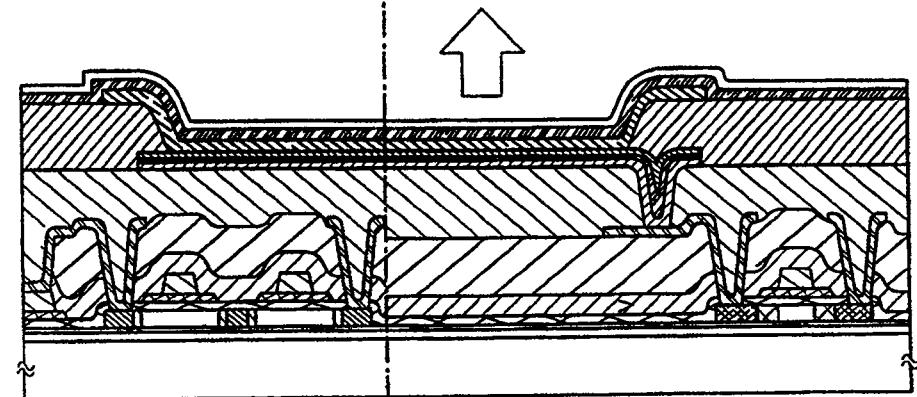


图 6C

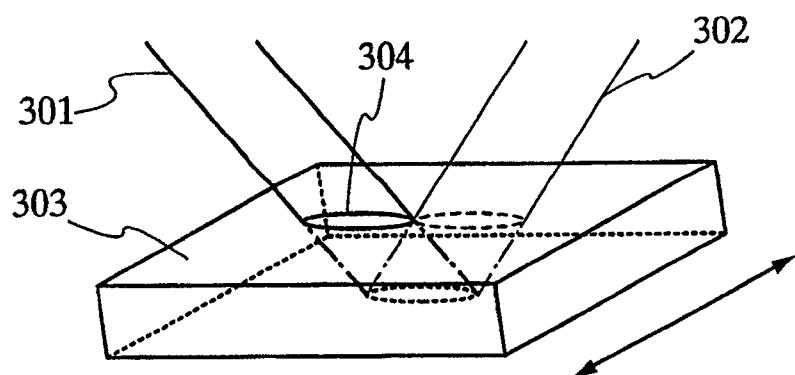


图 7A 激光束的扫描方向

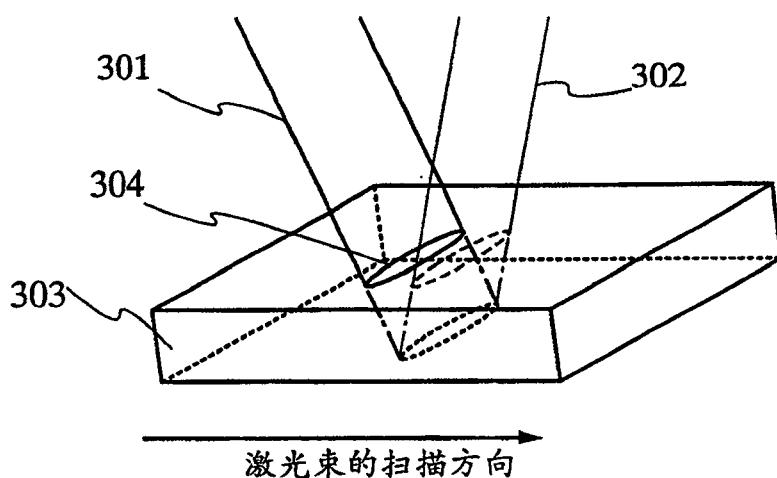


图 7B 激光束的扫描方向

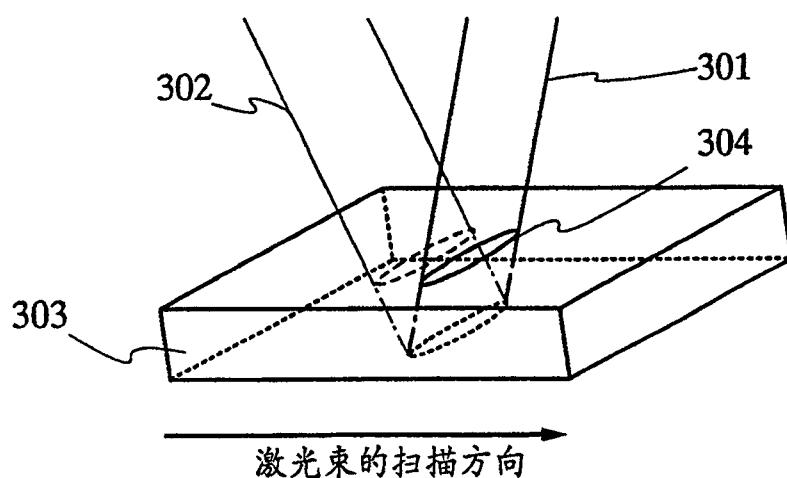


图 7C 激光束的扫描方向

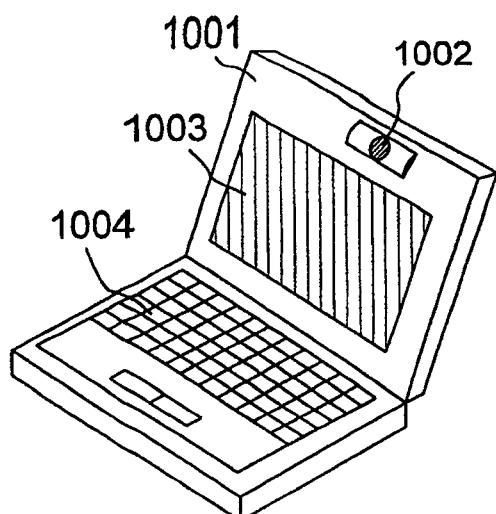


图 8A

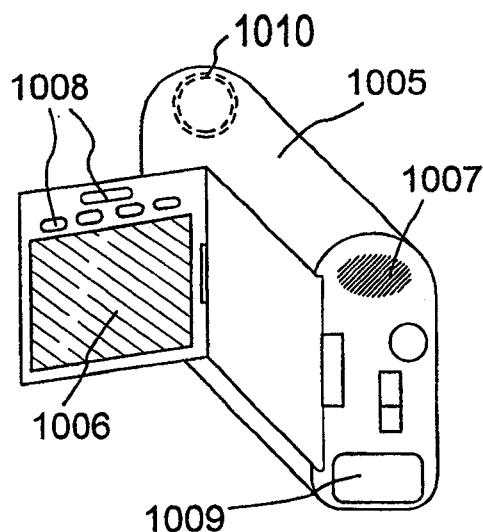


图 8B

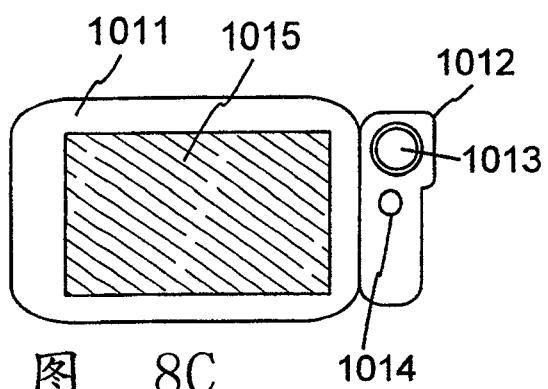


图 8C

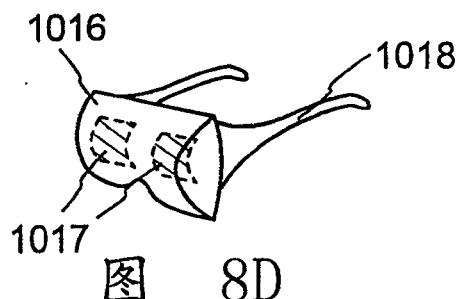


图 8D

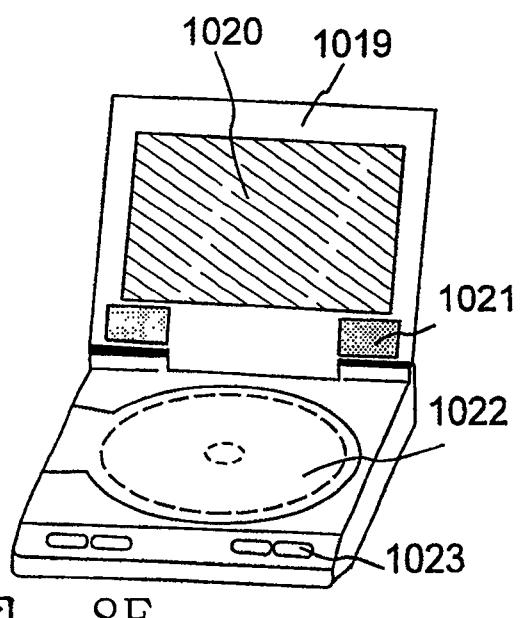


图 8E

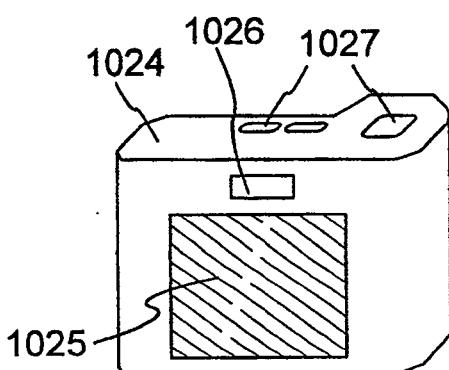


图 8F

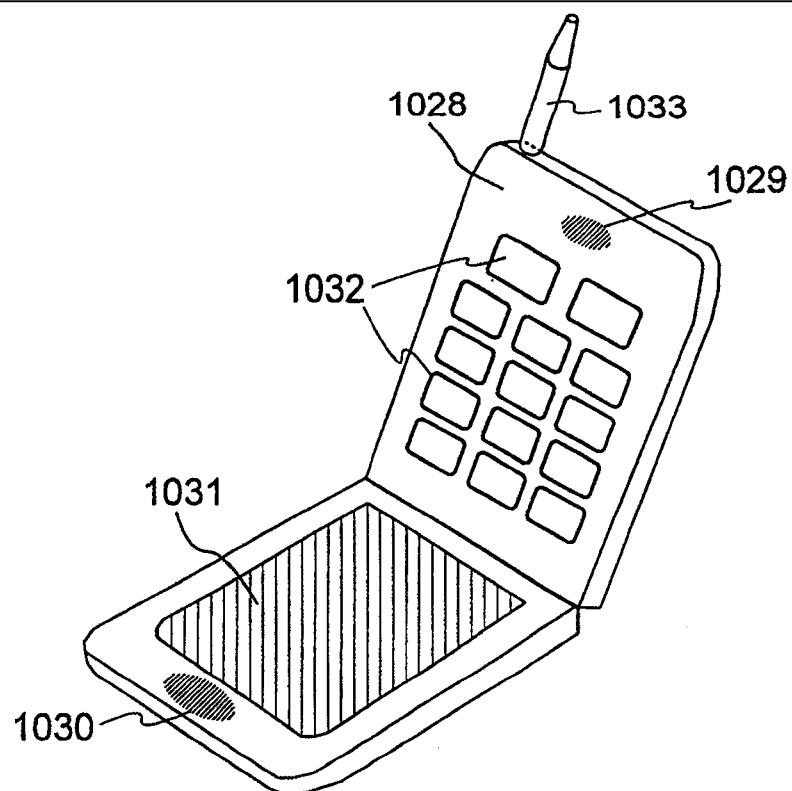


图 9A

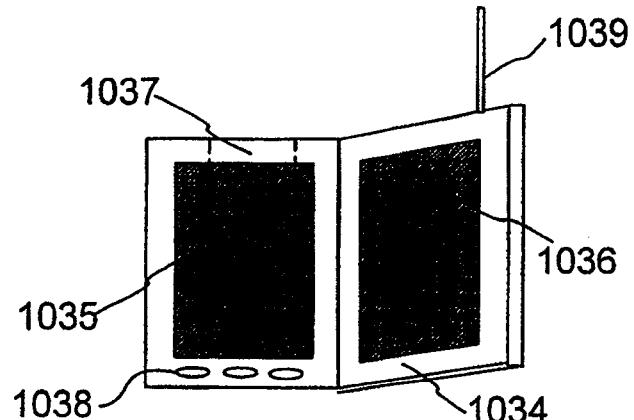


图 9B

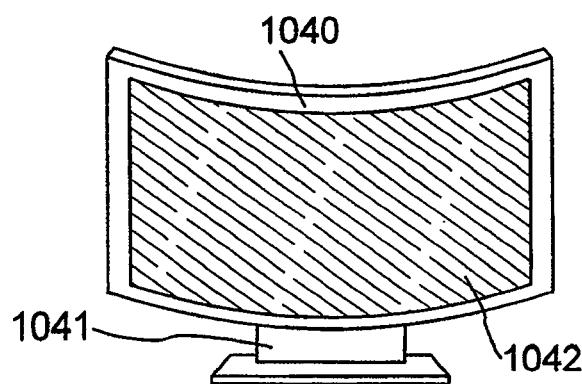


图 9C