



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101599427 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 30

(21) 申请号 200910150561. 9

(22) 申请日 2005. 06. 15

(30) 优先权数据

2004-180790 2004. 06. 18 JP

(62) 分案原申请数据

200580020022. 3 2005. 06. 15

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 田中幸一郎 山本良明

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李家麟

(51) Int. Cl.

H01L 21/20(2006. 01)

H01L 21/268(2006. 01)

H01L 21/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2000340503 A, 2000. 12. 08,

JP 2000340503 A, 2000. 12. 08,

CN 1497684 A, 2004. 05. 19, 全文.

US 2003086182 A1, 2003. 05. 08,

审查员 宋霖

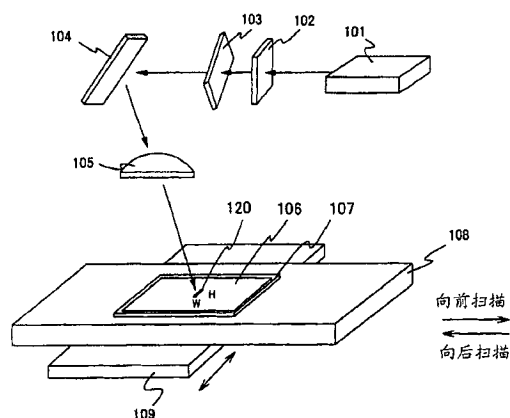
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 8 页

(54) 发明名称

激光照射设备和激光照射方法

(57) 摘要

本发明的目的是提供一种激光照射设备,它能够通过改变向前和向后方向照射中照射光束的能量强度来制造均匀结晶的薄膜。本发明的激光照射设备包括激光振荡器和改变光束强度的装置,其中激光束斜着入射到半导体层的表面,相对于半导体层的表面扫描激光束,且光束强度根据扫描方向变化。而且,激光振荡器是连续波固体激光器、气体激光器或金属激光器。也可使用重复频率大于或等于 10MHz 的脉冲激光器。



1. 一种半导体装置的制造方法,包括
使用第一强度的第一激光束向第一方向扫描半导体层;以及
使用第二强度的第二激光束向第二方向扫描所述半导体层,
其中激光束的强度借助改变光束强度的装置在所述第一强度和所述第二强度之间改变,
其中所述第一强度大于所述第二强度,
其中所述第一方向是向前的方向,并且
其中所述第二方向是向后的方向。
2. 根据权利要求1的所述半导体装置的制造方法,
其中所述第一和第二激光束被斜着传送到所述半导体层。
3. 根据权利要求1的所述半导体装置的制造方法,其中所述第一方向和所述第二方向是相反的方向。
4. 根据权利要求1的所述半导体装置的制造方法,
其中当向第一方向扫描所述半导体层时,所述半导体层向所述第一方向的反方向移动。
5. 根据权利要求1的所述半导体装置的制造方法,
其中当向第二方向扫描所述半导体层时,所述半导体层向所述第二方向的反方向移动。
6. 一种半导体装置的制造方法,包括:
发射第一激光束;
通过改变光束强度的装置将所述第一激光束变成第二激光束,所述装置能够改变光束强度;
将所述第二激光束变成第三激光束;
向半导体层的表面传送所述第三激光束;以及
使用所述第三激光束扫描所述半导体层的表面,
其中在第一周期中以向前的方向扫描所述第三激光束,
其中在第二周期中以向后的方向扫描所述第三激光束,
其中所述第三激光束在所述第一周期的光束强度大于在第二周期的光束强度。
7. 根据权利要求6的所述半导体装置的制造方法,
其中所述第三激光束被斜着传送到所述半导体层的表面。
8. 根据权利要求6的所述半导体装置的制造方法,
其中所述第一激光束从激光振荡器发射。
9. 根据权利要求6的所述半导体装置的制造方法,
其中改变光束强度的装置至少包括起偏振片和ND滤光片之一。
10. 根据权利要求6的所述半导体装置的制造方法,
其中至少通过凸透镜和衍射光学元件之一将所述第二激光束变成第三激光束。
11. 根据权利要求6的所述半导体装置的制造方法,
其中当使用所述第三激光束扫描所述半导体层的表面时,所述半导体层的表面向扫描方向的反方向移动。

激光照射设备和激光照射方法

[0001] 本申请是国际申请日为 2005 年 6 月 15 日,申请号为 200580020022.3,发明名称为“激光照射设备和激光照射方法”的申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及激光照射设备(该设备包括激光器和引导激光器输出的激光束到照射物体的光学系统)以及一种激光照射方法,例如用于对半导体材料进行有效和均匀地退火。

背景技术

[0003] 近年来,在基板上制造薄膜晶体管(此后称为 TFT)的技术得到很大的发展,且它在有源矩阵显示装置中的应用得到提高。具体而言,因为使用多晶半导体薄膜的 TFT 比使用非晶半导体薄膜的常规 TFT 具有更高的场效应迁移率,可以实现高速操作。因此,试图通过在和像素相同的基板上形成驱动电路而控制像素,而驱动电路通常在基板外提供。

[0004] 随着半导体器件需求的增加,需要在较短的时间以较低的温度制造半导体器件。在价格方面优于石英基板的玻璃基板用作半导体器件的基板。在玻璃基板上形成具有多晶半导体薄膜的 TFT 的情况下,尽管玻璃基板对热敏感且由于热而容易变形,通过采用激光退火,半导体薄膜容易在低温结晶。

[0005] 此外,和使用辐射热或传导热的其他退火方法相比,激光退火具有这样的优点,它可以极大地缩短处理时间,且基板上的半导体薄膜可以被选择性地和局部地加热,从而不对基板构成热损害。

[0006] 作为激光退火中使用的激光振荡器,根据它们的振荡方法,有脉冲激光振荡器和连续波(CW)激光振荡器。准分子激光器具有高输出功率和高重复频率重复照射能力的优点。而且,准分子激光器发射的激光束的优点在于对于硅薄膜具有高吸收系数,硅薄膜通常用作半导体薄膜。优选地,以这种方式执行激光照射:通过光学系统,在照射表面上,激光束被转换成矩形、线形或椭圆形状,然后该光束相对于照射表面在矩形、线形或椭圆形光束的短轴方向进行扫描,因为这种方法提供高产出率且是具有工业优势的。目前,通常通过在根据本技术结晶的半导体薄膜上形成的 TFT 而制造液晶显示器和 EL(电致发光)显示器。

[0007] 另一方面,当从连续波激光器发射的激光束(此后该激光束称为 CW 激光束)被转换成矩形、线形或椭圆形状且基板在矩形、线形或椭圆形状的短轴方向上相对移动时,可以形成沿移动方向延伸的大晶粒晶体。在根据大晶粒晶体的长轴方向制造 TFT 的情况下,该 TFT 比使用准分子激光器制造的 TFT 具有更高的迁移率。因为通过使用 CW 激光束形成的 TFT,可以高速地驱动电路,所以可以制造用于驱动显示器、CPU 等的驱动电路。

[0008] 通常,已知图 8 所示的激光照射设备。该激光照射设备包括多个柱面透镜阵列等等。使用多个柱面透镜阵列 2~6,激光振荡器 1 发射的激光束被分割成多个光束并会聚。然后,在激光束在反射镜 7 上反射之后,使用两个柱面透镜组成的双柱面透镜(doublet cylindrical lens),激光束会聚成一个矩形、线形或椭圆形激光束。此后,激光束

被垂直传送到照射表面 9。通过向照射表面传送矩形、线形或椭圆形光束,同时在线形光束的短轴方向相对移动光束,可以对非晶半导体的整个表面进行退火,从而使该非晶半导体结晶,其结晶度提高,或杂质元素被激活。

[0009] 然而,因为常规激光照射设备需要使用多个昂贵的柱面透镜阵列且安置它们以形成如上所述所需的矩形、线形或椭圆形光束,设备在尺寸上存在问题且其成本增加。而且,因为整形成矩形、线形或椭圆形光点的激光束被垂直传送到照射表面,即,基板上形成的半导体薄膜的表面,从上面入射到半导体薄膜的光束穿过基板并被基板的底面反射。然后,从上面入射的光束与在底面反射的光束干涉。这样,有时不能制造均匀结晶的半导体薄膜。

[0010] 本申请提出一种克服常规激光照射设备问题的紧凑和便宜的激光照射设备。该激光照射设备在图 9 中示出。该激光照射设备使用凸透镜 13,激光束斜着入射到该凸透镜,使得激光束延伸,从而形成矩形、线形或椭圆形光束 14。然后,延伸的光束斜着照射到照射表面 15。

[0011] 也就是说,该激光照射设备包括激光振荡器 11、反射镜 12、凸透镜 13 等。激光振荡器 11 发射的激光束在反射镜 12 上反射并斜着入射到凸透镜 13,从而激光束被整形成矩形、线形或椭圆形光束 14。光束 14 被传送到照射表面 15。利用这种结构,设备可以做得很小,且可以避免由于基板的底面反射的光束导致的干涉的负面效应(见参考文献 1:日本专利申请特开 No. 2003-257885)。

[0012] 然而,上述激光照射设备仍具有以下问题。尽管使用 CW 激光束执行激光退火,例如使用长轴方向为 300 μ m、短轴方向为 10 μ m 的矩形形状在 532nm 处提供 10W 功率的 CW 激光束,通过一次扫描形成的大晶粒晶体的宽度大约仅为 200 μ m。因此,为了通过激光退火使基板的整个表面有效结晶,激光束需要来回扫描,同时将激光束移动光束一次扫描形成的大晶粒晶体的宽度。此时,如果激光束在短轴方向的强度分布沿着穿过光束短轴中心的平面(该平面垂至于基板且与光束的长轴平行)是不对称的,在向后扫描和向前扫描之间激光退火之后的结晶状态可能不同。

[0013] 然而,当矩形、线形或椭圆形光束斜着传送到照射表面且基板沿着激光束的短轴方向移动时,根据如下所述的激光束的扫描方向,传送到非晶半导体薄膜的激光束的状态不同。这样,很难执行均匀结晶。

发明内容

[0014] 本发明是为了解决上述问题,具体而言,本发明的一个目的是提供一种激光照射设备和激光照射方法,通过根据向前和向后扫描方向改变照射光束的能量密度,该方法可以制造均匀结晶的薄膜。

[0015] 为达到上述目的,本发明采用下述结构。应当注意这里描述的激光退火方法表示使非晶区域结晶或使由于向半导体基板或半导体薄膜添加离子而形成的受损区域结晶的技术,通过使用激光束照射基板上形成的非晶半导体薄膜使半导体薄膜结晶的技术,在向半导体薄膜引入促进结晶的元素(例如镍)之后通过激光照射使不是单晶的半导体薄膜(上述不是单晶的半导体薄膜一般称为非单晶半导体薄膜)结晶的技术等。而且,激光退火包括应用于平面化或改变半导体基板或半导体薄膜表面的技术。

[0016] 根据本说明书公开的本发明的一个方案,激光照射设备包括激光振荡器、改变光

束强度的装置以及凸透镜或衍射光学元件,其中激光束入射到照射表面,其中激光束相对于照射表面扫描,且其中改变光束强度的装置在每个扫描方向上改变光束强度。

[0017] 根据本发明的另一方案,激光照射设备包括激光振荡器、改变光束强度的装置以及凸透镜或衍射光学元件,其中光束入射到照射表面,其中光束相对于照射表面扫描,其中改变光束强度的装置在每个扫描方向改变光束强度,且其中在所有扫描方向上,在激光退火之后,照射表面处的结晶状态都是均匀的。

[0018] 上述构造中,激光束可以斜着入射到照射表面。

[0019] 根据本发明的另一方案,穿过凸透镜或衍射光学元件的激光束在照射表面上具有矩形、线形或椭圆形状。

[0020] 根据本发明的另一方案,改变光束强度的装置是起偏振片。起偏振片的数量可以大于一个。

[0021] 根据本发明的另一方案,激光振荡器是 CW 固体激光器、气体激光器或金属激光器,或脉冲固体激光器、气体激光器或金属激光器。作为固体激光器,有 YAG 激光器、YVO₄ 激光器、YLF 激光器、YAIO₃ 激光器、GdVO₄ 激光器、Y₂O₃ 激光器、玻璃激光器、红宝石激光器、变石激光器、Ti:蓝宝石激光器等。作为气体激光器,有 Ar 激光器、Kr 激光器、CO₂ 激光器等。作为金属激光器,有铜蒸汽激光器、金蒸汽激光器等。作为脉冲激光器,可以使用重复频率等于或大于 10MHz 的 YVO₄ 激光器、GdVO₄ 激光器、YAG 激光器等。

[0022] 根据本发明的另一方案,激光振荡器发射的激光束通过非线性光学元件转化为谐波。

[0023] 根据本发明的另一方案,激光束从激光振荡器发射,激光束经过改变光束强度的装置,该装置根据光束扫描方向改变光束强度,激光束经过凸透镜或衍射光学元件,然后激光束入射到照射表面。而且,通过相对于照射表面扫描激光束,照射表面可以在所有扫描方向上均匀退火。激光束可以斜着入射到照射表面。

[0024] 根据本发明,因为激光束斜着传送到照射表面,可以抑制入射光束和从基板的底面反射的光束的干涉,可以向照射表面传送具有均匀能量分布的激光束。这样,基板上的非单晶半导体薄膜可以被均匀退火。

[0025] 接着,通过起偏振片等改变光束强度,起偏振片等是根据扫描方向改变光束强度的装置。具体而言,激光束在整个照射表面以单次往复绘制 (single-stroke drawing),同时在正向或反向改变扫描方向。这样,基板上整个非单晶半导体薄膜可以均匀结晶。使用 CW 激光器或重复频率等于或大于 10MHz 的脉冲激光器,可以制造大晶粒晶体;因此,可以制造具有高迁移率的 TFT。

[0026] 因此,电学特性的变化可以得到减小,且可靠性得到提高。通过将本发明应用于 TFT 的大规模生产线,可以有效地生产具有高工作特性的 TFT。因此,可以获得具有高工作特性和高可靠性的半导体器件,代表性地是有源矩阵类型液晶显示装置和有源矩阵 EL 显示装置。而且,半导体器件的制造过程中,可以扩大容限,产量大为提高;因此可以降低半导体器件的制造成本。

附图说明

[0027] 附图中:

- [0028] 图 1 示意性地示出了根据本发明的激光照射设备；
- [0029] 图 2 示意性地示出了根据本发明的另一激光照射设备；
- [0030] 图 3 的曲线图示出了能量密度和 TFT 的电子迁移率之间的关系；
- [0031] 图 4 的曲线图示出了 TFT 的电子迁移率的分布；
- [0032] 图 5 示出了基板的平面的状态；
- [0033] 图 6 是沿着图 5 的 A-A' 线的剖面图；
- [0034] 图 7 是沿着图 5 的 B-B' 线的剖面图；
- [0035] 图 8 示意性地示出了常规激光照射设备；
- [0036] 图 9 示意性地示出了另一种常规激光照射设备；
- [0037] 图 10A 到 10D 示意性地示出了根据本发明制造 TFT 的工艺；以及
- [0038] 图 11A 到 11C 示意性地示出了根据本发明的电子设备。

具体实施方式

[0039] [实施例 1]

[0040] 图 1 示出了激光照射设备的一个实例。首先,准备形成有非单晶半导体薄膜 106 的基板 107。基板 107 放置在 X 轴平台 108 和 Y 轴平台 109 上。通过未示出的电机分别沿箭头所示的方向移动 X 轴平台 108 和 Y 轴平台 109,可以自由地在 X 轴方向和 Y 轴方向移动基板 107。X 轴平台 108 可以如箭头所示地向前和向后扫描。

[0041] 该激光照射设备包括激光振荡器 101、两个起偏振片 102 和 103、反射镜 104 以及凸透镜 105。激光振荡器 101 是 CW 激光振荡器。作为 CW 固体激光器,有 YAG 激光器、YVO₄ 激光器、YLF 激光器、YA10₃ 激光器、GdVO₄ 激光器、Y₂O₃ 激光器、变石激光器以及 Ti :蓝宝石激光器。作为 CW 气体激光器,有 Ar 激光器、Kr 激光器、CO₂ 激光器。不仅可以使 CW 激光器,还可以使用脉冲激光器。作为脉冲激光器,可以使用重复频率大于或等于 10MHz 的 YVO₄ 激光器、GdVO₄ 激光器、YAG 激光器等。

[0042] 激光振荡器 101 发射的激光束通过非线性光学元件理想地转化成谐波。例如,已知 YAG 激光器发射 1065nm 波长的激光束。硅薄膜对该光束的吸收系数很低,使用这种激光束技术上很难使非晶硅薄膜(一种半导体薄膜)结晶。然而,通过使用非线性光学元件,激光束可以转换成较短波长。作为谐波,给出二次谐波(532nm)、三次谐波(355nm)、四次谐波(266nm)和五次谐波(213nm)。因为非晶硅薄膜对这些谐波具有高吸收系数,这些谐波可用于使非晶硅薄膜结晶。

[0043] 根据本发明,起偏振片 102(103) 对应于改变光束强度的装置。起偏振片是一种部件,仅透过在 360° 的所有方向上光振动中在特定方向振动的光,阻隔特定方向之外的其它方向上振动的光。具体而言,通过调整两个起偏振片 102 和 103 透射轴之间的角度,激光振荡器 101 发射的激光束的强度可以如所希望地改变。在使用这种装置改变光束强度的情况下,优选地使用偏振度为 100 : 1 或更高的激光束。这使得起偏振片可以在约 0 到 99% 的范围内调节能量。

[0044] 例如,具体而言,起偏振片 102 固定,安置起偏振片 103 使得起偏振片 103 可以在正方向或负方向自由旋转。然后,通过将起偏振片 103 在正方向或负方向旋转预定角度,透过两个起偏振片 102 和 103 并传输到反射镜 104 的激光束的强度可以改变。通过按需要改

变旋转角度,激光束的强度可以改变到任意强度。应当注意起偏振片的数目可以是一个,或两个以上。

[0045] 当激光束斜着从上面进入凸透镜 105 时,由于形成聚焦线的位置处透镜的散光,具有近乎圆形形状的入射光束在与箭头所示的方向垂直的方向上伸长,箭头所示方向是 X 轴台架 108 的移动方向。然后,照射表面上的光束 120 具有矩形、线形或椭圆形状,短轴长为 W,长轴长为 H。因为聚焦线可以在两个位置形成,可以对其进行选择。然而,因为两个聚焦线彼此相交,实践者需要恰当地选择。详细情况参考文献 1。

[0046] 这种情况下,通过缩短短轴光束长度 W 可以延长长轴光束长度 H。优选地,在其短轴方向上扫描光束 120,因为这样可以扩大激光束一次扫描的区域,这提高了产出率。

[0047] 下面描述使用该激光照射设备对非单晶半导体薄膜 106 进行退火的过程。首先,通过移动 X 轴平台 108 和 Y 轴平台 109,基板 107 移动到退火开始的位置。然后,从激光振荡器 101 发射 CW 激光束,且 CW 激光束的光束强度通过起偏振片 102 和 103 调节,使其尽可能地高,但处于不剥离薄膜(不烧蚀非单晶半导体薄膜)的范围。调节后的近乎圆形形状的光束在反射镜 104 上反射,然后斜着进入凸透镜 105 的顶点。光束被凸透镜 105 延长,使得光束具有矩形、线性或椭圆形状,具有 X 轴平台 108 的箭头所示的移动方向上的短轴长度 W 和垂直于该移动方向的方向上的长轴长度 H。然后,光束斜着传送到非单晶半导体薄膜 106。

[0048] 然后, X 轴平台 108 向前移动,这是与激光束入射方向相同的方向,从而对非单晶半导体薄膜 106 进行退火。当到达向前方向的末端时, X 轴平台 108 停止移动,然后 Y 轴平台 109 在 Y 轴方向移动大约对应于长轴长度 H 的长度。

[0049] 接着,起偏振片 102 和 103 其中之一在正或负方向旋转预定角度以减小光束强度。同时, X 轴平台 108 向后移动,这是朝向激光束入射方向的方向,以对非单晶薄膜 106 进行退火。当到达向后方向末端时, X 轴平台 108 停止移动,然后 Y 平台 109 在 Y 轴方向移动大约对应于长轴长度 H 的长度。

[0050] 接着,起偏振片 102 和 103 其中之一在正或负方向旋转预定角度,光束强度增加到原来的高光束强度。然后, X 轴平台 108 向前移动,这是与激光束入射方向相同的方向。此后,通过重复上述操作,非单晶半导体薄膜 106 的整个表面可以以单次往复连续退火,使得非单晶半导体薄膜 106 结晶。尽管基板的整个表面可以通过在向前或向后方向之一上扫描光束而不改变光束强度进行退火,这种退火方法产出率低,因为这种方法的产出率是通过在向前和向后方向都扫描光束执行的退火方法的产出率的一半。

[0051] 根据该过程对非单晶半导体薄膜 106 的整个表面进行退火,其整个表面可以均匀结晶。

[0052] 接着,解释为什么必须通过起偏振片 102(103) 改变光束强度的原因。根据本发明人的实验,已证实具有较高能量密度的激光束可以制造具有较高迁移率的 TFT。图 3 示出了 n 沟道 TFT 的电子迁移率的平均值与激光束能量密度的实验结果。水平轴表示激光束的能量密度的比例,此时假设烧蚀半导体薄膜时的能量密度阈值是 100%,垂直轴表示制造的 TFT 的电子迁移率的平均值。从图 3 可以理解,当使用阈值或更低值范围内的具有较高能量密度的激光束对半导体薄膜退火时,可以制造具有较高电子迁移率的 TFT。

[0053] 然而,使用图 1 的激光照射设备使用在向前方向和向后方向具有相同光束强度的

激光束进行退火时,有图 4 所示的问题。图 4 示出了使用图 1 所示的激光照射设备使用在前进方向和后退方向具有相同光束强度的激光束退火的情况下的实验结果。图 4 中,水平轴表示矩形光束的长轴方向,而垂直轴示出了制造的 TFT 的电子迁移率。

[0054] 该结果表明,在通过激光照射设备使用激光束斜着照射照射表面时,通过在向前方向扫描激光束制造的 TFT 比在向后方向扫描激光束制造的 TFT 的迁移率低大约 30%。使用具有这种变化的半导体薄膜制造 TFT 不是优选的。

[0055] 参考图 5 到 7 描述图 4 所示的结果的原因。图 5 是从上面看基板的平面图。图 6 是沿着 A-A' 线的剖面图,它示出了向前扫描方向。图 7 是沿着 B-B' 的剖面图,它示出了向后扫描方向。如图 5 所示,使用凸透镜 105 形成并入射到非单晶半导体薄膜 106 上的具有矩形、线形或椭圆形状的入射光束 121,作为具有短轴长度 W 和长轴长度 H 的矩形、线形、椭圆光束 120,在非晶半导体薄膜上从位置 (1) 扫描到位置 (2)。该实施例中,光束 120 具有矩形形状。

[0056] 如图 6 和 7 所示,该光束被传送到非单晶半导体薄膜 106。即使通过任何方法调整光学系统后,在照射处激光束的强度分布沿着经过光束短轴的中心的平面(垂直于基板,平行于光束的长轴)也是不对称的。换句话说,沿着该平面,短轴方向上激光束的强度分布不对称。因此,在向前和向后方向上,照射表面不能以相同的方式退火。因为光束的短轴短至约为 $10\ \mu\text{m}$,很难测量短轴方向上光束的强度分布,不管强度分布沿该平面是否对称。而且,更难在短轴方向调节激光束的强度分布以使其沿该平面对称。

[0057] 电路的特性遵循包括在电路中的 TFT 中的具有最低迁移率的 TFT。因此,当利用在图 6 和 7 所示的方向交替地扫描激光束退火的半导体薄膜制造 TFT 时,整体遵循向前方向上迁移率低的 TFT 的特性。

[0058] 因此,优选增加向前方向上激光束的能量,使得 TFT 的电子迁移率尽可能地高,但薄膜不被烧蚀等,而优选降低向后方向上激光束的能量使得薄膜不因过多能量而被烧蚀等。

[0059] 也就是说,当在向前方向上扫描激光束时,起偏振片 102(103) 在正或反方向旋转以增加入射光束 121 的光束强度。同样,当在向后方向上扫描激光束时,起偏振片 102(103) 在正或反方向旋转以减小入射光束 121 的光束强度。因此,非单晶半导体薄膜 106 的整个表面可以使用高能量均匀地晶化。

[0060] 由此,通过在向前和向后方向扫描激光束对非单晶半导体薄膜 106 进行退火的情况下,当光束在迁移率较低的方向上扫描时增加激光束的能量,当光束在迁移率较高的方向上扫描时降低激光束的能量。这样,可以抑制结晶的变化。

[0061] 入射到基板 107 的矩形光束 120 在长轴方向的尺寸大约为 $150 \sim 400\ \mu\text{m}$,在短轴方向的尺寸大约为 $1 \sim 30\ \mu\text{m}$ 。光束 120 的尺寸中,长轴方向的长度可以根据短轴方向的长度确定,以便可以提供足够的能量密度。短轴方向的长度的上限约为 $30\ \mu\text{m}$,而其下限约为 $1\ \mu\text{m}$ 。此范围之外,很难制造具有高特性的大晶粒晶体。实际上,在短轴方向长度约为 $10\ \mu\text{m}$ 的 10W 的 CW 激光束的情况下,其长轴方向的长度约为 $400\ \mu\text{m}$ 。在短轴方向长度约为 $8\ \mu\text{m}$ 的 3W 的 CW 激光束的情况下,其长轴方向的长度约为 $150\ \mu\text{m}$ 。

[0062] 图 2 示出了另一个激光照射设备的实例。该激光照射设备使用衍射光学元件 110 代替图 1 中的凸透镜 105 以将光束整形成矩形、线形或椭圆形光束。

[0063] 也就是说,该激光照射设备包括激光振荡器 101,两个起偏振片 102 和 103、反射镜 104 以及衍射光学元件 110。激光振荡器 101 是 CW 激光振荡器,与图 1 的 CW 激光振荡器相似。作为固体激光器,可以使用 YAG 激光器、YVO₄ 激光器、YLF 激光器、YAIO₃ 激光器、GdVO₄ 激光器、Y₂O₃ 激光器、变石激光器或 Ti:蓝宝石激光器。作为气体激光器,可以使用 Ar 激光器、Kr 激光器、CO₂ 激光器。除了 CW 激光器,还可以使用脉冲激光器。作为脉冲激光器,可以使用重复频率大于或等于 10MHz 的 YVO₄ 激光器、GdVO₄ 激光器、YAG 激光器等。

[0064] 衍射光学元件 110 也称为 DOE 或衍射光学器件。该元件是为了使用光的衍射获得所需能量,并通过在其表面形成凹槽用作会聚透镜。使用该衍射光学元件 110,从 CW 激光振荡器 101 发射的具有高斯能量分布的激光束可以整形成具有均匀能量分布的矩形、线形或椭圆形光束。除了衍射光学元件 110 之外的其它元件与图 1 中的相同;因此此处省略其详细描述。

[0065] 使用这种激光照射设备,与图 1 类似,通过来回扫描激光束,同时改变光束强度,对非单晶半导体薄膜 106 进行退火,可以使非单晶半导体薄膜 106 均匀结晶。

[0066] 本发明不限于上述实施例的构造,可以在本发明的范围内进行适当修改。例如,分束器或 ND 滤光片(中性密度滤光片)可以代替起偏振片等,作为改变光束强度的装置以调整激光束的强度。这种情况下,当分束器或 ND 滤光片对激光敏感时,激光束的光束直径可以使用扩束器扩展以减小能量密度。在使用激光振荡器(其中通过改变激光器的激励光源的强度可以调节激光束的输出)的情况下,可以改变激励光源的强度。

[0067] [实施例 2]

[0068] 本实施例描述了使用根据本发明激光退火设备制造薄膜晶体管(TFT)的工艺。

[0069] 如图 10A 所示,在具有绝缘表面的基板 1000 上形成基底薄膜 1001。本实施例中玻璃基板用作基板 1000。作为此处使用的基板,可以使用由硼硅酸钡玻璃或硼硅酸铝玻璃制成的玻璃基板、石英基板、陶瓷基板、不锈钢基板等。尽管以塑料、丙烯酸等为代表的柔性材料制成的基板一般在耐热性方面劣于上述基板,当基板可以承受制造工艺产生的热量时,可以使用柔性材料制成的基板。

[0070] 提供基底薄膜 1001 是为了防止包括在基板 1000 中的碱土金属或诸如 Na 的碱金属扩散到半导体薄膜内。当碱土金属或碱金属在半导体中时,该金属对半导体元件的特性引起负面效应。因此,使用能够抑制碱土金属和碱金属向半导体扩散内的绝缘材料,例如氧化硅、氮化硅或氮氧化硅(silicon nitride oxide)形成基底薄膜。而且,基底薄膜 1001 可以具有单层结构或多层结构。本实施例中,通过等离子体 CVD(化学气相淀积)方法形成厚度为 10 ~ 400nm 的氮氧化硅薄膜。

[0071] 当基板 1000 是例如玻璃基板或塑料基板这样的甚至包括少量碱土金属或碱金属的基板时,提供基底薄膜以防止杂质的扩散是有效的。当使用石英基板这样的很难扩散杂质的基板时,并不总需要提供基底薄膜 1001。

[0072] 接着,通过已知方法(溅射方法、LPCVD 方法、等离子体 CVD 方法等)在基底薄膜 1001 上形成厚度为 25 ~ 100nm(优选地 30 ~ 60nm)的非晶半导体薄膜 1002。本实施例中,非晶半导体薄膜 1002 可以使用硅、硅锗等形成,本实施例中使用硅。当使用硅锗时,优选锗的浓度为 0.01 ~ 4.5 原子百分比。

[0073] 接着,如图 10B 所示,使用本发明的激光退火设备用激光束照射非晶半导体薄膜

1002 以使该半导体薄膜结晶。本实施例中,使用凸透镜 1005 和提供 10W 的二次谐波且空间分布为 TEM_{00} 模式(单横模)的 Nd:YVO₄ 激光器执行照射。除了该激光器,还可使用其它激光器。作为连续波(CW)固体激光器,有 YAG 激光器、YLF 激光器、YA1O₃ 激光器、GdVO₄ 激光器、Y₂O₃ 激光器、变石激光器或 Ti:蓝宝石激光器。作为 CW 气体激光器,有 Ar 激光器、Kr 激光器或 CO₂ 激光器。而且,还可以使用脉冲重复频率大于或等于 10MHz 的 YVO₄ 激光器、GdVO₄ 激光器、YAG 激光器等。

[0074] 通过在所有扫描方向均匀地对该半导体薄膜进行退火,电子设备的特性可以稳定在良好条件。然而,当使用在图 6 和 7 所示方向上交替退火的半导体薄膜制造 TFT 时,TFT 中的半导体薄膜的结晶状态取决于向前方向和向后方向而改变。这对电子设备的特性产生显著影响。

[0075] 本实施例中,使用起偏振片作为改变光束强度的装置,在所有扫描方向上对半导体薄膜进行均匀退火。这里,光束强度可以以这样的方式调整,提前将布图输入到诸如计算机的控制装置,该控制装置用于控制移动起偏振片的电机,该控制装置根据输入的布图发送控制电机的信号,接收该信号的电机移动起偏振片。

[0076] 而且,通过使用狭缝,可以阻隔激光束的低强度部分;因此,可以传送等于或大于预定强度的线形、椭圆或矩形光束。

[0077] 此后,如图 10C 所示,通过激光照射形成的结晶半导体薄膜 1003 被图形化,从而形成岛状半导体薄膜 1006。然后,形成栅极绝缘薄膜 1007 以覆盖岛状半导体薄膜 1006。通过等离子体 CVD 方法或溅射方法,可以使用氧化硅、氮化硅、氮氧化硅等形成栅极绝缘薄膜 1007。本实施例中,通过等离子体 CVD 方法形成厚度为 115nm 的氮氧化硅薄膜。

[0078] 接着,在栅极绝缘薄膜 1007 上形成导电薄膜并对其图形化以形成栅电极 1008。此后,使用栅电极 1008 或图形化的抗蚀剂作为掩模,通过向岛状半导体薄膜 1006 添加提供 n 型或 p 型电导率的杂质形成源极区域 1009、漏极区域 1010、LDD 区域 1011 等。根据上述步骤,可在相同的基板上形成 N 沟道 TFT 1012 和 1014 以及 P 沟道 TFT 1013。

[0079] 接着,如图 10D 所示,形成绝缘薄膜 1015 作为这些 TFT 的保护薄膜。使用氮化硅或氮氧化硅形成厚度 100 ~ 200nm 的单层或多层结构的绝缘薄膜 1015。本实施例中,通过等离子体 CVD 方法形成厚度为 100nm 的氧氮化硅薄膜。使用绝缘薄膜 1015,可以获得防止空气中的氧和湿气以及各种离子杂质进入的阻隔效果。

[0080] 接着,形成绝缘薄膜 1016。本实施例中,可以使用诸如聚酰亚胺、聚酰胺、BCB(苯并环丁烯)、丙烯酸或硅氧烷这样的有机树脂薄膜,TOF 薄膜,无机层间绝缘薄膜(诸如氮化硅或氧化硅这样的包括硅的绝缘薄膜),低 k(低介电常数)材料等。硅氧烷是这样一种材料,它具有用 -Si-O-Si- 表示的硅和氧的键(硅氧键)作为基本单元,且具有硅与氟、脂肪族烃或芳(族)烃相结合的结构。因为形成绝缘薄膜 1016 的主要目的是缓和和平整化由于玻璃基板上形成的 TFT 导致的不平整,优选地使用具有优良平整度的薄膜。

[0081] 而且,通过光刻方法图形化绝缘薄膜和有机绝缘薄膜以形成到达杂质区域的接触孔。

[0082] 接着,使用导电材料形成导电薄膜,通过图形化该导电薄膜形成布线 1017。此后,当形成绝缘薄膜 1018 作为保护膜时,完成了图 10D 所示的半导体器件。应当注意使用本发明的激光退火方法制造半导体器件的方法不限于上述制造 TFT 的方法。

[0083] 在激光结晶步骤之前,可以提供使用催化剂元素的结晶步骤。作为催化剂元素,可以使用镍 (Ni)、锗 (Ge)、铁 (Fe)、钯 (Pd)、锡 (Sn)、铅 (Pb)、钴 (Co)、铂 (Pt)、铜 (Cu) 或金 (Au)。

[0084] 与仅通过激光照射使半导体薄膜结晶的情况相比,当在使用催化剂元素的结晶步骤之后执行激光照射结晶步骤时,可以进一步提高半导体薄膜的结晶度,并在激光结晶之后减小半导体薄膜表面的粗糙度。因此,可以进一步减小此后要形成的以 TFT 为代表的半导体元件的特性变化,并且可以抑制关断电流。

[0085] 应当注意可以以这种方式执行结晶:在添加催化剂元素之后,执行热处理以促进结晶,然后执行激光照射。或者,省略热处理。而且,可以在热处理之后在保持温度的同时执行激光处理。

[0086] 尽管本实施例示出了本发明的激光照射方法用于结晶半导体薄膜的实例,该激光照射方法可以应用于激活半导体薄膜中掺杂的杂质元素。而且,本发明的制造半导体器件的方法可用于制造集成电路和半导体显示装置的方法。

[0087] 用于例如驱动器或 CPU(中央处理单元)这样的功能电路的晶体管优选地具有 LDD 结构或 LDD 与栅电极交叠的结构。希望微型化晶体管以增加速度。因为根据本实施例完成的晶体管具有 LDD 结构,优选地该晶体管用于需要高速操作的驱动电路。

[0088] [实施例 3]

[0089] 根据本发明,使用薄膜晶体管可以完成各种电子设备。参考图 11A 到 11C 描述特定实例。

[0090] 图 11A 示出了一种显示装置,包括机壳 1101、支撑架 1102、显示部分 1103、扬声器部分 1104、视频输入端子 1105 等。通过在显示部分 1103 中采用图 10A 到 10D 所示的制造方法形成的薄膜晶体管制造该显示装置。应当注意该显示装置包括液晶显示装置和发光装置,具体而言,为计算机、电视接收机、广告等显示信息的各种显示装置。

[0091] 图 11B 示出了一种计算机,包括机壳 1111、显示部分 1112、键盘 1113、外部连接端口 1114、指针鼠标 1115 等。通过采用图 10A 到 10D 所示的制造方法,可以制造显示部分 1112 和其它电路。而且,本发明可以应用到主体内部的其它半导体器件,例如 CPU 和存储器。

[0092] 图 11C 示出了移动电话,它是移动终端的典型实例。该移动电话包括机壳 1121、操作键 1122、显示部分 1123 等。除了移动电话,因为诸如 PDA(个人数字助理)、数码相机以及小型游戏机这样的电子设备都是移动终端,它们的显示屏很小。因此,通过使用图 10A 到 10D 所示的小晶体管形成诸如 CPU 和存储器这样的功能电路,可以获得更小和更轻的设备。

[0093] 本实施例中制造的薄膜晶体管可以用作 ID 芯片。例如,通过图 10A 到 10D 所示的制造方法,晶体管可以用作 ID 芯片中的集成电路和存储器或用作 ID 标签。当晶体管用作存储器时,可以记录产品的流通过程和生产步骤工艺,例如产地、制造商、生产日期以及加工方法。对于批发商、零售商和消费者,知道这些信息变得容易。

[0094] 而且,在 TFT 用作安装了射频功能的 ID 标签的情况下,通过使用 ID 标签代替常规条形码,可以简化产品结算和编目工作。而且,通过在结算处将已经完成结算输入到 ID 标签,并通过在出口提供的检查装置检查 ID 标签是否结算,可以防止忘记结算和行窃。

[0095] 如上所述,根据本发明制造的半导体器件可以在很大范围得到应用,且根据本发明制造的半导体器件可以应用于各个领域中的各种电子设备。

[0096] 附图标记说明：

[0097] 1:激光振荡器,2:柱面透镜阵列,3:柱面透镜阵列,4:柱面透镜阵列,5:柱面透镜阵列,6:柱面透镜阵列,7:反射镜,8:双柱面透镜,9:照射表面,11:激光振荡器,12:反射镜,13:凸透镜,14:光束,15:照射表面,101:激光振荡器,102:起偏振片,103:起偏振片,104:反射镜,105:凸透镜,106:非单晶半导体薄膜,107:基板,108:X轴平台,109:Y轴平台,110:衍射光学元件,120:光束,121:入射光束,1000:基板,1001:基底薄膜,1002:非晶半导体膜,1003:晶体半导体膜,1005:凸透镜,1006:半导体薄膜,1007:栅极绝缘膜,1008:栅电极,1009:源区,1010:漏区,1011:LDD区,1012:N沟道TFT,1013:P沟道TFT,1014:N沟道TFT,1015:绝缘膜,1016:绝缘膜,1017:布线,1018:绝缘膜,1101:机壳,1102:支撑架,1103:显示部分,1104:扬声器部分,1105:视频输入端,1111:机壳,1112:显示部分,1113:键盘,1114:外部连接端口,1115:指针鼠标,1121:机壳,1122:操作键,1123:显示部分

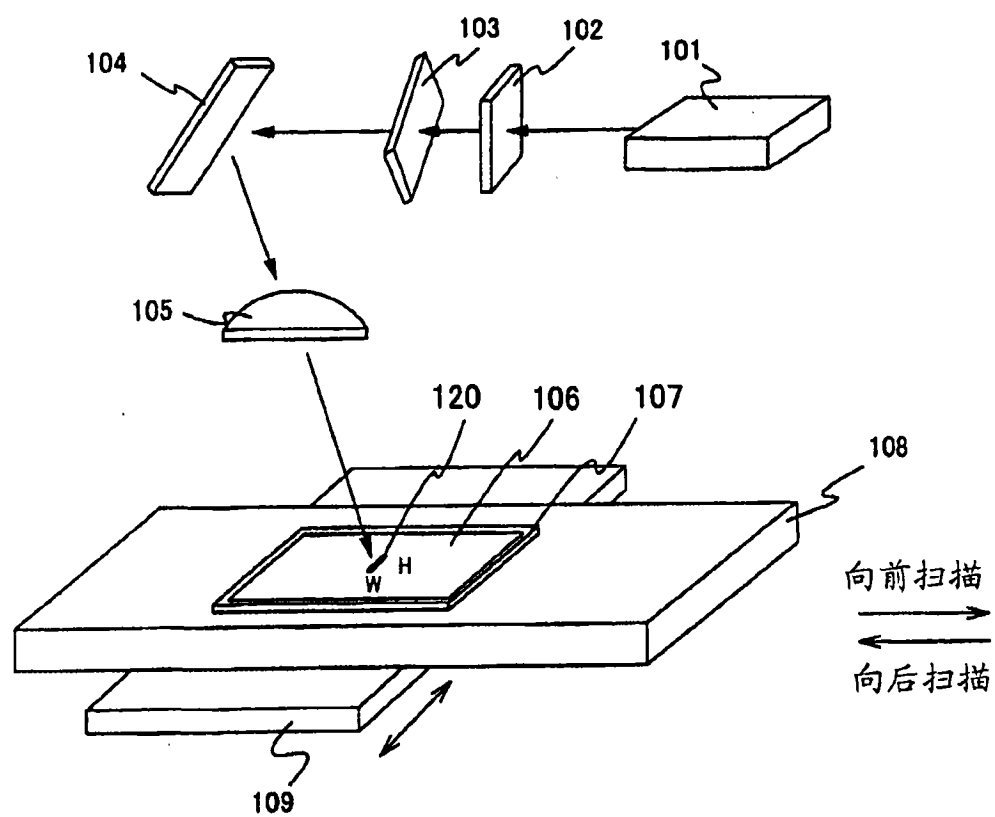


图 1

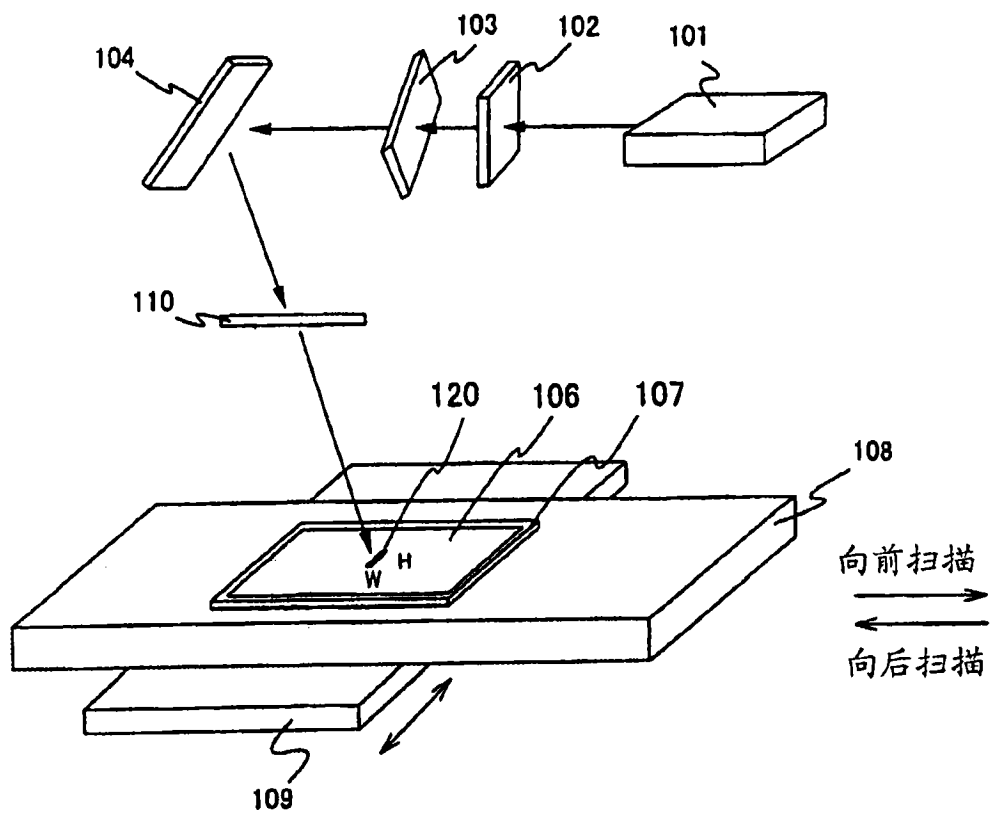


图 2

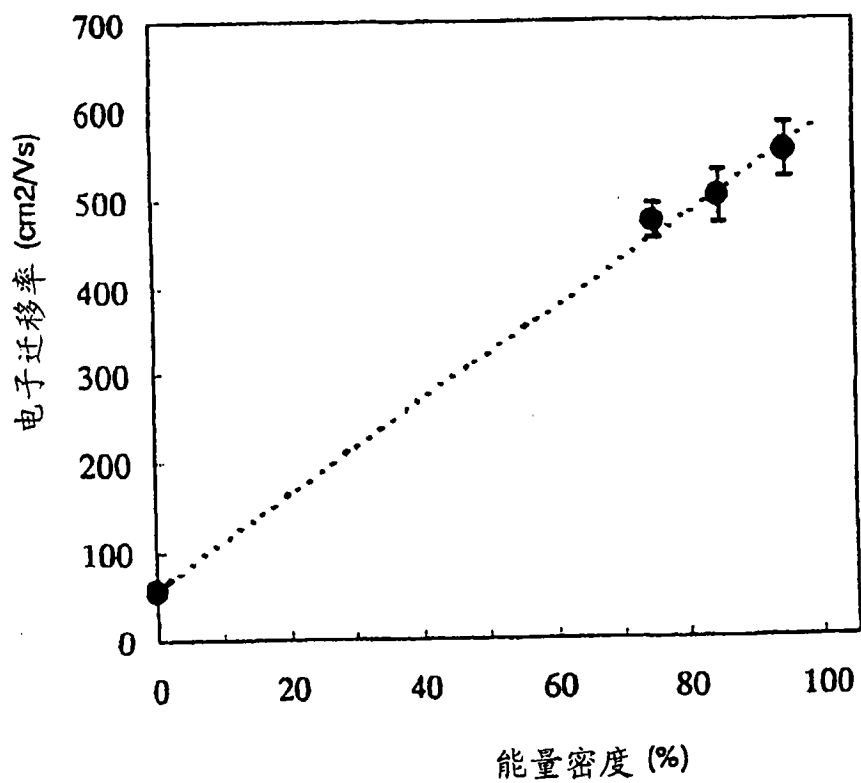


图 3

N 沟道 TFT 的电子迁移率 vs 能量密度

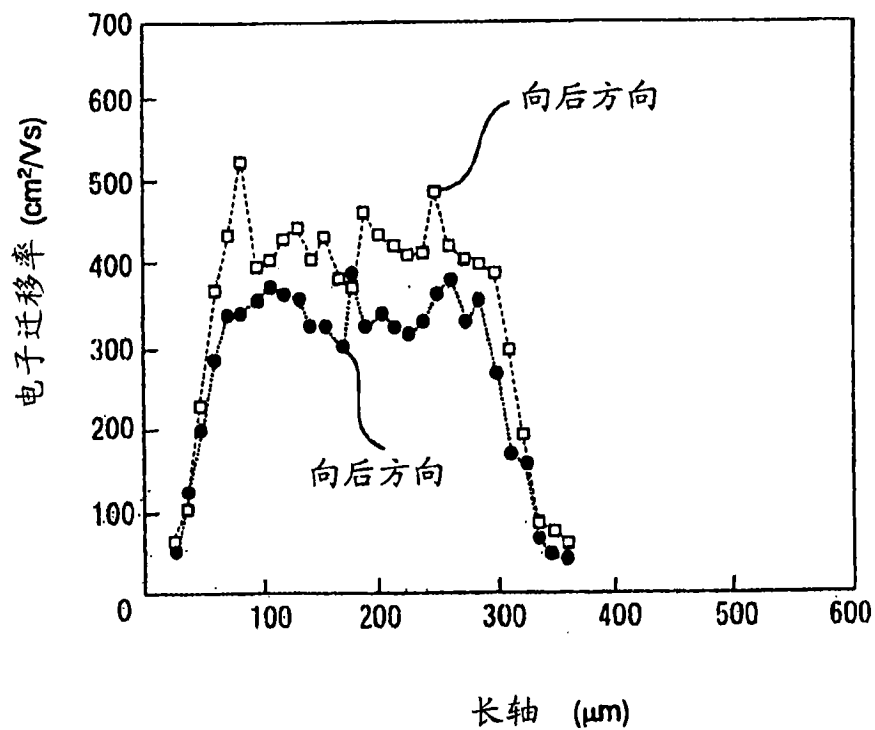


图 4

N 沟道 TFT 的电子迁移率分布

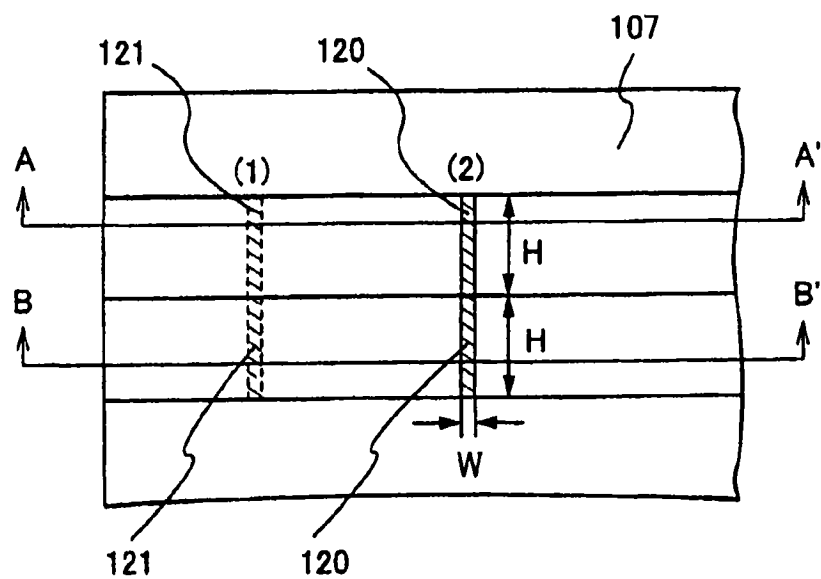


图 5

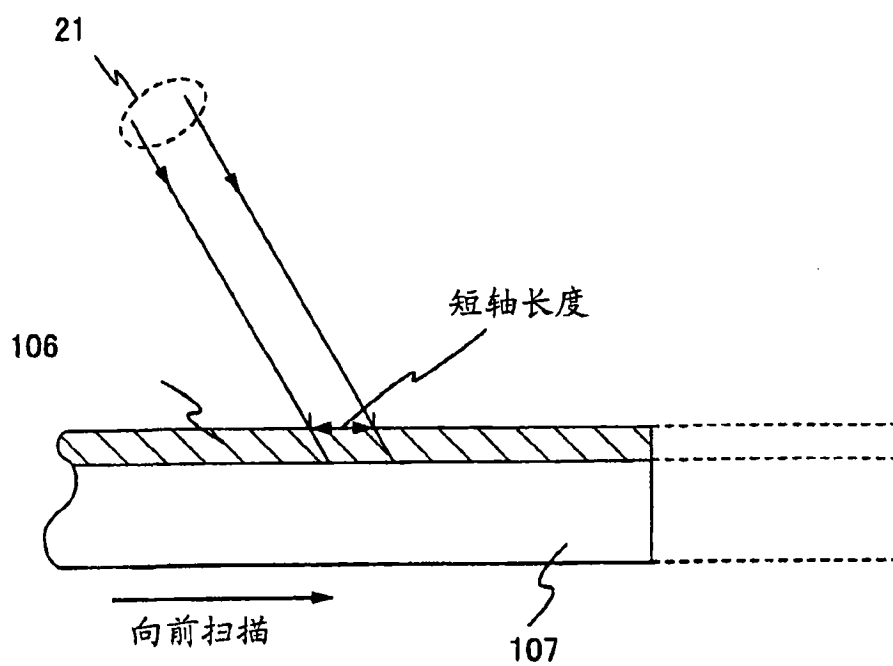


图 6

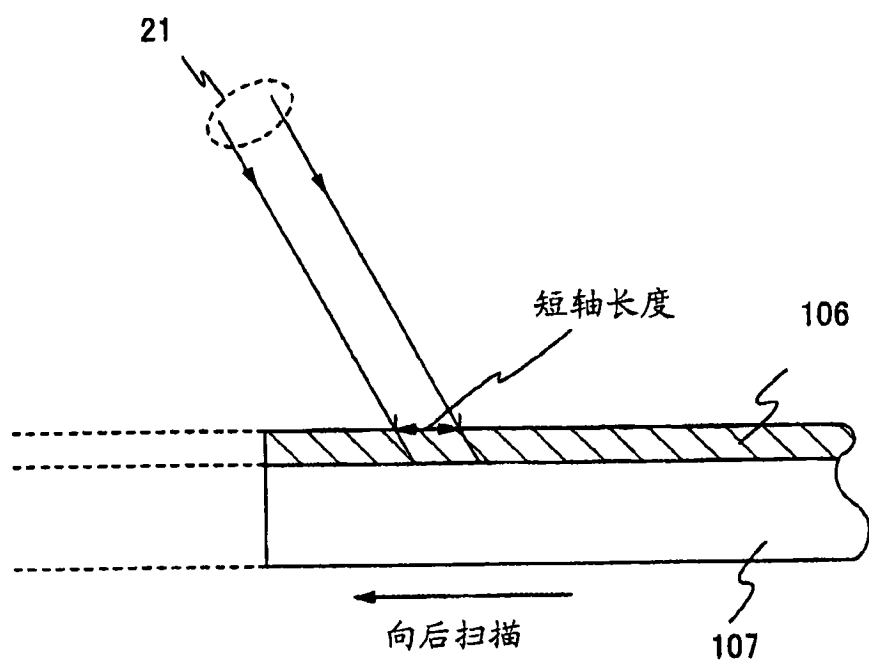


图 7

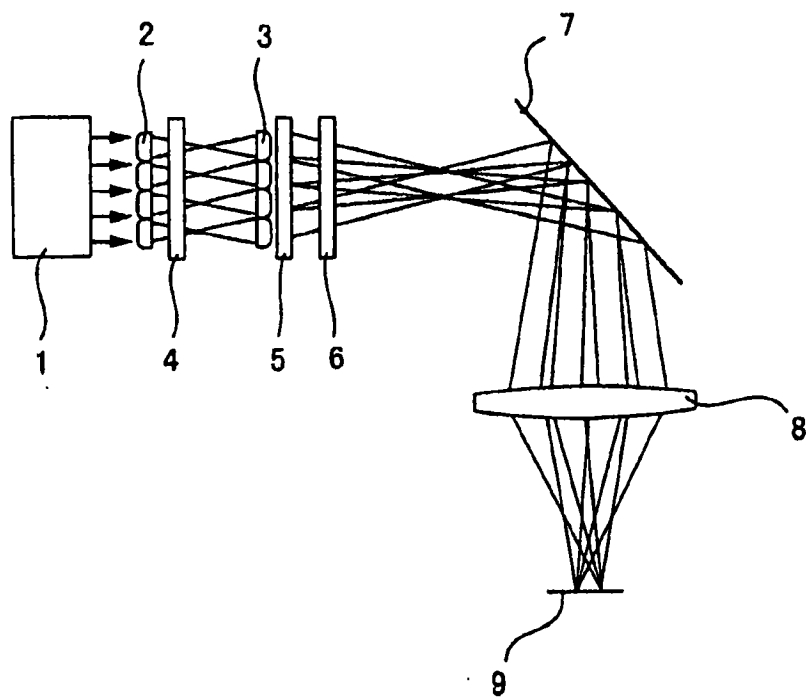


图 8

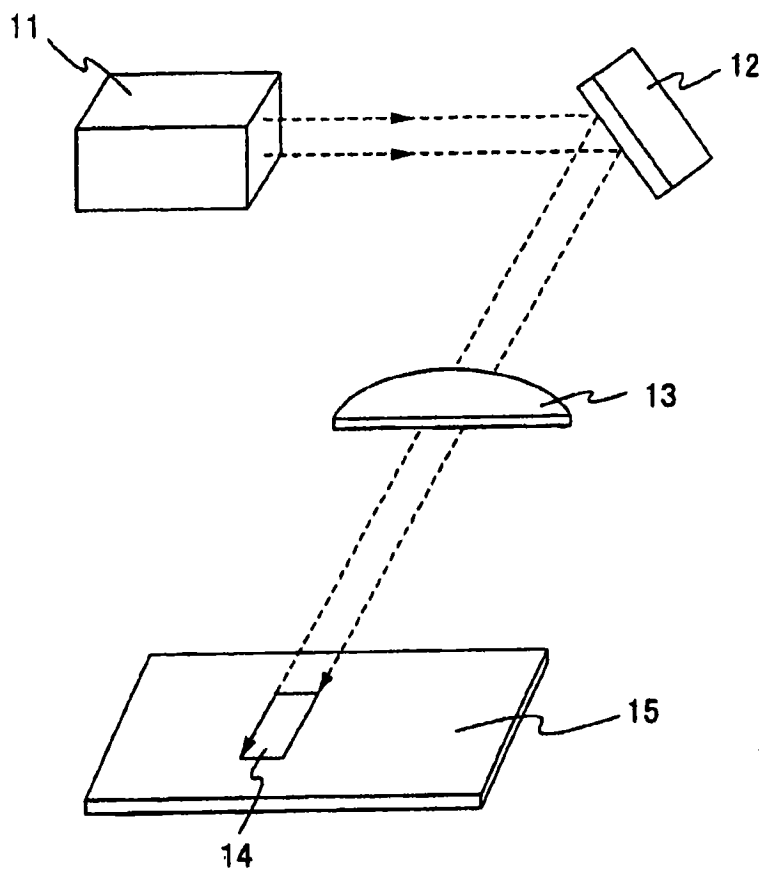


图 9

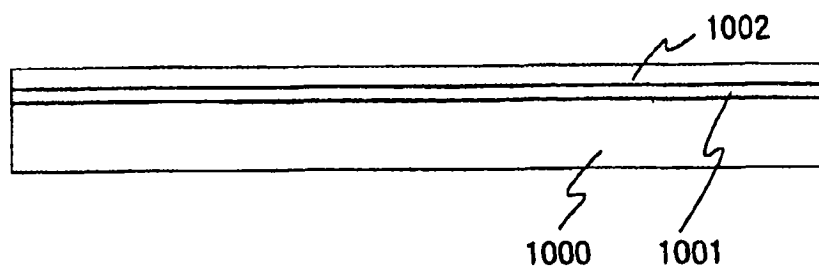


图 10A

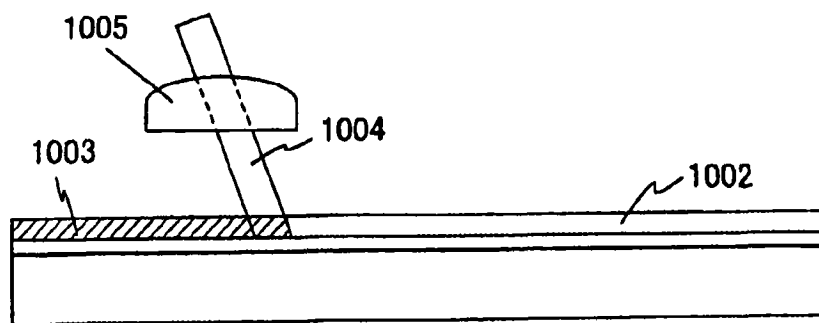


图 10B

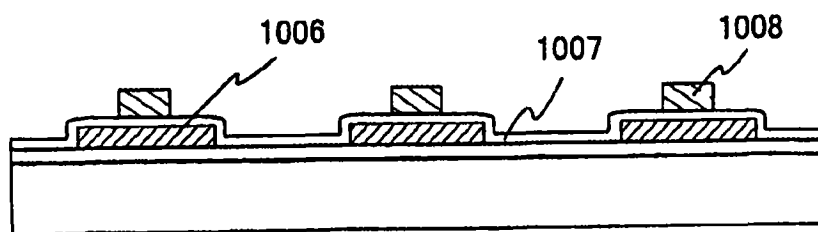


图 10C

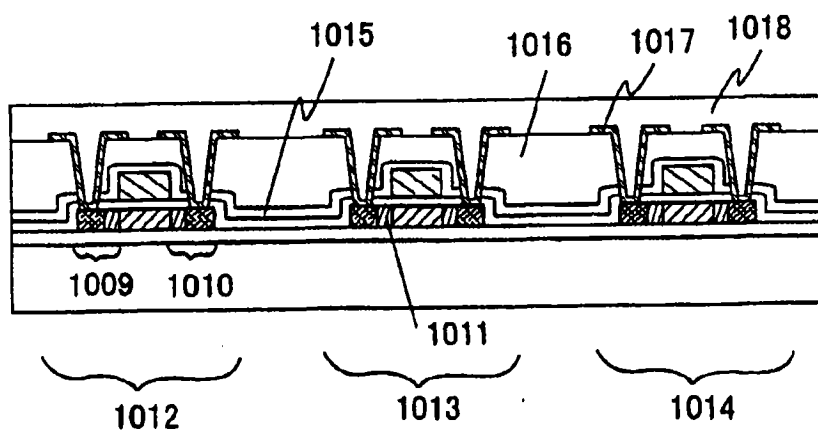


图 10D

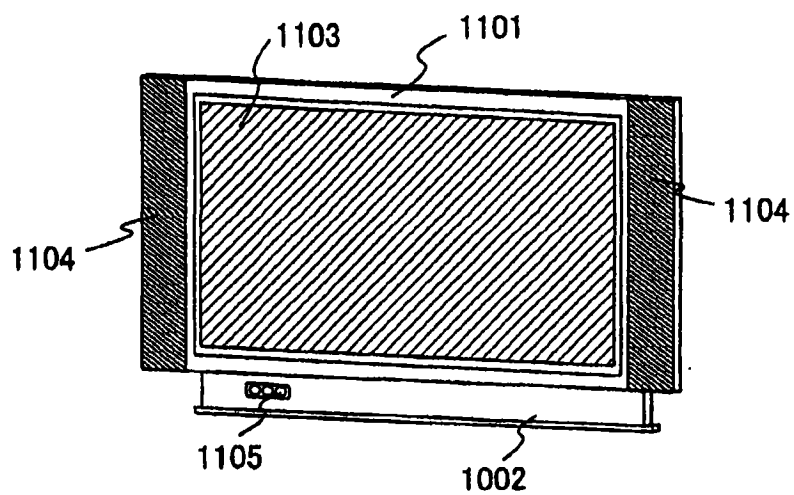


图 11A

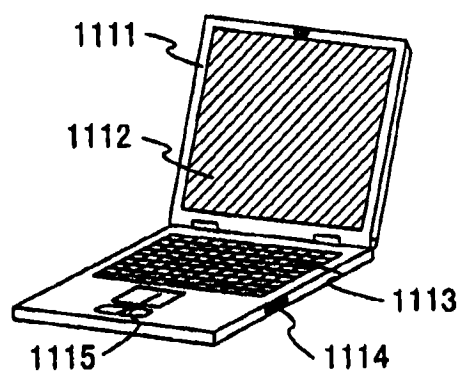


图 11B

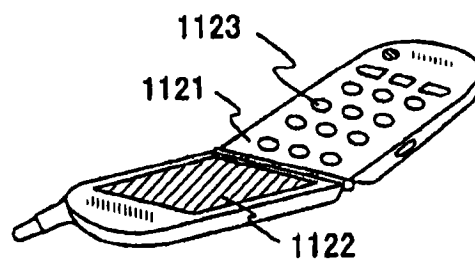


图 11C