



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101651093 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 11

(21) 申请号 200910161384. 4

(22) 申请日 2009. 08. 12

(30) 优先权数据

2008-208818 2008. 08. 14 JP

(73) 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 尼子博久 梅津畅彦

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理
有限责任公司 11290

代理人 陈桂香 武玉琴

(51) Int. Cl.

H01L 21/20 (2006. 01)

H01L 21/268 (2006. 01)

H01L 21/66 (2006. 01)

G01N 21/84 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2002-319606 A, 2002. 10. 31, 全文.

CN 1574213 A, 2005. 02. 02, 全文.

JP 特开 2008-9339 A, 2008. 01. 17, 全文.

审查员 范崇飞

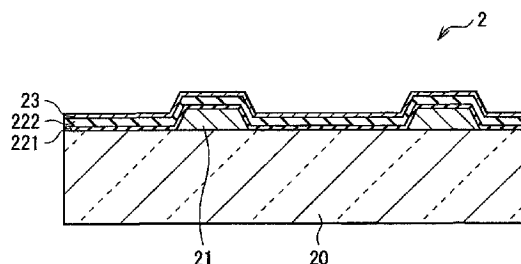
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 7 页

(54) 发明名称

半导体薄膜形成方法和半导体薄膜检查装置

(57) 摘要

本发明公开了半导体薄膜形成方法和半导体薄膜检查装置,所述半导体薄膜形成方法包括:在透明基板上形成非晶半导体薄膜的步骤;通过用激光照射所述非晶半导体薄膜来进行热处理,使所述非晶半导体薄膜结晶化从而形成结晶半导体薄膜的步骤;以及用于检查所述结晶半导体薄膜的检查步骤。所述检查步骤包括:通过从所述透明基板的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜并进行摄像来获得所述结晶半导体薄膜的透射图像的步骤,以及基于所获得的透射图像对所述结晶半导体薄膜进行筛选的筛选步骤。所述半导体薄膜形成方法和半导体薄膜检查装置能够精确并容易地对所述结晶半导体薄膜进行评估。



1. 一种半导体薄膜形成方法,所述半导体薄膜形成方法包括:

在透明基板上形成非晶半导体薄膜的步骤;

通过用激光照射所述非晶半导体薄膜来进行热处理,使所述非晶半导体薄膜结晶化从而形成结晶半导体薄膜的步骤;以及

用于检查所述结晶半导体薄膜的检查步骤,

其中,所述检查步骤是检查所述结晶半导体薄膜的结晶度的步骤,所述检查步骤包括:通过从所述透明基板的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜并进行摄像来获得所述结晶半导体薄膜的透射图像的步骤,以及基于所获得的透射图像对所述结晶半导体薄膜进行筛选的筛选步骤,

所述半导体薄膜形成方法还包括基于所获得的透射图像产生辉度分布的步骤,并且在所述筛选步骤中,利用所产生的辉度分布对所述结晶半导体薄膜进行筛选。

2. 如权利要求1所述的半导体薄膜形成方法,其中,在所述筛选步骤中,基于所述辉度分布计算辉度的标准偏差,并根据所述标准偏差对所述结晶半导体薄膜进行筛选。

3. 如权利要求2所述的半导体薄膜形成方法,其中,

在所述筛选步骤中,在所述标准偏差低于给定阈值的情况下,作出所述结晶半导体薄膜是合格品的判定,而

在所述标准偏差等于或者大于所述给定阈值的情况下,作出所述结晶半导体薄膜是不合格品的判定。

4. 如权利要求1所述的半导体薄膜形成方法,其中,在所述筛选步骤中,基于所述辉度分布计算辉度峰的峰宽,并根据所述峰宽对所述结晶半导体薄膜进行筛选。

5. 如权利要求4所述的半导体薄膜形成方法,其中,

在所述筛选步骤中,在所述峰宽大于给定阈值的情况下,作出所述结晶半导体薄膜是合格品的判定,而

在所述峰宽等于或者小于所述给定阈值的情况下,作出所述结晶半导体薄膜是不合格品的判定。

6. 如权利要求1所述的半导体薄膜形成方法,其中,在所述筛选步骤中,基于所述辉度分布计算辉度的最小值,并根据所述最小值对所述结晶半导体薄膜进行筛选。

7. 如权利要求6所述的半导体薄膜形成方法,其中,

在所述筛选步骤中,在所述最小值大于给定阈值的情况下,作出所述结晶半导体薄膜是合格品的判定,而

在所述最小值等于或者小于所述给定阈值的情况下,作出所述结晶半导体薄膜是不合格品的判定。

8. 如权利要求1所述的半导体薄膜形成方法,其中,在所述筛选步骤中,基于所获得的透射图像来获得结晶化区域的宽度,并根据所述结晶化区域的宽度来检查所述结晶半导体薄膜的结晶化状态。

9. 如权利要求1所述的半导体薄膜形成方法,其中,在所述筛选步骤中,基于所获得的透射图像分别获得结晶化区域与先前设定的给定参考图形之间的距离及方向,并基于所述距离和所述方向来检查所述结晶半导体薄膜的结晶化状态。

10. 如权利要求1所述的半导体薄膜形成方法,其中,在所述筛选步骤中,基于所获得

的透射图像来获得空间上的辉度分布,并基于所述空间上的辉度分布来检查所述结晶半导体薄膜中的物理损坏部分。

11. 如权利要求 1 所述的半导体薄膜形成方法,其中,在获得所述透射图像的步骤中,使用绿色波长范围内的光作为用于所述结晶半导体薄膜的照射光。

12. 如权利要求 1 所述的半导体薄膜形成方法,其中,在形成所述结晶半导体薄膜的步骤中,使用多个激光光源进行激光照射,由此进行热处理。

13. 如权利要求 1 所述的半导体薄膜形成方法,其中,在形成所述结晶半导体薄膜的步骤中,使用半导体激光光源进行激光照射。

14. 如权利要求 1 所述的半导体薄膜形成方法,其中,所述结晶半导体薄膜被用来形成薄膜晶体管。

15. 如权利要求 1 所述的半导体薄膜形成方法,其中,所述结晶半导体薄膜是 Si 薄膜。

16. 一种半导体薄膜检查装置,所述半导体薄膜检查装置包括:

载物台,在检查结晶半导体薄膜时所述载物台用于安装上面形成有所述结晶半导体薄膜的透明基板,所述结晶半导体薄膜是通过在所述透明基板上形成非晶半导体薄膜、然后用激光照射所述非晶半导体薄膜来进行热处理从而使所述非晶半导体薄膜结晶化而形成的;

光源,其从所述载物台的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜;

摄像器件,其用于接收从所述光源出射并透射穿过所述载物台和所述结晶半导体薄膜的透射光,从而获得所述结晶半导体薄膜的透射图像;

筛选器件,其基于通过所述摄像器件获得的所述透射图像对所述结晶半导体薄膜进行筛选;

辉度分布产生器件,其基于通过所述摄像器件获得的所述透射图像产生辉度分布,其中,所述筛选器件通过使用由所述辉度分布产生器件产生的所述辉度分布对所述结晶半导体薄膜进行筛选;以及

半导体薄膜检查装置,其被构造为用于检查所述结晶半导体薄膜的结晶度的检查装置。

17. 如权利要求 16 所述的半导体薄膜检查装置,其包括:

用于进行控制的控制器,用于相对地改变所述光源和所述摄像器件相对于安装在所述载物台上的所述透明基板的位置。

半导体薄膜形成方法和半导体薄膜检查装置

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请包含与分别在 2007 年 8 月 15 日和 2008 年 8 月 14 日向日本专利局提交的日本在先专利申请 JP 2007-211734 和 JP 2008-208818 的公开内容相关的主题,在此将这两个在先专利申请的全部内容以引用的方式并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及半导体薄膜形成方法和半导体薄膜检查装置,该半导体薄膜适合于制造用于液晶显示器或有机电致发光 (electroluminescence, EL) 显示器的薄膜晶体管 (Thin film Transistor, TFT) 基板。

背景技术

[0004] 在有源矩阵型液晶显示器或者使用有机 EL 器件的有机 EL 显示器中,采用了 TFT 基板。在该 TFT 基板中,在基板上形成有非晶半导体薄膜或者晶粒直径相对较小的多晶半导体薄膜,并且该半导体薄膜被激光束照射并被退火处理,从而获得晶体生长的半导体薄膜。所获得的半导体薄膜被用来形成作为驱动元件的 TFT。

[0005] 过去,作为利用上述激光束的退火装置的光源,人们已经使用了具有高的半导体薄膜吸收率并能够获得高的脉冲光输出的准分子激光器。然而,由于准分子激光器是气体激光器,因而输出强度根据每个脉冲而变化。因此,存在如下缺点,即,在通过使用准分子激光器形成的 TFT 中,特性会有差异,并且在使用这种 TFT 的显示单元中容易发生显示不均。

[0006] 所以,为了解决由于气体激光器中脉冲强度变化引起的图像质量劣化问题,曾提出了一种使用具有较高输出稳定性的半导体激光器作为光源的退火装置(例如,日本专利申请公开公报 No. 2003-332235)。然而,由于与从准分子激光器等获得的光输出相比,从半导体激光器获得的光输出非常小,因而使得退火处理中的光束尺寸也减小。因此,增加了 TFT 基板的单位面积的退火处理时间,从而导致诸如产率降低和制造成本增加等缺点。

[0007] 结果,为了实现退火处理的高吞吐量,曾提出了下面的退火方法(例如,日本专利申请公开公报 No. 2004-153150)。在该退火方法中,使多个激光光源彼此相邻地布置着,并且用来自该多个激光光源的多个激光束同时照射非晶半导体薄膜上的多个区域。结果,减少了扫描时间从而提高了产率。

[0008] 另外,在过去,利用为退火装置设置的用于监测激光束强度的器件,已经进行了使用上述半导体激光器的半导体薄膜结晶化控制方法。例如,在日本专利申请公开公报 No. 2005-101202 中说明的激光束强度监测方法中,将单个强度测量部用于多个激光光学系统的光路。该单个强度测量部被移动到各激光光学系统的各光路上,从而该单个强度测量部能接收各光路中的光。因此,对于多个激光光学系统,通过单个强度测量部来测量各照射能量。

[0009] 此外,在日本专利申请公开公报 No. 2004-342875 中,提出了通过使用由于激光束照射而从晶体出射的喇曼散射光 (Raman scattering light) 对激光照射位置进行分析的

方法。另外,还提出了使用高速线阵相机(linecamera)的反射图像的缺陷检查方法及装置。

[0010] 然而,在如前述日本专利申请公开公报 No. 2005-101202 中那样使用多个激光束进行退火处理的情况下,在各个激光光源中,存在着各出射光的各发散角之间的个体差异。此外,在设置均一照射光学系统以校正这种个体差异的情况下,会产生调整误差等。因此,在使用多个激光束进行退火处理的情况下,自然会导致用于照射对象的各激光的尺寸和强度的差异。

[0011] 如上所述,在过去仅对来自各激光光源的激光束的强度(能量)进行监测。因此,由于焦点位置和光学系统像差等,很难对对象表面上的微小的能量密度差异进行监测。于是,这种能量密度差异导致了对象(半导体薄膜)的退火效果的差异,并进一步导致了半导体薄膜上的不同位置处的结晶度差异。结果,所形成的 TFT 的特性根据各激光束而不同。TFT 的特性差异引起了显示装置的显示不均。

[0012] 不仅在使用上述多个激光光源进行退火处理的情况下可能产生这种对半导体薄膜的激光退火效果的差异(薄膜上的不同位置处的效果差异),而且在使用单个激光光源进行退火处理的情况下也可能产生上述差异。

[0013] 另外,在前述日本专利申请公开公报 No. 2004-342875 的技术中,由于使用了喇曼散射光,因而装置规模变大且成本变高。此外,由于使用氩激光器作为光源,因而使运行成本昂贵。此外,由于必须使用复杂的光学系统,因而进行调整要花费人力和时间。另外,由于喇曼光是微弱的,因而需要约 $1\mu\text{m}$ 程度的窄激光,并且应当设置多个测量点来评估平均结晶度。结果,存在着使监测所必需的时间增加的缺点。

[0014] 此外,在使用高速线阵相机的反射图像的前述缺陷检查方法中,由于使用了反射图像,因而包含被称作伪缺陷的许多噪声。所以,人们经常要检查预期缺陷的真实性,这在测量时间和测量精度方面很不利。

[0015] 发明内容

[0016] 鉴于上述情况,在本发明中期望提供一种半导体薄膜形成方法,其在利用通过激光退火实现的结晶化来形成半导体薄膜时,能够精确并容易地评估结晶半导体薄膜,本发明还提供一种半导体薄膜检查装置。

[0017] 本发明实施例提供了一种半导体薄膜形成方法,所述方法包括:在透明基板上形成非晶半导体薄膜的步骤;通过用激光照射所述非晶半导体薄膜来进行热处理,使所述非晶半导体薄膜结晶化从而形成结晶半导体薄膜的步骤;以及用于检查所述结晶半导体薄膜的检查步骤。所述检查步骤是检查所述结晶半导体薄膜的结晶度的步骤,所述检查步骤包括:通过从所述透明基板的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜并进行摄像来获得所述结晶半导体薄膜的透射图像的步骤,以及基于所获得的透射图像对所述结晶半导体薄膜进行筛选的筛选步骤,所述半导体薄膜形成方法还包括基于所获得的透射图像产生辉度分布的步骤,并且在所述筛选步骤中,利用所产生的辉度分布对所述结晶半导体薄膜进行筛选。

[0018] 在本发明实施例的半导体薄膜形成方法中,在所述透明基板上形成所述非晶半导体薄膜之后,用激光照射所述非晶半导体薄膜来进行热处理。因此,所述非晶半导体薄膜被结晶化,并形成了所述结晶半导体薄膜。此后,对所述结晶半导体薄膜进行检查。在所述检查步骤中,通过从所述透明基板的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜并进行摄像来获得

所述结晶半导体薄膜的透射图像,并基于所获得的透射图像对所述结晶半导体薄膜进行筛选。

[0019] 本发明实施例提供了一种半导体薄膜检查装置,其包括:载物台,在检查结晶半导体薄膜时所述载物台用于安装上面形成有所述结晶半导体薄膜的透明基板,所述结晶半导体薄膜是通过在所述透明基板上形成非晶半导体薄膜、然后用激光照射所述非晶半导体薄膜来进行热处理从而使所述非晶半导体薄膜结晶化而形成的;光源,其从所述载物台的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜;摄像器件,其用于接收从所述光源出射并透射穿过所述载物台和所述结晶半导体薄膜的透射光,从而获得所述结晶半导体薄膜的透射图像;筛选器件,其基于通过所述摄像器件获得的透射图像对所述结晶半导体薄膜进行筛选;辉度分布产生器件,其基于通过所述摄像器件获得的所述透射图像产生辉度分布,其中,所述筛选器件通过使用由所述辉度分布产生器件产生的所述辉度分布对所述结晶半导体薄膜进行筛选;以及半导体薄膜检查装置,其被构造为用于检查所述结晶半导体薄膜的结晶度的检查装置。

[0020] 在本发明实施例的半导体薄膜检查装置中,上面形成有所述结晶半导体薄膜的透明基板被安装在所述载物台上,所述光源从所述载物台的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜,并且透射穿过所述载物台和所述结晶半导体薄膜的透射光被接收。于是,获得了所述结晶半导体薄膜的透射图像。基于所述透射图像,对所述结晶半导体薄膜进行筛选。

[0021] 根据本发明实施例的半导体薄膜形成方法,在检查所述结晶半导体薄膜结晶度的步骤中,通过从所述透明基板的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜并进行摄像来获得所述结晶半导体薄膜的透射图像,并基于所述透射图像对所述结晶半导体薄膜进行筛选。因此,在利用通过激光退火实现的结晶化来形成半导体薄膜时,能精确并容易地对所述结晶半导体薄膜进行评估。

[0022] 此外,根据本发明实施例的半导体薄膜检查装置,上面形成有所述结晶半导体薄膜的透明基板被安装在所述载物台上,所述光源从所述载物台的背侧用光照射所述结晶半导体薄膜,并且透射穿过所述载物台和所述结晶半导体薄膜的透射光被接收,从而获得了所述结晶半导体薄膜的透射图像。另外,基于所述透射图像,对所述结晶半导体薄膜进行筛选。因此,在利用通过激光退火实现的结晶化来形成半导体薄膜时,能精确并容易地对所述结晶半导体薄膜进行评估。

[0023] 从下面的说明中会更充分地体现本发明的其它和进一步的目的、特征及优点。

附图说明

[0024] 图 1 是图示了本发明实施例半导体薄膜检查装置的整体结构的图;

[0025] 图 2 是图示了本发明实施例用于形成半导体薄膜的一些主要步骤的截面图;

[0026] 图 3 是图示了图 2 之后的步骤的截面图;

[0027] 图 4 是图示了图 3 之后的步骤的截面图;

[0028] 图 5 是图示了图 4 之后的步骤(检查步骤)的示例的流程图;

[0029] 图 6A ~ 图 6C 是图示了在图 5 所示检查步骤中获得的半导体薄膜透射图像的示例的照片;

[0030] 图 7A 和图 7B 是图示了在图 5 所示检查步骤中产生的辉度分布的示例的特性图;

- [0031] 图 8A ~ 图 8C 是图示了在检查步骤中获得的半导体薄膜透射图像的另一示例的照片；
- [0032] 图 9 是图示了能量密度与退火宽度之间关系的示例的特性图；
- [0033] 图 10 是图示了在检查步骤中获得的半导体薄膜透射图像的又一示例的照片；
- [0034] 图 11 是图示了在检查步骤中获得的半导体薄膜透射图像的再一示例的照片；
- [0035] 图 12 是图示了在检查步骤中获得的半导体薄膜透射图像的另外一个示例的照片；以及
- [0036] 图 13 是图示了包括由图 2 ~ 图 5 所示步骤形成的半导体薄膜的 TFT 基板的结构示例的截面图。

具体实施方式

[0037] 下面参照附图具体说明本发明的实施例。

[0038] 图 1 图示了本发明实施例半导体薄膜检查装置（检查装置 1）的整体结构。检查装置 1 例如适用于在制造具有底栅结构的薄膜晶体管（底栅型 TFT）的步骤中形成的硅半导体膜。具体地，检查装置 1 是适用于 Si（硅）薄膜基板 2 的结晶度的检查装置，如稍后所述，Si 薄膜基板 2 是具有多晶硅（p-Si）膜（结晶半导体薄膜）的基板，该 p-Si 膜是通过在透明基板上形成非晶硅（a-Si）膜（非晶半导体薄膜）、然后用激光照射该 a-Si 膜来进行退火处理从而结晶形成的。检查装置 1 包括可移动载物台 11、发光二极管（Light Emitting Diode, LED）12、物镜 13、电荷耦合器件（Charge Coupled Device, CCD）相机 14、图像处理用计算机 15 和控制用计算机 16。

[0039] 可移动载物台 11 安装（支撑）作为检查对象的 Si 薄膜基板 2。可移动载物台 11 通过由后述的控制用计算机 16 提供的控制信号 S 能够在图中的 X 轴方向和 Y 轴方向上任意移动。此外，可移动载物台 11 由能够让从后述的 LED 12 产生的光（照射光 L_{out} ）透过的材料（例如，玻璃板）制成。

[0040] LED 12 是从可移动载物台 11 背侧（在安装 Si 薄膜基板 2 的那个表面的相对侧上）用光（照射光 L_{out} ）照射 Si 薄膜基板 2 的光源。LED 12 优选绿光作为照射光 L_{out} 照射 Si 薄膜基板 2，绿光是在具有约 500 ~ 600nm 的中心波长的波长范围内的光。绿光是在容易透过作为照射对象的 p-Si 薄膜的波长范围内的光。

[0041] 物镜 13 是用于放大和检测从 LED 12 出射并透过可移动载物台 11 及 Si 薄膜基板 2 的照射光 L_{out} （透射光）的光学器件。CCD 相机 14 是对约 500 ~ 600nm 的波长范围内的光具有高度敏感性的相机。CCD 相机 14 中具有作为摄像器件的 CCD 图像传感器，从而在 Si 薄膜基板 2 中获得 p-Si 薄膜的透射显微镜图像（透射图像）。

[0042] 图像处理用计算机 15 基于通过物镜 13 和 CCD 相机 14 获得的 p-Si 膜透射图像产生稍后说明的辉度分布，并利用所产生的辉度分布对 p-Si 膜进行筛选（进行检查处理）。具体地，首先，图像处理用计算机 15 接收从 CCD 相机 14 提供的透射图像数据 D1，分析图像辉度并监测在 Si 薄膜基板 2 上形成的 p-Si 膜的结晶化状态（结晶度）。基于该监测结果，图像处理用计算机 15 获得在用于生成 p-Si 膜的半导体激光退火过程中的能量密度设定值，或者判定在 Si 薄膜基板 2 上形成的 p-Si 膜是合格品还是 不合格品。稍后将会说明通过图像处理用计算机 15 进行的检查处理的细节。

[0043] 控制用计算机 16 基于控制信号 S 对来自 LED 12 的照射光 L_{out} 的照明进行控制, 对 LED 12、物镜 13 和 CCD 相机 14 的移动位置进行控制, 并对物镜 13 的切换进行控制。在这些控制中, 对于移动位置的控制而言, 具体地, 控制用计算机 16 进行控制从而相对地改变 LED 12、物镜 13 和 CCD 相机 14 相对于安装在可移动载物台 11 上的 Si 薄膜基板 2 的位置。

[0044] 在本实施例中, LED 12 对应本发明中“光源”的具体示例。此外, 物镜 13 和 CCD 相机 14 对应本发明中“摄像器件”的具体示例。而且, 图像处理用计算机 15 对应本发明中“辉度分布产生器件”和“筛选器件”的具体示例。另外, 控制用计算机 16 对应本发明中“控制器”的具体示例。

[0045] 接着, 参照图 2 ~ 图 7B 说明本发明实施例的半导体薄膜形成方法, 该形成方法包括使用图 1 所示的检查装置 1 进行的检查步骤。图 2 ~ 图 4 是图示了本实施例半导体薄膜形成方法的一些主要步骤的截面图。图 5 是图示了图 4 之后的步骤 (检查步骤) 的示例的流程图。

[0046] 首先, 如图 2 所示, 在诸如玻璃基板 (基板尺寸例如约为 $550\text{mm} \times 650\text{mm}$) 等透明基板 20 上, 例如利用光刻方法依次形成栅极电极 21、栅极绝缘膜 221 和 222 以及 a-Si 膜 230。栅极电极 21 例如由钼 (Mo) 构成, 栅极绝缘膜 221 例如由氮化硅 (SiN_x) 构成, 栅极绝缘膜 222 例如由氧化硅 (SiO_2) 构成。

[0047] 接着, 如图 3 所示, 使用半导体激光光源 (未图示) 用激光 L1 照射透明基板 20 上的 a-Si 膜 230, 由此进行退火处理 (热处理), 从而使 a-Si 膜 230 结晶化。因而, 例如如图 4 所示, 在透明基板 20 上形成了 p-Si 膜 23。在进行这种退火处理时的照射条件例如是 $15\text{J}/\text{cm}^2$ 。

[0048] 接着, 例如如图 5 中的步骤 S101 ~ S104 所示, 通过使用图 1 所示的检查装置 1, 检查在透明基板 20 上形成的 p-Si 膜 23 的结晶化状态 (结晶度) (进行检查处理)。

[0049] 具体地, 首先, 将形成有 p-Si 膜 23 的 Si 薄膜基板 2 安装在可移动载物台 11 上, 并且 LED 12 从可移动载物台 11 的背侧 (在安装有 Si 薄膜基板 2 的那个表面的相对侧上) 用照射光 L_{out} 照射 p-Si 膜 23。物镜 13 和 CCD 相机 14 接收透射穿过可移动载物台 11 和 Si 薄膜基板 2 的透射光并进行摄像。于是, 在图像处理用计算机 15 中, 获得了如图 6A ~ 图 6C 所示的 p-Si 膜 23 的透射图像 (透射图像数据 D1) (图 5 中的步骤 S101)。此时, 可以通过从控制用计算机 16 提供的控制信号 S, 来相对地改变 LED12、物镜 13 和 CCD 相机 14 相对于安装在可移动载物台 11 上的 Si 薄膜基板 2 的位置, 从而可以获得 p-Si 膜 23 上的多个点处的透射图像。

[0050] 图 6A 图示了在使用激光 L1 的退火处理中, 在用能量密度小于整个照射面的结晶化所必需的能量密度的激光 L1 进行照射的情况下, 透射图像的示例。图 6B 图示了在使用激光 L1 的退火处理中, 在用具有整个照射面的结晶化所必需的能量密度的激光 L1 进行照射的情况下, 透射图像的示例。图 6C 图示了在使用激光 L1 的退火处理中, 在用能量密度大于整个照射面的结晶化所必需的能量密度的激光 L1 进行照射的情况下, 透射图像的示例。从图 6A ~ 图 6C 的透射图像发现, 图 6B 的透射图像的图像辉度几乎是均一的, 而图 6A 和图 6C 的透射图像的图像辉度不均一。这是由下面的原因所导致的。也就是说, 因为 Si 膜的结晶度主要依赖于退火处理中的能量密度, 并且 Si 膜的透射率随着结晶化区域的扩大或结晶尺寸的增加而增加。具体地, 在达到一定能量密度以前仅在一部分照射区域中进行结晶

化,在达到该一定能量密度时会在整个照射区域中实现结晶化,而随着能量密度进一步增加,结晶尺寸在一部分照射区域中部分地增加。

[0051] 接着,例如,由图像处理用计算机 15 基于所获得的透射图像(透射图像数据 D1)产生如图 7A 和图 7B 所示的透射图像的辉度分布(表示辉度值与各辉度值的频率之间关系的分布)(步骤 S102)。图 7A 图示了对应于例如图 6A 和图 6C 所示透射图像的图像辉度不均一这种情况的辉度分布的示例。图 7B 图示了对应于例如图 6B 所示透射图像的图像辉度几乎均一这种情况的辉度分布的示例。从图 7A 和图 7B 的辉度分布发现,在退火处理中的能量密度小于或者过度大于必要的能量密度,因而使得透射图像的图像辉度不均一的情况下(图 6A 和图 6C),产生了多个辉度峰(在本例中为两个辉度峰)。另外还发现,在退火处理中的能量密度几乎是必要的能量密度并且透射图像的图像辉度几乎均一的情况下(图 6B),产生了单个辉度峰。

[0052] 接着,基于通过图像处理用计算机 15 产生的透射图像辉度分布来计算出辉度的标准偏差(步骤 S103)。具体地,图像处理用计算机 15 进行计算,得出在图 6A 所示的透射图像辉度分布中的辉度标准偏差例如是 7.9,在图 6B 所示的透射图像辉度分布中的辉度标准偏差例如是 2.6,在图 6C 所示的透射图像辉度分布中的辉度标准偏差例如是 4.9。

[0053] 接着,图像处理用计算机 15 根据计算出的辉度标准偏差对 p-Si 膜 23 进行筛选(进行 p-Si 膜 23 是合格品还是不合格品的筛选)(步骤 S104)。具体地,在计算出的标准偏差低于给定阈值(例如,3.5)的情况下(例如,基于图 6B 的透射图像辉度分布计算出的标准偏差是 2.6),图像处理用计算机 15 判定 p-Si 膜 23 的结晶度几乎是均一的,且 p-Si 膜 23 是合格品。另外,在计算出的标准偏差是给定阈值(例如,3.5)以上的情况下(例如,基于图 6A 和图 6C 的透射图像辉度分布计算出的标准偏差分别是 7.9 和 4.9),图像处理用计算机 15 判定 p-Si 膜 23 的结晶度是不均一的,且 p-Si 膜 23 是不合格品。于是,完成了在透明基板 20 上形成的 p-Si 膜 23 的结晶度的检查处理。

[0054] 如上所述,在本实施例中,在透明基板 20 上形成 a-Si 膜 230 之后,用激光 L1 照射 a-Si 膜 230 来进行退火处理(热处理)。因而,使 a-Si 膜 230 结晶化,并形成 p-Si 膜 23。此后,通过检查装置 1 来检查 p-Si 膜 23 的结晶度(进行检查处理)。在检查处理中,LED 12 从安装有上面形成了 p-Si 膜 23 的透明基板 20(Si 薄膜基板 2)的可移动载物台 11 背侧用照射光 L_{out} 照射 p-Si 膜 23。已经透过可移动载物台 11 和 p-Si 膜 23 的透射光通过物镜 13 被 CCD 相机 14 接收,由此获得 p-Si 膜 23 的透射图像(透射图像数据 D1)。在获得了透射图像数据 D1 的图像处理用计算机 15 中,基于透射图像数据 D1 形成辉度分布,并利用该辉度分布对 p-Si 膜 23 进行筛选。

[0055] 如上所述,在本实施例的 p-Si 膜 23 的结晶度的检查处理中,LED 12 从安装有上面形成了 p-Si 膜 23 的透明基板 20(Si 薄膜基板 2)的可移动载物台 11 背侧用照射光 L_{out} 照射 p-Si 膜 23。已经透过可移动载物台 11 和 p-Si 膜 23 的透射光通过物镜 13 被 CCD 相机 14 接收,由此获得 p-Si 膜 23 的透射图像(透射图像数据 D1)。在图像处理用计算机 15 中,基于透射图像数据 D1 形成了辉度分布,并利用该辉度分布进行 p-Si 膜 23 的筛选。因此,在利用通过激光退火进行的结晶化来形成 Si 薄膜时,能够精确评估结晶度。所以,即使由于微小的焦点位置差、因发散角差异引起的微小的激光束直径差和微小的光学系统像差

等产生了对对象 (a-Si 膜 230) 上的能量密度差异等,也能在退火处理中通过半导体激光器实现结晶化控制。此外,还能够降低 p-Si 膜 23 上各照射区域之间的诸如晶粒尺寸等特性的差异。另外,由于能够以非接触和非损坏性的方式对 Si 薄膜基板 2 进行结晶度检查,因而能够在短时间内以高的再现性进行结晶化监测。

[0056] 具体地,在 p-Si 膜 23 的筛选中,基于所产生的辉度分布计算出辉度的标准偏差,并根据该标准偏差大小进行筛选。因此,能够获得前述效果。

[0057] 此外,在标准偏差低于给定阈值的情况下,图像处理用计算机 15 判定 p-Si 膜 23 为合格品 (例如,图 6B 和图 7B)。另外,在标准偏差等于或者大于给定阈值的情况下,图像处理用计算机 15 判定 p-Si 膜 23 为不合格品 (例如,图 6A、图 6C 和图 7A)。因此,能够简化筛选。

[0058] 此外,在获得 p-Si 膜 23 的透射图像 (透射图像数据 D1) 的过程中,使用绿色波长范围内的光作为用于 p-Si 膜 23 的照射光 (照射光 L_{out})。因此,在作为照射对象的 p-Si 薄膜 23 中,容易让照射光 L_{out} 透射。所以,能够提高透射图像的图像质量并进行更准确的筛选。

[0059] 此外,在退火处理中,在使用多个激光光源进行激光 L1 的照射的情况下,能够提高退火处理的吞吐量,从而在短时间内进行退火处理。另外,即使在使用上述多个激光光源的情况下,通过进行前述检查处理,也能防止激光的强度差异的影响,并能减少 p-Si 膜 23 特性的面内差异 (in-plane variation)。

[0060] 此外,通过从控制用计算机 16 提供的控制信号 S,能够相对地改变 LED 12、物镜 13 和 CCD 相机 14 相对于安装在可移动载物台 11 上的 Si 薄膜基板 2 的位置,从而能够获得 p-Si 膜 23 上的多个点处的透射图像,并能够在这些多个点处进行检查。

[0061] 虽然参照实施例说明了本发明,但本发明不限于上述实施例,并且可以作各种变形。

[0062] 例如,在上述实施例中,已经给出了对如下情况的说明,即,在 p-Si 膜 23 的筛选中,基于辉度分布计算出辉度的标准偏差,并根据该标准偏差进行筛选。然而,例如在 p-Si 膜 23 的筛选中,也能够基于辉度分布计算出辉度峰 (例如,图 7A 和图 7B 中的辉度峰 P11、P12 和 P2) 的峰宽 (例如,图 7A 和图 7B 中的半宽 W11、W12 和 W2),并根据该峰宽进行筛选。具体地,在峰宽大于给定阈值的情况下,作出 p-Si 膜 23 是合格品的判定 (例如,图 7B)。另外,在峰宽等于或者小于给定阈值的情况下,作出 p-Si 膜 23 是不合格品的判定 (例如,图 7A)。

[0063] 另外,类似地,例如在 p-Si 膜 23 的筛选中,也能够基于辉度分布计算出辉度的最小值 (例如,图 7A 和图 7B 中的最小值 Y1 和 Y2),并根据该最小值进行筛选。具体地,在最小值大于给定阈值的情况下,作出 p-Si 膜 23 是合格品的判定 (例如,图 7B)。另外,在最小值等于或者小于给定阈值的情况下,作出 p-Si 膜 23 是不合格品的判定 (例如,图 7A)。

[0064] 此外,在 p-Si 膜 23 的筛选中,也能够通过使用在退火处理中 a-Si 膜 230 受到激光 L1 照射的区域与 a-Si 膜 230 未受激光 L1 照射的区域之间的辉度对比值来替代辉度的标准偏差、辉度峰的峰宽和辉度的最小值的使用以进行筛选。

[0065] 另外,在上述实施例中,已经给出了在检查装置 1 的检查处理中对在透明基板 20 上形成的 p-Si 膜 23 进行结晶度检查的情况的说明。然而,本发明的检查步骤和检查装置

不限于此。具体地,例如,也能够基于所获得的透射图像得到结晶化区域(退火区域)的宽度,并根据结晶化区域的宽度来检查 p-Si 膜 23 的结晶化状态。图 8A 图示了在使用激光 L1 进行的退火处理中,在用能量密度小于整个照射面的结晶化所必需的能量密度的激光 L1 进行照射情况下的透射图像的示例。图 8B 图示了在使用激光 L1 的退火处理中,在用具有整个照射面的结晶化所必需的能量密度的激光 L1 进行照射情况下的透射图像的示例。图 8C 图示了在使用激光 L1 的退火处理中,在用能量密度大于整个照射面的结晶化所必需的能量密度的激光 L1 照射情况下的透射图像的示例。图 9 图示了激光 L1 的能量密度与各透射图像中具有高透射率的部分的宽度,即与结晶化区域的宽度(退火宽度)之间关系的示例。基于 8A ~ 图 9 发现,随着在用激光 L1 进行照射时能量密度的增加,结晶化区域的宽度也逐渐增加。因此,能够利用这种特性,对所获得的透射图像进行图像处理从而得到结晶化区域(退火区域)的宽度,并根据该结晶化区域的宽度来检查 p-Si 膜 23 的结晶化状态。图 10 图示了基于透射图像的结晶化区域宽度数值化技术的示例。在图 10 所示的透射图像中,沿与退火方向垂直的方向的辉度平均值轮廓被称为轮廓 P3。在这种情况下,从与退火方向垂直的方向上的辉度变化值得到了辉度变化迅速升高的点 P31 和辉度变化迅速降低的点 P32,将通过连接两点 P31 和 P32 而得到的线段长度定义为结晶化区域(退火区域)的宽度 W3,并对该宽度值进行评估。

[0066] 此外,例如,能够基于所获得的透射图像分别得到结晶化区域与先前设定的给定参考图形之间的距离及其方向,并且基于该距离和方向来检查 p-Si 膜 23 的结晶化位置。具体地,例如如图 11 所示,在透射图像中检测先前设定的参考图形 PT,并且通过将参考图形 PT 中的退火方向平行的线的中心点 P41 与例如通过前述技术得到的退火宽度的中点 P42 连接从而获得一线段,将该线段的长度作为参考图形 PT 与结晶化区域之间的距离 d4 及其方向。将上述距离 d4 和方向定义为结晶化位置(退火位置),并对该位置的值进行评估。

[0067] 另外,例如,也能够基于所获得的透射图像得到空间上的辉度分布,并基于该空间上的辉度分布来检查 p-Si 膜 23 中的物理损坏部分(在退火中由局部过高的能量密度等引起的物理损坏部分)。具体地,例如如图 12 所示,在将沿与透射图像中的退火方向垂直的方向的辉度平均值轮廓称为轮廓 P5 的情况下,在存在着由于退火而引起的物理损坏部分的位置处,出现了远超过退火宽度中的平均辉度的峰波形(例如,附图标记 P51 所示的部分)。因此,对这种峰波形的存在及其位置进行评估。

[0068] 如上所述,在上述实施例说明的检查装置 1 中,除了 p-Si 膜 23 的结晶度之外,还能够检查 p-Si 膜 23 的结晶化状态、结晶化位置和物理损坏部分。具体地,图像处理用计算机 15 从 p-Si 膜 23 的透射图像数据(透射图像)得到了空间上的图像辉度分布,并根据该空间上的图像辉度分布的值进行图像处理。所以,评估了 p-Si 膜 23 的高辉度宽度测量(退火宽度)、参考图形 PT 与高辉度宽度(结晶化区域)的中心位置之间的距离(退火位置)和高辉度宽度中异常辉度峰(物理损坏部分)的存在等。因此,检查了 p-Si 膜 23 的结晶化状态、结晶化位置和物理损坏部分。例如,在上述图 8A 所示的透射图像中得到退火宽度例如是 $187\ \mu\text{m}$,在上述图 8B 所示的透射图像中得到退火宽度例如是 $196\ \mu\text{m}$,并且在上述图 8C 所示的透射图像中得到退火宽度例如是 $208\ \mu\text{m}$ 。在此情况下,图 8B 的图像是具有接近于控制设定值的退火宽度的图像。另外,图 8A 的图像是具有小于控制设定值的退火宽度的图像,而图 8C 是具有大于控制设定值的退火宽度的图像。因此,能够基于所摄取的图

像得到退火宽度,并将 p-Si 膜 23 的结晶状态表示为数值化的值。另外,类似地,可监测退火位置和物理损坏部分。结果,可精确并容易地对 p-Si 膜 23 进行评估。此外,可减少由照射移动所引起的缺陷,并可检测退火装置的异常,还可实现电路设计规则 (circuit design rule) 的高密度化。

[0069] 此外,在上述实施例中,已经给出了对以下情况的说明,即,在获得 p-Si 膜 23 的透射图像 (透射图像数据 D1) 时,使用绿色波长范围内的光作为用于 p-Si 膜 23 的照射光 L_{out} 。然而,照射光 L_{out} 的波长范围不限于此。在获得透射图像时使用的摄像器件不限于在上述实施例中说明的物镜 13 和 CCD 相机 14,还可以是其它光学系统。

[0070] 另外,在上述实施例中,已经给出了对以下情况的说明,即,在 p-Si 膜 23 的形成过程中 (在退火处理过程中),通过使用半导体激光光源进行激光 L1 的照射。然而,也可以使用其它类型的激光光源,例如准分子激光器等气体激光器。

[0071] 此外,例如如图 13 所示,在上述实施例中说明的 p-Si 膜 23 适用于具有用于制造液晶显示器和有机 EL 显示器的底栅型薄膜晶体管 (TFT) 的 TFT 基板 3。具体地,在已经进行了在上述实施例中说明的检查处理的 Si 薄膜基板 2 中,在 p-Si 膜 23 上例如通过光刻方法依次层叠层间绝缘膜 251 和 252、布线 26、平坦化膜 27 和透明导电膜 28。层间绝缘膜 251 例如由氮化硅 (SiN_x) 构成。层间绝缘膜 252 例如由氧化硅 (SiO_2) 构成。布线层 26 例如由铝 (Al) 构成。平坦化膜 27 例如由丙烯酸树脂 (acryl resin) 等构成。透明导电膜 28 例如由铟锡氧化物 (Indium Tin Oxide, ITO) 等构成。尽管图 13 图示了具有底栅型 TFT 的 TFT 基板,但通过本发明形成的半导体薄膜也适用于例如具有顶栅型 TFT 的 TFT 基板。另外,通过本发明形成的半导体薄膜不仅适用于形成 TFT 的情况,还适用于形成其它半导体器件的情况。

[0072] 此外,在上述实施例中,已经给出了将 Si 薄膜 (a-Si 膜 230 和 p-Si 膜 23) 作为非晶半导体薄膜和结晶半导体薄膜的示例的说明。然而,本发明还适用于除了 Si 薄膜之外的半导体薄膜。

[0073] 本领域技术人员应当理解,依据设计要求和因素,可以在本发明所附的权利要求或其等同物的范围内进行各种修改、组合、次组合及改变。

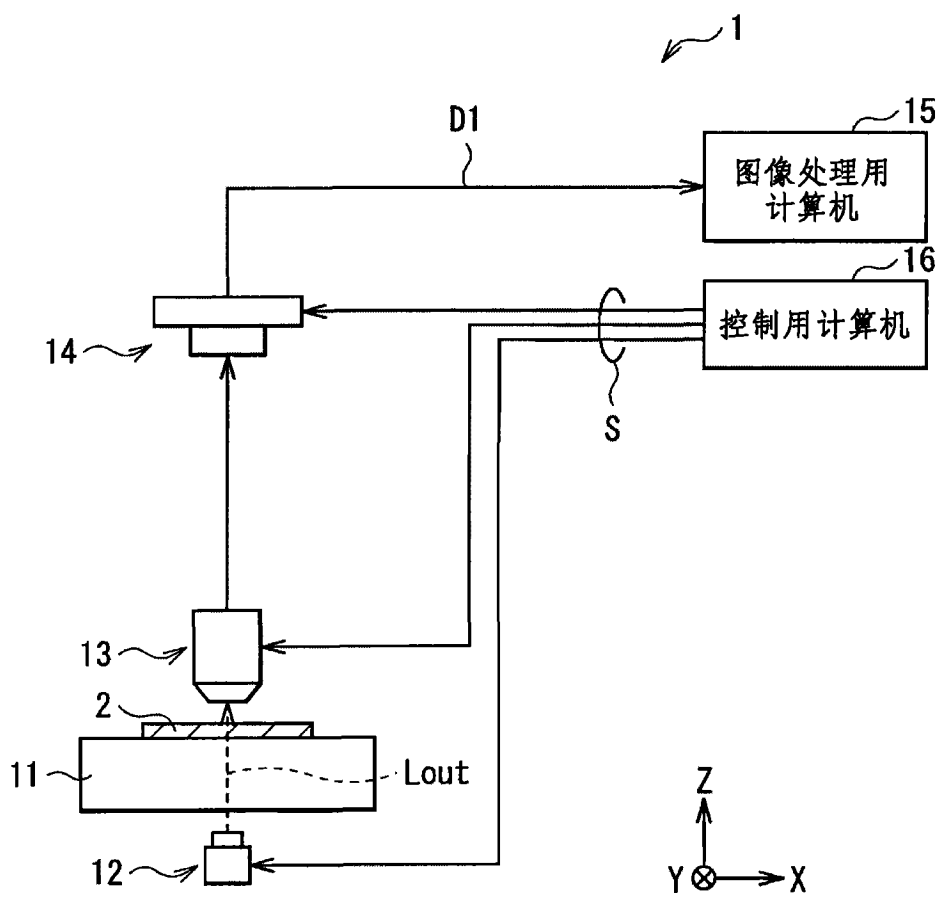


图 1

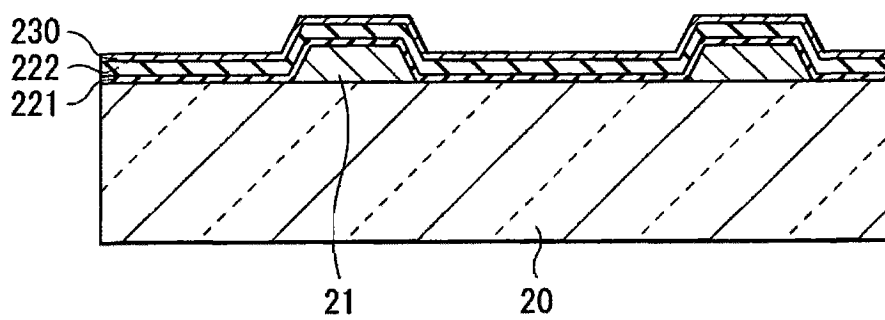


图 2

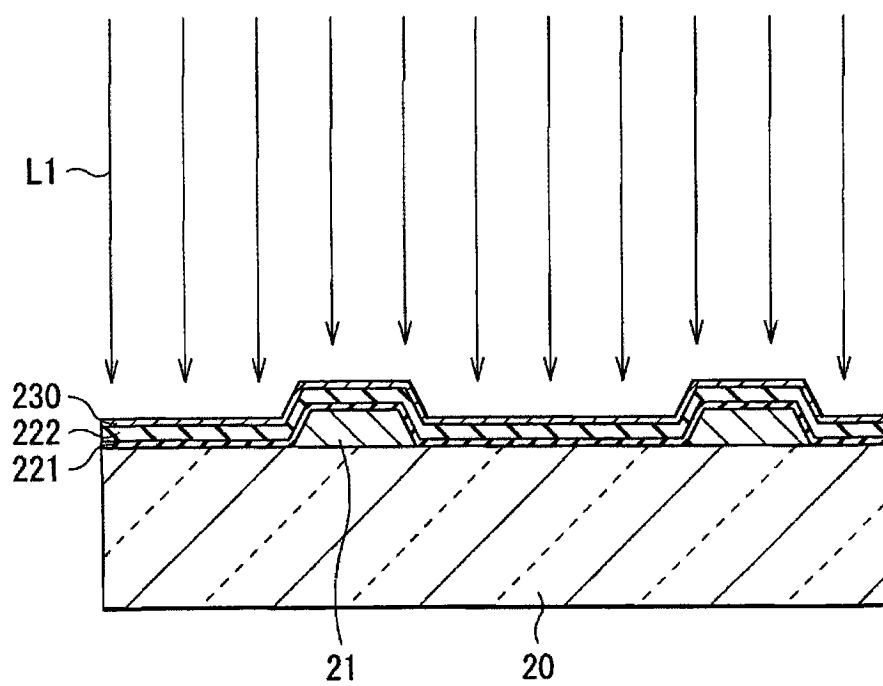


图 3

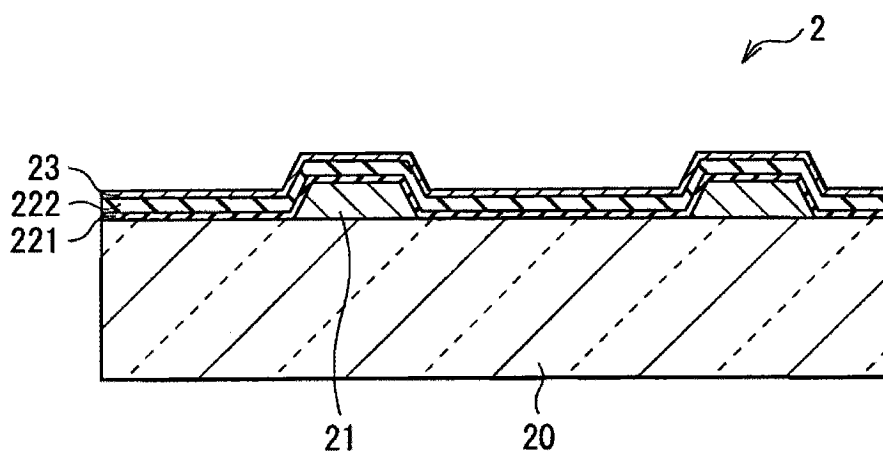


图 4

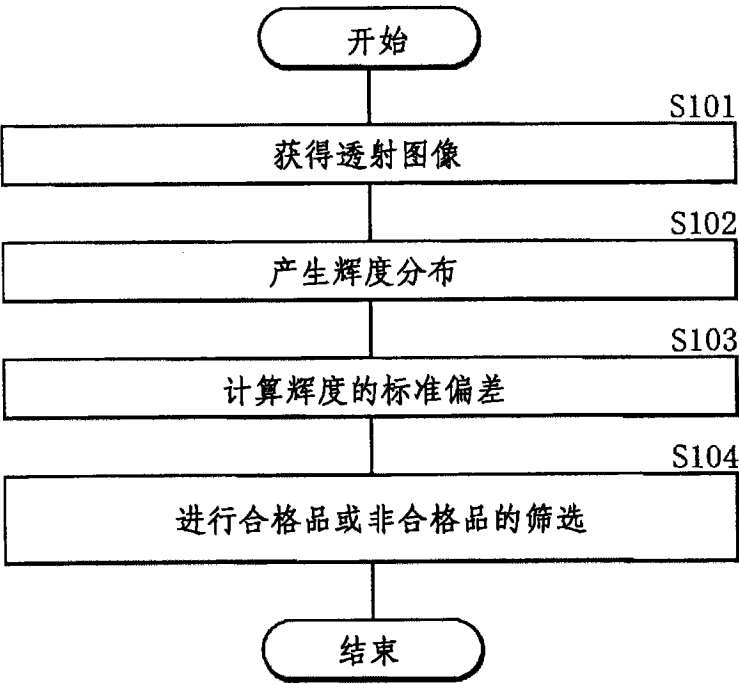


图 5

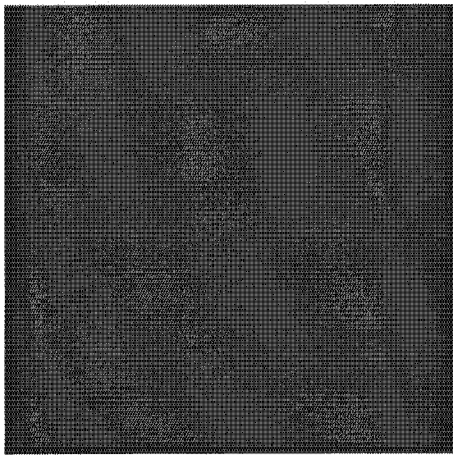


图 6A

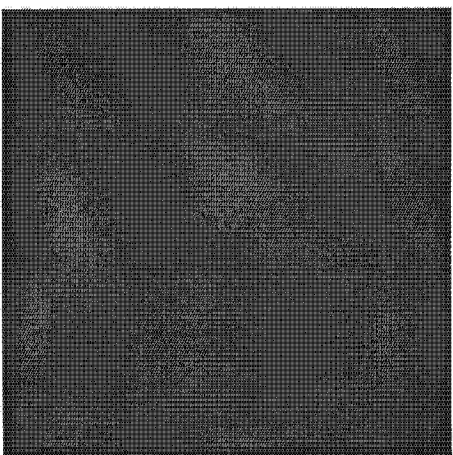


图 6B

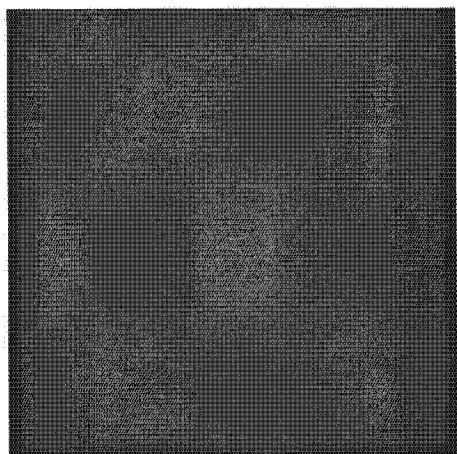


图 6C

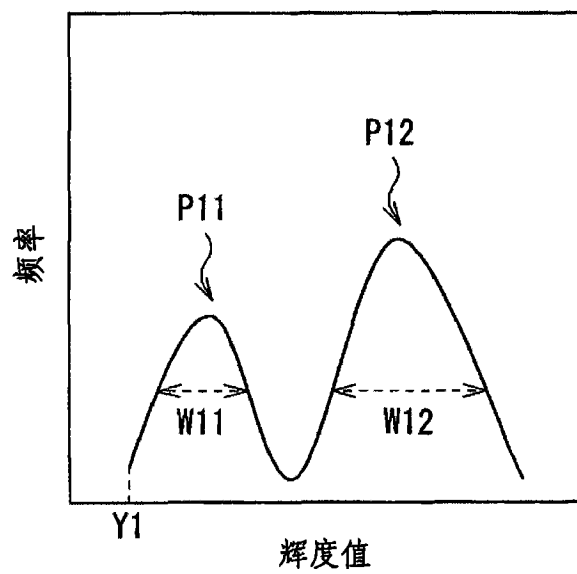


图 7A

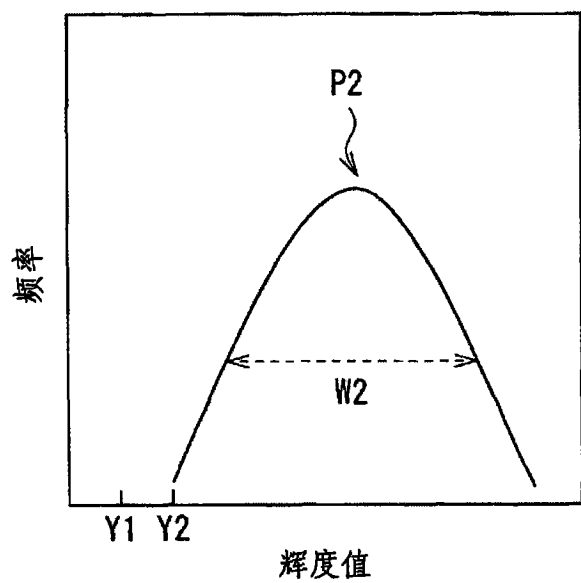


图 7B

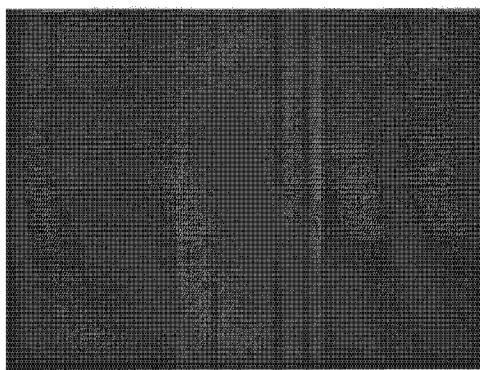


图 8A

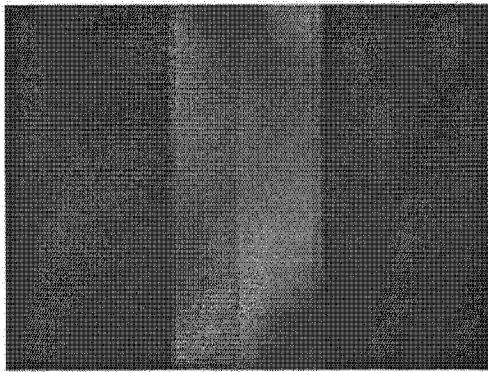


图 8B

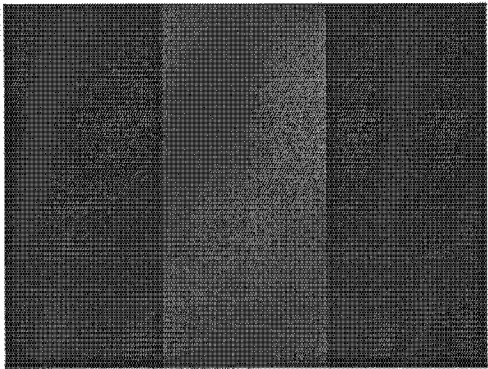


图 8C

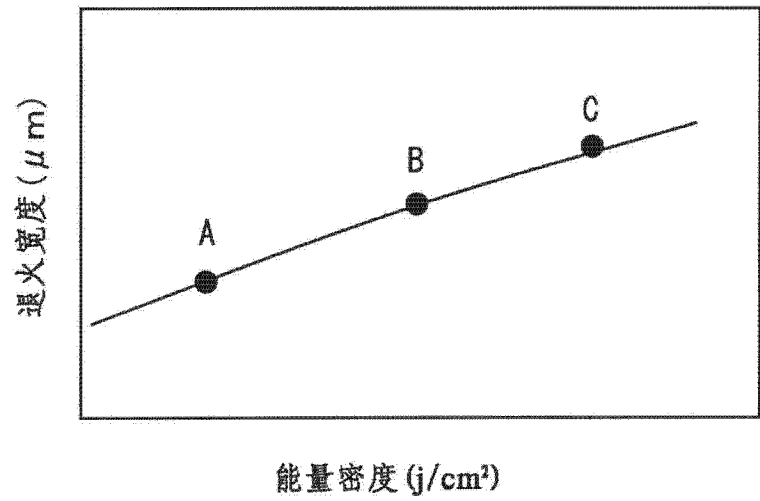


图 9

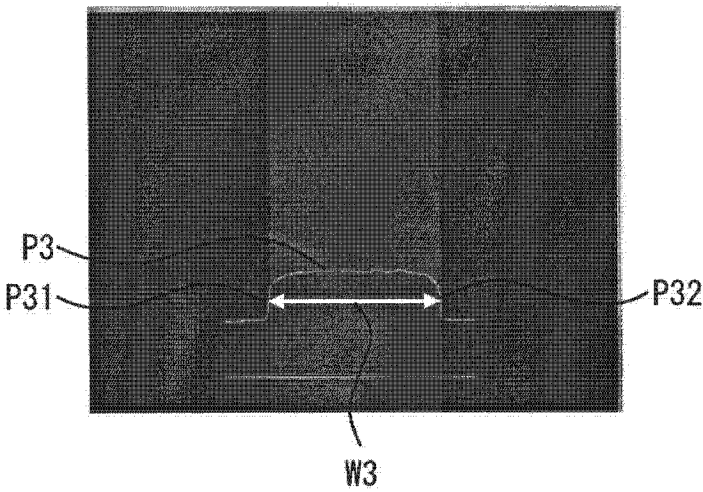


图 10

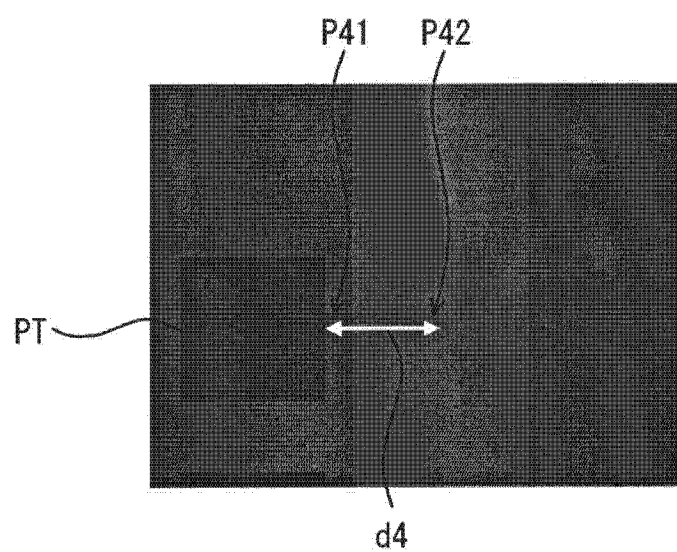


图 11

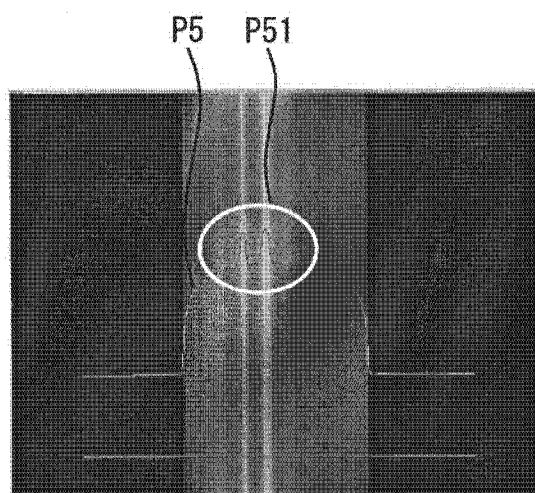


图 12

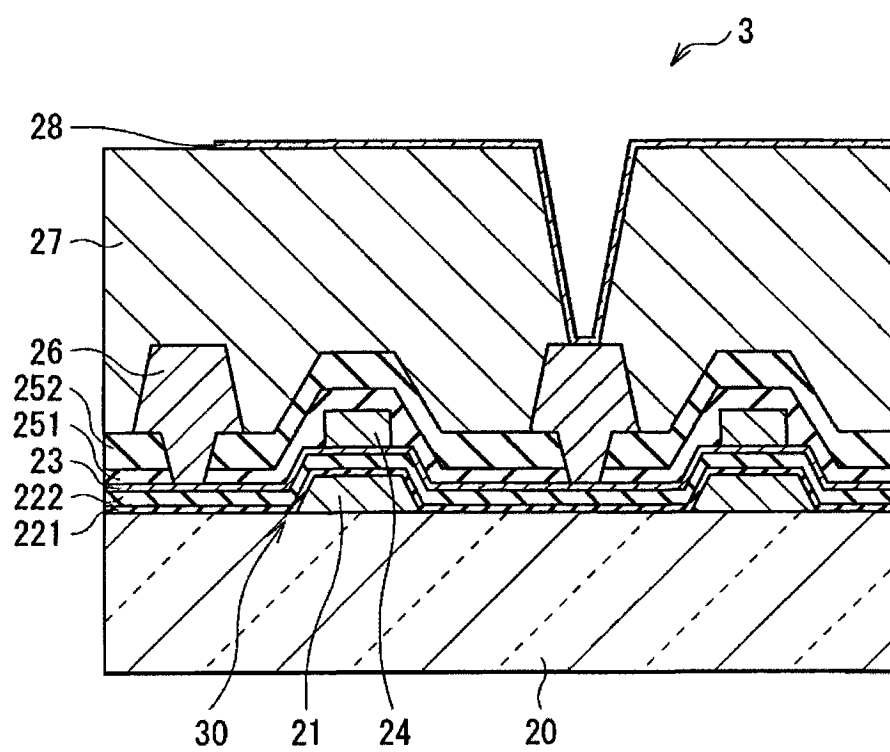


图 13