



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102318038 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 15

(21) 申请号 200880132794. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008. 12. 26

H01L 21/205(2006. 01)

G01K 11/12(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日
2011. 08. 11

审查员 陈袁园

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/073702 2008. 12. 26

(87) PCT申请的公布数据

W02010/073358 JA 2010. 07. 01

(73) 专利权人 瓦伊系统有限公司
地址 日本德岛县

(72) 发明人 L·伊夫斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 高科

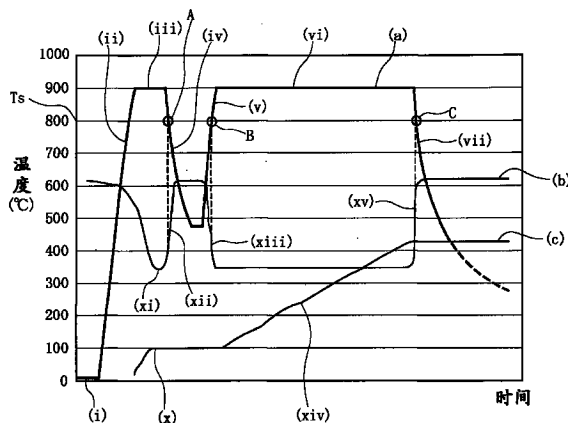
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

半导体成膜时的温度测定方法及温度测定装置

(57) 摘要

提供一种温度测定方法和温度测定装置,能够在蒸镀形成半导体层时直接且高精度地了解半导体层的温度。使用在成膜中或成膜后的半导体层达到温度Ts时光透射率急剧变化的波长λs的激光,通过光检测装置监测该激光对于半导体层的透射量。如果使提供给半导体层的热变化,则在时刻A或B或C半导体层的温度达到Ts时由上述光检测装置监测的激光的受光量急剧变化。因此,能够准确地了解在时刻A或B或C半导体层的温度达到Ts,能够校正例如通过温度变化监测装置观测的温度信息的误差等。



CN 102318038 B

1. 一种温度测定方法,在腔内加热基板的同时向上述腔内供给原料分子而在上述基板上形成半导体层,在成膜中或成膜后测定上述半导体层的温度,其特征在于,

预先求出在向上述半导体层照射光的同时使上述半导体层的温度上升的过程中、透过上述半导体层的光的透射率降低时的、上述半导体层的温度 T_s 与透射率降低的光的波长 λ_s 的关系,

向成膜中或成膜后的上述半导体层照射上述波长 λ_s 的光,使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对上述半导体层的透射率上升时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,或者,使上述基板的温度上升,在上述波长 λ_s 的光对上述半导体层的透射率降低时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 。

2. 如权利要求 1 所述的温度测定方法,其特征在于,

将在使用连续地测定上述基板的温度的温度变化测定装置判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 的时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 与上述温度 T_s 比较,根据其差值校正上述温度变化测定装置的测定误差。

3. 如权利要求 2 所述的温度测定方法,其特征在于,

将上述基板的温度设定成比上述温度 T_s 高的温度,开始上述半导体层的成膜,然后使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对成膜中的上述半导体层的透射率上升的时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,根据在上述时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 和上述温度 T_s ,校正上述温度变化测定装置的测定误差。

4. 如权利要求 2 所述的温度测定方法,其特征在于,

将上述基板的温度设定成比上述温度 T_s 高的温度,开始上述半导体层的成膜,然后使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对成膜中的上述半导体层的透射率上升的第 1 时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,然后使上述基板的温度上升,在上述波长 λ_s 的光对上述半导体层的透射率降低的第 2 时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,根据在上述第 1 时刻和上述第 2 时刻由上述温度变化测定装置 2 次测定的温度的测定值和上述温度 T_s ,校正上述温度变化测定装置的测定误差。

5. 如权利要求 2 所述的温度测定方法,其特征在于,

在上述半导体层的成膜结束后,使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对成膜后的上述半导体层的透射率上升的时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,根据在上述时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 和上述温度 T_s ,校正上述温度变化测定装置的测定误差。

6. 一种温度测定装置,设置于在腔内加热基板的同时向上述腔内供给原料分子并在上述基板上形成半导体层的成膜装置中,测定成膜中或成膜后的上述半导体层的温度,其特征在于,

该温度测定装置设置有:向成膜中或成膜后的上述半导体层照射规定的波长 λ_s 的光的发光装置;检测透过上述半导体层的上述波长 λ_s 的光的光量的光检测装置;以及接收来自上述光检测装置的测定值并且控制加热上述基板的加热装置的控制部,

将在向上述半导体照射上述波长 λ_s 的光的同时使上述半导体层的温度上升的过程中、透过上述半导体层的上述光的透射率降低时的、上述半导体层的温度 T_s 与上述波长 λ_s 的关系的信息保持在上述控制部中,

上述控制部在由上述发光装置向成膜中或成膜后的上述半导体层照射上述波长 λ_s 的光且由上述控制部控制上述加热装置来使上述基板的温度下降、由上述光检测装置检测的上述波长 λ_s 的光的光量上升时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,或者,在使上述基板的温度上升、由上述光检测装置检测的上述波长 λ_s 的光的光量降低时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 。

7. 如权利要求 6 所述的温度测定装置,其特征在于,

设置有连续地测定上述基板被加热时的温度的温度变化测定装置,

在上述控制部中,将在判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 的时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 与上述温度 T_s 比较,根据其差值校正上述温度变化测定装置的测定误差。

半导体成膜时的温度测定方法及温度测定装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通过蒸镀法使发光二极管、其他半导体元件的半导体层成膜时,可高精度测定成膜中或成膜后的半导体层的温度的半导体成膜时的温度测定方法及温度测定装置。

背景技术

[0002] AlN、GaAs、GaN、InP、Si、SiC 等的半导体用蒸镀法形成。蒸镀法使用化学气相成长法(CVD法)、分子束外延法(MBE法)等。这些蒸镀法中,在设定成真空状态等的腔内设置基板,在该基板上以原料气体等的状态供给原料分子,在基板的表面堆积结晶层而成膜。

[0003] 在这种蒸镀法中,在无杂质的半导体的结晶层以一定的堆积速度致密且具有重复性地成膜时,需要准确控制腔内的基板的温度。因此,在设置加热基板的加热器的同时,设置有测定腔内的基板的温度的监视器,能够根据该监视器测定的温度控制上述加热器的加热温度。

[0004] 如以下的专利文献1及专利文献2所记载,以往,作为上述监视器,使用监视由基板表面的热发生的红外线的高温计。高温计在设置于腔的窗的外侧设置,从基板的表面、成膜中的半导体层的表面发出的红外线透过玻璃窗被高温计检测。但是,基于高温计的温度测定存在如下问题。

[0005] 在从加热的基板表面发出的红外线通过成膜途中的半导体层的内部时,通过半导体层的光与由半导体层的内部反射的光干涉,导致高温计的检测输出细微变动,而且该干涉的程度追从成膜的半导体层的膜厚的变动而变化。关于该问题,以往,通过在腔外配置发光装置,通过腔的玻璃窗向成膜中的半导体层照射激光,监视透过半导体层的激光来解决。通过半导体层的激光与由半导体层的内部反射的激光也与红外线同样干涉,因此,可采用由监视激光时的干涉产生的输出变动,进行将由高温计检测的红外线的干涉抵消或降低的校正。

[0006] 但是,即使校正了由高温计检测的红外线的干涉,基于高温计的温度测定在离开基板的表面的场所进行,一般地说在腔的玻璃窗的外侧进行。由于在实际发热的基板的表面和测定位置之间夹有长的空间,而且夹有玻璃窗,所以无法避免在由高温计测定的温度和基板表面的实际的温度之间产生误差。

[0007] 另外,在基板的表面成长中的半导体层为透明的时,高温计透过透明的半导体层测定基板的表面的温度。通过这样使用高温计的测定方法,难以直接且准确地测定成膜中的半导体层本身的温度。

[0008] 另外,以下的专利文献1记载了测定基板背侧的温度的热电偶监视器的使用。但是,由于热电偶监视器设置在基板的背侧,因此无法准确测定实际的基板表面的温度。而且,由于热电偶监视器的热容量大,对腔内的温度变化的追从性差,无法准确测定基板温度。

[0009] 专利文献1:日本特开2001-289714号公报

[0010] 专利文献 2 :日本特开 2002-367907 号公报

发明内容

[0011] (本发明要解决的问题)

[0012] 本发明为解决上述以往的课题而提出,目的是提供能够高精度检测在基板表面成膜的途中的半导体层的温度或成膜后的半导体层的温度、能够形成高品质的半导体层的半导体成膜时的温度测定方法及温度测定装置。

[0013] (解决问题的方案)

[0014] 本发明提供一种温度测定方法,一边在腔内加热基板一边向上述腔内供给原料分子而在上述基板上形成半导体层,在成膜中或成膜后测定上述半导体层的温度,其特征在于,预先求出在向上述半导体层照射光的同时使上述半导体层的温度上升的过程中、透过上述半导体层的光的透射率降低时的、上述半导体层的温度 T_s 与透射率降低的光的波长 λ_s 的关系,向成膜中或成膜后的上述半导体层照射上述波长 λ_s 的光,使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对上述半导体层的透射率上升时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,或者,使上述基板的温度上升,在上述波长 λ_s 的光对上述半导体层的透射率降低时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 。

[0015] 本发明将在使用连续地测定上述基板的温度的温度变化测定装置判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 的时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 与上述温度 T_s 比较,根据其差值校正上述温度变化测定装置的测定误差。

[0016] 例如,将上述基板的温度设定成比上述温度 T_s 高的温度,开始上述半导体层的成膜,然后使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对成膜中的上述半导体层的透射率上升的时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,根据在上述时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 和上述温度 T_s ,校正上述温度变化测定装置的测定误差。

[0017] 或者,将上述基板的温度设定成比上述温度 T_s 高的温度,开始上述半导体层的成膜,然后使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对成膜中的上述半导体层的透射率上升的第 1 时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,然后使上述基板的温度上升,在上述波长 λ_s 的光对上述半导体层的透射率降低的第 2 时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,根据在上述第 1 时刻和上述第 2 时刻由上述温度变化测定装置 2 次测定的温度的测定值和上述温度 T_s ,校正上述温度变化测定装置的测定误差。

[0018] 另外,本发明在上述半导体层的成膜结束后,使上述基板的温度下降,在上述波长 λ_s 的光对成膜后的上述半导体层的透射率上升的时刻,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,能够根据在上述时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 和上述温度 T_s ,校正上述温度变化测定装置的测定误差。

[0019] 而且,本发明提供一种温度测定装置,设置于在腔内加热基板的同时向上述腔内供给原料分子并在上述基板上形成半导体层的成膜装置中,测定成膜中或成膜后的上述半导体层的温度,其特征在于,设置有:向成膜中或成膜后的上述半导体层照射规定的波长 λ_s 的光的发光装置;检测透过上述半导体层的上述波长 λ_s 的光的光量的光检测装置;接收来自上述光检测装置的测定值并且控制加热上述基板的加热装置的控制部,将在向上述半导体照射上述波长 λ_s 的光的同时使上述半导体层的温度上升的过程中、透过上述半导

体层的上述光的透射率降低时的、上述半导体层的温度 T_s 与上述波长 λ_s 的关系的信息保持在上述控制部中,上述控制部向成膜中或成膜后的上述半导体层照射上述波长 λ_s 的光且控制上述加热装置,使上述基板的温度下降,在由上述光检测装置检测的上述波长 λ_s 的光的光量上升时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s ,或者使上述基板的温度上升,在上述光检测装置检测的上述波长 λ_s 的光的光量降低时,判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 。

[0020] 另外,本发明的温度测定装置设置有连续地测定上述基板被加热时的温度的温度变化测定装置,在上述控制部中,将在判断为上述半导体层达到上述温度 T_s 的时刻由上述温度变化测定装置测定的温度 T_d 与上述温度 T_s 比较,根据其差值校正上述温度变化测定装置的测定误差。

[0021] (发明效果)

[0022] 本发明的温度测定方法及温度测定装置可通过检测规定的波长 λ_s 的光对成膜中或成膜后的半导体层的透射率的变化来测定半导体层本身的温度。由于是只检测规定的波长 λ_s 的光透过半导体层时的透过量而不按光量等的大小测定温度的方法,因此,难以产生误动作,也难以产生测定温度的误差。

[0023] 通过以使用上述波长 λ_s 的光求出半导体层的温度 T_s 的时刻为基准,校正在该时刻从温度变化测定装置获得的测定值的误差,可高精度地校正高温计等的温度变化测定装置的测定误差。

[0024] 另外,由于温度变化测定装置的测定误差的校正,可以在半导体层的成膜途中进行,或也可以在半导体层的成膜后进行,因此,总是可以根据准确温度信息进行温度的测定误差的校正。

附图说明

[0025] 图 1 是示出成膜装置及温度测定装置的构造的概略的说明图。

[0026] 图 2 是示出成膜装置的内部的基板及成膜中或成膜后的半导体层的放大说明图。

[0027] 图 3 是示出照射到半导体层的光的波长和光的透射率和半导体层的温度的关系的曲线图。

[0028] 图 4 是示出半导体层的成膜工序及温度测定方法的一例的曲线图。

[0029] 符号的说明

[0030] 1 成膜装置

[0031] 2 腔

[0032] 3 载物台

[0033] 6 基板

[0034] 7 半导体层

[0035] 8 第 1 窗

[0036] 9 第 2 窗

[0037] 10 高温计

[0038] 11 受光部

[0039] 20 温度测定装置

[0040] 21 发光装置

具体实施方式

[0041] 图 1 是示出成膜装置及温度测定装置的说明图,图 2 是示出上述成膜装置的内部的基板及成膜中的半导体层的放大说明图。

[0042] 图 1 是示出通过化学气相成长法 (CVD 法)、分子束外延法 (MBE 法) 形成半导体层的成膜装置 1 的示意图。

[0043] 成膜装置 1 具有腔 2,在成膜过程中,内部空间设定成真空状态。在腔 1 内设置了载物台 3,该载物台 3 内置了加热装置即加热器 3a。腔 2 与导入路径 4 连接,包含用于形成半导体层 7 的元素 (原料分子) 的原料气体 5 从上述导入路径 4 提供给载物台 3 的表面,在设置于载物台 3 上的基板 6 的表面形成半导体层 7。

[0044] 腔 2 设置有第 1 窗 8 和第 2 窗 9。第 1 窗 8 和第 2 窗 9 嵌入有玻璃板等的透明板,可通过该透明板观察内部,腔 2 的内部空间和外部空间由透明板遮蔽。

[0045] 在上述第 1 窗 8 的外侧,作为温度变化测定装置的一例,设置有高温计 10。高温计 10 具有受光部 11 和对由受光部 11 接收的受光输出进行处理的处理电路部 12。高温计 10 的受光部 11 设置在第 1 窗 8 外,隔着安装在第 1 窗 8 上的透明板与上述基板 6 的正上方相对。即,受光部 11 的中心位于从基板 6 的表面的中心垂直延伸的垂直线 Lv 上,受光部 11 沿垂直线 Lv 朝向上述基板 6 的表面。

[0046] 加热器 3a 加热载物台 3 而加热基板 6 后,因载物台 3 的表面的热发生的红外线透过透明基板 6 及成膜中的半导体层 7,并透过第 1 窗 8 由受光部 11 接收。由受光部 11 接收的受光输出被提供给处理电路部 12,根据接收的红外线的波长等,测定基板 6 的表面温度,准确地说,是测定载物台 3 的表面温度。

[0047] 在腔 2 外设置有构成本发明的温度测定装置 20 的发光装置 21。发光装置 21 发出大致单一波长的激光,从在腔 2 设置的第 2 窗 9 的外侧与上述基板 6 的表面相对。从发光装置 21 发出的激光具有沿通路 Ld 的指向性,并照射到基板 6 的表面。上述通路 Ld 相对于上述垂线 Lv 以规定的角度 θ 倾斜。上述角度 θ 可以是除 0 度和 90 度以外的任何角度。通过使通路 Ld 以上述角度 θ 倾斜,半导体层 7 的光的透射率降低,在上述激光由半导体层 7 的表面反射时,该反射激光向垂线 Lv 以外的方向反射,可防止半导体层 7 的表面反射的激光直接入射受光部 11。

[0048] 上述基板 6 由蓝宝石晶片等的透明材料形成。这里的透明是指全光线透射率为 80% 以上的光学特性,优选全光线透射率为 95% 以上。如图 2 所示,基板 6 的底面 6a 成为了细小凹凸的漫反射面。在半导体层 7 为光透射率高的状态时,沿通路 Ld 照射的激光透过半导体层 7,而且透过基板 6,被上述底面 6a 漫反射。漫反射的激光的各方向的分量透过基板 6 及半导体层 7,而上述分量中沿上述垂线 Lv 的分量由上述受光部 11 接收。

[0049] 上述受光部 11 用于在高温计 10 中接收红外线,同时用作接收底面 6a 漫反射的激光的光检测装置。在受光部 11 中,使通过基板 6 的加热发出的红外线的受光检测和从发光装置 20 发出的激光的受光检测在不同时刻交互进行,且红外线的检测和反射激光的检测不干涉。或者,也可以与接收红外线的高温计 10 的受光部 11 独立地设置接收激光的光检测装置,使受光部 11 和光检测装置在第 1 窗 8 之外并列配置。

[0050] 如图 1 所示,成膜装置 1 及高温计 10 以及发光装置 20 由中央控制部 30 控制。中央控制部 30 由微型计算机和存储器等构成。加热控制装置 31 接收来自上述中央控制部 30 的指令,控制对加热器 3a 的通电,控制载物台 3 的加热温度。激光发光控制装置 32 接收来自上述中央控制部 30 的指令,控制发光装置 20。

[0051] 高温计 10 的检测输出被提供给温度检测装置 33。从载物台 3 发出的红外线的检测输出被温度检测装置 33 检测,根据红外线的波长等测定载物台 3 的表面温度,该温度信息被提供给中央控制部 30。另外,由基板 6 的底面 6a 漫反射的激光由受光部 11 接收,而与该受光光量相关的检测输出被提供给温度检测装置 33,该信息被通知给中央控制部 30。

[0052] 接着,说明采用上述温度测定装置 20 的温度测定方法。

[0053] 从发光装置 21 发出规定波长 λ_s 的激光。激光的波长和成膜中或成膜后的半导体层 7 的光透射率及温度的关系如图 3(A)、(B) 所示。

[0054] 在基板 6 的表面成膜的半导体层 7 用于形成发光二极管、其他半导体元件的分子层,例如为,AlN、GaAs、GaN、InP、Si、SiC。这些半导体层关于光的透射率具有频率特性。

[0055] 如图 3(A) 所示,若照射半导体层的光的波长 λ_x 超过频带边缘的波长越长则光的透射率越高,若光的波长 λ_x 比频带边缘的波长短则光的透射率降低。在上述频带边缘,光的透射率急剧变化。该频带边缘的波长即使是相同半导体层也随着其温度而变化。图 3(A) 中,半导体层的温度用 T1 到 T6 表示, $T1 < T2 < T3 < T4 < T5 < T6$ 。即使是相同半导体层,随着其温度变高,光的透射率急剧变化的频带边缘的波长向长波长带移动。

[0056] 图 3(B) 表示上述频带边缘的波长和半导体层的温度的关系。图 3(A)、(B) 所示的例中,在半导体层的温度为 T1 时,频带边缘的波长 λ_x 是 450nm。因此,若照射温度为 T1 的半导体层的光的波长比 450nm 短,则光的透射率降低,而在光的波长比 450nm 长的时刻,光的透射率急剧变高。另外,半导体层的温度为 T2 时,频带边缘的波长是 480nm。因此,若照射温度为 T2 的半导体层的光的波长比 480nm 短,则光的透射率降低,而在光的波长比 480nm 长的时刻,光的透射率急剧变高。

[0057] 图 3(A) (B) 示出半导体层的温度和频带边缘的波长的关系的典型的一例,实际的 AlN、GaAs、GaN、InP、Si、SiC 或其他半导体层分别具有各自的温度和频带边缘的波长的关系。各个半导体层相关的温度和频带边缘的波长的关系虽然已知,但是优选进行为了获得图 3(A)、(B) 所示的数据的实验,实际测定并求出要成膜的半导体层的温度和频带边缘的波长的关系。

[0058] 图 4 中,成膜中或刚刚成膜后的半导体层 7 的温度的变化用曲线图 (a) 表示。为了能够以一定的成膜速度成膜而使无杂质的半导体层具有重复性,成膜中的半导体层 7 的温度管理至关重要。图 4 所示的曲线图 (a) 中,将半导体层 7 成膜时的适当温度设定为 900°C。

[0059] 如图 3(A)、(B) 所示,成膜的半导体层 7 分别具有固有的温度和频带边缘的波长的关系。在图 3(A)、(B) 所示的半导体的例中,半导体层的温度 T_s 为 800°C 时的频带边缘的波长 λ_s 为 480nm。图 4 说明形成具有图 3 所示的固有的特性的半导体层的工序,该成膜工序中,发光装置 21 发出的激光的波长设定成 λ_s (480nm)。波长 λ_s (480nm) 成为频带边缘时的半导体层的温度 T_s 为 800°C,而该温度 T_s 必须设定成比图 4 的曲线图 (a) 所示的成膜时的适当温度 900°C 低的值。即,在比成膜时的最大温度低的温度 T_s 时,必须从发光装置 21 发出成为频带边缘的波长 λ_s 的激光。

[0060] 如图 2 所示,沿通路 Ld 入射的波长 λ_s 的激光透过半导体层 7 及基板 6,被基板 6 的底面 6a 的漫反射面反射。漫反射的激光透过基板 6 和半导体层 7,其部分光分量沿垂线 Lv 由受光部 11 接收。图 4 中,受光部 11 接收的波长 λ_s 的激光的光量用曲线图 (b) 表示。该曲线图 (b) 的纵轴方向的变化量是光量变化。另外,在图 4 中,在基板 6 的表面成膜中的半导体层 7 的膜厚的变化用曲线图 (c) 表示。该曲线图 (c) 的纵轴方向的变化量是膜厚的尺寸变化。

[0061] 在图 4 所示的成膜工序中,(i) 的期间是初期状态,载物台 3 未被加热,也没有导入原料气体 5。由中央控制部 30 控制加热控制装置 31 而由加热器 3a 加热载物台 3 后,在 (ii) 的期间,载物台 3 及基板 6 被加热,在 (iii) 的期间,基板 6 的温度上升到大约 900°C。此时,从加热的基板 6 的表面发出的红外线由高温计 10 的受光部 11 检测,从温度检测装置 33 向中央控制部 30 提供温度信息。在该时刻,中央控制部 30 根据由高温计 10 测定的温度信息,控制加热控制装置 31,使基板 6 保持在接近 900°C 的温度。

[0062] 从曲线图 (b) 可知,在期间 (i) 和期间 (ii) 中,由于半导体层 7 未在基板 6 的表面上成膜,因此,从发光装置 21 发出并在基板 6 的底面 6a 漫反射的波长 λ_s 的激光由受光部 11 接收,受光部 11 接收的激光的光量变多。

[0063] 如曲线图 (c) 所示,在成为可预测基板 6 的表面温度成为 900°C 的期间 (iii) 后,向腔 2 内供给原料气体 5。结果,如曲线图 (c) 中 (x) 所示,半导体层 7 在基板 6 的表面开始形成。在半导体层 7 形成得较薄的时刻,半导体层 7 的温度在 900°C 附近,至少比图 3(B) 所示的温度 T_s 高,因此半导体层 7 是对于波长 λ_s 的光的透射率低的状态。因此,如曲线图 (b) 中 (xi) 所示,由受光部 11 接收的波长 λ_s 的激光光量降低。

[0064] 在期间 (iii) 之后接着的期间 (iv),控制加热控制装置 31,停止对加热器 3a 的通电,使载物台 3 的温度降低。如图 4 的曲线图 (a) 所示,在期间 (iv) 中,伴随载物台 3 的温度的降低,基板 6 及半导体层 7 的温度也降低。在期间 (iv) 中,在半导体层 7 的温度通过温度 T_s 的时刻 A,半导体层 7 的频带边缘的波长与从发光装置 21 发出的激光的波长 λ_s 一致。因此,在时刻 A,成膜中的半导体层 7 对于波长 λ_s 的光的透射率急剧上升,如曲线图 (b) 的 (xii) 所示,受光部 11 上的波长 λ_s 的光的受光量急剧上升。

[0065] 受光部 11 的受光输出的变化从温度检测装置 33 提供给中央控制部 30。中央控制部 30 在知道波长 λ_s 的激光的受光量急剧增大的时刻 A 中,判断为半导体层 7 的温度成为 T_s (800°C)。

[0066] 在后续的期间 (v) 中,控制加热控制装置 31,对加热器 3a 通电,再次进行载物台 3 的加热。基板 6 及半导体层 7 的温度随之上升。在达到时刻 B 后,半导体层 7 的温度超过上述温度 T_s ,此时波长 λ_s 的光对成膜中的半导体层 7 的透射率急剧降低。如曲线图 (b) 的 (xiii) 所示,在时刻 B,受光部 11 上的波长 λ_s 的光的受光量急剧降低。中央控制部 30 在知道波长 λ_s 的激光的受光量急剧降低的时刻 B,判断为半导体层 7 的温度成为 T_s (800°C)。

[0067] 可以从半导体层 7 的温度本身了解,在时刻 A 和时刻 B,成膜中的半导体层 7 的温度成为 T_s (800°C),因此,可以在中央控制部 30 中利用该信息来准确进行随后的半导体层 7 的温度管理。

[0068] 本实施例中,如图 1 所示,设置有检测从基板 6 及半导体层 7 的表面发出的红外线的高温计 10,高温计 10 用作连续地观察基板 6 及半导体层 7 的加热温度的温度变化测定装

置。另外,这里说的连续是包括受光部 11 接收红外线的时间和由受光部 11 检测波长 λ_s 的激光的光量的时间交互反复的状态的概念,即,包括由高温计 10 间歇地接收红外线而获得温度信息的情况。

[0069] 因此,在中央控制部 30 中,可以通过比较在时刻 A 由高温计 10 检测的温度 T_d 的信息和温度 $T_s(800^\circ\text{C})$ 来了解由高温计 10 通过接收红外线而检测的温度信息的误差,可以通过中央控制部 30 将从温度检测装置 33 送来的高温计 10 的检测温度信息校正为接近实际的半导体层 7 的温度的信息。该校正可以使用时刻 A 的信息和时刻 B 的信息的任一方,但是通过使用时刻 A 和时刻 B 的双方的信息,可以更高精度实现从高温计 10 获得的温度信息的校正。

[0070] 如图 4 所示的曲线图 (a) 所示,在期间 (v) 之后接着的期间 (vi) 中,必须将半导体层 7 的温度维持在适于成膜的一定的温度 (900°C)。该期间 (vi) 中,由高温计 10 检测的温度信息根据在时刻 A 和时刻 B 获得的温度 T_s 的信息校正而使用。因此,在期间 (vi) 中,通过根据来自高温计 10 的温度信息控制加热控制装置 31,可以高精度进行温度控制,使得成膜中的半导体层 7 的温度总是为 900°C 或非常接近 900°C 的温度。

[0071] 因此,如图 4 的曲线图 (c) 的 (Xiv) 所示,可以在期间 (vi) 中以一定的成膜速度形成半导体层 7。

[0072] 如图 4 所示,在半导体层 7 的成膜开始后的期间 (iv) 和期间 (v) 中,通过进行使加热器 3a 的加热温度暂时下降后再上升的控制,可以高精度地了解成膜中的半导体层 7 的温度达到 $T_s(800^\circ\text{C})$ 的时刻,可用该信息校正由高温计 10 测定的温度 T_d 的信息。因此,若暂时进行期间 (iv) 和期间 (v) 的加热变化,进行高温计 10 的信息的校正,则之后即使不进行如期间 (iv) 和期间 (v) 那样的加热变化,通过按照来自高温计 10 的温度信息控制加热器 3a 的加热状态,也可以总是以具有重复性的成膜速度形成半导体层 7。

[0073] 即,期间 (iv) 和期间 (v) 的加热变化仅仅在必要时进行,从而可进行高温计 10 的温度信息的校正。

[0074] 另外,即使在期间 (iv) 和期间 (v) 中不进行加热温度的变化,也可以在半导体层 7 成膜后获得半导体层 7 的温度达到 $T_s(800^\circ\text{C})$ 的信息。

[0075] 如图 4 所示,在期间 (vi) 中,在可预测半导体层 7 的膜厚成为规定的值的时刻结束成膜动作,在随后的期间 (vii) 中,结束加热器 3a 的加热。此时基板 6 和成膜后的半导体层 7 的温度逐渐降低,但是在该温度低于 $T_s(800^\circ\text{C})$ 的时刻 C,半导体层 7 的光的透射率急剧上升,如曲线图 (b) 的 (xv) 所示,受光部 11 上的波长 λ_s 的光的受光量急剧增多。因此,可知在时刻 C 半导体层 7 的温度成为 $T_s(800^\circ\text{C})$ 。

[0076] 例如,在时刻 C,通过知道从高温计 10 获得的温度 T_d 的信息和 $T_s(800^\circ\text{C})$ 的差,可以将由高温计 10 获得的温度信息校正为适当信息。

[0077] 即,在成膜中即使不产生如期间 (iv)、(v) 那样的加热温度的变化,在一旦半导体层 7 成膜后,可在其后的时刻 C 获得温度 $T_s(800^\circ\text{C})$ 的准确信息。若根据该信息校正高温计 10 的温度信息,则随后可利用来自高温计 10 的温度信息准确进行基板 6、半导体层 7 的温度管理。

[0078] 另外,如图 4 的曲线图 (b) 的 (xi) 所示,若半导体层 7 的波长 λ_s 的光的透射率显著降低,则激光变得容易被半导体层 7 的表面反射。但是,如图 2 所示,从发光装置 21 发

出的波长 λ_s 的激光以相对于垂线 L_v 倾斜角度 θ 的通路 L_d 照射半导体层 7, 因此, 由半导体层 7 的表面反射的光不会朝向受光部 11。因此, 由半导体层 7 的表面反射的激光形成的噪声难以叠加到由受光部 11 检测的激光的受光量的变化上。

[0079] 另外, 在上述实施例中, 从半导体层 7 的斜上方照射波长 λ_s 的激光, 但是, 也可以使波长 λ_s 的激光从基板 6 的下方照射, 使透过基板 6 及半导体层 7 的激光能够由受光部 11 接收。

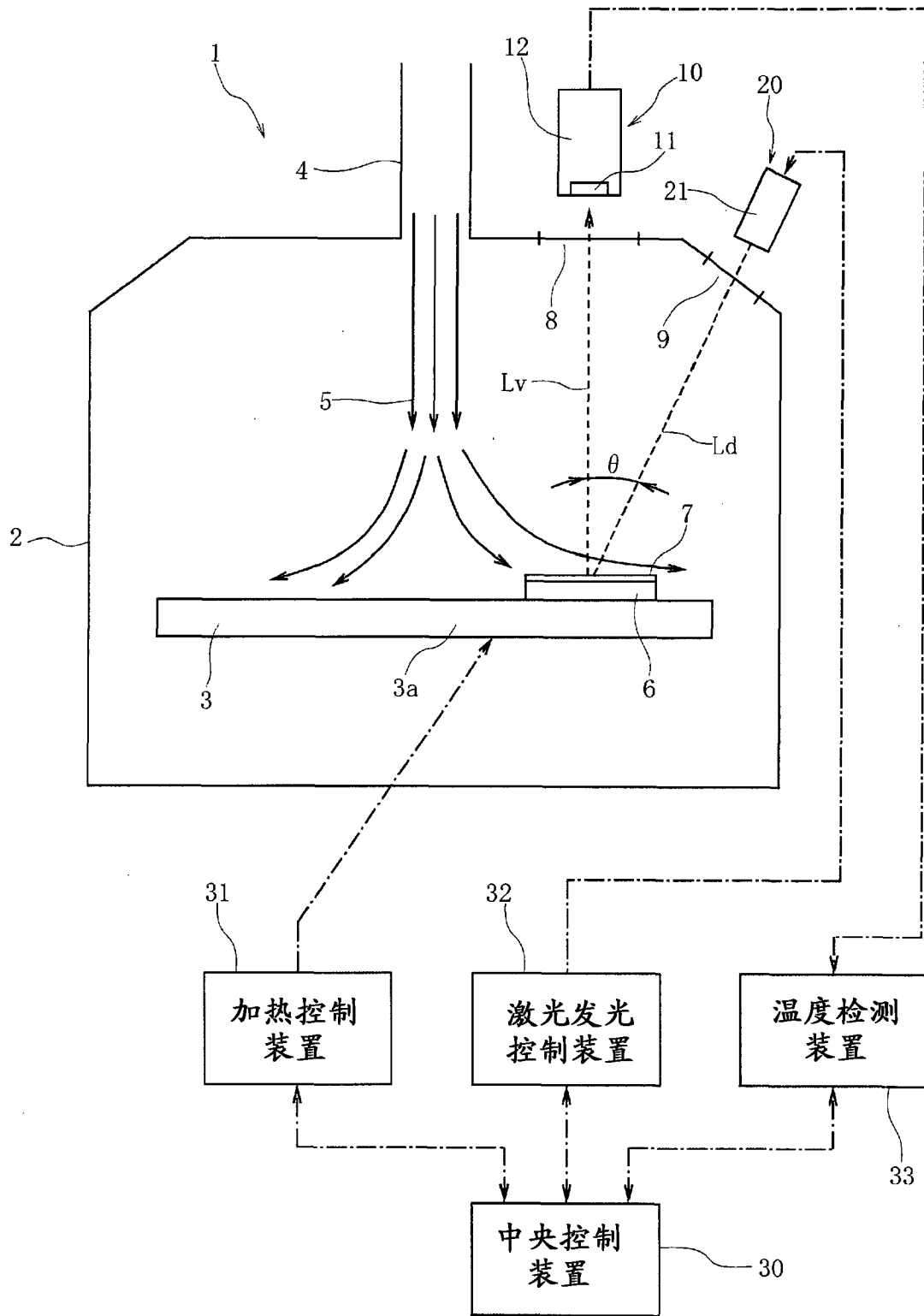


图 1

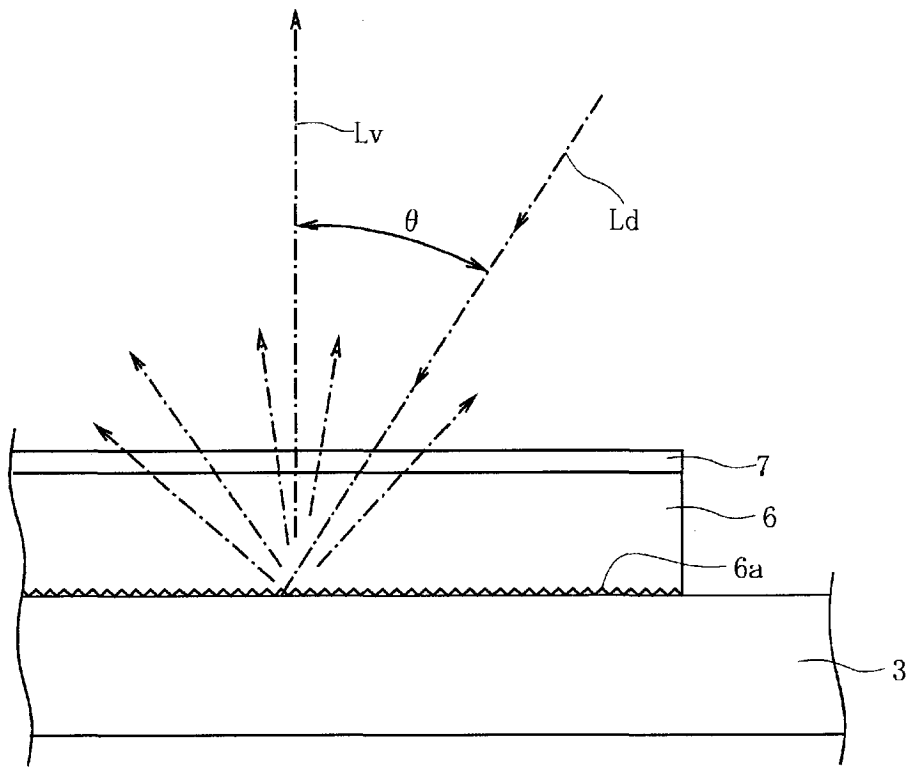
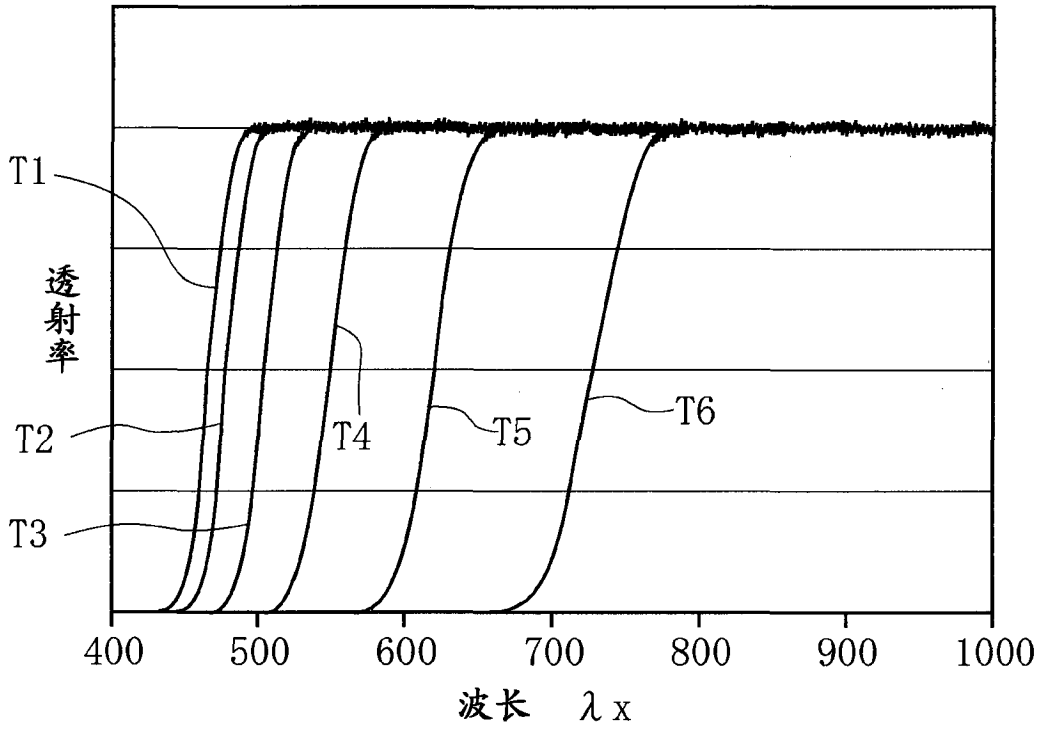


图 2

(A)



(B)

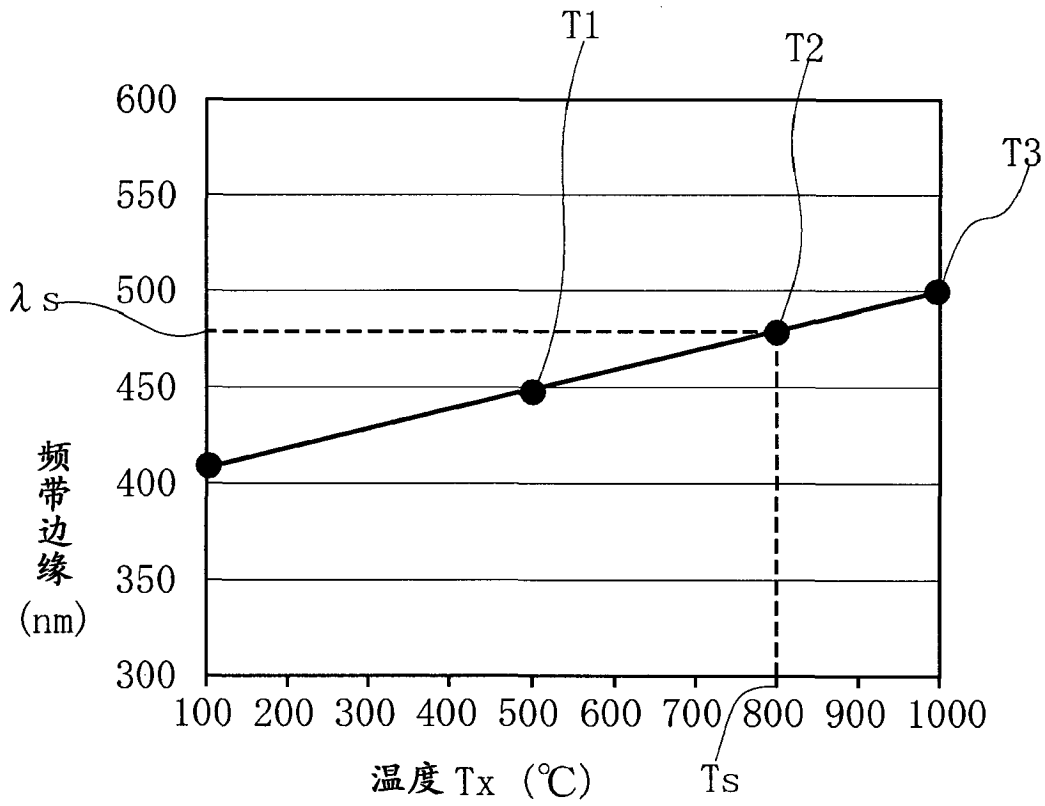


图 3

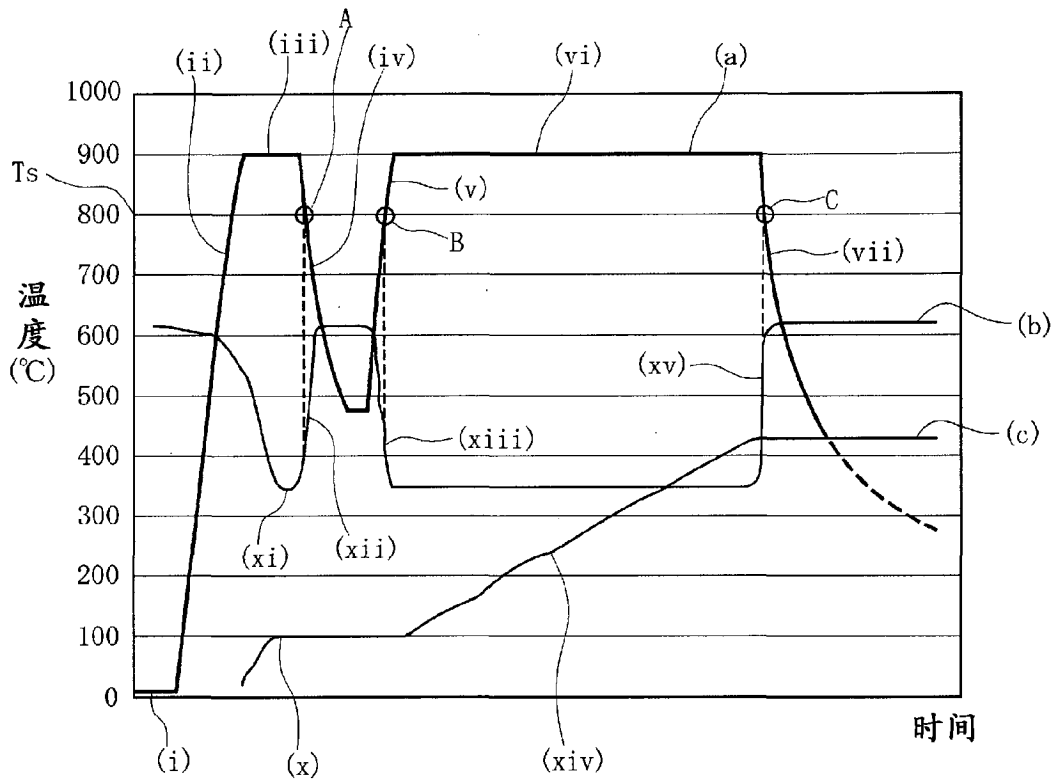


图 4