



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104641460 B

(45)授权公告日 2017.08.18

(21)申请号 201380032696.X

(22)申请日 2013.06.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104641460 A

(43)申请公布日 2015.05.20

(30)优先权数据

61/663,435 2012.06.22 US

13/907,637 2013.05.31 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.12.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/062883 2013.06.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/190040 EN 2013.12.27

(73)专利权人 相干激光系统有限公司

地址 德国哥廷根

(72)发明人 P·范德威尔特

(74)专利代理机构 余姚德盛专利代理事务所
(普通合伙) 33239

代理人 郑洪成

(51)Int.Cl.

H01L 21/66(2006.01)

H01L 21/20(2006.01)

(56)对比文件

US 2005/0002016 A1,2005.01.06,

CN 101855091 A,2010.10.06,

JP 特开2004-172424 A,2004.06.17,

审查员 王雪梅

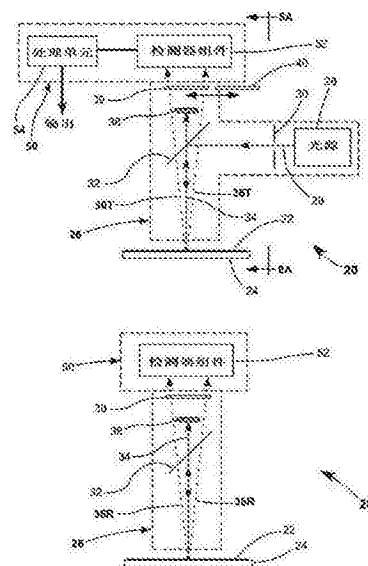
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

用于受激准分子激光退火工艺的监控方法和设备

(57)摘要

公开了一种方法,用于评估利用形成受激准分子激光的脉冲的辐射而结晶的硅层。结晶在结晶层上根据该层所暴露的脉冲中的数量和能量密度产生周期性特征。光对层的区域进行照明。检测器被布置成检测从照明区域衍射的光并且根据衍射光确定该层所暴露的脉冲中的能量密度。



1. 一种光学设备, 用于评估通过暴露至多个激光辐射脉冲而至少部分结晶的半导体层, 该多个激光辐射脉冲在该层上具有能量密度, 结晶沿第一方向在该层上产生了第一组周期性表面特征以及沿与第一方向成垂直的第二方向在该层上的第二组周期性表面特征, 第一组和第二组周期性特征取决于半导体层所暴露至的激光辐射脉冲的能量密度, 所述设备包括:

光源, 被布置成传递与层表面正交的光束以对结晶半导体层的区域进行照明以使得光的一些部分被第一组和第二组周期性特征衍射; 以及

阵列检测器, 其与光束的轴对齐而且被布置成捕获被第一组和第二组周期性特征衍射的来自照明区域的光; 以及

处理电子装置, 被布置成根据检测器捕获的光来确定半导体层所暴露至的脉冲在半导体层上的能量密度。

2. 一种用于至少部分地使得基片上的半导体层结晶的光学设备, 包括:

激光和投射光学装置, 用于将多个激光辐射脉冲传递至基片上的半导体层以导致结晶;

可变衰减器, 用于选择性地改变入射至该层上的激光辐射脉冲的能量密度以控制该层的结晶程度;

转移级, 用于沿相对于入射的激光辐射脉冲的转移方向对基片及其上的半导体层进行转移, 半导体层的结晶和转移沿第一方向在该层上产生了第一组周期性表面特征以及沿与第一方向成垂直的第二方向在该层上的第二组周期性表面特征, 第一组和第二组周期性特征取决于半导体层所暴露至的激光辐射脉冲的能量密度;

光源, 被布置成传递与层表面正交的光束以对结晶半导体层的区域进行照明以使得光的一些部分被第一组和第二组周期性特征衍射; 以及

阵列检测器, 其与光束的轴对齐而且被布置成捕获被第一组和第二组周期性特征衍射的来自照明区域的光; 以及

处理电子装置, 被布置成根据检测器捕获的光来确定半导体层所暴露至的脉冲在半导体层上的能量密度, 而且如果确定的能量密度高于或低于结晶的最优能量密度, 选择性地调节可变衰减器以使得脉冲在半导体层上的能量处于最优能量密度。

3. 根据权利要求2所述的设备, 其中第一方向沿半导体层的转移方向。

4. 根据权利要求2所述的设备, 其中半导体层是硅层。

5. 一种用于评估通过暴露至多个激光辐射脉冲而至少部分结晶的半导体层的方法, 该多个激光辐射脉冲在该层上具有能量密度, 结晶沿彼此垂直的第一和第二方向分别在该层上产生了第一和第二组周期性表面特征, 第一和第二组周期性特征取决于半导体层所暴露至的激光辐射脉冲的能量密度, 所述方法包括:

传递与层表面正交的光束以对结晶半导体层的区域进行照明以使得光的第一和第二部分分别被第一和第二组周期性特征衍射;

利用与光束的轴对齐的阵列检测器来分别测量第一和第二衍射光部分的幅度; 以及根据测量的第一和第二衍射光部分的幅度确定激光辐射脉冲在该层上的能量密度。

6. 根据权利要求1所述的设备, 进一步包括用于阻挡反射光的至少一部分达到检测器的装置。

7. 根据权利要求6所述的设备,其中用于阻挡反射光的装置由在90度相对旋转下设置的偏振器和分析器的组合定义。

8. 根据权利要求6所述的设备,其中用于阻挡反射光的装置由沿捕获的光的中心轴布置的阻件定义。

9. 根据权利要求2所述的设备,进一步包括用于阻挡反射光的至少一部分达到检测器的装置。

10. 根据权利要求9所述的设备,其中用于阻挡反射光的装置由在90度相对旋转下设置的偏振器和分析器的组合定义。

11. 根据权利要求9所述的设备,其中用于阻挡反射光的装置由沿捕获的光的中心轴布置的阻件定义。

12. 根据权利要求5所述的方法,其中阻挡反射光的至少一部分达到检测器。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中采用由在90度相对旋转下设置的偏振器和分析器的组合来阻挡反射光的至少一部分达到检测器。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中采用沿捕获的光的中心轴布置的阻件来阻挡反射光的至少一部分达到检测器。

用于受激准分子激光退火工艺的监控方法和设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2012年6月22日提交的美国临时申请No.61/663,435以及2013年5月31日提交的美国临时申请No.13/907,637的优先权,其整体公开在此通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及通过脉冲激光辐照使得薄硅(Si)层熔化并重结晶。该方法具体涉及评估重结晶层的方法。

背景技术

[0004] 硅结晶是经常被使用在薄膜晶体管(TFT)、主动矩阵LCD和有机LED(AMOLED)显示器的制造中使用的一个步骤。结晶硅形成了半导体基底,其中通过传统光刻工艺形成显示器的电路。通常,利用具有沿长度方向(长轴)的均匀密度分布并且具有沿宽度方向(短轴)的均匀的或“礼帽形”的强度轮廓的长线形式的脉冲激光束来执行结晶。在该工艺中,在相对于激光辐射脉冲的传送源转化基片(及其上面的硅层)的同时,玻璃基片上的非晶硅的薄层被激光辐射脉冲重复熔化。执行特定最佳能量密度(OED)下经由重复脉冲的熔化和再凝固(重结晶),直到获取了膜中的期望结晶微结构。

[0005] 光学元件被用来将激光脉冲形成为辐射线,而且在宽度为辐射线的带中发生结晶。进行了各种尝试来保持辐射脉冲强度沿该线高度均匀。有必要这样做来保持结晶微结构沿该带均匀。光脉冲的优选源是受激准分子激光器,其传递脉冲的波长处于电磁谱的紫外线范围。采用受激准分子激光脉冲的上述结晶工艺通常被称为受激准分子激光退火(ELA)。该工艺是一个精细的工艺,而且针对OED的误差容限可以是很小的百分比或者小到 $\pm 0.5\%$

[0006] 操作两者模式的ELA。在一种模式下,相对于激光束的面板的转换速度足够低到使得一个接一个的脉冲的束宽的“礼帽形部分”重叠到达95%,由此任意极微小的区域接收总共大约20个脉冲。在称为增强ELA或AELA的另一模式中,转换速度快得多,而且在单个通过面板中,辐射的“线”具有最小的重叠而且甚至可能在它们之间留下未结晶空间。进行多个通行以使得利用比ELA工艺总数量可能要少些的脉冲来辐射整个平面以产生等效的材料。

[0007] 不管采用哪种ELA模式,生产线中面板上的结晶膜的评估在当前是线下通过视觉检验完成的。这种检验完全是主观的而且高度取决于受训的有经验的检验人员,检验人员通过他们的经验能够在结晶束的能量密度中将观测到的平面特征与非常小(例如小于1%)的变化进行关联。在制造环境中,如果工艺能量密度的变化是必须的,则视觉分析和建立的工艺通常在执行结晶之后的大约一个小时到一个半小时之间进行,其中对可接受面板的生产线生产能力产生相应的不利影响。

[0008] 需要一种ELA工艺的评估的目标方法。优选地,该方法应该至少能够实施在生产线上。更优选地,该方法应该能够用于反馈环路中的准实时评估以响应于评估提供的数据来自动地调节工艺能量密度。

发明内容

[0009] 本发明涉及评估通过暴露至多个激光辐射脉冲而至少部分结晶的半导体层的结晶进程,该多个激光辐射脉冲在该层上具有能量密度。结晶分别在彼此垂直的第一和第二方向上该层上产生了第一和第二第一和第二组周期性表面特征,第一和第二组周期性特征的形成取决于半导体激光所暴露至的激光辐射脉冲的能量密度。

[0010] 在本发明的一个方面中,一种评估方法包括将光传递至结晶半导体层的区域以使得光的第一和第二部分分别被第一和第二组周期性特征衍射。第一和第二衍射光部分的幅度被分别测量。根据测得的第一和第二衍射光部分的幅度来确定激光辐射脉冲在该层上的能量密度。

附图说明

[0011] 本文所并入的作为说明书一部分的附图示意性地图示了本发明的优选实施例,而且与上面给出的总说明和下面给出的优选实施例的详细说明一起,用来解释本发明的原理。

[0012] 图1是示意性地图示出针对ELA结晶硅层的扫描激光显微镜图像的快速傅立叶变换(FFT)的沿滚动横向的作为脉冲能量密度的函数的测得峰值幅度的示图。

[0013] 图2是示意性地图示出针对A-ELA结晶硅层的扫描激光显微镜图像的FFT的沿滚动横向的作为脉冲能量密度的函数的测得峰值幅度的示图。

[0014] 图3是示意性地图示出针对A-ELA结晶硅层的扫描激光显微镜图像的快速傅立叶变换(FFT)的沿滚动横向的作为脉冲数量的函数的测得峰值幅度的示图。

[0015] 图4是ELA结晶硅层的区域的偏振光显微镜图像,其图示出结晶期间形成的与层的滚动方向(RD)横切并平行的脊部。

[0016] 图5是与图4的结晶层区域类似的结晶层区域的干涉显微镜图像,描绘了分别来自横向和滚动方向脊部的衍射光形成的光的水平和垂直带。

[0017] 图6是示意性地图示出针对来自ELA结晶层的横向和滚动方向脊部的衍射光的作为脉冲-能量密度的测得幅度的示图。

[0018] 图7是示意性地图示出针对410、415和420mJ/cm²的ED的作为A-ELA结晶层的横向和滚动方向脊部的衍射光的脉冲数量的函数的测得幅度的示图。

[0019] 图8和8A示意性地图示出根据本发明的用于分别测量来自ELA结晶层的横向和滚动方向脊部的衍射光的幅度的设备的一个优选实施例。

[0020] 图9示意性地图示出根据本发明的ELA设备的一个优选实施例,其包括与可变衰减器f协作的图8的设备,可变衰减器用于响应于来自ELA结晶层的横向和滚动方向脊部的衍射光的测得幅度而调节硅层上的脉冲能量密度。

[0021] 图10示意性地图示出根据本发明的与图9的设备类似的ELA设备的另一优选实施例,但是其中图8的设备由根据本发明的设备的另一优选实施例代替以分别测量来自ELA结晶层的横向和滚动方向脊部的衍射光的幅度。

具体实施方式

[0022] 薄Si膜的ELA处理导致了表面粗糙度的形成:由于Si在固化时的膨胀而形成凸起;它们尤其会形成在横向生长期间相撞的三个或更多凝固前沿之间。凸起通常不是随机布置的。实际上,它们由于在文献中被统称为激光诱导周期性表面结构(LIPSS)的波纹形成的处理而对齐。因此,波纹由多系列对齐的凸起构成。仅仅在其中实现了膜的部分熔化的能量密度窗口(范围)中观察到波纹形成。通常,波纹周期性处于入射光波长的数量级,例如针对XeCl受激准分子激光的大约290-340nm。由于这些小尺寸,利用传统光学显微镜技术不能观察到或者最多也仅仅能勉强观察到波纹。

[0023] 通常在光学亮视场显微镜中观测到的是,ELA处理过的膜的表面由散布有较亮区域的细长较暗有色区域组成。较暗区域的严格检验显示出,它们由具有更高凸起的更强波纹状(有序的)区域组成,其间是具有更少秩序和/或更低凸起的区域。更有序的区域在此被称为脊部,其间的区域被称为谷部。开创性地发现,脊部的形成貌似与具有沿与波纹方向垂直的方向的脊部的典型定向的波纹的形成相关联。本发明的方法和设备取决于测量来自薄Si膜(层)的由于ELA工艺而形成的脊部的衍射。方法提供了对形成波痕的程度的间接测量,这可被用来准实时地监控或控制ELA工艺。此外,描述了一种方法用于更直接的观察波纹本身,尽管使用的显微镜技术相对于用于测量来自脊部的衍射的更传统光学显微镜技术相对较慢。

[0024] 通常不会仅仅在一个方向上形成波纹。波纹主要形成为沿与扫描方向平行的方向,而且也沿与扫描方向垂直的方向(线方向)。波纹是周期性的,而且在此利用冶金学中的通用术语经由它们的周期性的方向描述,其中滚动方向(RD)对应于扫描方向,而且横向(TD)对应于线方向。由此,由于沿扫描方向定向的波纹在横向上是周期性的,它们被称为TD波纹。类似地,沿线方向定向的波纹滚动方向上是周期性的,并被称为RD波纹。

[0025] 根据LIPSS理论,TD波纹具有大致等于光波长的间隔,同时RD波纹大致以 $\lambda/(1 \pm \sin\theta)$ 间隔开,通常以 $\lambda/(1 - \sin\theta)$ 间隔为主,其中 θ 是激光辐射在层上的入射角,其在ELA中通常大约是5度或者更大。波纹形成有助于获取均匀的多晶硅膜,这是因为增益结构趋于遵循表面周期性。当存在波纹时,形成了非常有序的膜,其主要包括尺寸大约是 λ 乘 $\lambda/(1 - \sin\theta)$ 的矩形颗粒。在更低的能量密度(ED)下颗粒更小,在更高ED下颗粒更大。当生长了大于波纹相区尺寸的颗粒时,在此称为超级横向生长(SLG),表面回流将导致凸起高度的减小以及膜中次序的逐渐消失。

[0026] 在用于确定波纹导致的表面周期性和激光脉冲的ED之间的数量的数量关系的第一实验中,通过快速傅立叶变换(FFT)分析结晶膜的激光扫描显微镜(LSM)图像,其中变换是在RD和TD方向上进心的。FFT中的峰值表示特定表面周期性的存在,而且峰值的位置对应于表面周期性的方向。TD-变换提供的大约 $1/\lambda$ 处的尖峰表示强TD周期性。RD变换示出了大约 $(1 - \sin\theta)/\lambda$ 处的不那么尖锐且幅度小于TD变换的峰的峰,即,具有大约 $(1 - \sin\theta)/\lambda$ 的间隔的不那么显著的RD波纹。

[0027] 图1的示图示意性地图示出针对ELA工艺中的总共25个重叠脉冲的作为以毫焦耳每平方厘米(mJ/cm^2)为单位的脉冲的能量密度(ED)的函数的相应RD和TD变换峰值的幅值。可以看出,RD周期性看起来在比TD周期性最大时的ED稍微大一点的ED处最大。此处,大约 $420\text{mJ}/\text{cm}^2$ 的OED被示出有RD和TD方向上周期性,其随着更高的ED而(相对)急剧减小。在此应该注意的是,采用行业中同样的方案来确定此处定义的ED,涉及测量束的功率以及利用

束的礼帽形部分宽度对其进行划分,忽略任何礼帽形部分的任一侧的梯度。

[0028] 图2的示图类似于图1的示图,但是针对的是25个脉冲的A-ELA工艺的结晶。在此, RD波纹示出了比ELA更强的周期性,其峰周期性比ELA工艺的情况得到更好的定义。

[0029] 图3的示图示意性地图示出RD和TD峰值幅度,其是 $420\text{mJ}/\text{cm}^2$ (这一定程度上小于OED实验确定的值)的ED的脉冲数量的函数。可以看出,周期性在TD方向上稳定增大至大约22的脉冲数量。在RD方向上,在大约15个脉冲被传递之前,周期性的增长很少。

[0030] 图4是反射光中的偏振显微镜图像。在横向上定向的脊部(与RD方向上的波纹关联,换言之,遵循基于定义的周期性,“TD-波纹”)可被观察到。在滚动方向上定向(而且关联至“RD波纹”)的脊部不那么突出但是仍然明显,如前面讨论的FFT分析所预期的那样。

[0031] 不同于波纹,脊部并非是严格周期性的。但是,脊部具有通常介于大约 $1.5\mu\text{m}$ 和大约 $3.0\mu\text{m}$ 之间或者大约处于比波纹之间的间隔大的幅度级别的特征间隔。根据波纹的术语,脊部被引述为沿周期性的方向,即,RD脊部沿横向定向,TD脊部沿滚动方向定向。

[0032] FFT分析本身清楚地提供了一种评估结晶层的手段。但是,产生前面讨论的信息所需的步骤通常很忙而且可能不鼓励使用这种分析用于对通过ELA或A-ELA结晶的层的接近实时的在线监控或评估。由此,决定研究分析与RD和TD波纹的关联脊部的垂直定向组相关的衍射现象的可能性,而不是试图直接测量波纹本身。

[0033] 图5是诸如图4所描绘的层之类的层的干涉显微镜图像。这是利用具有目镜的可在市场上买到的显微镜拍摄的,其中目镜被去除以允许物镜的后聚焦面的图像被记录。在该示例中,图像由简单的移动电话相机记录。显微镜被用于透射光配置中。第一偏振器位于样本前面的照明光路中,第二偏振器(分析器)位于样本后面,其偏振方向与第一偏振器的偏振方向成90度的。

[0034] 干涉图像的中心对应于显微镜系统的光轴,与光轴(中心点)相距的距离对应于光传播的角度。由此,干涉图像提供了与显微镜中光的方向相关的信息。

[0035] 聚光镜光圈被设置成接近最小孔径以限制样本上的入射光的角度分布并且由此限制孔的图像至圆锥镜图像的中心。图像的剩余部分由从结晶形成的TD和RD脊部组衍射的光形成。偏振器和分析器用于使得中心点相对于图像剩余部分的亮度最小化。在相对90度的旋转下,两个偏振器在干涉图像中形成一对消光交叉带,被称为同消色线。通过使得偏振器和分析器一起相对于样本旋转,同消色线可旋转远离衍射带以最小化带的消光。

[0036] 图5中以灰度表示的实际图像是彩色图像。水平带是浅蓝色,垂直带是浅绿色。带的着色可以很均匀并且,被认为表示了这些波长下的高衍射效率以及其它波长下的较低衍射效率。带的着色的均匀性被认为是由脊部的可被间隔导致的。水平和垂直带的光谱之间可能存在一些光谱重叠。

[0037] 显微镜物镜是20X物镜。中心点的强度梯度较高的片断边缘给出了图像像素尺寸的指示。黑暗的象限中较大的方块是JPEG图像压缩的虚像。

[0038] 在附图的水平方向,存在由RD脊部(与TD波纹相关)的衍射导致的光的强带。在附图的垂直方向,存在由TD脊部(与RD波纹相关)的衍射导致的光的更弱带。透射光形成了图像的中心处的亮点。

[0039] 从图1和图2的示图可以预期的是,随着脉冲ED下落至低于OED,TD-脊部衍射带相对于RD-脊部衍射带的亮度的相对亮度随着ED减小而急剧下降。当脉冲ED上升至大于OED

时,TD-脊部衍射带相对于RD-脊部衍射带的亮度的相对亮度大约保持相同,但是两者都随着ED的增大急剧下降。测量衍射带的亮度由此提供了一种强大的方法来确定ED是高于还是低于OED以及高低程度。

[0040] 图6的示意图示意性地示出针对在ELA工艺中通过25个重叠脉冲结晶的硅层区域的作为脉冲ED的函数的RD脊部衍射强度(实现曲线)和TD脊部衍射强度(虚线曲线)。脊部的强度未被直接测量。相反,根据观察到的带具有不同颜色而且颜色信息仍然存在于常规显微镜图像中的情况设计了针对衍射带强度的测量。

[0041] 可在市场上买到的光栅图形编辑器被用于确定偏振光图像的蓝色及绿色通道的平均亮度,分别作为RD脊部和TD脊部的衍射的测量。该方案的缺陷是图像颜色通道并不提供优化的过滤以便看出带亮度从而两个信号之间存在显著的串扰。而且,非衍射中心点的信号与其它颜色通道重叠,使得它们具有更高的噪声水平。即便如此,差异清楚地示出了趋势,其中绿色通道亮度与蓝色通道亮度之比达到最大值时发现OED,如图6中的虚线曲线所示。

[0042] 可替换地,CMOS阵列或CCD阵列所记录的干涉图像,类似于图5的图像,可以被适当软件进行电子处理,以仅仅从衍射带收集测量数据。其优势在于测量可能更敏感于图像中的衍射光带的实际颜色和衍射效率,因为空间信息基本上与之独立。实际衍射效率可能是膜厚和沉积参数的函数。

[0043] 图7的示意图示意性地示出RD-脊部衍射-强度(实现曲线)和TD-脊部衍射-强度(虚线曲线),作为针对依次传递至被结晶的层的相同区域的脉冲的脉冲数量和ED的函数。此处的趋势类似于图3的示意图。每种情况下的三个ED值是 $410\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $415\text{mJ}/\text{cm}^2$ 和 $420\text{mJ}/\text{cm}^2$,即,以稍微超过ED的1%的间隔下进行选择。可以看出,在进行了15个脉冲之后,ED中的1%的变化上升至信号幅度的大约20%的变化。在大约22个脉冲附近,衍射的信号变化仍然处于ED中的5%或更佳的2%的级别。这清楚地表示了本发明方法的敏感度。

[0044] 图8示意性地示出根据本发明的用于评估结晶硅层的设备的一个优选实施例20。此处,评估的结晶硅层22被支撑在玻璃板24上。进行Köhler照明的显微镜26包括灯或光源28,其传递白光束29。聚光镜光圈30提供束29的光锥的数值孔径的控制。

[0045] 部分反射部分透射的光学组件32(分束器)以与图8所示的层垂直入射的方式将束29引导至层22上。光束的部分34被层22反射,部分36T被衍射。此处使用的后缀T表示该光被层结晶期间形成的上述横向(TD)脊部所衍射。图8A在与图8垂直的平面描绘了设备20,图示出被层结晶期间形成的上述滚动方向(RD)脊部衍射的光36R。

[0046] 反射并衍射的光透射通过组件32。反射光被阻件38阻挡。衍射光旁路通过阻件38并入射至检测器单元50中的光学检测器组件52。电子处理器54被布置在检测器单元50中并被布置成确定检测器接收到的衍射光的幅度。

[0047] 检测器组件52可以是诸如前面讨论的CCD阵列或CMOS阵列之类的像素化的检测器,用于记录衍射光(参见图7)的干涉图像,处理器54通过空间分析可以从该干涉图像中确定衍射光强度。可替换地,检测器组件可以是一个或多个光电二极管元件,用于记录聚集的衍射光。对于该情况,可选的滤波器组件39和40被布置成具有通带,该通带被选择成对应于TD和RD衍射光的特定颜色,如前面讨论的那样。这些可移入或移出图8中箭头A所示的衍射光路。

[0048] 在任一情况下,另一光谱滤波器(未示出)可被布置用于将来自光源28的光的带宽度限制为被衍射的这些颜色。这会由于来自层22的散射光(未示出)而降低噪声,其能够使阻件38被旁路并与衍射光混合。

[0049] 在图8和8A中,出于便于图示的目的,显微镜26的光学装置,包括用于光源28的聚光透镜光学装置、(无限远校正的)物镜光学装置、以及镜筒透镜光学装置,均未予示出。此外,显微镜可布置有伯特兰透镜以直接观察干涉图像和“目镜”(或接目镜)。显微镜中的这些光学装置的形式和功能对于光学领域的技术人员是公知的,其详细说明对于理解本发明的原理不是必要的。

[0050] 作为反射光显微镜的替换方案,可以使用透射光显微镜。这种显微镜设置不具有分束器,但是不要求样本前面单独的聚光透镜。对于最好的结果,束阻件38可布置在样本后面的物镜的后聚焦平面或者其任意共轭面中。对于反射光显微镜,束阻件最好放置在处于分束器后面的物镜的后聚焦平面的共轭面中,由此也不会阻挡到来的光。

[0051] 应该注意的是,在没有偏振器和/或束阻件时也能观察到来自脊部的衍射。在去除物镜和/或聚光透镜之后也仍然能够观察到衍射带。因此,这些透镜应该被看作是用于优化被探测的膜内的区域的亮度和敏感度的测量。它们不是此处描述的设备的必要组件。

[0052] 图9示意性地图示出根据本发明的受激准分子激光退火设备的一个优选实施例60。设备60包括受激准分子激光器64,用于传递激光束65。束65通过可变衰减器66被传递至束整形光学装置68,其将整形后的束69经由转向镜70传递至投射光学装置72。投射光学装置以前述非垂直入射的方式将束投射在层22上。包括层22的玻璃板24被支撑在转换级62上,转换级62在相对于投射的激光束的方向RD上移动层和板。

[0053] 上述设备20被布置在层22上方。处理单元54从检测器组件52观察到的TD脊部衍射的和RD脊部衍射的光分量的幅度以及诸如图6和图7的曲线之类的实验曲线所创建的电子查找表来确定,利用高于或低于OED的脉冲是否已经使得层被结晶。

[0054] 通常,投射的激光束中的能量密度(脉冲能量或处理ED)初始地在标称OED处得到控制。但是,传递的能量密度可能随时间变化,这通常被记录为OED的设备偏移。如果OED貌似已经偏移至比标称更低的值,ED将低于OED;存在如上所述的两个方向上的脊部的更低的密度;而且由此,两个衍射信号的幅度都减小。随后,从处理单元54向衰减器66发送信号以减小传递至该层的脉冲能量。如果OED看起来已经偏移至比标称更高的值,ED将低于瞬时OED;RD脊部具有相对于如上所述的TD脊部更低的密度;而且由此,两个RD脊部衍射幅度将在TD衍射幅度保持不变的同时减小。随后从处理单元54向衰减器66发送信号以适当地增大传递至该层的脉冲能量。

[0055] 上述校正处理显然并不是必须利用图9的反馈配置自动完成。可替换地,处理单元54可将与可看见的OED偏移相关的信息显示在监视器上以传递给操作人员,而且操作人员可手动地调节传递至层22的脉冲能量。

[0056] 图10示意性地图示出根据本发明的受激准分子激光退火设备的另一优选实施例60A。设备60A类似于图9的设备60,不同之处在于其衍射测量设备20由替换的衍射测量设备21代替,衍射测量设备21包括诸如激光束82的定向光源80。来自激光器的光以如图10所述的非垂直入射的方式入射至层22上,产生反射束82R和衍射光84。存在来自TD脊部和来自RD脊部的衍射光束,如上述参考图8和图9的设备20所述。反射束82R优选地被阻件38阻挡,而

且衍射光被检测器组件52检测并且被处理单元54处理,如上所述取决于检测器组件52的形式。

[0057] 本发明的方法和设备因此可用于从包含多个扫描(每个在处于ED,例如以ED 10、5或甚至仅仅 $2\text{mJ}/\text{cm}^2$ 隔开)的板中查找OED。根据本发明的显微镜可安装在激光退火设备的退火腔内部。显微镜可包括缩放透镜组件来改变放大率。板可在显微镜下被扫描以允许板在每个条件下在一个或多个位置处被测量。显微镜可附加地布置有一个级来进行横向移动。自动聚焦装置可被加入,但是这对于干涉图像不是必要的,因为这比ELA工艺具有更大深度的聚焦。完全结晶的板也可在一个或多个位置处被测量(在线或线下)以检测处理的质量,从而其它板的结晶可在必要时被中断。如果执行了足够次测量,可以获取缺陷图(云纹)。

[0058] 在此应该注意的是,虽然参考评估ELA和A-ELA结晶硅层描述了本发明,但是本发明可应用至评估其它半导体材料的结晶层。举例来说,锗(Ge)或者Ge和硅合金的层变得可评估。

[0059] 总之,虽然上文中就优选和其它实施例描述了本发明,但是本发明并不限于所描述和描绘的实施例。实际上,本发明仅仅由所附权利要求限制。

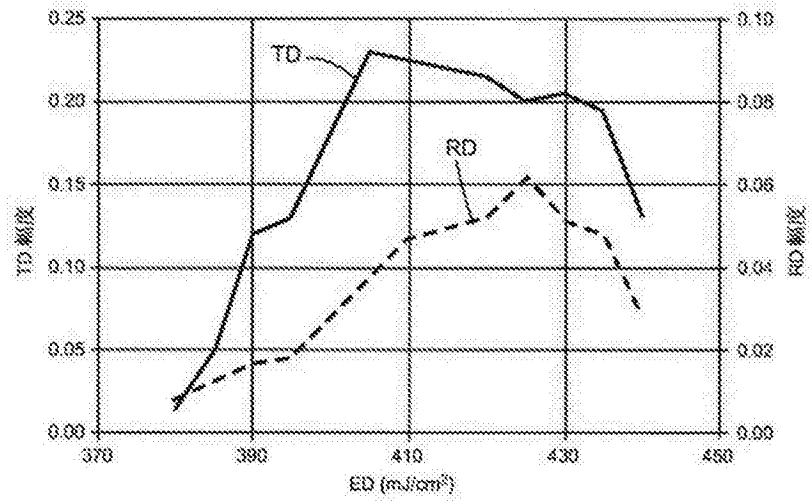


图1

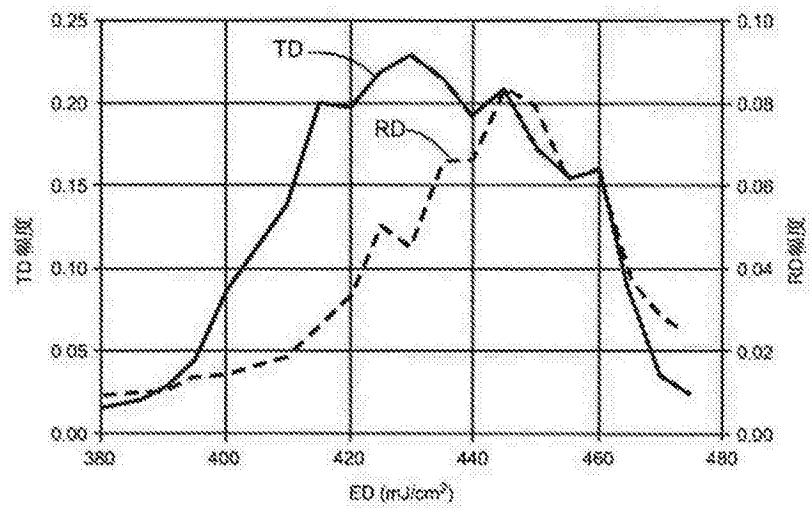


图2

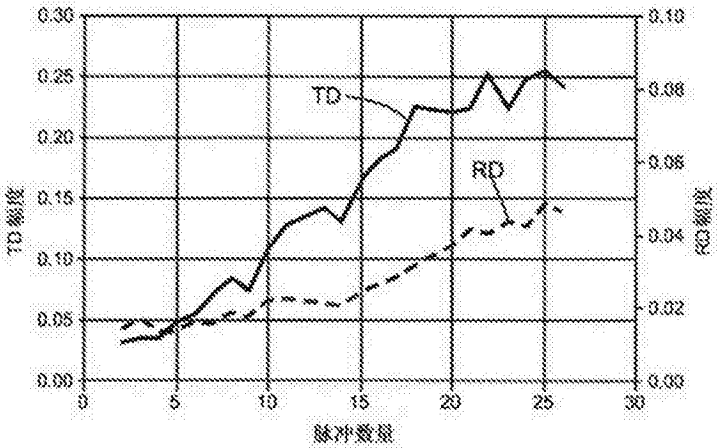


图3

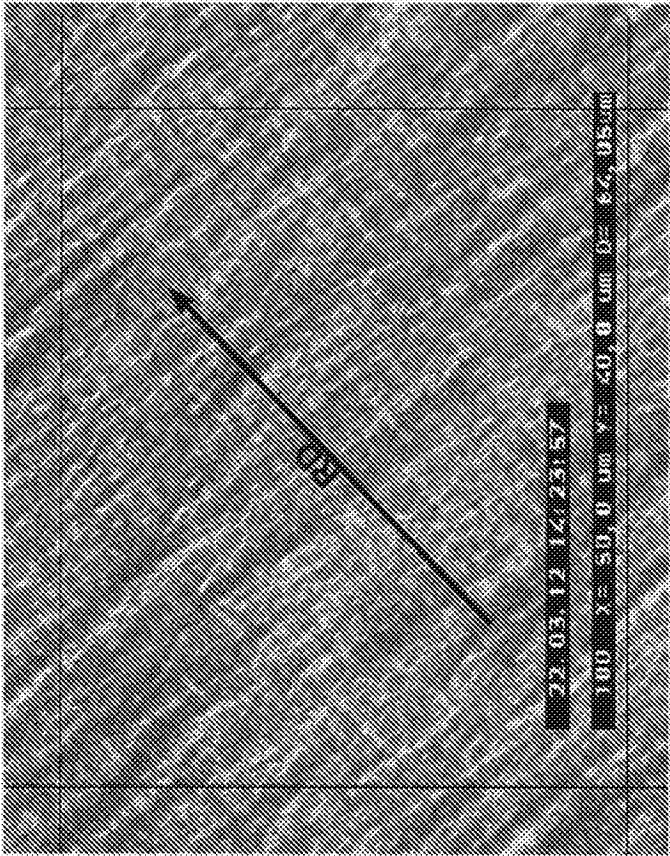


图4

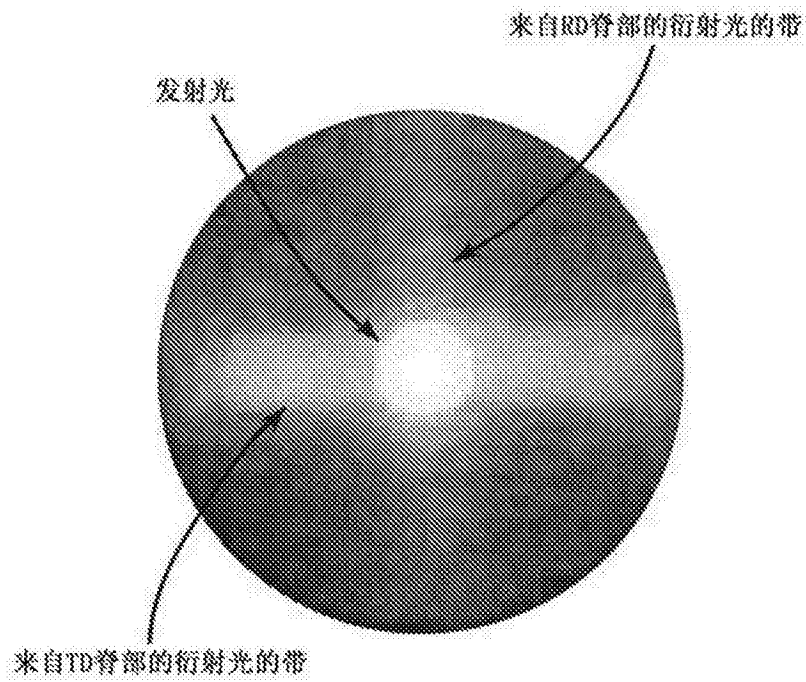


图5

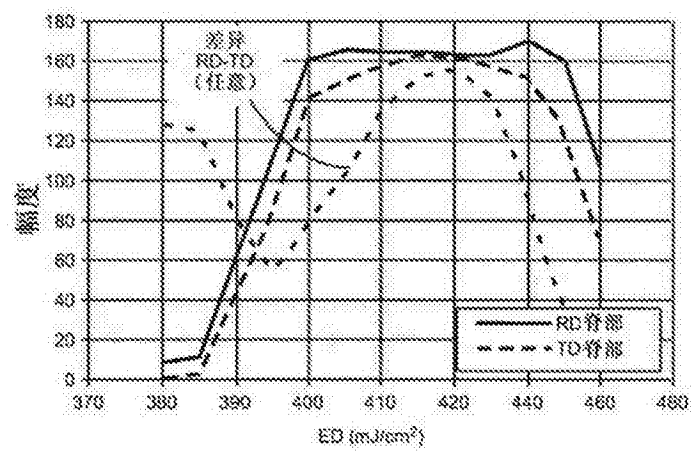


图6

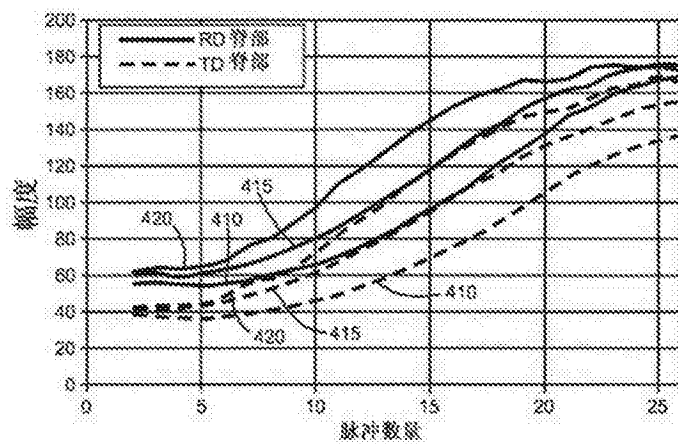


图7

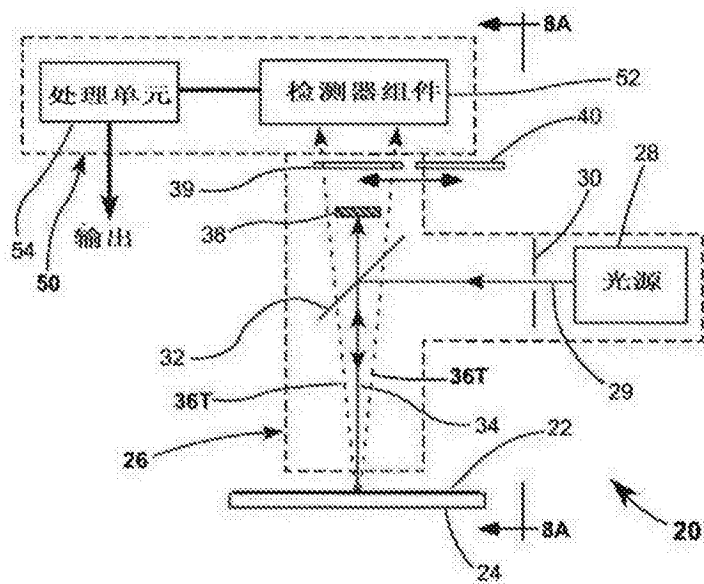


图8

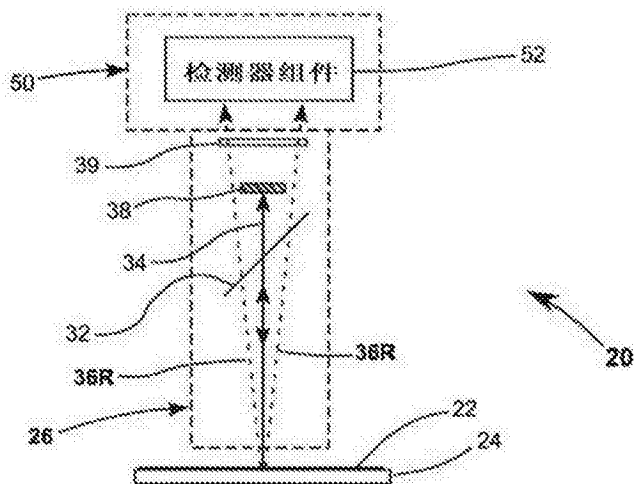


图8A

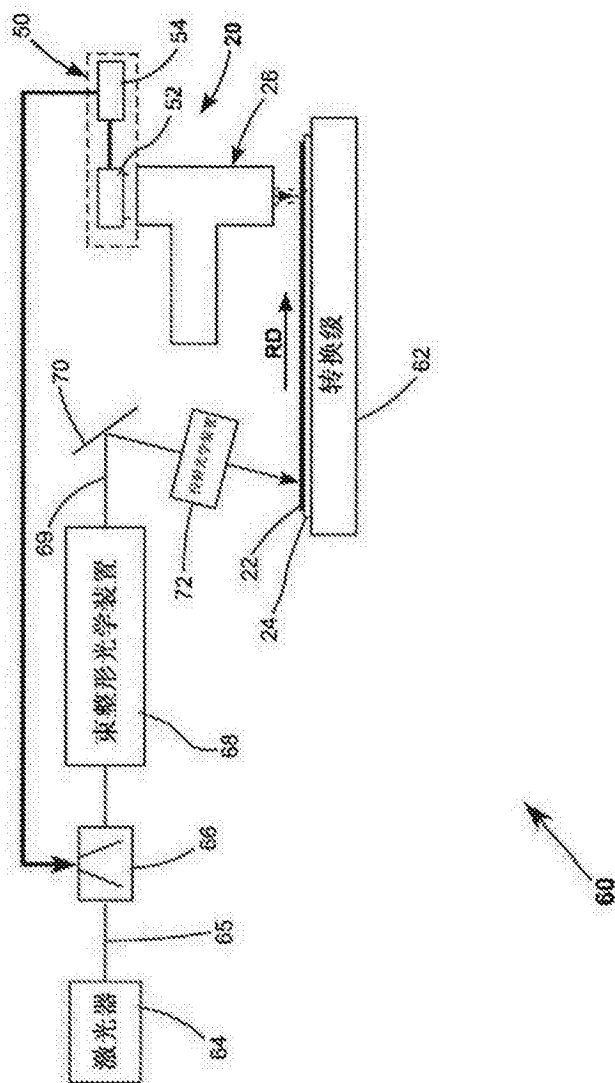


图9

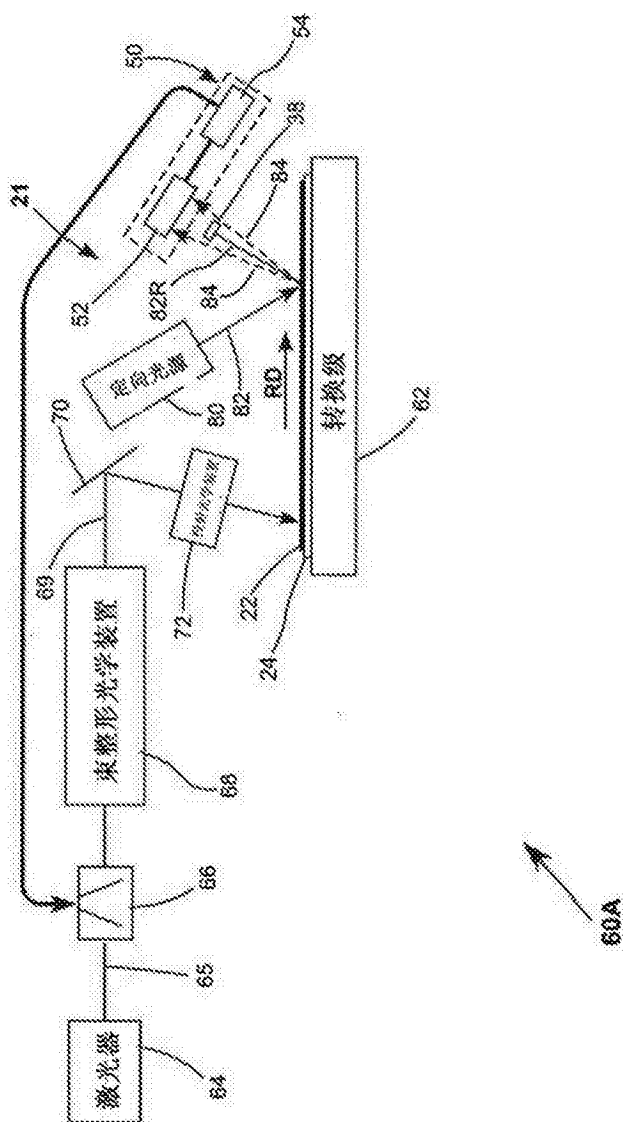


图 10