



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480035030.0

[45] 授权公告日 2009年12月23日

[11] 授权公告号 CN 100571959C

[22] 申请日 2004.11.12

[21] 申请号 200480035030.0

[30] 优先权

[32] 2003.11.26 [33] US [31] 10/722,992

[32] 2004.2.18 [33] US [31] 10/781,251

[32] 2004.7.1 [33] US [31] 10/884,101

[86] 国际申请 PCT/US2004/037618 2004.11.12

[87] 国际公布 WO2005/053893 英 2005.6.16

[85] 进入国家阶段日期 2006.5.26

[73] 专利权人 TCZ 私营有限公司

地址 新加坡新加坡城

[72] 发明人 威廉·N·帕特罗

帕拉什·P·达斯 拉塞尔·赫迪玛

迈克尔·托马斯

[56] 参考文献

US5891764A 1999.4.6

US6393042B1 2002.5.21

US6638800B1 2003.10.28

US4606034A 1986.8.12

CN87105626A 1988.4.27

US6440785B1 2002.8.27

审查员 李 丽

[74] 专利代理机构 北京嘉和天工知识产权代理事务所

代理人 严 慎

权利要求书 1 页 说明书 18 页 附图 13 页

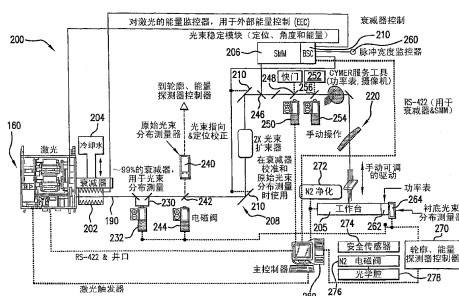
[54] 发明名称

激光薄膜多晶硅退火光学系统

[57] 摘要

公开了一种高能量、高重复率的工件表面加热方法和设备，所述工件表面加热方法和设备可以包括：脉冲 XeF 激光器，所述脉冲 XeF 激光器工作在 4000Hz 或高于 4000Hz 并在大约 351nm 的中心波长处产生激光输出光脉冲光束；光学系统，所述光学系统将所述激光输出光脉冲光束窄化为在所述激光输出光脉冲光束的短轴方向上小于 20 μm，并将所述激光输出光脉冲光束扩展，以在所述光束的长轴方向上形成覆盖所述长轴范围的工件；所述光学系统包括介于所述激光器和所述工件之间的场阑；所述工件包括要被加热的层；其中所述光学系统以足够维持如下的强度分布的放大率将所述激光输出光脉冲光束聚焦在场阑处，即所述强度分布具有足够陡的侧面，以允许场阑在工件上维持足够陡的光束分布而不会在太高的强度水平上阻挡光束分布。所述设备还包括当所述激光输出光脉冲光束传输到所述工件时所述激光输出光脉冲光束中的高平均功率以及短轴光学组件中的线弓形校正机构。所述线

弓形校正机构包括多个弱交叉柱体。所述系统可以包括折反射投影系统。由于激光衍射和发散，所述线宽小于几何限制。所述系统可以投影标称 XeF 光谱的相邻峰，以通过每个各自的相邻峰的分离的中心波长来提高总体焦深，所述相邻峰在所述工件上具有不同的焦平面。所述系统可以包括在场阑光学组件内和工件投影光学组件内的线弓形校正机构，所述场阑光学组件内的线弓形校正机构在所述场阑平面上校正线弓形，所述工件投影光学组件内的线弓形校正机构在所述工件平面上校正线弓形。



1. 一种高能量、高重复率的工件表面加热机构，包括：

脉冲 XeF 激光器，所述脉冲 XeF 激光器工作在 4000Hz 或高于 4000Hz，并且在大约 351nm 的中心波长处产生激光输出光脉冲光束；

光学系统，所述光学系统将所述激光输出光脉冲光束窄化为在所述激光输出光脉冲光束的短轴方向上小于 20 μm ，并且将所述激光输出光脉冲光束扩展，以在所述光束的长轴方向上形成所述长轴的工件覆盖范围；

所述光学系统包括介于所述激光器和所述工件之间的场阑；

所述工件包括要被加热的层；

其中所述光学系统以足够维持如下的强度分布的放大率将所述激光输出光脉冲光束聚焦在场阑处，即所述强度分布具有足够陡的侧面，以允许所述场阑在工件上维持足够陡的光束分布而不会在太高的强度水平阻挡所述光束分布。

2. 如权利要求 1 所述的工件表面加热机构，还包括：

所述激光输出光脉冲光束中，当所述激光输出光脉冲光束被传输到所述工件时的高平均功率。

3. 如权利要求 1 所述的工件表面加热机构，还包括：

短轴光学组件，所述短轴光学组件包括线弓形校正机构。

4. 如权利要求 3 所述的工件表面加热机构，其中：

所述线弓形校正机构包括多个弱交叉柱体。

5. 如权利要求 1 所述的工件表面加热机构，其中：

所述光学系统包括折反射投影系统。

6. 如权利要求 1 所述的工件表面加热机构，其中：

所述光学系统投影标称 XeF 光谱的相邻峰，以通过每个各自的相邻峰的分离的中心波长来提高总体焦深，所述相邻峰在所述工件上具有不同的焦平面。

激光薄膜多晶硅退火光学系统

发明领域

本发明涉及脉冲激光系统，所述脉冲激光系统用于涉及用激光对表面和/或衬底进行处理的加工工艺，所述处理是在大的面积和高重复率、高功率和脉冲对脉冲剂量稳定性的情况下进行的，并且更具体地，涉及细线光脉冲传输系统。

相关申请：本申请要求 2004 年 7 月 1 日递交的、名称为“LASER THIN FILM POLY-SILICON ANNEALING OPTICAL SYSTEM（激光薄膜多晶硅退火光学系统）”、序列号为 10/884,101 的美国申请的优先权，该美国申请是 2004 年 2 月 18 日递交的、名称为“VERY HIGH ENERGY, HIGH STABILITY GAS DISCHARGE LASER SURFACE TREATMENT SYSTEM（非常高能量、高稳定性气体放电激光器表面处理系统）”、序列号为 10/781,251（律师案卷号为 2003-0105-02）的美国申请的部分继续申请，该美国申请是 2003 年 11 月 26 日递交的、名称为“VERY HIGH ENERGY, HIGH STABILITY GAS DISCHARGE LASER SURFACE TREATMENT SYSTEM（非常高能量、高稳定性气体放电激光器表面处理系统）”、序列号为 10/722,992 的美国申请的部分继续申请，该美国申请是 2003 年 7 月 30 日递交的、名称为“CONTROL SYSTEM FOR TWO CHAMBER GAS DISCHARGE LASER（用于两腔气体放电激光器的控制系统）”、序列号为 10/631,349 的美国申请的部分继续申请；而该美国申请是 2002 年 8 月 30 日递交的、名称为“LITHOGRAPHY LASER WITH BEAM DELIVERY AND BEAM POINTING CONTROL（具有光束传输和光束指向控制的光刻激光器）”、序列号为 10/233,253 的美国申请的部分继续申请；该美国申请为 2001 年 11 月 30 日递交的、名称为“VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM（非常窄带、两腔、高重复率的气体放电激光系统）”、序列号为 10/012,002 的美国申请的部分继续申请，该美国申请于 2003 年 9 月 23 日被授权为美国专利 No. 6,625, 191，而该美国申请为 2001 年 8 月 29 日递交的、名称为“VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM（非常窄带、两腔、高重复率的气体放电激光系统）”、序列号为 09/943,343 的美国申请的部分继续申请，该美国申请现在为美国专利 No. 6,567, 450，而该美国申请为 2001 年 7 月 30 日递交的、名称为“HIGH REPETITION RATE GAS DISCHARGE LASER WITH PRECISE PULSE TIMING CONTROL（具有精确脉冲定时控制的高重复率的气体放电激光器）”、序列号为 09/837,035 的美国申请的部分继续申请，该美国申请现在为美国专利 6,618, 421，所有这些公开在此通过引用被包括到本文中。

本申请与下列申请有关：2003 年 6 月 25 日递交的、名称为“METHOD AND APPARATUS FOR COOLING MAGNETIC CIRCUIT ELEMENTS（冷却磁性电路元件的方法和装置）”、序列号为 10/607,407（律师案卷号为 2003-0051-01）的申请，以及同样在

2003年6月25日递交的、名称为“METHOD AND APPARATUS FOR ELECTRICALLY INTERCONNECTING HIGH VOLTAGE MODULES POSITIONED IN RELATIVELY CLOSE PROXIMITY（用于在以相对非常接近的方式定位的高压模块之间电气互连的方法和装置）”、序列号为10/606,412（律师案卷号为2002-0042-01）申请，2001年12月21日递交的、名称为“TIMING CONTROL FOR TWO-CHAMBER GAS DISCHARGE LASER SYSTEM（两腔气体放电激光系统的定时控制）”、序列号为10/036,727的申请，以及2002年5月7日递交的、名称为“GAS DISCHARGE ULTRAVIOLET LASER WITH ENCLOSED BEAM PATH WITH ADDED OXIDIZER（具有加了氧化剂的封闭光束通路的气体放电紫外激光器）”、序列号为10/141,201的申请，以及2003年1月31日递交的、名称为“AUTOMATIC GAS CONTROL SYSTEM FOR A GAS DISCHARGE LASER（用于气体放电激光器的自动气体控制系统）”、序列号为10/356,168的申请，以及2001年5月3日递交的、名称为“INJECTION SEEDED LASER WITH PRECISE TIMING CONTROL（具有精确定时控制的种子注入激光器）”、序列号为09/848,043（发明人为Ness, et al., 公开号为20020085606, 于2002年7月4日公开）的申请，以及2002年5月7日递交的、名称为“GAS DISCHARGE ULTRAVIOLET LASER WITH ENCLOSED BEAM PATH WITH ADDED OXIDIZER（具有加了氧化剂的封闭光束通路的气体放电紫外激光器）”、序列号为10/141,201（发明人为Pan, et al., 公开号为US20020167986A1, 于2002年11月14日公开）的申请，以及2001年12月21日递交的、名称为“TIMING CONTROL FOR TWO-CHAMBER GAS DISCHARGE LASER SYSTEM（两腔气体放电激光系统的定时控制）”、序列号为10/036,727（发明人为Ershov, et al., 公开号为US20020099269A1, 于2003年5月29日公开）的申请，以及2001年11月30日递交的、名称为“VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM（非常窄带、两腔、高重复率的气体放电激光系统）”、序列号为10/012,002的申请，该申请现在为美国专利No. 6,625,191, 以及2001年4月18日递交的、名称为“HIGH REPETITION RATE GAS DISCHARGE LASER WITH PRECISE PULSE TIMING CONTROL（具有精确脉冲定时控制的高重复率的气体放电激光器）”、序列号为09/837,035的申请，该申请现在为美国专利No. 6,619,421, 以及名称为“MAGNETIC MODULATOR VOLTAGE AND TEMPERATURE TIMING COMPENSATION CIRCUIT（磁性调节器电压和温度定时补偿电路）”的美国专利No. 6,016,325, 以及在2000年5月23日授权给Sandstrom et al.的、名称为“LASER-ILLUMINATED STEPPER OR SCANNER WITH ENERGY SENSOR FEEDBACK（具有能量传感器反馈的激光照射步进式光刻机或扫描式光刻机）”的美国专利No. 6,067,306, 以及1999年11月30日递交的、名称为“LONG-PULSE PULSE POWER SYSTEM FOR GAS DISCHARGE LASER（用于气体放电激光器的长米脉冲脉冲电源系统）”、序列号为09/451,995的美国申请，2003年11月13日递交的、名称为“LONG DELAY AND HIGH TIS PULSE STRETCHER（长延迟和高TIS脉冲展宽器）”（律师案卷号为2003-0109-01）的美国申请，以及2001年5月11日递交的、名称为“FOUR KHZ GAS DISCHARGE LASER（4KHz气体放电激光器）”、序列号为09/854,097的美国申请，以及名称为“RELIABLE, MODULAR PRODUCTION QUALITY NARROW-BAND HIGH REP RATE EXCIMER LASER（可靠的、模块化、工业质量的窄带高重复率准分子激光器）”

的美国专利 No. 6, 128, 323, 以及名称为“EXCIMER LASER WITH PULSE MULTIPLEXER (具有脉冲复用器的准分子激光器)”的美国专利 No. 6,067, 311, 以及 2003 年 12 月 17 日递交的、名称为“GAS DISCHARGE LASER LIGHT SOURCE BEAM DELIVERY UNIT (气体放电激光光源光束传输单元)”、序列号为 10/739,961 (律师案卷号为 2003-0082-01) 的申请, 以及 2003 年 11 月 12 日递交的、名称为“LASER LITHOGRAPHY LIGHT SOURCE WITH BEAM DELIVERY (具有光束传输的激光光刻光源)”、序列号为 10/712,688 的申请, 以及 2003 年 4 月 29 日递交的、名称为“LITHOGRAPHY LASER WITH BEAM DELIVERY AND BEAM POINTING CONTROL (具有光束传输和光束指向控制的光刻激光器)”、序列号为 10/425,361 (律师案卷号为 2003-0040-01) 的申请, 以及 2002 年 5 月 7 日递交的、名称为“LASEER LITHOGRAPHY LIGHT SOURC3 WITH BEAM DELIVERY (具有光束传输的激光光刻光源)”、序列号为 10/141,216 (律师案卷号为 2002-0039-01) 的申请, 以及 2002 年 9 月 25 日递交的、名称为“LITHOGRAPHY LASER SYSTEM WITH IN-PLACE ALIGNMENT TOOL (具有原地对准工具的光刻激光系统)”、序列号为 10/255,806 的申请, 该申请现在为美国专利 No. 6,704,340, 以及名称为“LITHOGRAPHY LASER WITH BEAM DELIVERY AND BEAM POINTING (具有光束传输和光束指向的光刻激光器)”、序列号为 10/233,253 的申请, 该申请为现在为美国专利 No. 6,704, 339, 所有这些公开在此通过引用被包括到本文中。

本申请还与 2004 年 7 月 1 日递交的、名称为 LASER THIN FILM POLY-SILICON ANNEALING SYSTEM (激光薄膜多晶硅退火系统)、序列号为 10/884,547 (律师案卷号为 2004-0062-01) 的共同待审定的申请有关, 该公开在此通过引用被包括到本文中。

背景技术

制造多排 (row) 的柱面透镜是已知的, 例如通过用凹柱面杆 (rod) 来研磨和抛光, 然后将栅 (raster) 旋转到 90° 以生成交叉的柱面透镜, 它们可以和真实的轴向对称透镜不同, 不同在于它们大大低于这样的极弱透镜 (例如具有 1mm 方形孔径和 80mm 的焦距) 的衍射极限。

(<http://www.eso.org/gen-fac/pubs/messenger/achive/no.114-dec03/mess-wilson.pdf>)

已知 JSW 公司提供用于完成非晶硅 (amorphous silicon) 薄膜的晶化 (crystallization) 的设备 (apparatus), 目的在于将非晶硅薄膜再晶化为多晶硅 (“Poly-si”或“poly”), 从而在衬底上制造例如薄膜晶体管, 以用于例如平板显示器。这被称为准分子激光退火 (ELA), 这是由于利用了准分子激光器 (例如 XeCl 激光器) 作为光能源来进行 ELA 退火, 采用了所述非晶硅的 (resultant) 熔融和再结晶形成薄膜 poly 层, 其中, 例如形成薄膜晶体管栅极电路。

JSW 已经证明了以例如 370x470mm 的表面面积和 730x920mm 的表面面积的衬底 (substrate) 来工作的能力, 其中前一种面积是以具有 365x0.4mm 的光束尺寸、准分子激

光器重复率 300、重叠 90%、扫描步距 (pitch) 0.02、扫描长度 470、扫描次数等于 1 的工具来操作的, 每片 (sheet) 进行了总共 23500 次晶化照射 (shot), 其中每片的晶化时间为 78 秒, 利用了 21390 次浪费的 (wasting) 照射, 就每小时 24.6 屏 (screen) 的吞吐量 (throughput) 来讲, 导致总共每屏 44890 次照射和每屏 150 秒的动作时间, 其中在后一种情形中, 类似的数字导致 2 次扫描来覆盖所述片, 在第二种情形中具有更宽 (920mm) 的片、每片 157 秒的晶化时间、每片 16698 次浪费的照射、229 秒的动作时间以及每小时 15.70 片的吞吐量。Lambda Physik 提供具有大致类似能力的机器。

Kahlert H.等人的“High-resolution optics for thin Si-film crystallization using excimer lasers: present status and future development (用于采用准分子激光器的薄硅膜晶化的高分辨率光学装置: 现状和未来的发展)”, Proc. of SPIE-IS&T, Electronic Imaging, SPIE Vol. 5004 (2003), pp. 20-27 (简称“Kahlert”) 讨论了在工件处形成用于超级 - 横向 - 生长 (“SLG”) 晶化的、几百 μm 宽乘 370mm 长的光束。另外, 讨论了顺续横向凝固, 如在授权给 Im 的许多专利中也讨论的那样, 所述的许多专利包括: 2001 年 11 月 27 日授权的、名称为 “CRYSTALLIZATION PROCESSING OF SEMICONDUCTOR FILM REGIONS ON A SUBSTRATE, AND DEVICES MADE THEREWITH (在衬底上半导体膜区域的晶化处理以及由此制造的器件)” 的美国专利 No. 6,322, 625, 该专利基于 1998 年 11 月 27 日递交的、序列号为 09/200,533 的美国申请; 以及 2002 年 4 月 9 日授权的、名称为 “METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING A CONTINUOUS MOTION SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION (提供连续运动的顺续横向凝固的方法和系统)” 的美国专利 No. 6,368, 945, 该专利基于 2000 年 3 月 16 日递交的、序列号为 09/526,585 的美国申请; 以及 2003 年 4 月 29 日授权给 Im 等人的、名称为 “METHODS FOR PRODUCING UNIFORM LARGE-GRAINED AND GRAIN BOUNDARY LOCATION MANIPULATED POLYCRYSTALLINE THIN FILM SEMICONDUCTORS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION (采用顺续横向凝固生成均匀大晶粒化以及晶粒边界位置经过处理的多晶薄膜半导体的方法)” 的美国专利 No. 6,555, 449, 该专利基于 1999 年 9 月 3 日递交的、序列号为 09/390,535 的美国申请; 以及 2003 年 5 月 13 日授权的、名称为 “SYSTEM FOR PROVIDING A CONTINUOUS MOTION SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION (提供连续运动的顺续横向凝固的系统)” 的美国专利 No. 6,563, 077, 该专利基于 2001 年 3 月 30 日递交的、序列号为 09/823,547 的美国申请; 以及 2003 年 6 月 3 日授权给 Im 等人的、名称为 “SYSTEMS AND METHODS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION FOR PRODUCING SINGLE OR POLYCRYSTALLINE SILICON THIN FILMS AT LOW TEMPERATURES (采用顺续横向凝固以在低温下生成单或多晶硅薄膜的系统和方法)” 的美国专利 No. 6,573, 53, 该专利基于 1999 年 9 月 3 日递交的、序列号为 09/390,537 的美国申请; 以及 2003 年 6 月 24 日授权的、名称为 “SPECIALIZED SUBSTRATES FOR USE IN SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION PROCESSING (用于顺续横向凝固处理的特殊衬底)” 的美国专利 No. 6,582, 827, 该专利基于 2000 年 11 月 27 日递交的、序列号为 09/722,778 的美国申请, 并且也在美国公开的专利申请中被讨论, 所述公开的专利申请包括: 2003 年 5 月 22 日公开的、发明人为 Im 等人、名称为

“METHODS FOR PRODUCING UNIFORM LARGE-GRAINED AND GRAIN BOUNDARY LOCATION MANIPULATED POLYCRYSTALLINE THIN FILM SEMICONDUCTORS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION (采用顺延横向凝固生成均匀大晶粒化以及晶粒边界位置经过处理的多晶薄膜半导体的方法)”的美国申请 No.2003/0096489A1, 该公开的申请基于 2002 年 11 月 13 日递交的、序列号为 10/294,001 的美国申请; 以及 2003 年 6 月 23 日公开的、发明人为 Im 等人、名称为“METHOD FOR PRODUCING UNIFORM LARGE-GRAINED AND GRAIN BOUNDARY LOCATION MANIPULATED POLYCRYSTALLINE THIN FILM SEMICONDUCTORS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION (采用顺延横向凝固生成均匀大晶粒化以及晶粒边界位置经过处理的多晶薄膜半导体的方法)”的美国申请 2003/0119286A1, 该公开的申请基于 2002 年 12 月 3 日递交的、序列号为 10/308,958 的美国申请。

其他讨论这样的薄膜晶化的多个方面的专利包括: 1995 年 7 月 11 日授权给 Chae 的、名称为“METHOD OF MAKING A THIN FILM TRANSISTOR BY OVERLAPPING ANNEALING USING LASERS (通过采用激光的重叠退火来制造薄膜半导体的方法)”的美国专利 No. 5,432,122, 该专利基于 1993 年 11 月 3 日递交的、序列号为 147635 的美国申请; 以及 2001 年 1 月 23 日授权给 Jung 的、名称为“METHOD OF FABRICATING THIN FILM TRANSISTORS FOR A LIQUID CRYSTAL DISPLAY (制造用于液晶显示器的薄膜半导体的方法)”的美国专利 No. 6,177,301, 该专利基于 1999 年 5 月 13 日递交的、序列号为 09/311,702 的美国申请; 以及 2001 年 11 月 13 日授权给 Jung 的、名称为“LASER ANNEALING METHOD (激光退火方法)”的美国专利 No. 6,316,338, 该专利基于 2000 年 6 月 28 日递交的、序列号为 09/605,409 的美国申请; 以及 2001 年 4 月 10 日授权给 Yamazaki 等人的、名称为“APPARATUS AND METHOD FOR LASER RADIATION (激光辐射的装置和方法)”的美国专利 No. 6,215,595, 该专利基于 2000 年 5 月 30 日递交的、序列号为 09/583,450 的美国申请; 以及 2001 年 10 月 9 日授权给 Zhang 等人的、名称为“LASER PROCESSING METHOD (激光处理方法)”的美国专利 No. 6,300,176, 该专利基于 1995 年 7 月 19 日递交的、序列号为 504087 的美国申请; 以及 2002 年 5 月 28 日授权给 Noguchi 等人的、名称为“METHOD OF PRODUCING LIQUID CRYSTAL DISPLAY PANEL (加工液晶显示板的方法)”的美国专利 No. 6,396,560, 该专利基于 2000 年 9 月 21 日递交的、序列号为 09/667,758 的美国申请; 以及 2004 年 4 月 1 日公开的、发明人为 Takeda 等人、名称为“SEMICONDUCTOR THIN FILM AND PROCESS FOR PRODUCTION THEREOF (半导体薄膜及其加工工艺)”的美国专利申请, 该公开的申请基于 2003 年 6 月 17 日递交的、序列号为 10/462,792 的美国申请。

Kalherth 注意到, 在现有技术中, 现有技术在工件处被限制在 400 μm 的激光脉冲尺寸、线宽。

图 1 所示为在 Lahert 中讨论的用于 Lambda Physik ELA 机的光学布局。参见图 1, 可以看到组件 (assembly) 20。组件 20 包括激光输出光束 22, 例如由 Lambda Physik 制造的

XeCl LS 1000 准分子激光器的输出。激光光束 22 通过衰减器 (attenuator) 24, 该衰减器包括一对衰减板 26。然后, 激光光束 22 通过长轴扩束光学装置 30 在长轴方向上被扩束, 所述长轴扩束光学装置 30 包括第一望远镜透镜 32 和第二望远镜透镜 34, 两者一起在形成在光束 22 的长轴方向上的扩束望远镜部件 (telescopic element)。然后, 所述光束通过长轴均化器 (homogenizer) 40, 所述均化器 40 由第一排柱面镜 42 和第二排平行的柱面镜 44 组成, 所述第一排柱面镜 42 中的每个具有在长轴方向上两者之间被选择的距离上的焦点, 后面是成像透镜 46, 用来成像光束的所述长轴。然后, 所述光束通过短轴均化器 50, 所述短轴均化器 50 包括第一排柱面镜 52 和第二排柱面镜 54, 其中所述第一排柱面镜 52 中的每个透镜具有两者之间被选择的距离上的焦点, 后面是成像透镜 56, 用来在狭缝 62 处成像在所述短轴方向上的光束, 所述狭缝形成在场阑 (field stop) 60 中, 所述场阑 60 还包括物镜 64。然后, 加宽后的光束 80 被具有 90% 反射率的镜 90 旋转 90°, 然后通过光束短轴放大镜 100, 所述短轴放大镜 100 由具有第一透镜 102 和第二透镜 104 的 5X 放大倍率的柱面镜对 (doublet) 组成, 该柱面镜对形成在衬底 130 上或在衬底 130 周围的最终 ELA 光束 120。现有技术组件 20 还包括光束质量监控系统 110, 所述系统 110 包括第一 CCD 摄像机 112 和第二 CCD 摄像机 112。

图 2 仅示出图 1 的组件 20 的短轴光学组件的元件 (component) 并且示出了双激光光束 22, 22' 在现有技术的 Lambda Physik 或 JSW ELA 机上的应用, 所述双激光光束 22, 22' 来自两台单腔 Lambda Physik 单振荡器准分子激光器, 例如 XeCl 或 KrF 准分子激光器。另外还示出了这样的事实, 即在场阑 60 处所述光束的短轴成像重叠, 从而在组合重叠光束分布中只有部分能量通过狭缝 (slit) 62。

图 3 示出用于放大在短轴方向上的所述光束和用于扩展在长轴方向上的所述光束两者的可能透镜组合 30, 所述透镜组合 30 可以包括例如柱面凸透镜 32, 接着是柱面凹透镜 34, 导致线状光束 120 在扫描方向的轴线方向上变薄并且成为与所述扫描方向正交的细长形。

图 4 根据本发明的实施方案的多个方面示出透镜组件的实施例, 说明在长轴光束均化器 40 和短轴光束均化器 50 中实施的光束均化作用, 所述透镜组件包括衬底 140, 该衬底可以由能够在所要求的强度水平下在光学上承受 DUV 光的适当材料 (例如 MgF_2 或 CaF_2) 来制成, 所述材料的厚度例如约 1.2mm, 以及在两侧中的每侧上的柱面折射的、平 - 凸柱面微透镜阵列, 其中, 例如, 阵列中的透镜的间距 (lens pitch) 例如为约 $300\mu m$, 导致例如约 1° 的发散角以及远场平顶 (flat-top) 的强度分布。这样的透镜组件可以例如从 Suss Microoptics 获得, 该组件在出售时被标明为: CC - Q - 300 1° , 5mmX10mm, 高功率光束均化器。

A. Voutsas 等人的“Effect of process parameters on the structural characteristics of laterally grown, laser-annealed polycrystalline silicon films (工艺参数对横向生长、激光退火的多晶硅膜的结构特性的影响)”, Jour. of Appld. Phys., Vol. 94, No. 12 (2003 年 12 月 15 日) (简

称"Voutsas")注意到光束分布参数的重要性,尤其就横向晶体生长来讲在光束的短轴方向上,该文的公开在此通过引用被包括进来。如 Voutsas 所注意到的,这主要是由在光束成形图形的临界尺寸(即大致上为大纵横比矩形情况下的宽度)和投影光学装置的分辨能力(resolving power)(即大致上为投影透镜的数值孔径(numerical aperture))之间的关系来确定的。该关系确定了光束分布的边缘“锐度(sharpness)”,即,对强度从例如最大强度的10%上升到90%的空间要求。有效率的SLS处理可以要求陡的光束边缘分布,以最小化激光能量的低效利用,如在Voutsas中更详细地解释的那样。实际上,由于在数值孔径和焦深(depth of focus)要求之间的折衷,该分布可以由投影光学装置的衍射极限来支配。图4示出在所述光束的短轴方向上和在选择的部分上,在衬底上的典型现有技术空间强度分布,例如,通过前面讨论的光学装置来提供例如8-9mm宽的射束(beamlet),所述射束是从具有数值孔径约50.05的5:1投影透镜生成的。对应于SLS工艺窗口的强度范围也在Voutsas中被示出。对于该范围之外的强度值,薄膜的部分熔化可以和在强度太低的地方细粒多晶硅材料的后续形成一同发生。因此,在光束(de)的每个边缘,光束分布的锐度可以定义此区域(regime)的范围。依赖于射束的宽度,如果在辐照条件下LGL小于光束宽度的大约一半,则随机成核(nucleation)可以发生在光束的中心。Voutsas还注意到如果 dL 是横向生长长度,并且 dc 是中心核化区域的宽度,那么:

$$w=2de+2dl+dc$$

其中 w 是光束宽度。Voutsas还注意到,为了优化射束利用,要求 $de \rightarrow 0$ 和 $dc \rightarrow 0$ 。并且根据Voutsas,核化的“中心”区域可以(例如通过实质性地减少射束的宽度)被有效地消除,而光束边缘区域可以被限制但决不会实际上被消除。Voutsas还指出除了投影光学装置的限制,光束分布畸变(distortion)的另一个来源是聚焦。对于投影光学装置的给定数值孔径,可以确定焦深(depth-focus),例如定义投影透镜和被辐照样品表面间距离的变化度,所述变化度导致透镜成像能力(即透镜的分辨能力)实质上可忽略的变化。例如,对于给定投影透镜,如果样品平面的位置超出焦深的限制,可能发生已成像光束分布的畸变,例如将自身显示为“模糊的”;即在欠聚焦和过聚焦的情况下,不能完全分辨已成像光束。根据Voutsas,在这种条件下,最大光束强度减小并且边缘变得更散布,例如具有不那么陡的斜度或不那么陡峭的斜度。换言之, de 增加,并且射束中心的核化的可能性也增加。Voutsas还注意到LGL变化为以mm为单位从最佳焦平面离焦(defocusing)的程度的函数,例如由于光束分布中增加的边缘漫射(这可以导致横向生长的光束低效部分增加),所以横向生长长度由于离焦而缩减。还注意到边缘长度变化为离焦的函数,其中在增加的离焦的情况下,横向生长长度的减少可以伴随着边缘长度的随之增加。Voutsas指出增加激光能流(fluence)可以或多或少地补偿LGL上的离焦损失,但是,团聚(agglomeration)会对这种补偿的程度造成限制,指出为了确定最优衬底步距以维持大面积上的增长连续性,可能必须考虑例如由于离焦而造成的光束分布的畸变。

已知用于使用ELA的AMLCD制造的玻璃衬底包括例如Corning的MIE 101(2002年8月)中所描述的Corning®1737AMLCD玻璃衬底、Corning的PEI 101(2002年12月)中所描述的1737显示器级玻璃衬底、Corning的PEI 201(2002年12月)中所描述的Eagle^{2000™}显示器级玻璃衬底,以及“Glass substrates for AMLCD Applications: Properties

and Implications (用于 AMLCD 应用的玻璃衬底: 性能和本质)” (TIP 101, 2002 年 2 月) 和 “Support Designs for Reducing the Sag of Horizontally Supported Sheets (用于减少被水平支撑的片凹陷的支撑设计)” (TIP 303, 2003 年 2 月), 它们的公开内容通过引用被包括在本文中。

图 4 根据现有技术中 K.Lee 的 “A Study on Laser Annealed Polycrystalline Silicon Thin Film Transistors (TFTs) with SiNx Gate Insulator (对于具有 SiNx 栅极绝缘体的激光退火的多晶硅薄膜晶体管的研究)” 第五章 “Electrical and Structural Properties of ELA Poly-Si Films (ELA 多晶硅膜的电气和结构属性)”

(<http://tftlcd.khu.ac.kr/reserch/poly-Si/chapter5.html>), 示意性示出用于准备准分子激光退火的 (“ELA”) 多晶硅膜的工艺流程。如图 4 中所示, 可以使用例如 JSW 公司所提供的退火设备中的具有矩形光束形状的 XeCl 准分子激光系统 (未示出)。通过 APCVD 在清洁的玻璃衬底 132 上沉积 SiO₂ 缓冲层 134。通过 PECVD 沉积 70nm 厚的非晶硅: 氢氧化物 (“a-Si:H”) 膜 136, 作为 ELA 的起始材料。a-Si:H 膜由以 150mJ/cm² 扫描、具有 94% 重叠的准分子激光来脱氢 (dehydrogenated), 以形成非晶硅层 138。最后, 脱氢的 a-Si: 层 138 由 ELA 以 94% 的重叠在 300°C 扫描而被晶化, 以形成多晶硅层 138。激光能量密度可以在 240-330mJ/cm² 之间变动, 以找到最佳的激光强度, 从而获得高质量的多晶硅膜 138。

JSW ELA 系统具有相对简单的用于晶化和活化 (activation) 的光学装置, 但是 JSW ELA 系统产生小晶粒化的微结构, 并且具有仅仅大约 100 的 TFT 迁移率性能和仅仅每小时 25 片的吞吐量, 相对高的每片维护成本以及虽然对焦点不敏感但对能量敏感的工艺余量。JWS 2 Shot (两次照射) SLS 系统具有相对复杂的用于晶化的光学装置, 产生 2-3μm 的晶粒以及在大约 150 和 200 之间的迁移率, 以及每小时 35 片的吞吐量。它具有比之 JWS ELA 便宜大约 32% 的每片维护成本, 并且具有对能量不敏感但对焦点敏感的工艺余量。

图 5 示出具有大约 9μm 光束线宽的光束分布。

还已知对于这样的应用, 利用例如惰性气体卤化物激光器的准分子激光器, 其中由惰性气体原子和卤化物原子 (Cl, I, F 等) 构成激光活性材料。此外, 稀有气体卤化物激光器, 例如 XeCl、XeF、KrF 和 ArF, 已经被验证, 并且, 如 J. J. Ewing 等人在 Phys. Rev. A12,129 (1975) 和 M.Hoffman 等人在 Appl. Phys. Lett. 9,538 (1976) 中所指出的, 已经在 Si 膜的重晶化上得到了有效利用, 包括如在参考文献中所列出的包括 XeF 的那些激光器中的普通类型。参考文献还注意到为了晶化 a-Si:H, 诸如 ArF (193nm)、KrF (248 nm)、XeCl (308nm)、XeF (351 nm) 的很多准分子激光器已经被使用。除了其他以外, XeCl 准分子激光器具有良好的气体稳定性、在接近波数(wavenumber)为 308nm 的情况下 a-Si:H 膜的高吸收系数的优点。因此, 由于稳定的操作和在 308nm 处 a-Si:H (~10⁶cm⁻¹) 的高吸收系数, 很多公司采用 XeCl 激光器进行生产。K. Lee, “A Study on Laser Annealed Polycrystalline Silicon Thin Film Transistors (TFTs) with SiNx Gate Insulator (具有 SiNx

栅极绝缘体的激光退火多晶硅薄膜晶体管的研究)”，第四章“Experimental Details (实验细节)”，<http://tftlcd.kyunghee.ac.kr/research/poly-Si/chapter4.html>

C. Kim 等人的“Excimer-Laser Crystallized Poly-Si TFT's with Transparent Gate (具有透明栅极的准分子激光结晶的多晶硅 TFT)”(IEEE Transaction on Electron Devices (IEEE 电子器件学报), Vol. 43, No. 4 (1996 年 4 月), p. 576-579) (简称“Kim”) 讨论了 XeF 激光光辐射被使用在玻璃复合物 (composite) 上的非晶硅薄膜的玻璃衬底侧上, 以在与所述玻璃衬底非晶硅界面相邻的非晶硅中形成多晶硅透明栅极电极。还讨论了使用该技术来形成这样的晶体管用于驱动器单片集成电路主动矩阵液晶显示器 (“AM-LCD”)。Kim 指出非晶硅的顶侧退火由准分子激光器完成, 所述准分子激光器包括 XeCl 及其他, 引用 K. Sera 等人的“High-performance TFT's fabricated by XeCl excimer laser annealing of hydrogenated amorphous-silicon film (由氢化非晶硅膜的 XeCl 准激光退火制造的高性能 TFT)” (IEEE Transaction on Electron Devices (IEEE 电子器件学报), Vol. 36, No. 12, (1989), pp.2868-72); Y. Morita 等人的“UV pulsed laser annealing of Si-implanted silicon film and low-temperature super thin-film transistors (硅注入的硅膜的 UV 脉冲激光退火以及低温超薄膜晶体管)” (J. Appl. Phys., Vol. 28, No. 2 (1989) pp. L309-L311); K. Shimizu 等人的“On-Chip bottom gate polysilicon and amorphous silicon thin-film transistors using excimer laser annealed silicon nitride gate (使用准分子激光退火的氮化硅栅极的芯片上底栅极多晶硅和非晶硅薄膜晶体管)” (Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 29, No. 10 (1990), pp.L1775-L1777); K. Shimizu 等人的“high-performance poly-si thin-film transistors with excimer laser annealed silicon nitride gate (具有准分子退火的氮化硅栅极的高性能多晶硅薄膜晶体管)” (Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 32, No. 1B (1993), pp. 452-57); M. Furuta 等人的“Bottom-gate poly-si thin film transistors using XeCl excimer laser and ion doping techniques (使用 XeCl 准分子激光退火和离子掺杂技术的底栅极多晶硅薄膜晶体管)” (IEEE Transaction on Electron Devices (IEEE 电子器件学报), Vol. 40, No. 14 (1993) pp. 1964-69); 以及 Y. Sun 等人的“Excimer laser annealing process for polysilicon TFT AMLCD application (用于多晶硅 TFT AMLCD 应用的准分子激光退火工艺)” (Record of 1994 Int. Disp. Res. Conf. (1994)), 它们每一篇的公开内容作为引用被包括在本文中。然而, Kim 公开并建议仅使用 XeF 穿过衬底辐射来形成透明底栅极。

已知使用具有中间像的、由成排的透镜形成的成像通道, 其中每条通道成像有限的角度范围, 其中部分像的迭加由成像平面中的空间迭加 (superpositioning) 来完成, 这要求正成像并且仅与下一相邻部分的迭加, 以避免离轴像差 (off-axis aberration)。mstnews 2/03, http://www.suss-microoptics.com/downloads/Publication/Miniaturization_of_Imaging_Systems.pdf

已知使用蝇眼透镜来进行准分子激光光束的强度重新分布, 如 Y. Ozaki 等人的“Cylindrical fly's eye lens for intensity redistribution of an excimer laser beam (用于准分子激光光束的强度重新分布的柱面蝇眼透镜)” (Applied Optics, Vol. 28, Issue 1 (1989 年 1 月))

p. 106) 和 B. Crowther 等人的"A fly's eye condenser system for uniform illumination (用于均匀照射的蝇眼聚光器系统)" (Proc. of SPIE, International Optical Design Conference 2002, Vol. (2002), pp. 4832-35) 中所讨论的。

发明内容

公开了一种高能量、高重复率的工件表面加热方法和设备, 所述工件表面加热方法和设备可以包括: 脉冲 XeF 激光器, 所述脉冲 XeF 激光器工作在 4000Hz 或高于 4000Hz 并在大约 351nm 的中心波长处产生激光输出光脉冲光束; 光学系统, 所述光学系统将所述激光输出光脉冲光束窄化为在所述激光输出光脉冲光束的短轴方向上小于 20 μ m, 并将所述激光输出光脉冲光束扩展, 以在所述光束的长轴方向上形成覆盖所述长轴范围的工件; 所述光学系统包括介于所述激光器和所述工件之间的场阑; 所述工件包括要被加热的层; 其中所述光学系统以足够维持如下的强度分布的放大率将所述激光输出光脉冲光束聚焦在场阑处, 即所述强度分布具有足够陡的侧面, 以允许场阑在工件上维持足够陡的光束分布而不会在太高的强度水平上阻挡光束分布。所述设备还包括当所述激光输出光脉冲光束传输到所述工件时所述激光输出光脉冲光束中的高平均功率以及短轴光学组件中的线弓形校正机构。所述线弓形校正机构包括多个弱交叉柱面。所述系统可以包括折反射投影系统。由于激光衍射和发散, 所述线宽小于几何限制。所述系统可以投影标称 XeF 光谱的相邻峰, 以通过每个各自的相邻峰的分离的中心波长来提高总体焦深, 所述相邻峰在所述工件上具有不同的焦平面。所述系统可以包括在场阑光学组件内和工件投影光学组件内的线弓形校正机构, 所述场阑光学组件内的线弓形校正机构在所述场阑平面上校正线弓形, 所述工件投影光学组件内的线弓形校正机构在所述工件平面上校正线弓形。

根据本发明的一个方面, 提供了一种高能量、高重复率的工件表面加热机构, 包括: 脉冲 XeF 激光器, 所述脉冲 XeF 激光器工作在 4000Hz 或高于 4000Hz, 并且在大约 351nm 的中心波长处产生激光输出光脉冲光束; 光学系统, 所述光学系统将所述激光输出光脉冲光束窄化为在所述激光输出光脉冲光束的短轴方向上小于 20 μ m, 并且将所述激光输出光脉冲光束扩展, 以在所述光束的长轴方向上形成所述长轴的工件覆盖范围; 所述光学系统包括介于所述激光器和所述工件之间的场阑; 所述工件包括要被加热的层; 其中所述光学系统以足够维持如下的强度分布的放大率将所述激光输出光脉冲光束聚焦在场阑处, 即所述强度分布具有足够陡的侧面, 以允许所述场阑在工件上维持足够陡的光束分布而不会在太高的强度水平阻挡所述光束分布。

根据本发明的一个实施方案, 所述工件表面加热机构还包括: 所述激光输出光脉冲光束中, 当所述激光输出光脉冲光束被传输到所述工件时的高平均功率。

根据本发明的另一个实施方案, 所述工件表面加热机构还包括: 短轴光学组件, 所述短轴光学组件包括线弓形校正机构。其中, 所述线弓形校正机构包括多个弱交叉柱体。

根据本发明的另一个实施方案，其中，所述光学系统包括折反射投影系统。

根据本发明的另一个实施方案，其中，所述光学系统投影标称 XeF 光谱的相邻峰，以通过每个各自的相邻峰的分离的中心波长来提高总体焦深，所述相邻峰在所述工件上具有不同的焦平面。

附图简要说明

图 1 根据本发明的实施方案的多个方面示出表示光学系统多个方面的光学布局；
图 2 示出图 1 的光学系统的另一个视图；
图 3 示出用于既在短轴方向放大光束又在长轴方向扩展光束的可能透镜组合 30；
图 4 示出透镜组件的实施例，说明在长轴光束均化器上进行的光束均化作用；
图 5 示出光束强度分布；
图 6 示意性示出说明性的脉冲激光输出光束生成系统；
图 7 根据本发明的实施方案的多个方面示意性地、部分地示出系统；
图 8 示意性示出本发明的实施方案的多个方面；
图 9 示意性示出本发明的实施方案的多个方面；
图 10a 和图 10b 示出光束强度分布；
图 11 示出光束强度分布；
图 12A 和 12B 示出光束强度分布；
图 13 根据本发明的实施方案的多个方面示出光学结构。

具体实施方式

申请人提出了具有用于晶化和活化的简单光学设备的定向 SLS 系统，所述定向 SLS 系统产生或本质上可以产生延长工件长度的晶粒 (grain)，造成 200-400 的迁移率 (mobility) 和每小时 35 片 (sheet) 的吞吐量。对申请人所提出的系统来讲，每件维护费比 JWS ELA 系统便宜大约 37%，并且与 JWS 系统相比具有对能量或焦点不敏感的工艺余量 (margin)。

对于片尺寸为 370×470 来说，申请人提出利用光束的一部分的能力，所述能力为可以用 365×0.02mm 或更小的细长薄光束在一次扫描中覆盖包括衬底的工件片，并且用 730×0.02mm 的细长薄光束以至少 4000Hz 的激光重复率、例如 90% 的重叠、例如 0.002mm 的扫描步距，470mm 的扫描长度单次扫描覆盖 730×920 的工件片，在前一种情形中能够进行每片 (sheet) 23500 次晶化照射 (shot)，晶化时间为 59 秒，对于每片 43 秒的浪费时间来说有 173,200 次浪费的照射，以及就每小时 35.38 片的吞吐量来讲总共 408,200 次照射和 102 秒的动作时间，并且在后一种情形中，利用类似的数据 (除例如 80% 的重叠之外) 使用单次扫描覆盖片的整个 730mm 宽度，导致 460,000 次晶化照射、115 秒的晶化时间、对总共 469,959 次照射来说有 9,959 次浪费的照射、以及每小时 22.74 片的吞吐量。在每种情况下，即使在 4000Hz 这样相对低的速率下，根据本发明的实施方案的多个方面可达到

的吞吐量也比现有技术有大约 45%的提高。

现在参照图 6，根据本发明的实施方案的多个方面示意性示出说明性的脉冲激光输出光束生成系统 160。系统 160 可以包括振荡器激光系统 162 和放大器激光系统 164。脉冲激光输出光束生成系统 160 可以被配置为主振荡器、功率放大器系统，其中如本领域众所周知的，用例如线窄化模块 (line narrowing module) 或线窄化包 (line narrowing package) 来对振荡器系统的输出脉冲 180 进行线窄化，或脉冲激光输出光束产生系统 160 可以是其中不使用线窄化的功率振荡器。对于本应用的目的来说，两种形式的振荡器激光器都能够被使用，并且无论是主振荡器 (MO) 还是功率振荡器 (PO) 都被称为主振荡器 (MO)。如图 6 中所示，MO 可以包括非稳定谐振器 (resonator)，所述谐振器包括凹反射镜 170 和凸反射镜 172，反射镜 170 和 172 被示例性地示为调准为离轴振荡形式，从而通过振荡器激光系统 162 的气体放电腔中的阴极 174 和阳极 176 间的电气放电产生输出光束 180。

输出光束 180 大约为 50mJ，并且由于振荡器腔 162 的非稳定谐振器配置，它至少在一个轴上 (例如水平轴上) 具有相对低的发散度。该光束 180 被传递光学系统 182 中的近的全反射镜反射到放大器激光系统 164 的气体放电腔中，所述放大器激光系统 164 可以包括如 MOPA 激光系统领域内众所周知的多次通过 (multi-pass) 功率振荡器，例如本申请人的受让人以 XLA 型号系列出售的那些功率振荡器。通过放大器激光系统 164 的气体放电腔中的阴极 174 和阳极 176 之间的放电，在放大器激光系统 164 中光束 180 的强度被放大，以产生脉冲激光输出光束 190，所述放大器激光系统 164 被定时到光束 180 的到达时刻。

应该理解，激光系统 164 可以是具有例如一次离轴通过的多次通过放大器系统。此外，放大器激光系统 164 也可以是振荡器系统，例如也被配置为非稳定谐振器腔 (cavity) 或稳定谐振器腔的振荡器系统，从而像功率振荡器一样在谐振器激光腔中放大输入光束 180。

现在参照图 7，根据本发明的实施方案的多个方面示意性地、部分地示出系统。工件 130 可以包括 a-Si 140 薄膜层，所述薄膜层可以用细长的薄光束扫描，所述薄光束例如在与扫描方向正交的方向上大约为 365mm-730mm 长 (即足够长以在该尺度上覆盖期望覆盖的工件 130 长度)，并且具有例如不想要被处理的某些边界，如图 7 的实施例所示。扫描方向上的扫描可以以如下方式进行：根据光束 120 的尺寸，脉冲输出激光光束的每个脉冲以一步距 (pitch) 覆盖一晶化区域 (例如 365mm×5-20μm)，其中所述步距用来保证连续的晶化区域的重叠部分在每个脉冲上被所述光束辐射到，除了如下面所讨论的情况外，在所述例外的情况中脉冲可以被跳过，以例如在某些期望长度上故意地停止结晶，接着新的结晶生长可以在后续的脉冲上开始。

例如，对于在扫描方向上每个脉冲具有 5μm 的线宽，可以选择 3μm 的步距，则在脉冲和脉冲间所述 3μm 的步距将给出大约占脉冲线宽 40%的重叠。

针对在工件上 SLS 所需要的大概 $1\text{J}/\text{cm}^2$ 的能量密度以及 $730\text{mm}\times 0.01\text{mm}$ 的光束，这将需要 73nJ ，并假设从激光器到工作台的传输率 (transmission rate) 为 705，则至少需要 100mJ 来自激光器。4KHz 的光束重复率和例如 $2\mu\text{m}$ /脉冲的扫描步距需要 $2\mu\text{m}\times 4\text{KHz}=8\text{mm}/\text{s}$ 的工作台扫描速度。

根据本发明的实施方案的多个方面，空间光束强度分布 (intensity profile) 应该被维持为尽可能的尖锐，即分布侧面 (side wall) 斜度为：对于 $10\mu\text{m}$ 的脉冲宽度 (FWHM)，侧面从大约 10% 的强度到 90% 的强度之间少于 $.2\mu\text{m}$ ，即斜度大约 >9 。其中如果光束分布不够陡，由于能量密度波动导致晶化区域 (地带) 波动，则可能存在较短的横向生长距离以及扫描方向上晶化地带总宽度变化的情况。

图 7 示出可能存在这样的场合，不处理工件全部的长度或宽度，例如在最先扫描的晶化区域之前或之后，以及在最后扫描的晶化区域之后，或是沿着一般正交于扫描方向的光束的纵向范围以外的边缘，故意在工件端部留下边界 142 不处理。使用在这里，术语工件的全部范围是指，例如对于晶化来说工件的期望覆盖面积的范围，与是否真正处理整个工件本身无关，从而例如根据本发明的多个方面用细长的薄光束在所期望的工件部分上沿长度和宽度在一次扫描中形成期望的晶化。

现在参照图 8 和 9，根据本发明的实施方案的多个方面示出根据本发明有用的光束传输和光束处理系统 200。所述系统可以接收 (take) 脉冲激光输出光束 190，并通过光束传输单元 208 和光束处理单元 220 将其传输给例如在工作台 204 上的工件。光束传输单元 208 可以包括光束稳定性计量模块 206，计量模块 206 可以测量光束定位和指向，以及光束能量，并为 BDU 208 中的旋转镜 (turning mirror) 210 提供主动反馈控制。

所述系统可以包括衰减器 (attenuator) 202，所述衰减器 202 工作在反馈控制中，以将光束 190 衰减例如大约 5%-50%，用于在工作台 205 上工件 130 处的剂量控制。衰减器 202 可以包括冷却单元 204。系统 200 还可以具有光束稳定性计量模块 (“SMM”) 206 和光束稳定性控制模块 210 (“BSC”) 210。BDU 208 的输出被光束处理模块 220 接收。

在光束 190 的光路中还可以有光束衰减器 230，可以通过操纵电磁线圈 (operating solenoid) 232 将所述衰减器 230 插入或撤离光束 190 在 BDU 210 内的光路。例如，光束衰减器 230 可被用来将光束最多衰减大约 99%，以允许在下游以较低的光束功率水平进行计量。通过使用由光束分束器操纵电磁线圈 244 在光束 190 的光路中插入的光束分束器 242，原始光束分布测量器 (profiler) 可以被用来测量 (profile) 接近激光系统 160 的光束分布。

光束分束器 246 可以被用来使光束 190 的小部分转向到 SMM206 中，就在光束 190 进入光束处理模块置 220 之前，在 SMM 206 中对光束 190 进行计量。SMM 可以监控光束定位、指向 (角度) 和能量，并向 BSC 和/或主控制器 208 提供关于这些参数的信息，所

述主控制器包括例如已编程的计算机处理器，所述已编程的计算机处理器也可以通过网络链路（例如 RS-422）与激光系统 160、BSC 210 以及工件轮廓（workpiece profile）和能量探测器/控制器 270 保持通信。BSC 可以与激光器和衰减器保持直接通信，以用于进行外部的激光器输出能量控制和衰减控制，并且 BSC 还可以具有到脉冲宽度监控器 260 的输出。

在光束 190 进入光束处理模块 220 之前，通过使用由可以手动操作的操纵电磁线圈 254 插入到光束 190 的光路中的光束分束器 256，例如用功率表的摄像机（camera of power meter）测量光束的服务工具可以被手动地插入到光束 190 的光路中。

系统还可以具有氮净化模块（nitrogen purge module）272，所述氮净化模块 272 可以用来净化 BDU 208 光束光路、光束处理模块 220 和工作台 205 中的一个或多个。

安全传感器 274 可以与 N₂ 电磁阀一起来净化光束处理模块和/或工作台 205。

快门 248 可以被放置在光束 190 的光路上，以防止光束 190 进入光束处理模块 220。

在没有主动光束稳定化（例如 BDU 208 中的旋转镜 210 的反馈控制）的情况下，光束指向漂移可能会非常大，例如高达 100 到 200 μ rad。然而，在具有稳定化控制的情况下，偏离可以被保持为例如达到大约 $\pm 25\mu$ rad 的目标，这可以独立于激光负载循环（duty cycle）的影响而实现。在没有光束参数（例如指向和角度）主动反馈控制的情况下，可能会发生相对快速的偏离，例如指向偏离，这至少部分是由于负载循环改变，即达到 200 μ rad 左右，其中在突发（burst）之间具有例如 $\pm 50\mu$ rad 的改变。应该理解在操作中系统 200 可以提供：以光束分布和在激光器出口的功率的形式提供的计量和控制，使用稳定化计量模块（SMM）进行的主动光束漂移（角度和定位）校正，用于维持整个光束传递、光束处理和光束利用过程中的能量稳定性的能量传感器反馈，在工作台上的衬底上进行的轮廓监控；用于优化工作台上的衬底上的光束而输入到光束传输光学装置的分布监控反馈；以及从工作台上和 SMM 中的能量监控器输入到激光器的功率监控反馈。

系统能够以这样的参数工作：例如至少 920mm 的工作长度，如果必要的话，线宽分辨率 $< 0.05\mu$ m，单方向可重复性 $< \pm 0.25\mu$ m，精确度 $< \pm 1\mu$ m，以及 $\sim 20\mu$ m 的自动聚焦系统。

根据本发明的实施方案的多个方面，SMM 用来测量光束指向和定位，并且 BSC 中已编程的控制器（未示出）计算光束指向和定位各自的错误信号，接着所述错误信号被主控制器 280 用来控制诸如激光能量输出、激光触发器和衰减器 202 这样的项目。如表 I 所示，对于工件上固定的 N.A.，等同的系统中所产生的缩减量（reduction）变化。

表 I

	缩减
--	----

参数	5x	10x	20x
NA 工件	0.170	0.170	0.170
后焦距	100mm	100mm	100mm
NA 掩模	0.034	0.0170	0.0085
短轴 efl	100mm	200mm	400mm
短轴步距	700 μ m	700 μ m	700 μ m
线宽掩模	110 μ m	220 μ m	440 μ m
线宽 geo.	22 μ m	22 μ m	22 μ m
线宽 diff.	24 μ m	24 μ m	24 μ m
单元数量	~10	~10	~10
长度	~1700mm	~2200mm	~3200mm
掩模尺寸 (能量密度)	150mm \times 100 μ m (700mJ/cm ²)	150mm \times 200 μ m (350mJ/cm ²)	150mm \times 400 μ m (175mJ/cm ²)

根据本发明的多个方面，造成了领结 (bowtie) 效应，即在光束的短轴方向上的光束扩展朝着光束的长轴方向上光束的纵向端发展。对于短轴上 5-20 μ m 的光束来说，在光束的端部（例如在 ± 182.5 mm 处），例如 20 μ m 增长为大约 40 μ m 到 60 μ m 之间。对于在短轴方向上线宽为 400 μ m 的光束来说，这样的光束扩展可以忽略的。但是，根据本发明的实施方案的多个方面，这种在大约 2x 到 12x 之间的光束增长（取决于光束长轴中心的光束线宽）是不可接受的。可以进行具有较小线弓形 (line bow) 效应的裂口 LSF (split LSF)。光束纵向端的性能以几种方式恶化，包括长轴上的线宽增长、长轴均匀性 (uniformity) 的丧失和掩模 (mask) 平面 (plane) 上综合效率 (integrated efficiency) 的丧失。根据本发明的实施方案的多个方面，这将使长轴均匀性、线端处的剂量、稳定性以及吞吐量超出在细长的薄光束 ELA 系统中的规范。

这种线弓形至少由两种因素产生，所述两种因素包括几何长度以及光束长短轴之间斜光线的相互作用（即长轴生成和在掩模平面上的短轴聚焦之间的相互作用）。申请人提出通过使用合成的“土豆片 (potato chip)”透镜来减小不期望的线弓形的影响，所述“土豆片”透镜根据到长轴中心的距离，用例如定位在短轴物光学装置 (field optic) 的输出处的弱（低功率）交叉柱面透镜不同地折射所述光束。人们相信，其他造成线弓形的因素是短轴缩减透镜 (reduction lens) 的倾斜度 (obliquity) 和短轴阵列的单元内的倾斜度，人们相信这些因素是可校正的，或至少可以通过在短轴的焦点上的渐晕 (vignetting) 以相反效果来降低这些因素的影响。

非均匀性也可能是由于光束相干性 (coherence) 造成的干涉所引起的散斑 (speckle) 的结果，对于不会受到这种散斑和相干性问题影响的更高度发散的激光来说，就不会有这样的问題。缩减 (reduction) 是可以利用分布式延迟设备（例如合成的“土豆片”透镜）来达到的干涉效应。分布式延迟设备是已知的，如 P.Dainesi 在“___”（应用光学，1997）中所示，它公开的内容通过引用被包括在本文之中。

申请人提出一种系统，其中工件上光束的尺寸为例如 $365\text{mm}\times 5\text{-}20\mu\text{m}$ ，视场为例如 18mm ，在没有脉冲展宽的情况下能量密度为 $400\text{-}1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ ，在脉冲展宽情况下能量密度为 $>600\text{mJ}/\text{cm}^2$ ，并且所述系统具有运行为大约 755 个负载循环的能力。此外，系统预期可以具有例如 0.13 的 N.A.和 20 到 5 之间的缩小倍率，其中在 $2.0\mu\text{m}$ L/S 图形下 $\text{DOF}>\pm 10\mu\text{m}$ ，衰减器透射率 (transmittance) 在 10%到 100%之间，以及手动方式操作下衰减器稳定性 $<0.5\%$ 。本发明还能够使用尺寸为例如 5 或 6 英寸、厚度为 120mil 的掩模，手动或自动地 (可选的) 对准，x、y、z 轴移动范围 (travel) 为 $1160\text{mm}\times 400\text{mm}\times 1\text{mm}$ ，分辨率为 $x=0.1\mu\text{m}$ ， $y=0.02\mu\text{m}$ ， $z=0.5\mu\text{m}$ ，在整个移动范围内 $<\pm 1.0$ 的精度，以及高至大约 $500\text{mm}/\text{s}$ 的移动速度。还预期有 1.0° 的 θ 行程 (theta travel)。还预期有至少 $77\text{mJ}/\text{脉冲}$ 的脉冲能量，至少 4KHz 的重复率， 300W 的功率，输出波长大约 351nm ，在大约 351 处使用 XeF 的双峰，在大约 351 的任一侧使用 XeF 的次峰，脉冲宽度大约 $29\pm 5\text{ns}$ (FWHM)，例如两个脉冲间隔大约为 100ns 或 $\geq 200\text{ns}$ (FWHM) 时脉冲宽度为 30ns ，气体寿命为大约 40×10^6 个脉冲或更多。

为了简化光束的采样，优选线性偏振。进入第一均化器 (homogenizer) 的光束宽度预期为 $30\text{mm}\times 30\text{mm}$ ，其中光束接近在光束的短轴方向上受限制的衍射，例如为了获得工件上的 $10\mu\text{m}$ 光束，而由于短轴上的损坏 (spoiling) 导致的空间相干性和 $\pm 2\%$ 的光束稳定性满足例如在 150mJ 上 15% 的均匀性目标。

在扫描长度 0.01mm ，扫描宽度 730mm ，扫描长度方向上重叠为线宽的 $75\%\text{-}80\%$ 的情况下，预期光束传输单元传输百分比 (transmission percentage) 为 72.30% 和脉冲展宽器脉冲传输百分比为 65.36% 。这可以用具有例如 154mJ 的最小能量、功率为 618w 的激光器来达到。

预期焦深 $>100\mu\text{m}$ ($\pm 50\mu\text{m}$)，像场曲率 (image field curvature) $<20\mu\text{m}$ ($\pm 10\mu\text{m}$)，在长轴上光束均一性 (homogeneity) $<10\%$ ($\pm 5\%$) 以及 $<5\%$ ($\pm 2.5\%$)，光束陡度 (steepness) $<10\mu\text{m}$ ($10\%\text{-}90\%$)。应该理解在操作中申请人用细长的薄光束解决了与适当的 SLS 性能相关的两个关键问题，例如水平光束发散，该问题是用例如目标为 $0.15\text{mrad}@1/e^2$ 的低功率交叉柱面透镜和用来自激光器的较低发散度初始光束来解决的，这便于达到所需要的在衬底上 10 到 $20\mu\text{m}$ 的斑点大小，以及维持水平斜度 $<10\mu\text{m}$ (即 $50\mu\text{rad}$) 的水平光束指向，所述水平光束指向是通过例如在 BDU 中快速执行主动光束操控来达到的。

图 10A 示出根据本发明的实施方案的多个方面，传输到掩模平面的光束的短轴方向上的强度分布的实施例，该实施例示出从 10% 到 90% 的侧面斜度为 $0.02\mu\text{m}$ ，光束线宽为大约 $130\mu\text{m}$ FWHM。图 1B 示出光束被场阑狭缝 (掩模) 修整/切断，以在掩模出处形成具有大约 $100\mu\text{m}$ FWHM 和从 10% 到 90% 侧面斜度为 $0.01\mu\text{m}$ 的光束。图 11 示出工件短轴上成像的脉冲光束宽度，它在 90% 处具有例如 $<20\mu\text{m}$ 的宽度， $\Delta I/\Delta x$ 的斜度 $<7\mu\text{m}$ ，并且 $\Delta I < 5\%$ 。

图 12A 示出具有领结状横向光束宽度发散的光束的实施例，并且图 12B 根据本发明的实施方案的多个方面示出所述发散被移除的光束。

图 13 根据本发明的实施方案的多个方面示出包括领结状发散校正光学部件(element)的光学系统。

根据本发明的多个方面，XeF 是一种合适的激光系统，因为 351nm 左右的中心波长在对于给定波长来说硅的反射率保持在非常低的区域内，而随之对于该波长来说吸收率非常高，然而对于大大长于此波长的波长来说吸收率快速地下降到这样的水平，即在该水平下所需的传输到工件的能量很难达到。此外，351nm 在 DUV 的范围内，在该范围中光学元件损坏因素可以较轻易且不昂贵地满足，然而，特别是在如此高的脉冲重复率下，下降到较低的标称波长（例如对于 KrF 来说 248），可能造成光学损坏避免因素的满足要难得多和昂贵得多。

申请人还已经认识到在激光器和工件之间的光学链中、在长轴光学装置之前放置短轴光学装置的做法的益处。

根据本发明的多个方面，短轴上的线宽 $LW_{vert} = p_v f_s [(f_1 + f_2) - \alpha]$ ，其中 p_v 是例如形成均化器中每条通道的单独的柱面透镜在短轴上的宽度， α 是沿光学路径上的这样的柱面透镜形成的第一组透镜和第二组透镜之间的距离， f_s 与短轴均化器的聚焦光学装置相关。在工件上的 LW 即 LW_{wp} 等于缩减度 (RED") 乘以 LW_{vert} 。 $LW_{IFF} + 244 \lambda$ (f/狭缝孔径) = $244 \lambda (F_{short} / p_v)$ 。此外，掩模的 LW_{DIFF} 大致等于 RED(LW_{DIFF})。线宽发散度 LW_{DIFF} 大致等于系统的 f_{s1} 乘以激光光束的短轴发散度 θ_s 。每个通道的系统的 $f_{s1} = (f_1 / f_2) * f_{短轴} * RED$ ，例如 50/45 乘以 100mm 乘以 1/5X，所以 $LW_{DIV} = 20mm \times 0.0001$ 或大致 $2\mu m$ 。一前一后的透镜 f_1 和 f_2 是起望远的和准直作用的。对于一些控制常数方程，例如 $J = RED \quad LW_v + LW_{DIFF} = LW_{DIV}$ ，J 可以是针对一些系统约束（例如 p_v 和 f_s ）而被最小化。发散度 θ_{s1} 等于激光器的 $\theta_{短轴}$ 乘以（激光器的 W_L/W_S ）。这一直起作用直到激光发散度或相干性中任一种或两者造成问题。不满足 $\alpha < f_1 + f_2$ ，则在相邻通道中可能会发生串扰 (cross talk)，这导致例如工件上的图像中的条带 (strip)。此外，可以调整 f_1 和 f_2 来控制场阑处的均匀性和侧面斜度 (sidewall slope)，以及由此控制工件处的均匀性和侧面斜度。侧面的垂直性上的边缘模糊 (blur) 是几何像差和激光发散度两者的函数。

根据本发明的多个方面，申请人提出向工件提供细长光束，所述细长光束与本领域中数百 μm 的线宽形成对照。还是根据本发明的实施方案的多个方面，申请人提出将长轴阵列套起来。

根据本发明的多个方面，提供了高能量、高重复率的工件表面加热机构，所述机构包括：脉冲 XeF 激光器，所述脉冲 XeF 激光器工作在 4000Hz 或高于 4000Hz 并在大约 351nm

的中心波长处产生激光输出光脉冲光束；光学系统，所述光学系统将所述激光输出光脉冲光束窄化为在激光输出光脉冲光束的短轴上小于 $20\mu\text{m}$ ，并将所述激光输出光脉冲光束扩展，以在光束的长轴方向上形成覆盖所述长轴范围的工件，所述范围为 370mm 或 930mm；所述光学系统包括介于激光器和工件之间的场阑；所述工件包括要被加热的层；其中所述光学系统以足够维持如下强度分布的放大率将激光输出光脉冲光束聚焦在场阑处，所述强度分布具有足够陡的侧面，以允许场阑在工件上维持足够陡的光束分布而不会在太高的强度水平上不阻挡光束分布，例如在大约 5-10%强度水平上修整或切断光束分布，与本领域中在 FWHM 处或在 FWHM 之上相反。

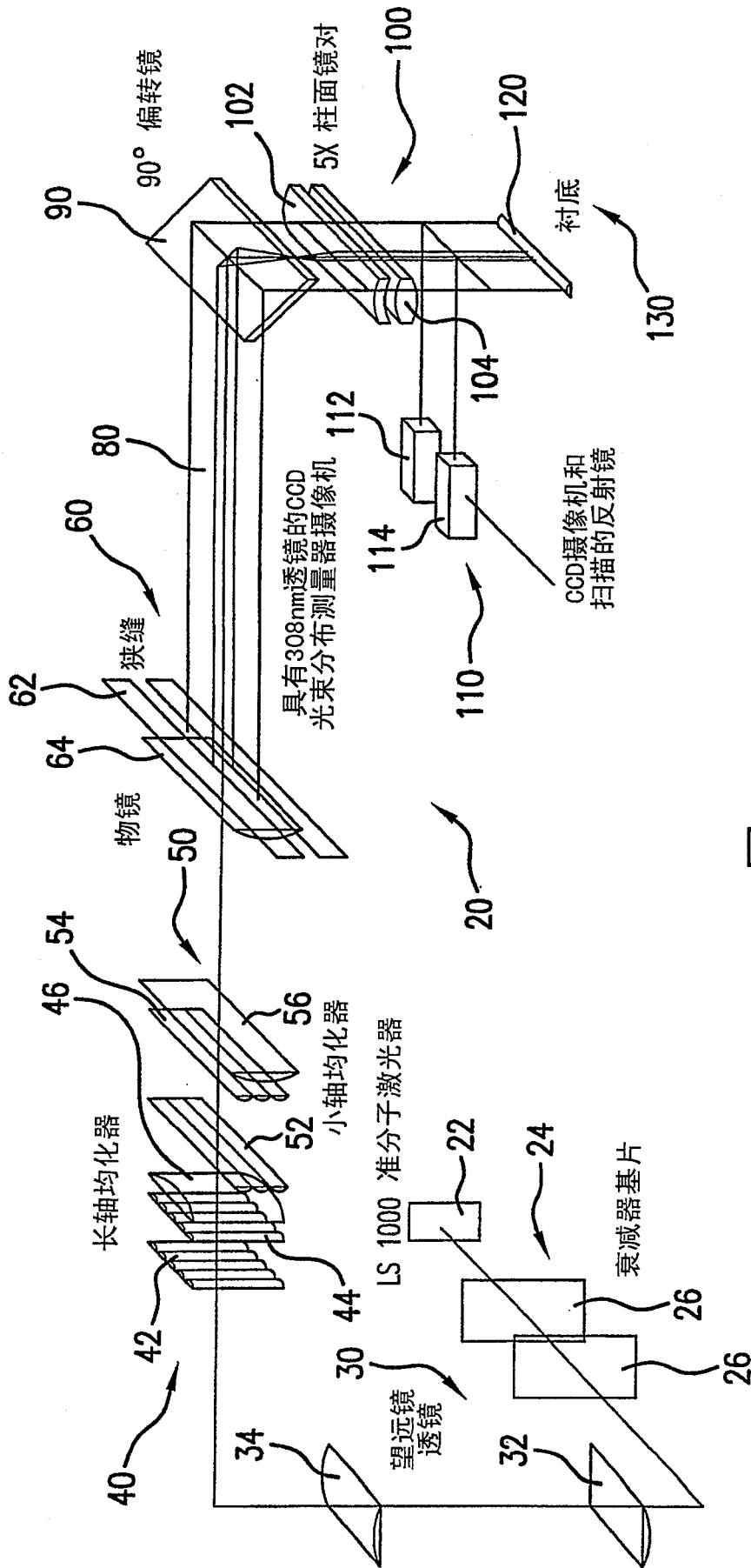


图 1 现有技术

两个同步的激光光束短轴组合的合并和均化

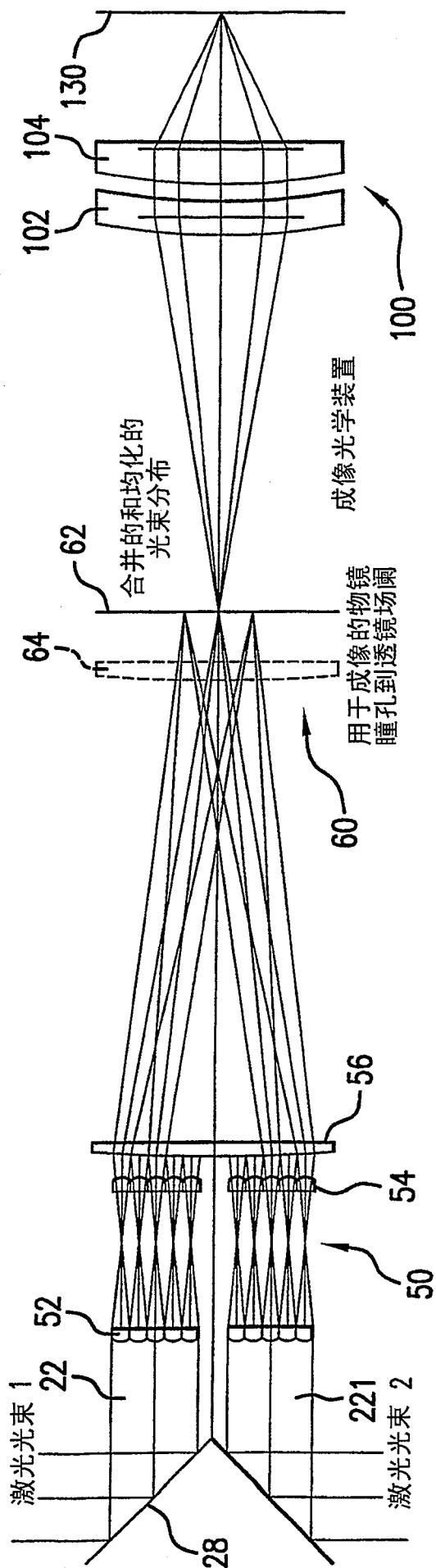


图 2 现有技术

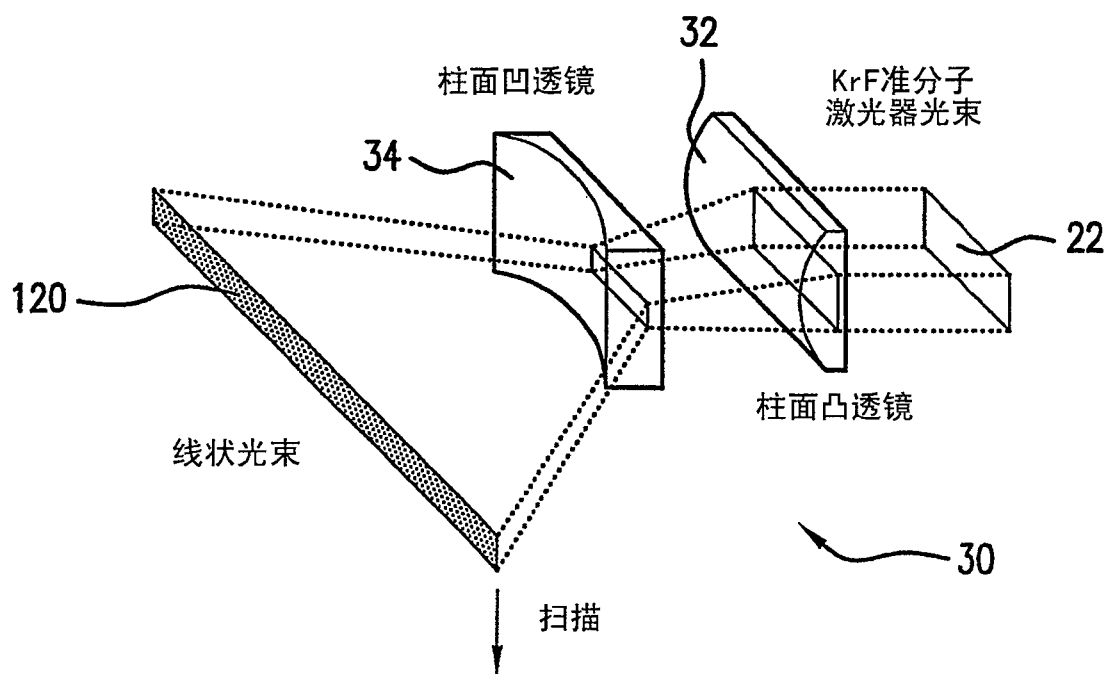


图 3 现有技术

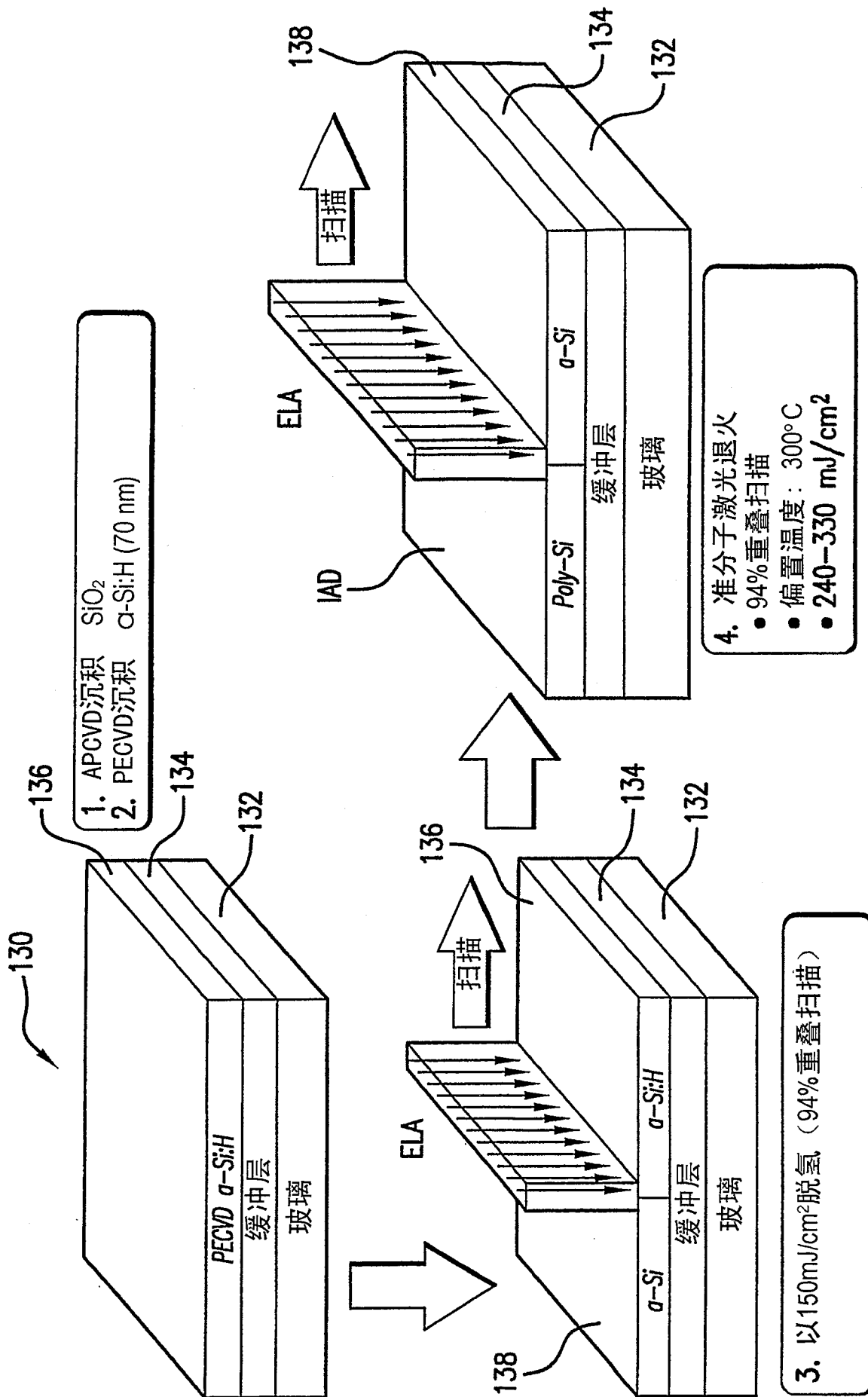


图 4 现有技术

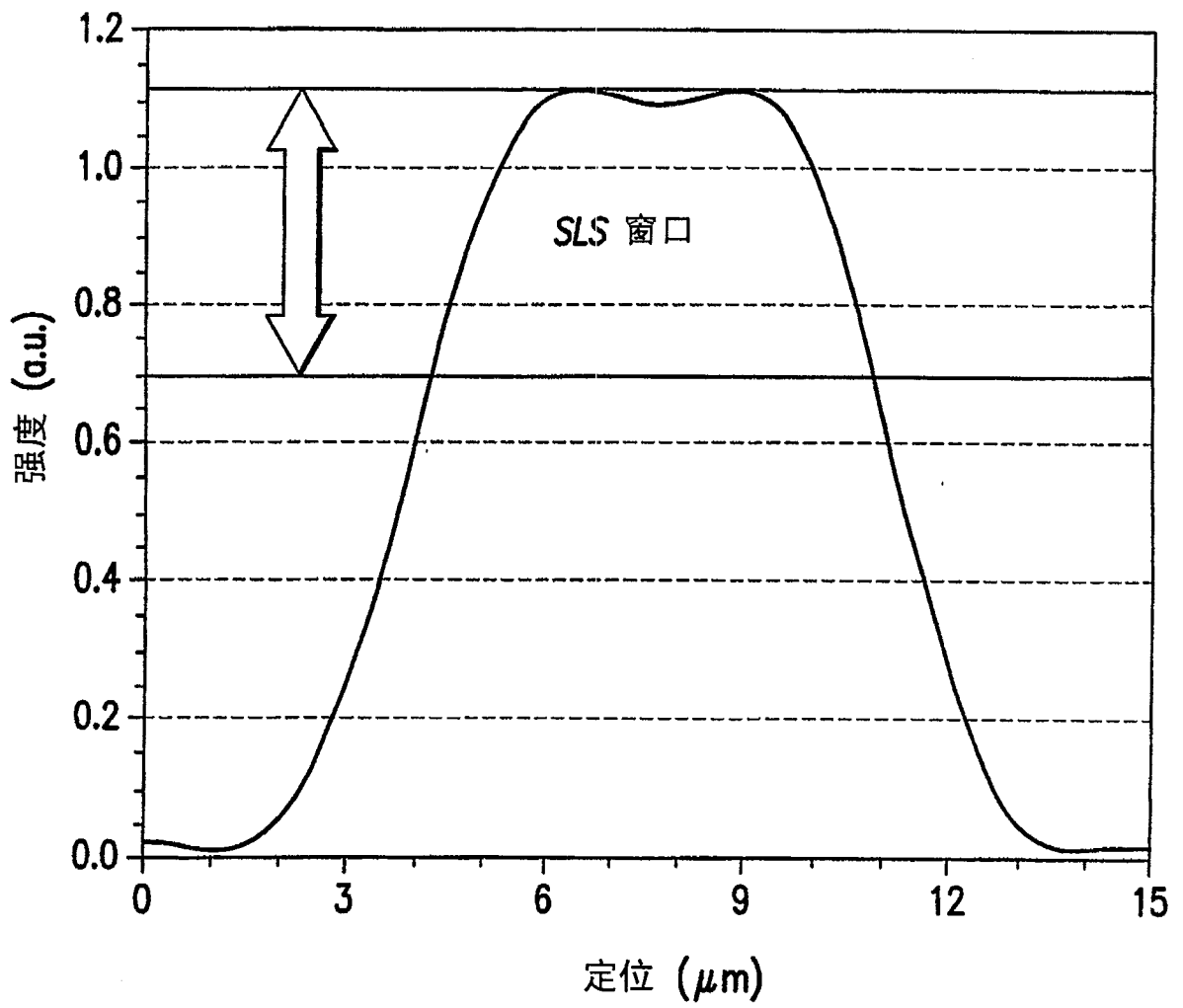


图 5

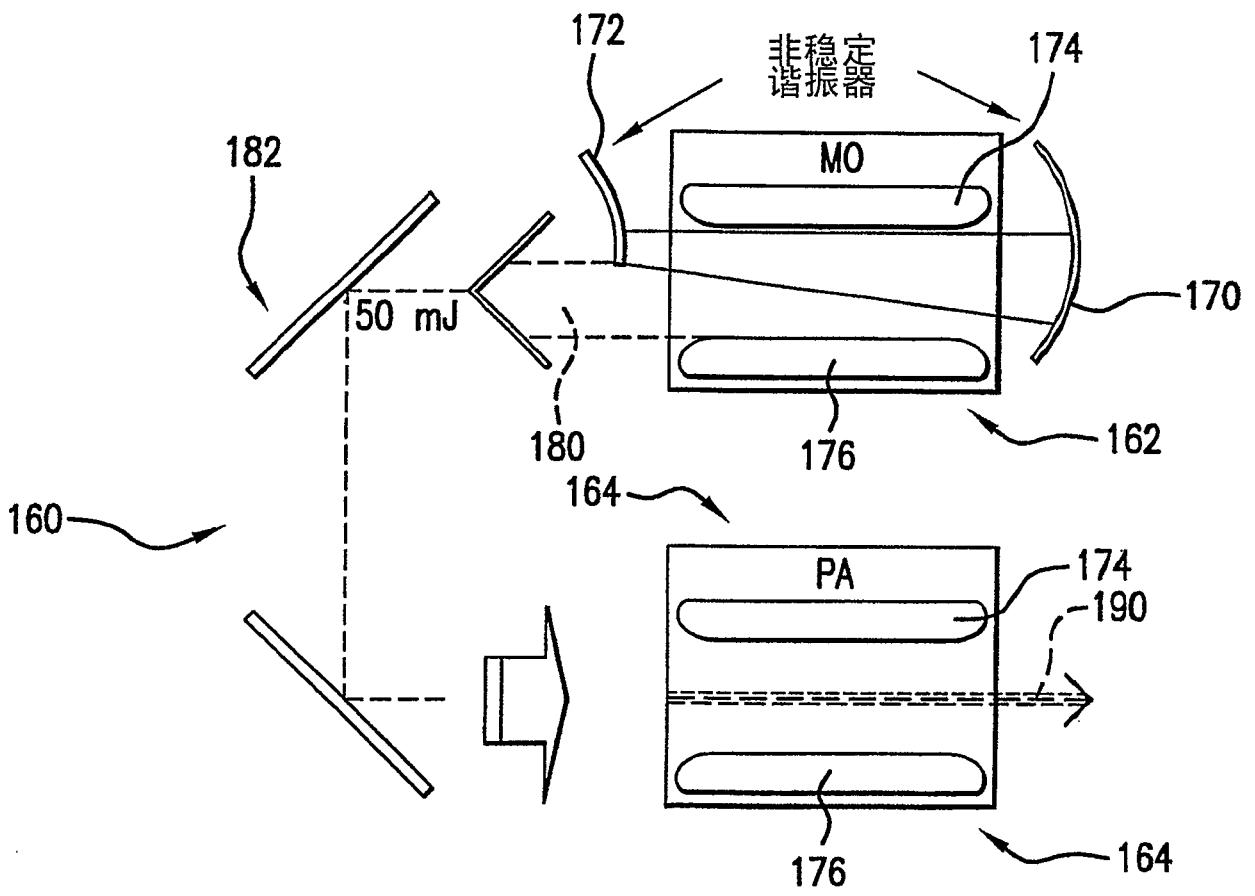


图 6

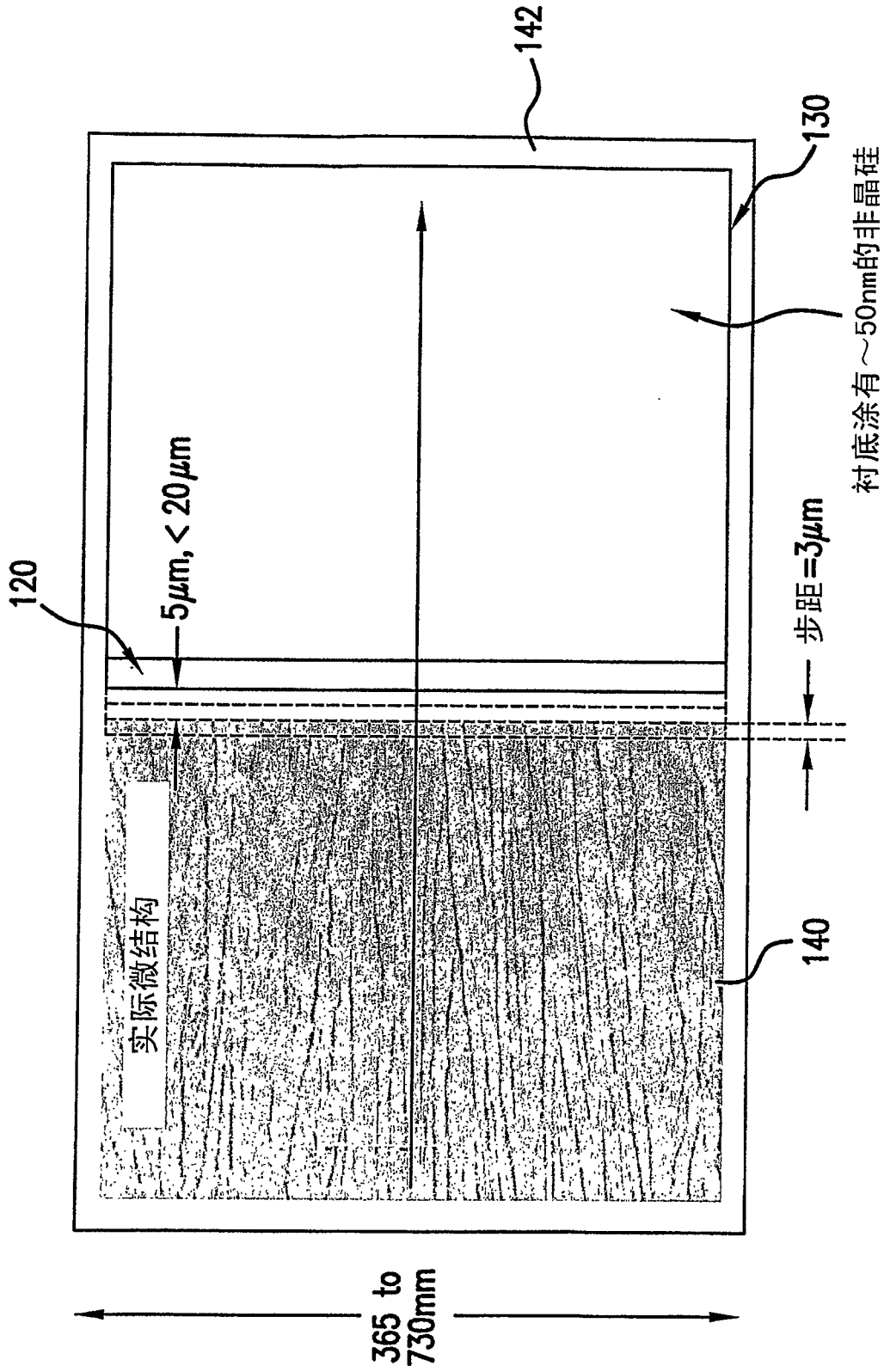


图 7

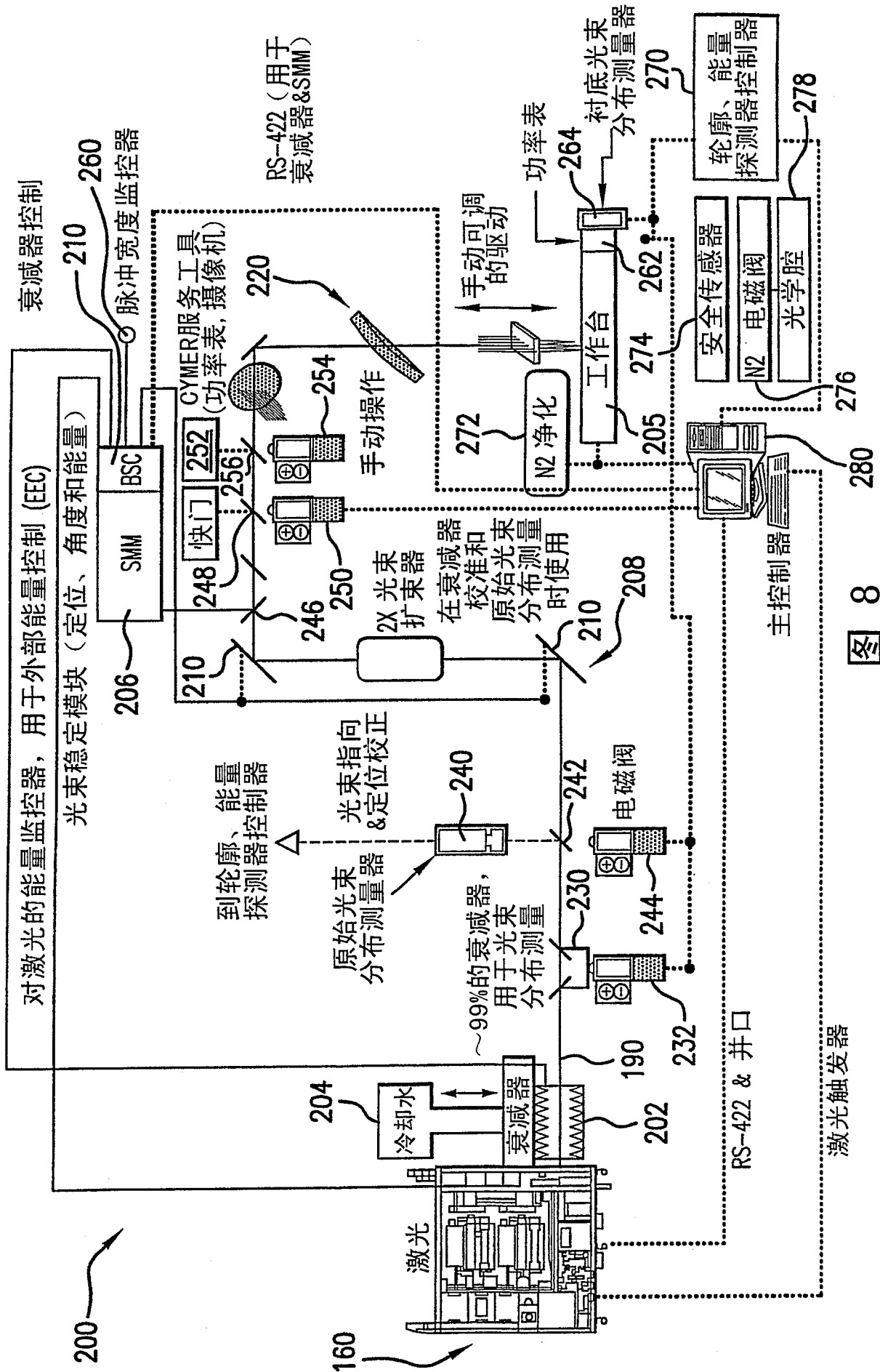


图 8

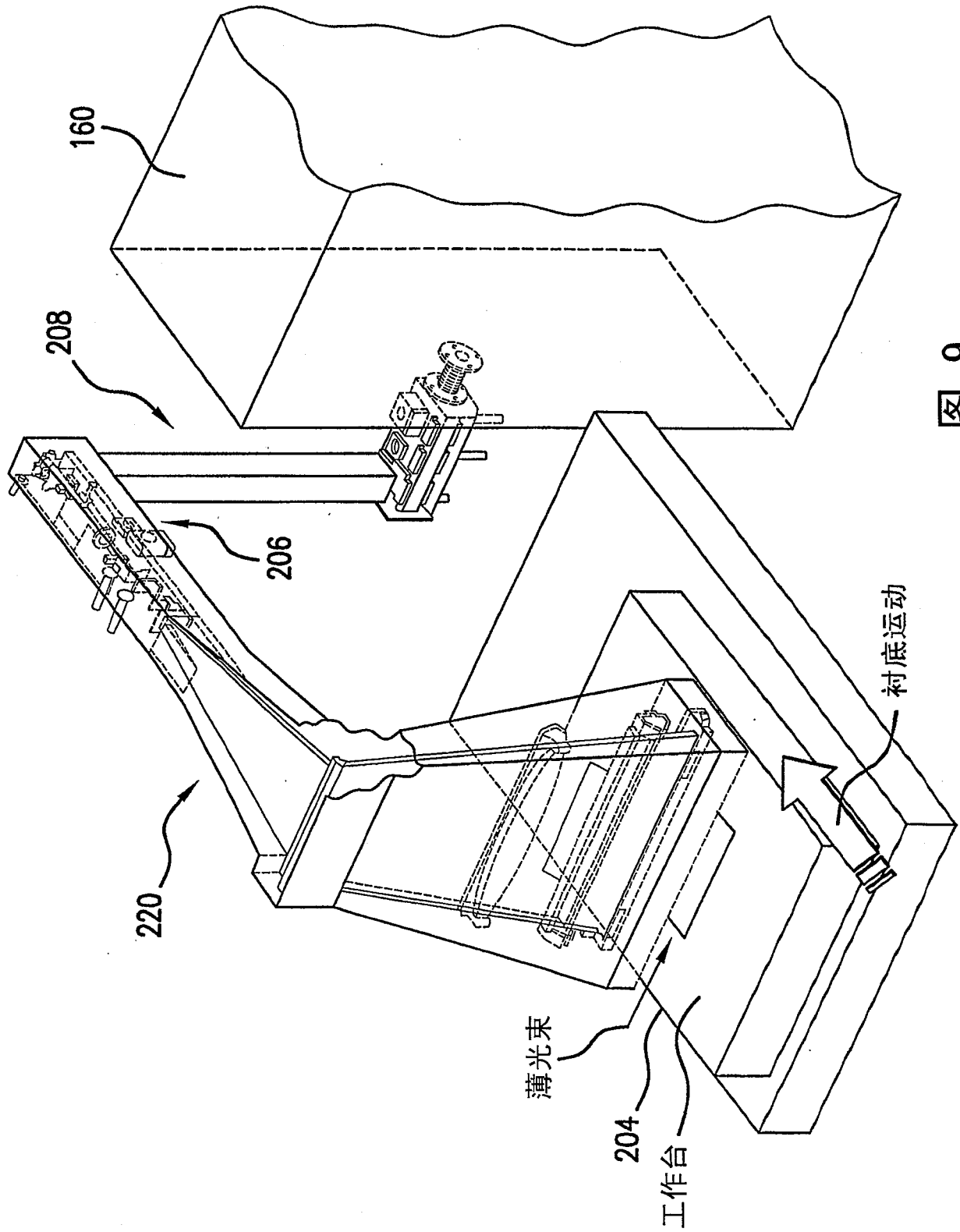


图 9

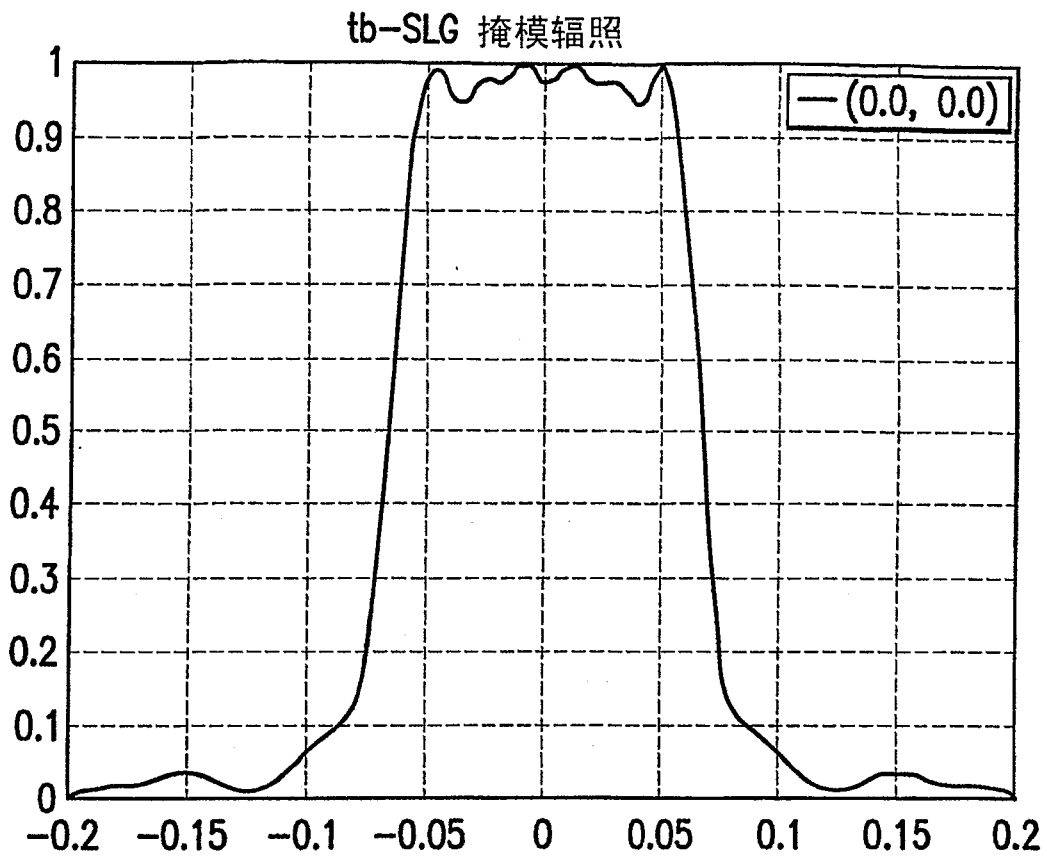


图 10A

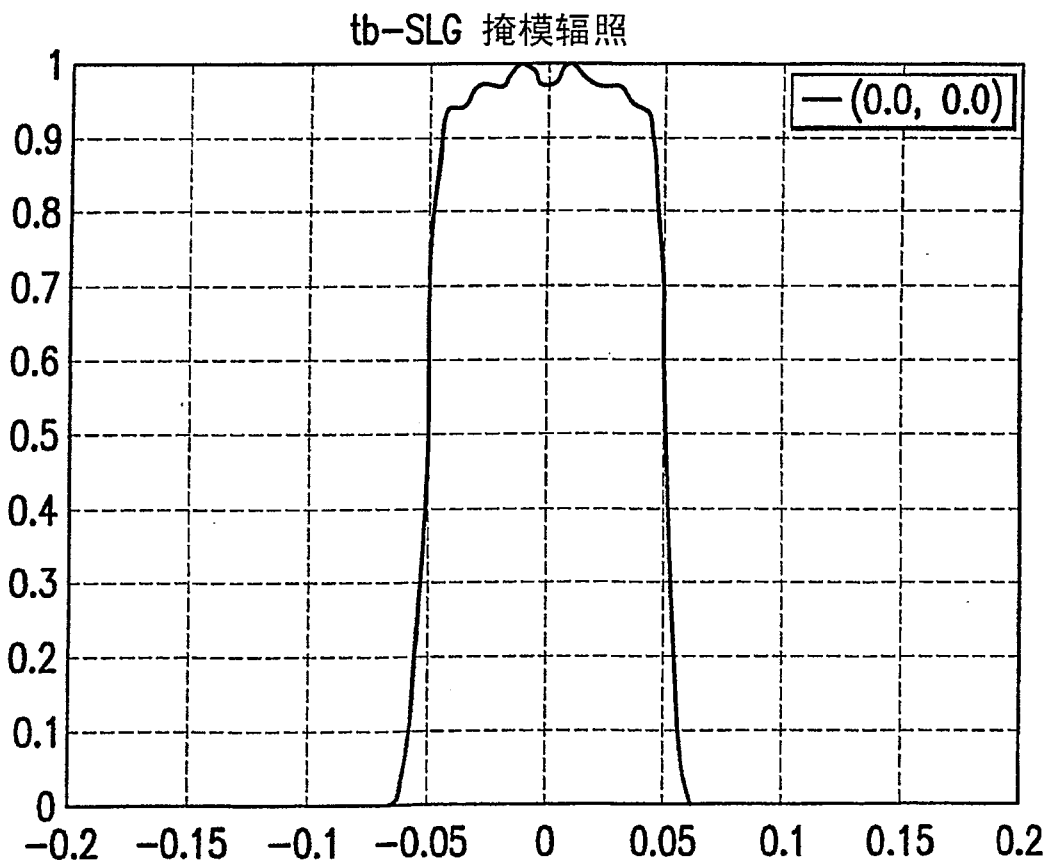


图 10B

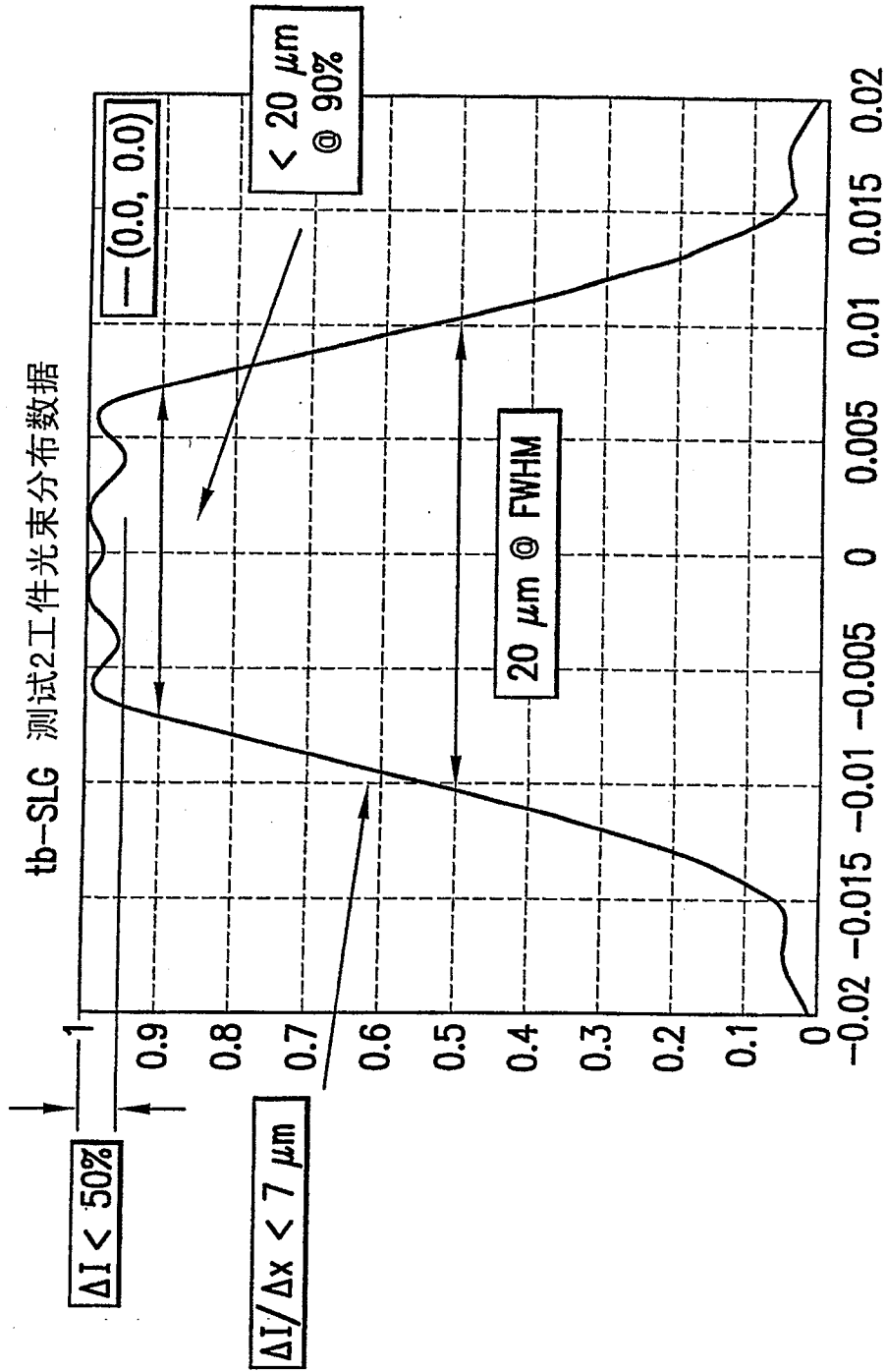


图 11

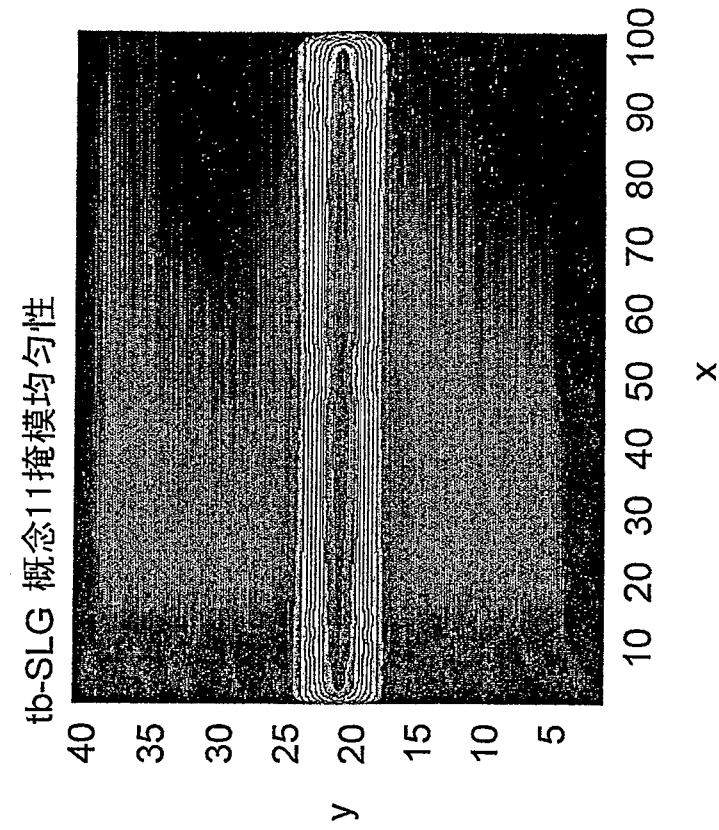


图 12B

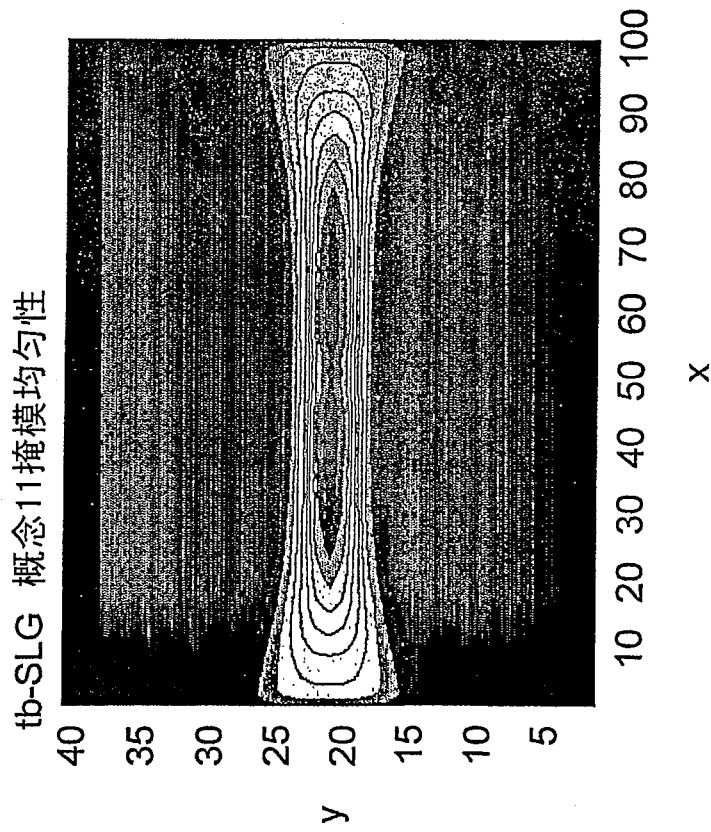


图 12A

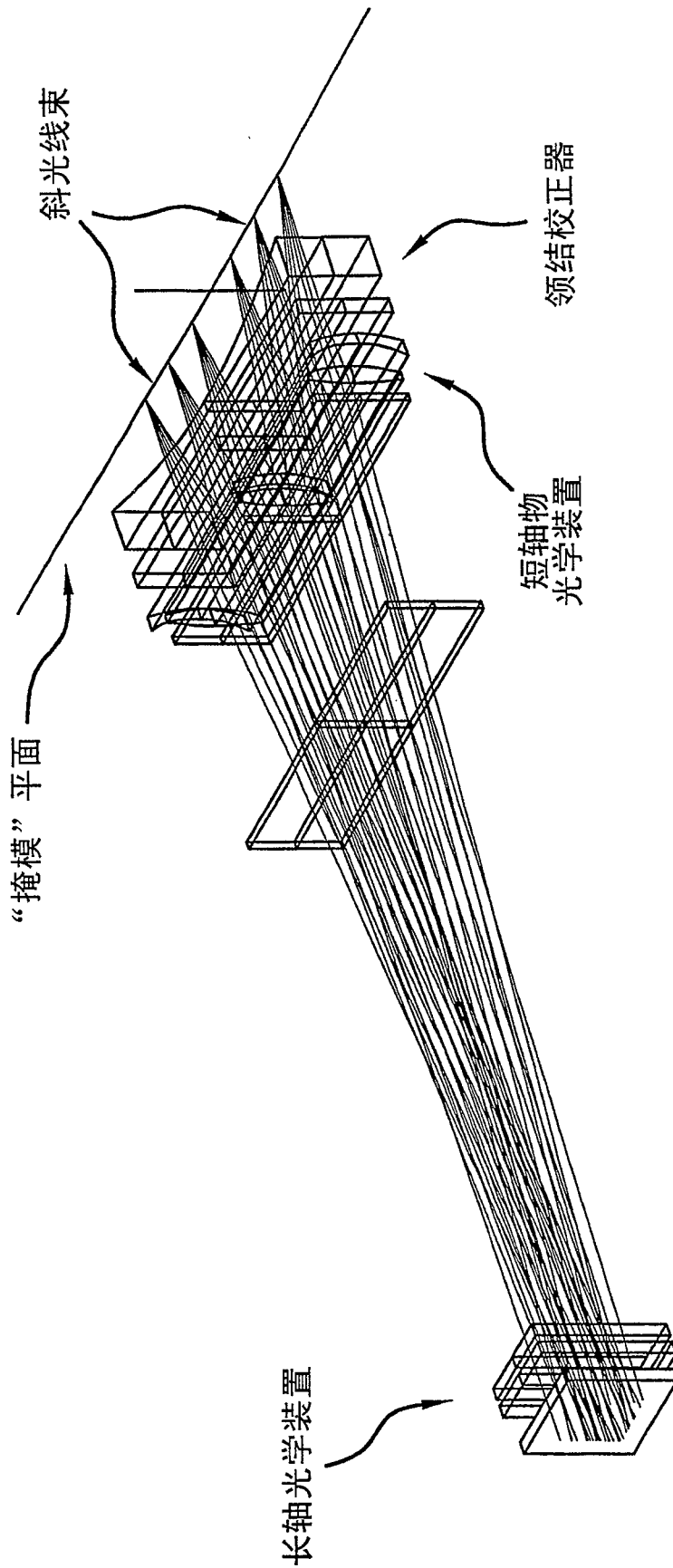


图 13