

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 7 月 6 日 (06.07.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/114424 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01L 21/268 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/112662
- (22) 国际申请日: 2016 年 12 月 28 日 (28.12.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201511021931.0 2015 年 12 月 30 日 (30.12.2015) CN
- (71) 申请人: 上海微电子装备(集团)股份有限公司 (SHANGHAI MICRO ELECTRONICS EQUIPMENT (GROUP) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市张江高科技园区张东路 1525 号, Shanghai 201203 (CN)。
- (72) 发明人: 崔国栋 (CUI, Guodong); 中国上海市张江高科技园区张东路 1525 号, Shanghai 201203 (CN)。 兰艳平 (LAN, Yanping); 中国上海市张江高科技园区张东路 1525 号, Shanghai 201203 (CN)。 马明英 (MA, Mingying); 中国上海市张江高科技园区张东

路 1525 号, Shanghai 201203 (CN)。 宋春峰 (SONG, Chunfeng); 中国上海市张江高科技园区张东路 1525 号, Shanghai 201203 (CN)。 孙刚 (SUN, Gang); 中国上海市张江高科技园区张东路 1525 号, Shanghai 201203 (CN)。

(74) 代理人: 上海思微知识产权代理事务所(普通合伙) (SHANGHAI SAVVY INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国上海市长宁区天山西路 789 号 1 幢 341 室, Shanghai 200335 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: LASER ANNEALING DEVICE AND ANNEALING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种激光退火装置及其退火方法

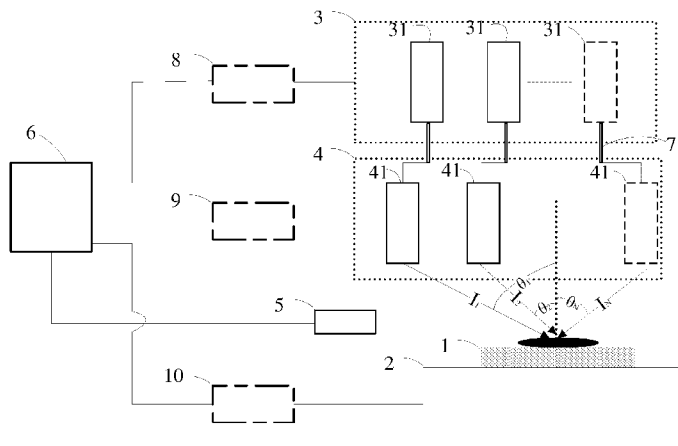


图 4

(57) Abstract: Provided are a laser annealing device and an annealing method therefor. The laser annealing device comprises a laser light source system (3), a laser regulating system (4) which is connected to the laser light source system and located above a silicon wafer (1), a temperature monitoring system (5) which is located above the silicon wafer and measures, in real time, the temperature at the position of a light spot on the surface of the silicon wafer, and a central control system (6) which is connected to the laser light source system, the laser regulating system, the temperature monitoring system and a wafer carrier (2), respectively. In the invention, by arranging a plurality of independent laser devices (31), lasers with different wavelengths are provided for co-annealing a silicon wafer; by selecting optimal process parameter sets for annealing a silicon wafer, lasers with different wavelengths are complementary, and not only an optimal annealing temperature is reached, but also the image effect on the surface of the silicon wafer is well inhibited; and by the feedback mechanism of the temperature monitoring system and the regulatory mechanism of the central control system, the uniformity and controllability of annealing are improved, the heat budget is reduced, the heat diffusion is decreased, and the technological adaptability of the annealing device is improved.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/114424 A1



(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))
- 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则 4.17(iii))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种激光退火装置及其退火方法, 该激光退火装置包括激光光源系统(3)、与激光光源系统连接, 位于硅片(1)上方的激光调节系统(4)、位于硅片上方, 对硅片表面光斑位置处的温度进行实时测量的温度监控系统(5)、分别与激光光源系统、激光调节系统、温度监控系统以及载片台(2)连接的中央控制系统(6)。通过设置具有多个独立的激光器(31), 提供波长不同的激光, 对硅片进行联合退火, 通过选择最佳的工艺参数组对硅片进行退火, 不同波长的激光进行互补, 不仅达到最佳的退火温度, 而且很好的抑制了硅片表面的图像效应; 通过温度监控系统的反馈机制和中央控制系统的调节机制, 提高了退火的均匀性和可控性, 降低了热预算, 减少热扩散, 提高了退火装置的工艺适应性。

一种激光退火装置及其退火方法

技术领域

本发明涉及激光退火技术领域，具体涉及一种激光退火装置及其退火方法。

背景技术

在半导体装置的制造中，当在硅基板的背面预定区域进行离子注入时，通常在深层中注入 P 离子，在浅层中注入 B 离子，且 B 离子的溶度比深层次的 P 离子溶度高，因此，采用该种离子注入方法容易破坏硅基板的表面的结晶性能，使离子排布杂乱无章。针对以上问题，通常采用对形成于玻璃等绝缘基底上的半导体膜使用激光退火的方法，以达到晶化或提高结晶度的目的，而激光退火的结果是将非晶态材料转化为多晶或单晶态，当离子注入后，使掺入的杂质与晶体中的原子有序的排列组合，有效改善了材料的电学特性。

当硅片经过光刻工艺，如 TSV (through silicon via, 穿透硅通孔) 技术之后，表面的不同位置处会形成不同的 nm 级几何结构以及材料属性，导致表面不同位置处入射激光能量的吸收不一致，从而导致激光退火后表面的温度分布均匀性变差，即产生所谓的图案效应。

如图 1 所示，为经过特定光刻工艺处理之后的硅片表面的结构示意图。可以看到，硅片表面有一系列黑色的方框所示的裸芯片 1' 构成。对于形成的裸芯片 1'，在表面上具有 nm 级空间尺度的一系列特定的周期性结构以及不同的材料成分，如图 2 所示。因此，硅片上表面对于入射光的反射率 $R(x, y)$ 随着位置的不同而不同。

同时根据电磁波理论，对于特定的材料表面，其反射率 $R(\lambda, \theta)$ 是入射光的波长 λ 以及入射角 θ 的函数。对于特定波长的激光，以不同的入射角入射时，硅片表面的反射率 $R_\lambda(\theta)$ 会随着入射角的变化而变化，如图 3a、3b 所示，分别

为波长为 800nm 和波长为 500nm 的激光入射到图 2 所示的 A、B、C、D 四种材料上的反射率随着入射角的变化曲线图。可以发现，对于同一波长的入射光，其反射率 $R_i(\theta)$ 随着入射角的变化而变化；同时对于相同的入射角，其反射率 $R_o(\lambda)$ 也会随着入射光波长的不同而不同。

综上所述，对于经过光刻工艺处理之后的硅片，其对入射光的反射率 $R(\lambda, \theta, x, y)$ 与该硅片的表面位置、所采用的激光的波长和入射角均相关。

现有的激光退火技术均是利用激光作为能量源，照射待处理硅片的表面，使得硅片表面达到规定的退火温度 T_0 ，实现目标退火。但是现有的激光退火技术仅采用一种波长的激光器进行退火，不可避免地引起硅片表面图案效应的问题，这将会对器件性能的一致性产生重要的影响，从而降低了硅片的光刻效果和稳定性。

发明内容

本发明提供了一种激光退火装置及其退火方法，以解决上述技术问题。

为了解决上述技术问题，本发明的技术方案是：一种激光退火装置，用于对载片台上的硅片进行激光退火，包括：

激光光源系统，包括至少两个激光器，输出激光光束，所述激光光束的功率可调；

激光调节系统，与所述激光光源系统连接，包括至少两个与所述激光器一一对应的激光调节器，监测对应激光光束的功率和光斑在硅片表面的位置，对光斑的形状和入射角进行调节；

温度监控系统，对硅片表面光斑位置处的温度进行实时测量；以及

中央控制系统，分别与所述激光光源系统、激光调节系统、温度监控系统以及载片台连接，接收所述激光光源系统、激光调节系统、温度监控系统以及载片台的数据信息，并对激光光源系统、激光调节系统和载片台进行控制。

进一步的，所述中央控制系统与所述激光光源系统之间连有激光光源控制系统，所述激光光源控制系统接收中央控制系统的控制命令对激光光源系统中每个激光器输出的激光光束的功率进行控制，并将控制结果反馈至中央控制系统。

进一步的，所述中央控制系统与所述激光调节系统之间连有激光调节控制系统，所述激光调节控制系统接收中央控制系统的控制命令对激光调节系统中每个激光调节器进行控制，并将控制结果反馈至中央控制系统。

进一步的，所述中央控制系统与所述载片台之间设有载片台控制系统，所述载片台控制系统接收中央控制系统的控制命令控制载片台的运动，并将控制结果反馈至中央控制系统。

进一步的，所述温度监控系统为高温计或者反射率探测器。

进一步的，所述激光器和激光调节器之间通过光纤连接。

进一步的，每个所述激光调节器包括沿光路排列的光斑探测系统、能量衰减系统、匀光系统、转动和位移装置，所述光斑探测系统分别与激光器和中央处理系统连接，所述转动和位移装置位于所述硅片上方。

进一步的，所述光斑探测系统包括功率计、CCD检测器和图像采集器。

进一步的，所述匀光系统采用微透镜阵列或光学积分棒。

进一步的，所述能量衰减系统与匀光系统之间还设有扩束准直系统。

进一步的，所述转动和位移装置包括电流计透镜和压电陶瓷位移装置。

进一步的，所述转动和位移装置与硅片之间还设有F- θ 透镜。

进一步的，所述至少两个激光器输出的激光光束包括至少两种不同的波长

本发明还提供一种激光退火装置的退火方法，包括以下步骤：

S1：将硅片放置于载片台上，对硅片进行沿水平向的姿态调整；

S2：由激光调节系统中的激光调节器确定硅片内的光斑位置，根据该光斑位置处的反射率，选择最佳的工艺参数组；

S3: 调节激光光源系统和激光调节系统, 采用最佳工艺参数对光斑位置处进行曝光, 同时通过温度监控系统测量光斑位置处的温度数据, 并将该温度数据发送至中央控制系统;

S4: 中央控制系统根据接收的温度数据判断该温度是否满足设定的温度范围内; 如果不满足, 则记录该位置处的曝光温度, 对下一个具有相同反射率的硅片位置进行曝光时, 调节激光光源系统和激光调节系统的参数, 使曝光温度处于设定的范围内; 如果满足, 则控制载片台带动硅片相对于光斑移动至下一个曝光位置;

S5: 判断该位置是否为结束位置, 如果不是则重复步骤 S2-S4, 否则结束。

进一步的, 所述步骤 S2 中, 选择最佳的工艺参数组包括以下步骤:

S21: 选择各个激光器的波长;

S22: 针对硅片上的任一位置, 调节各个激光器的入射角和功率, 形成若干包括各个激光器入射角和激光功率的参数组合;

S23: 选择其中一个参数组合, 测量硅片该位置对各个激光器对应激光光束的反射率和吸收的光强, 通过温度模型得到该参数组合对应的曝光温度;

S24: 判断该曝光温度是否满足设定的温度范围; 若不满足, 则选择下一组参数组合, 跳至步骤 S23, 若满足, 则确定该组参数组合作为最佳的工艺参数组, 移动载片台至硅片下一个位置, 跳至步骤 S23, 直至遍历硅片 1 上所有位置。

本发明还提供一种激光退火装置的退火方法, 包括以下步骤:

S1: 设置硅片至载片台上, 获得硅片表面的工艺参数;

S2: 根据上述工艺参数, 选择至少 2 个激光器, 产生激光光束, 并调整各激光光束的退火角度及退火功率;

S3: 使用上述激光光束, 整合成退火光斑, 进行硅片表面退火工艺。

进一步的, 在步骤 S1 中, 所述工艺参数是在退火工艺中, 根据硅片的型号, 从预先对硅片面型测量获得的参数模型中, 选出获得。

进一步的，在步骤 S1 中，所述工艺参数是在退火过程中，对硅片表面面型实时测量获得的。

进一步的，所述工艺参数包括硅片表面的面型分布及材料的反射率。

进一步的，在步骤 S2 中，根据上述材料的反射率，选择至少 2 个波长不同的所述激光光束，并调整所述激光光束的功率。

进一步的，在步骤 S2 中，根据上述表面的面型分布，通过对应的所述激光调节器调整上述激光光束的入射角度，获得不同退火角度。

进一步的，在步骤 S3 中，所述退火光斑的能量分布和所述硅片表面的面型分布及材料的反射率相匹配。

本发明提供了一种激光退火装置及其退火方法，通过设置具有多个独立的激光器，提供波长不同的激光，对硅片进行联合退火，通过选择最佳的工艺参数组对硅片进行退火，不同波长的激光进行互补，不仅达到最佳的退火温度，而且很好的抑制了硅片表面的图像效应；通过温度监控系统的反馈机制和中央控制系统的调节机制，提高了退火的均匀性和可控性，降低了热预算，减少热扩散，提高了退火装置的工艺适应性。

附图说明

图 1 是现有技术硅片表面的结构示意图；

图 2 是现有技术硅片内部结构示意图；

图 3a、3b 分别为波长为 800nm 和波长为 500nm 的激光入射到图 2 中 A、B、C、D 四种材料上的反射率随着入射角的变化曲线图；

图 4 是本发明激光退火装置的结构示意图；

图 5 是本发明激光调节器的结构示意图；

图 6 是 3 种不同的激光器入射到硅片表面上形成的光斑示意图；

图 7 是针对 500nm 和 800nm 两种波长的激光器形成的不同工艺参数组进行退火得到的温差变化图。

图 1 中所示：1'、裸芯片；

图 4-8 中所示：1、硅片；2、载片台；3、激光光源系统；31、激光器；4、激光调节系统；41、激光调节器；411、光斑探测系统；412、能量衰减系统；413、匀光系统；414、转动和位移装置；415、扩束准直系统；416、F- θ 透镜；5、温度监控系统；6、中央控制系统；7、光纤；8、激光光源控制系统；9、激光调节控制系统；10、载片台控制系统。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作详细描述：

如图 4 所示，本发明提供了一种激光退火装置，用于对载片台 2 上的硅片 1 进行激光退火，包括：

激光光源系统 3，包括至少两个激光器 31，输出激光光束，照射于硅片 1 的表面对其进行退火，所述激光光束的功率可调，每个激光器 31 输出的激光波长不同，且每个激光器 31 的功率可独立调节。

激光调节系统 4，与所述激光光源系统 3 连接，且位于所述硅片 1 上方，包括至少两个与所述激光器 31 一一对应的激光调节器 41，即所述激光调节器 41 的数目与所述激光器 31 的数目相同。每个激光调节器 41 用于监测对应激光器 31 发出的激光光束的功率和该激光光束的光斑在硅片 1 表面的位置，对光斑的形状和入射角进行调节。优选的，激光调节系统 4 与激光光源系统 3 之间通过光纤 7 连接，用于传导激光光束。

温度监控系统 5，位于所述硅片 1 上方，对硅片表面光斑位置处的温度进行实时测量；优选的，温度监控系统 5 采用高温计或者反射率探测器，实现对光斑位置处的硅片表面的温度进行实时测量，并将实时测得的温度数据，作为反馈控制的依据反馈到中央控制系统 6。图 4 中只是示意性地画出温度监控系统 5，主要用于说明温度监控系统 5 与其他部件，例如中央控制系统 6 之间的连接关系，而不用于反映温度监控系统 5 在整个装置中的实际位置，因此，不应限制性地理解为温度监控系统 5 设置于图 4 中所示的位置。

中央控制系统 6，分别与所述激光光源系统 3、激光调节系统 4、温度监控系统 5 以及载片台 2 连接，接收所述激光光源系统 3、激光调节系统 4、温度监控系统 5 以及载片台 2 的数据信息，并对激光光源系统 3、激光调节系统 4 和载片台 2 进行控制。具体的，中央控制系统 6 对温度监控系统 5 测得的温度数据进行处理之后，实时反馈至激光光源系统 3 和激光调节系统 4 中的激光光束的功率和入射角两个控制自由度上，使整个装置在退火过程中，光斑位置处硅片表面的温度一直保持在设定的温度范围之内，该设定的温度范围为 $T_0 \pm \Delta T$ ，其中 T_0 为该光斑位置处硅片表面的目标退火温度， ΔT 为可接受的温差。

如图 5 所示，每个所述激光调节器 41 包括沿光路排列的光斑探测系统 411、能量衰减系统 412、匀光系统 413 以及转动和位移装置 414，所述光斑探测系统 411 分别与激光器 31 和中央处理系统 6 连接，包括功率计、CCD 检测器和图像采集器，用于实时监测激光光束的功率及光斑位置，并将该数据传输至中央控制系统 6。所述能量衰减系统 412 由偏振分束棱镜和衰减片或者波片构成，通过改变镜片透过率或者偏振方向的方式，调节入射到硅片表面的激光光束的能量；所述匀光系统 413 采用微透镜阵列或光学积分棒，用于使入射到硅片表面的光斑具有特定光强分布，所述转动和位移装置 414 包括电流计透镜和压电陶瓷位移装置，位于所述硅片 1 上方，通过转动和平移，改变入射到硅片表面的激光光束的入射角以及改变光斑相对于硅片表面的位置。

请继续参照图 5，所述能量衰减系统 412 与匀光系统 413 之间还设有扩束准直系统 415，可采用单透镜或望远镜系统，对激光光束进行准直，并对照射到硅片表面的光斑形状进行调节。优选的，所述转动和位移装置 414 与硅片 1 之间还设有 F- θ 透镜 416，使激光光束在硅片表面形成具有一定能量分布的光斑。如图 6 所示，为 3 种不同的激光器 31 入射到硅片表面上形成的光斑示意图。一般情况下，激光退火过程中，光斑的形状具有线形的分布，即在扫描

方向上较窄，非扫描方向上较长。通过激光调节系统输出的多个光斑，在空间中可以是重合的，也可以是部分重合的。一般情况下，在扫描方向上光强能量满足一定的分布，而在非扫描方向上，光强能量是均匀分布的。

请继续参照图 4，所述中央控制系统 6 与所述激光光源系统 3 之间连有激光光源控制系统 8，接收中央控制系统 6 的控制命令对激光光源系统 3 中每个激光器 31 输出的激光光束的功率进行控制，使其满足指定的功率要求，并将控制结果反馈至中央控制系统 6，同时激光光源系统 3 中每个激光器 31 可通过激光光源控制系统 8 将当前激光光束的波长和功率信息发送至中央控制系统 6。

请继续参照图 4，所述中央控制系统 6 与所述激光调节系统 4 之间连有激光调节控制系统 9，接收中央控制系统 6 的控制命令对激光调节系统 4 中每个激光调节器 41 进行控制，使其输出的激光光束满足指定的入射角以及形状等要求，并将控制结果反馈至中央控制系统 6。

优选的，所述中央控制系统 6 与所述载片台 2 之间设有载片台控制系统 10，接收中央控制系统 6 的控制命令控制载片台 2 的运动，并将控制结果反馈至中央控制系统 6。具体的，该载片台 2 包括至少具有沿水平面内自由运动的运动台构成，可带动硅片 1 相对光斑运动，使光斑对硅片表面每一处进行退火，当然需满足硅片 1 在激光光源系统 3 的焦深之内。

本发明还提供一种激光退火装置的退火方法，包括以下步骤：

S1：将硅片 1 放置于载片台 2 上，完成硅片 1 沿水平向的姿态调整，即使硅片 1 处于水平状态。

S2：根据激光调节系统 4 中激光调节器 41 的位置，确定硅片 1 内的光斑位置 $\text{Spot}(x,y)$ ，根据该光斑位置处的反射率 $R(x,y)$ ，选择最佳的工艺参数组 $\{I_{\lambda_1}(\theta_1), I_{\lambda_2}(\theta_2), \dots, I_{\lambda_N}(\theta_N)\}$ ，其中 $I_{\lambda_N}(\theta_N)$ 为对应第 N 个波长为 λ_N 的激光器 31 以 θ_N 入射时的激光光强；具体的，根据激光调节器 41 中转动和位移装置 414 与硅

片 1 的相对位置, 可以获得光斑照射到硅片表面的位置。选择最佳工艺参数组合具体包括以下步骤:

S21: 选择各个激光器 31 的波长 $\lambda_i, i=1, 2 \cdots N$;

S22: 针对硅片 1 上的任一位置 (x, y) , 调节各个激光器 31 的入射角和功率, 形成 m 个包括各个激光器 31 入射角和激光功率的参数组合, 其中激光功率的最大值即激光器 31 的额定功率, 入射角 θ_i^m 的取值是 0-90 度;

S23: 选择其中一个参数组合, 测量硅片 1 上 (x, y) 处对各个激光器 31 对应激光光束的反射率 $R_{(x, y, \lambda_i, \theta_i)}^m$ 和吸收的光强 $I_{(x, y)}^m(\lambda_i, \theta_i) = (1 - R_{(x, y, \lambda_i, \theta_i)}^m) I_i^m$, $i=1, 2, \cdots N$, 通过温度模型得到该参数组合对应的曝光温度 T_m ;

S24: 判断该曝光温度 T_m 是否满足设定的温度范围 $T_0 \pm \Delta T$; 若不满足, 则选择下一组参数组合, 跳至步骤 S23, 若满足, 则确定该组参数组合作为最佳的工艺参数组 $\{I_{\lambda_1}(\theta_1), I_{\lambda_2}(\theta_2), \cdots, I_{\lambda_N}(\theta_N)\}$, 移动载片台 2 至硅片 1 下一个位置, 跳至步骤 S23, 直至遍历硅片 1 上所有位置。

S3: 分别通过激光光源控制系统 8 和激光调节控制系统 9 调节激光光源系统 3 和激光调节系统 4, 采用最佳工艺参数对光斑位置处进行曝光, 同时通过温度监控系统 5 测量光斑位置处的温度数据, 并将该温度数据发送至中央控制系统 6;

S4: 中央控制系统 6 根据接收的温度数据判断该温度是否满足设定的温度范围 $T_0 \pm \Delta T$ 内; 如果不满足, 则记录该位置处的曝光温度 $T(x, y)$, 对下一个具有相同反射率的位置进行曝光时, 中央控制系统 6 根据曝光温度 $T(x, y)$ 分别通过激光光源控制系统 8 调节激光光源系统 3, 以及通过激光调节控制系统 9 调节激光调节系统 4 的参数, 包括激光光束的功率和入射角, 使该位置的曝光温度处于设定的范围内; 如果满足, 则中央控制系统 6 通过载片台控制系统 10 控制载片台 2 带动硅片 1 相对于光斑移动至下一个曝光位置;

S5: 判断该位置是否为结束位置, 如果不是则重复步骤 S2-S4, 否则结束。

如图 7 所示,给出了对于 500nm 和 800nm 两种波长的激光器作用下,采用接近 4500 组工艺参数组进行退火,得到的温差 ΔT 随着工艺参数的变化,其中温差 ΔT 的最大值达到了 350℃,最小值为 110℃,由此证明采用本文中的退火方法是一种有效可行的抑制图案效应的方法。

本发明还提供一种激光退火装置的退火方法,包括以下步骤:

S1: 设置硅片 1 至载片台 2 上,获得硅片 1 表面的工艺参数;所述工艺参数包括硅片表面的面型分布及材料的反射率。所述工艺参数可以通过在退火工艺中,根据硅片 1 的型号,从预先对硅片面型测量获得的参数模型中,选出获得,也可以是在退火过程中,通过对硅片表面面型实时测量获得。

S2: 根据上述工艺参数,选择至少 2 个激光器 31 提供激光光束,通过激光调节系统 4 调整不同的退火角度,还可调整激光光源系统 3 以提供不同的退火功率;具体的,根据上述材料的反射率,选择至少 2 个波长不同的激光光束,并对其进行激光光束功率的调整。同时根据上述表面的面型分布,通过激光调节器 41 中的转动和位移装置 414 调整上述激光光束的入射角度,获得不同退火角度。

S3: 使用上述激光光束,整合成退火光斑,进行硅片表面退火工艺,具体的,所述退火光斑的能量分布和所述硅片表面的面型分布及材料的反射率相匹配。

综上所述,本发明提供了一种激光退火装置及其退火方法,通过设置具有多个独立的激光器 31,提供波长不同的激光,对硅片 1 进行联合退火,通过选择最佳的工艺参数组对硅片 1 进行退火,不同波长的激光光束进行互补,不仅达到最佳的退火温度,而且很好的抑制了硅片表面的图案效应;通过温度监控系统 5 的反馈机制和中央控制系统 6 的调节机制,提高了退火的均匀性和可控性,降低了热预算,减少热扩散,提高了退火装置的工艺适应性。

虽然说明书中对本发明的实施方式进行了说明,但这些实施方式只是作为提示,不应限定本发明的保护范围。在不脱离本发明宗旨的范围内进行各

种省略、置换和变更均应包含在本发明的保护范围内。

权利要求

1. 一种激光退火装置，用于对载片台上的硅片进行激光退火，其特征在于，包括：

激光光源系统，包括至少两个激光器，输出激光光束，所述激光光束的功率可调；

激光调节系统，与所述激光光源系统连接，包括至少两个与所述激光器一一对应的激光调节器，监测对应激光光束的功率和光斑在硅片表面的位置，对光斑的形状和入射角进行调节；

温度监控系统，对硅片表面光斑位置处的温度进行实时测量；以及

中央控制系统，分别与所述激光光源系统、激光调节系统、温度监控系统以及载片台连接，接收所述激光光源系统、激光调节系统、温度监控系统以及载片台的数据信息，并对激光光源系统、激光调节系统和载片台进行控制。

2. 根据权利要求1所述的激光退火装置，其特征在于，所述中央控制系统与所述激光光源系统之间连有激光光源控制系统，所述激光光源控制系统接收中央控制系统的控制命令对激光光源系统中每个激光器输出的激光光束的功率进行控制，并将控制结果反馈至中央控制系统。

3. 根据权利要求1所述的激光退火装置，其特征在于，所述中央控制系统与所述激光调节系统之间连有激光调节控制系统，所述激光调节控制系统接收中央控制系统的控制命令对激光调节系统中每个激光调节器进行控制，并将控制结果反馈至中央控制系统。

4. 根据权利要求1所述的激光退火装置，其特征在于，所述中央控制系统与所述载片台之间设有载片台控制系统，所述载片台控制系统接收中央控制系统的控制命令控制载片台的运动，并将控制结果反馈至中央控制系统。

5. 根据权利要求1所述的激光退火装置，其特征在于，所述温度监控系

统为高温计或者反射率探测器。

6. 根据权利要求 1 所述的激光退火装置，其特征在于，所述激光器和激光调节器之间通过光纤连接。

7. 根据权利要求 1 所述的激光退火装置，其特征在于，每个所述激光调节器包括沿光路排列的光斑探测系统、能量衰减系统、匀光系统、转动和位移装置，所述光斑探测系统分别与激光器和中央处理系统连接，所述转动和位移装置位于所述硅片上方。

8. 根据权利要求 7 所述的激光退火装置，其特征在于，所述光斑探测系统包括功率计、CCD 检测器和图像采集器。

9. 根据权利要求 7 所述的激光退火装置，其特征在于，所述匀光系统采用微透镜阵列或光学积分棒。

10. 根据权利要求 7 所述的激光退火装置，其特征在于，所述能量衰减系统与匀光系统之间还设有扩束准直系统。

11. 根据权利要求 7 所述的激光退火装置，其特征在于，所述转动和位移装置包括电流计透镜和压电陶瓷位移装置。

12. 根据权利要求 7 所述的激光退火装置，其特征在于，所述转动和位移装置与硅片之间还设有 F- θ 透镜。

13. 根据权利要求 1 所述的激光退火装置，其特征在于，所述至少两个激光器输出的激光光束包括至少两种不同的波长。

14. 一种如权利要求 1-13 中任一项所述的激光退火装置的退火方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：将硅片放置于载片台上，对硅片进行沿水平向的姿态调整；

S2：由激光调节系统中的激光调节器确定硅片内的光斑位置，根据该光斑位置处的反射率，选择最佳的工艺参数组；

S3：调节激光光源系统和激光调节系统，采用最佳工艺参数对光斑位置处进行曝光，同时通过温度监控系统测量光斑位置处的温度数据，并将该温

度数据发送至中央控制系统;

S4: 中央控制系统根据接收的温度数据判断该温度是否满足设定的温度范围内; 如果不满足, 则记录该位置处的曝光温度, 对下一个具有相同反射率的硅片位置进行曝光时, 调节激光光源系统和激光调节系统的参数, 使曝光温度处于设定的范围内; 如果满足, 则控制载片台带动硅片相对于光斑移动至下一个曝光位置;

S5: 判断该位置是否为结束位置, 如果不是则重复步骤 S2-S4, 否则结束。

15. 根据权利要求 14 所述的激光退火装置的退火方法, 其特征在于, 所述步骤 S2 中, 选择最佳的工艺参数组包括以下步骤:

S21: 选择各个激光器的波长;

S22: 针对硅片上的任一位置, 调节各个激光器的入射角和功率, 形成若干包括各个激光器入射角和激光功率的参数组合;

S23: 选择其中一个参数组合, 测量硅片该位置对各个激光器对应激光光束的反射率和吸收的光强, 通过温度模型得到该参数组合对应的曝光温度;

S24: 判断该曝光温度是否满足设定的温度范围; 若不满足, 则选择下一组参数组合, 跳至步骤 S23, 若满足, 则确定该组参数组合作为最佳的工艺参数组, 移动载片台至硅片下一个位置, 跳至步骤 S23, 直至遍历硅片 1 上所有位置。

16. 一种如权利要求 1-13 中任一项所述的激光退火装置的退火方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

S1: 设置硅片至载片台上, 获得硅片表面的工艺参数;

S2: 根据上述工艺参数, 选择至少 2 个激光器, 产生激光光束, 并调整各激光光束的退火角度及退火功率;

S3: 使用上述激光光束, 整合成退火光斑, 进行硅片表面退火工艺。

17. 如权利要求 16 所述的激光退火装置的退火方法, 其特征在于, 在步骤 S1 中, 所述工艺参数是在退火工艺中, 根据硅片的型号, 从预先对硅片面

型测量获得的参数模型中，选出获得。

18. 如权利要求 16 所述的激光退火装置的退火方法，其特征在于，在步骤 S1 中，所述工艺参数是在退火过程中，对硅片表面面型实时测量获得的。

19. 如权利要求 16、17 或 18 所述的激光退火装置的退火方法，其特征在于，所述工艺参数包括硅片表面的面型分布及材料的反射率。

20. 如权利要求 19 所述的激光退火装置的退火方法，其特征在于，在步骤 S2 中，根据上述材料的反射率，选择至少 2 个波长不同的所述激光光束，并调整所述激光光束的功率。

21. 如权利要求 20 所述的激光退火装置的退火方法，其特征在于，在步骤 S2 中，根据上述表面的面型分布，通过对应的所述激光调节器调整上述激光光束的入射角度，获得不同退火角度。

22. 如权利要求 19 所述的激光退火装置的退火方法，其特征在于，在步骤 S3 中，所述退火光斑的能量分布和所述硅片表面的面型分布及材料的反射率相匹配。

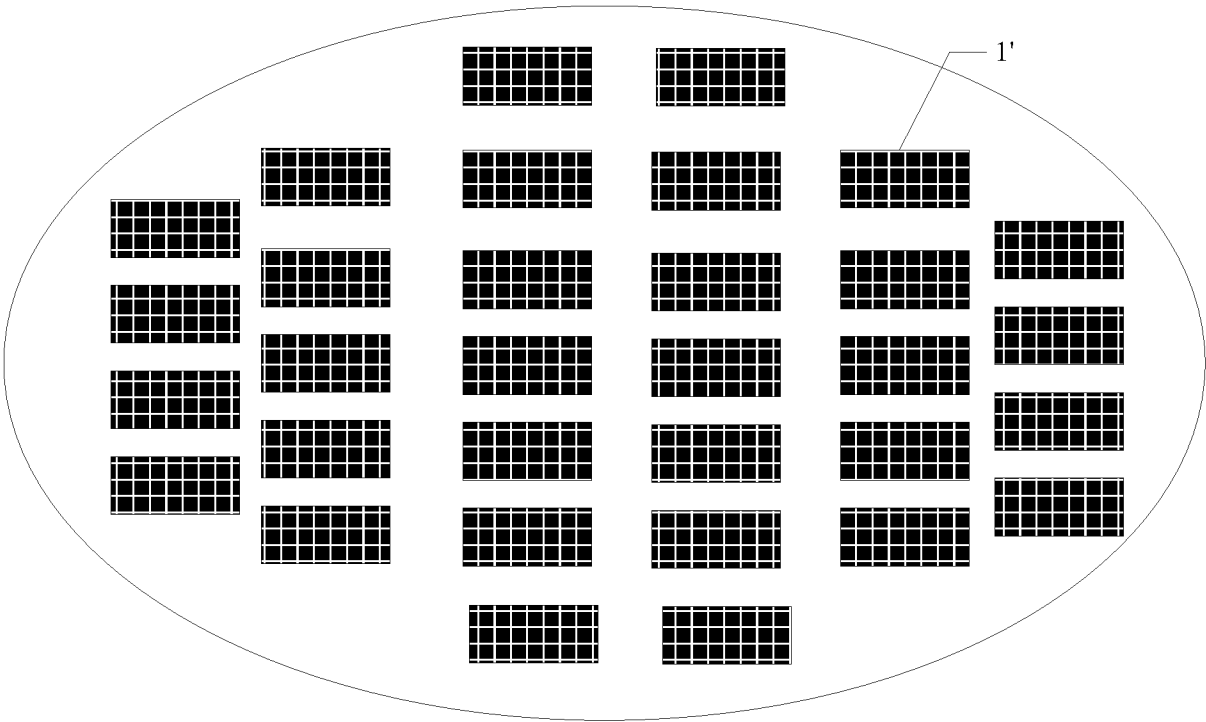


图 1

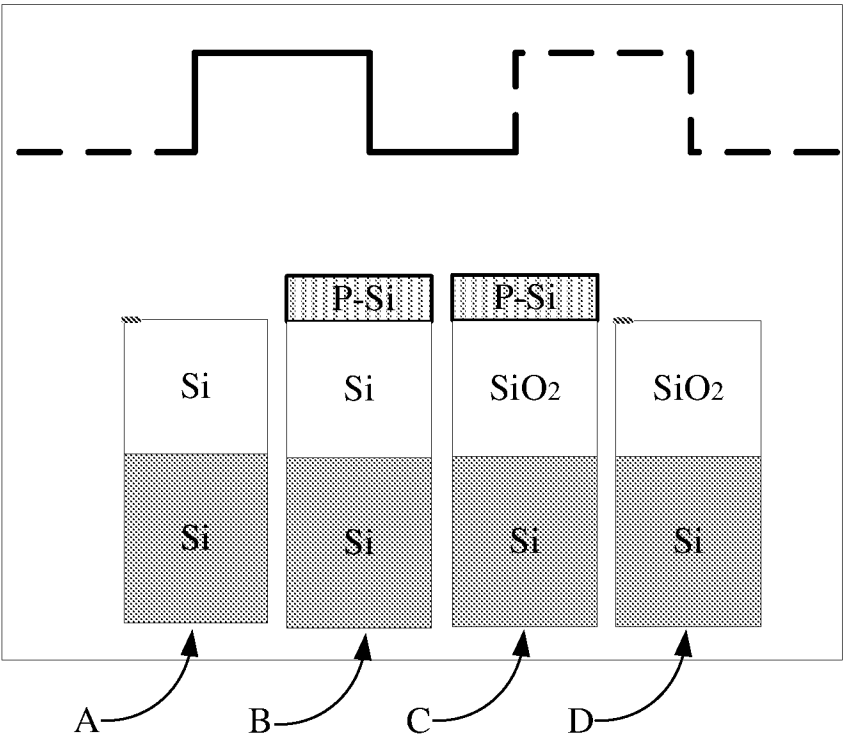


图 2

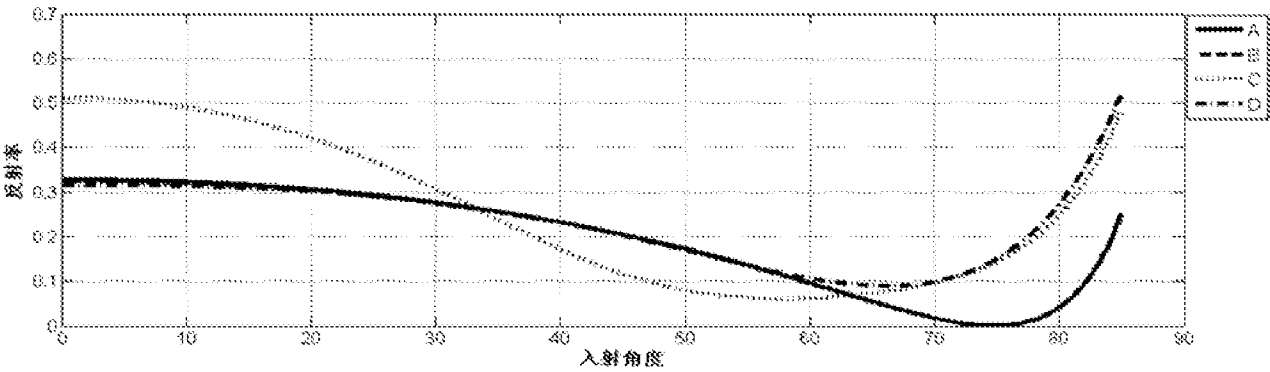


图 3a

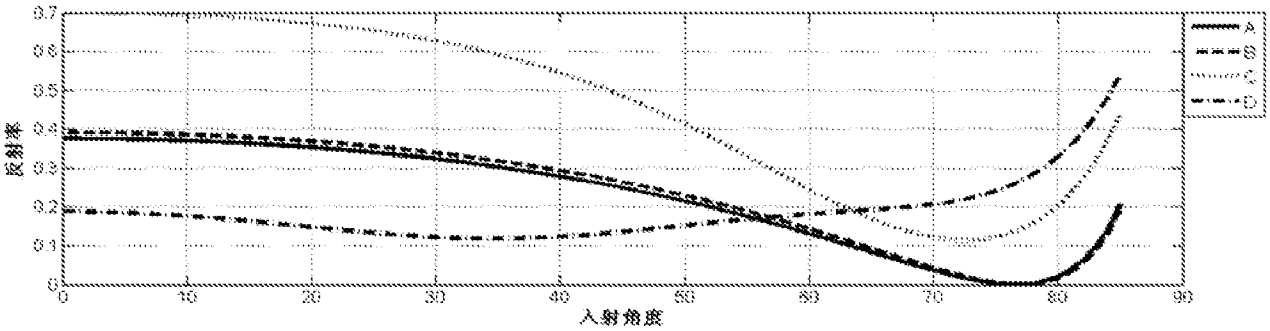


图 3b

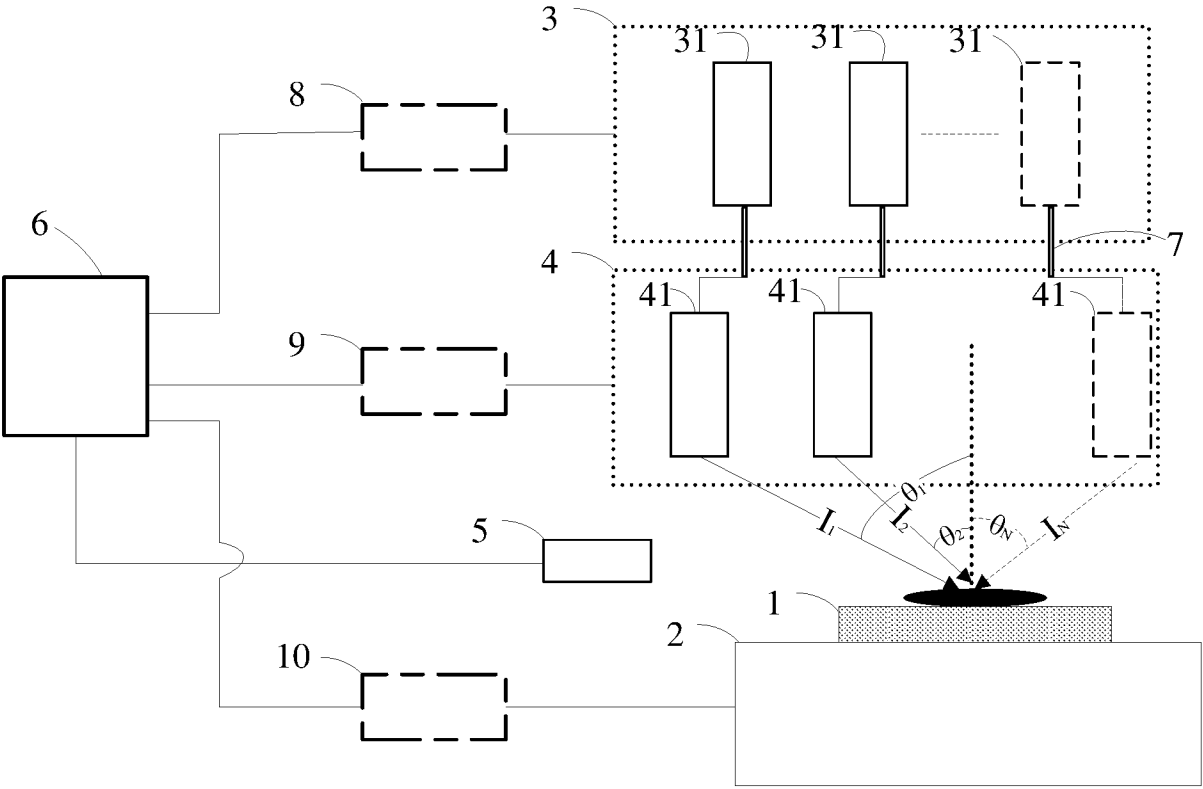


图 4

3/4

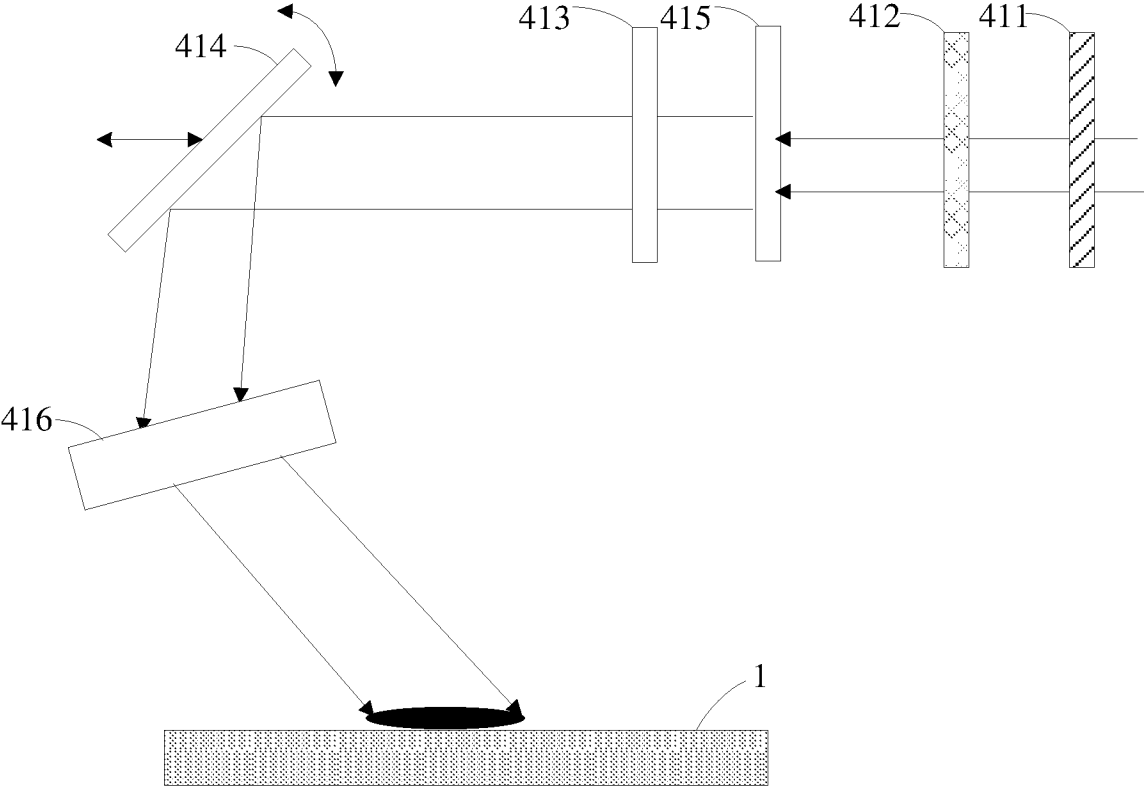


图 5

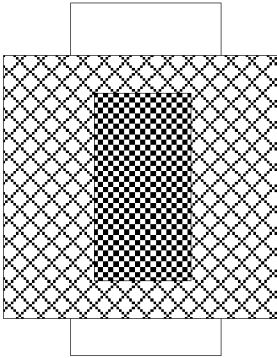


图 6

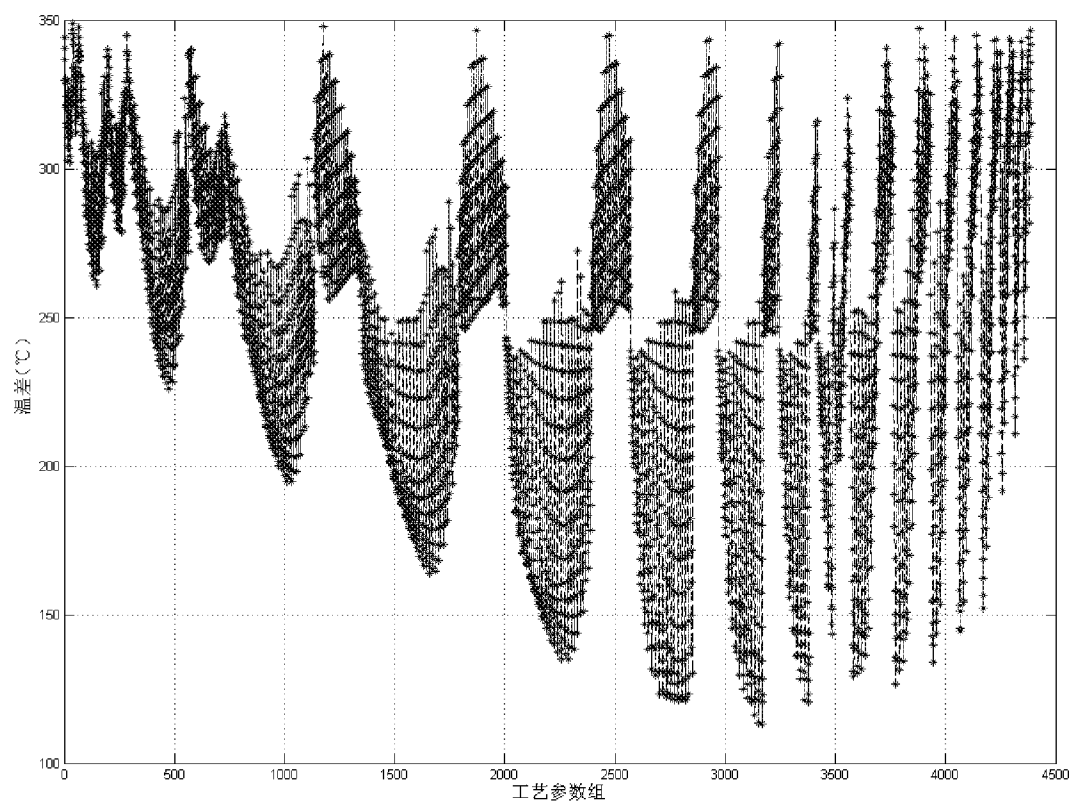


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/112662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/268 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, DWPI, SIPOABS, CNKI, CNPAT: laser, anneal+, thermal+, second, two, double, three, twice, multi+, thermal process+, light source

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 101160646 A (APPLIED MATERIALS INC.) 09 April 2008 (09.04.2008) description, page 6, line 20 to page 12, line 11, and figures 2-7	1-22
Y	CN 103578943 A (SHANGHAI MICRO ELECTRONICS EQUIP CO., LTD.) 12 February 2014 (12.02.2014) description, paragraphs [0018]-[0035], and figures 1-8	1-22
A	CN 104078339 A (SHANGHAI MICRO ELECTRONICS EQUIP CO., LTD.) 01 October 2014 (01.10.2014) the whole document	1-22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 24 March 2017	Date of mailing of the international search report 05 April 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Wenjie Telephone No. (86-10) 62412092

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/112662

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101160646 A	09 April 2008	EP 1872397 A1	02 January 2008
		US 2010264123 A1	21 October 2010
		US 2012234801 A1	20 September 2012
		US 2009311880 A1	17 December 2009
		US 2006234458 A1	19 October 2006
		US 8653408 B2	18 February 2014
		US 2012234800 A1	20 September 2012
		KR 20070120611 A	24 December 2007
		US 8890024 B2	18 November 2014
		KR 100931809 B1	14 December 2009
		CN 102157375 B	22 May 2013
		CN 102157375 A	17 August 2011
		US 7279721 B2	09 October 2007
		CN 101160646 B	18 May 2011
		US 8765618 B2	01 July 2014
		EP 1872397 B1	17 April 2013
		US 2012261395 A1	18 October 2012
		KR 20090127360 A	10 December 2009
		US 2012238111 A1	20 September 2012
		US 8242407 B2	14 August 2012
		US 2007293058 A1	20 December 2007
		WO 2006113100 A1	26 October 2006
		JP 2008537334 A	11 September 2008
		US 7595208 B2	29 September 2009
		US 2015069028 A1	12 March 2015
		US 8907247 B2	09 December 2014
		KR 101115174 B1	24 February 2012
		US 7772134 B2	10 August 2010

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/112662

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103578943 A	12 February 2014	JP 2015520507 A	16 July 2015
		JP 6006864 B2	12 October 2016
		US 9455164 B2	27 September 2016
		KR 20150014515 A	06 February 2015
		WO 2014015765 A1	30 January 2014
		KR 101660440 B1	27 September 2016
		TW 201413823 A	01 April 2014
		US 2015037984 A1	05 February 2015
		SG 11201405564 A1	30 October 2014
CN 104078339 A	01 October 2014	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/112662

A. 主题的分类

H01L 21/268(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, DWPI, SIPOABS, CNKI, CNPAT: 激光, 退火, 镭射, 雷射, 热处理, 两个, 多个, 光源, 双, 多, 两, 三, laser, anneal+, thermal+, second, two, double, three, twice, multi+, thermal process+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 101160646 A (应用材料公司) 2008年 4月 9日 (2008 - 04 - 09) 说明书第6页第20行-第12页第11行、附图2-7	1-22
Y	CN 103578943 A (上海微电子装备有限公司) 2014年 2月 12日 (2014 - 02 - 12) 说明书第[0018]-[0035]段、附图1-8	1-22
A	CN 104078339 A (上海微电子装备有限公司) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 全文	1-22

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 3月 24日

国际检索报告邮寄日期

2017年 4月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

王文杰

电话号码 (86-10)62412092

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/112662

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	101160646	A	2008年 4月 9日	EP	1872397	A1	2008年 1月 2日
				US	2010264123	A1	2010年 10月 21日
				US	2012234801	A1	2012年 9月 20日
				US	2009311880	A1	2009年 12月 17日
				US	2006234458	A1	2006年 10月 19日
				US	8653408	B2	2014年 2月 18日
				US	2012234800	A1	2012年 9月 20日
				KR	20070120611	A	2007年 12月 24日
				US	8890024	B2	2014年 11月 18日
				KR	100931809	B1	2009年 12月 14日
				CN	102157375	B	2013年 5月 22日
				CN	102157375	A	2011年 8月 17日
				US	7279721	B2	2007年 10月 9日
				CN	101160646	B	2011年 5月 18日
				US	8765618	B2	2014年 7月 1日
				EP	1872397	B1	2013年 4月 17日
				US	2012261395	A1	2012年 10月 18日
				KR	20090127360	A	2009年 12月 10日
				US	2012238111	A1	2012年 9月 20日
				US	8242407	B2	2012年 8月 14日
				US	2007293058	A1	2007年 12月 20日
				WO	2006113100	A1	2006年 10月 26日
				JP	2008537334	A	2008年 9月 11日
				US	7595208	B2	2009年 9月 29日
				US	2015069028	A1	2015年 3月 12日
				US	8907247	B2	2014年 12月 9日
				KR	101115174	B1	2012年 2月 24日
				US	7772134	B2	2010年 8月 10日
CN	103578943	A	2014年 2月 12日	JP	2015520507	A	2015年 7月 16日
				JP	6006864	B2	2016年 10月 12日
				US	9455164	B2	2016年 9月 27日
				KR	20150014515	A	2015年 2月 6日
				WO	2014015765	A1	2014年 1月 30日
				KR	101660440	B1	2016年 9月 27日
				TW	201413823	A	2014年 4月 1日
				US	2015037984	A1	2015年 2月 5日
				SG	11201405564	A1	2014年 10月 30日
CN	104078339	A	2014年 10月 1日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)