

一种激光退火装置及激光退火方法

技术领域

本发明涉及一种应用于半导体材料加工技术领域，尤其涉及一种激光退火装置及激光退火方法。

背景技术

退火处理，主要是指将材料曝露于高温很长一段时间后，然后再慢慢冷却的热处理制程。传统的炉子加热退火，即使在高达 1100 度下退火，仍不能彻底消除结晶缺陷。而半导体激光退火则能比较彻底地消除结晶缺陷。半导体激光退火使用的光谱波长范围很宽，从 UV (紫外)到 IR (红外)波段的激光器都有。工作方式也多种多样，如美国专利 US6336308 (2002-01-08 公开)和 US7365285 (2008-04-29 公开)中所公开的单脉冲激光退火，高频率 Q 开关脉冲激光退火，连接波激光扫描退火，同波长双激光扫描退火，不同波长双激光扫描退火等。

如文献 Silicon laser annealing by a two-pulse laser system with variable pulse offsets, V.Gonfa,etc, Laser Annealing of double implanted layers for igt power devices, Clement Sabatier,etc 以及文献 UL Dual beam laser spike annealing technology) 都有提到双激光退火的激活效果比单激光退火好。双激光退火有两种，一种是同一波长的两个脉冲不同时间辐射到硅平面 (如文献 Silicon laser annealing by a two-pulse laser system with variable pulse offsets, V.Gonfa,etc 以及文献 Laser Annealing of double implanted layers for igt power devices, Clement Sabatier,etc 中公开的内容所示); 另外一种是采用长波的连续激光或脉冲激光进行预热，然后再用短波进一步退火(如文献 UL Dual beam laser spike annealing technology 所示)。目前双激光方式的激光退火装置已经在行业中开始应用于 IGBT、TFT 等领域。

现有技术中 Liquid Phase Reflectivity under Conditions of Laser Induced Silicon Melting 中所介绍：激光退火过程中，当硅表面融熔后，表面液态硅的反射率是原来固态硅的反射率的 2 倍，此时激光脉冲的激光能量将被大量反射出去，而不被硅所吸收，降低了激光能量利用率，影响了退火效果。

该影响对单激光退火或双激光退火都存在。如果拉长双脉冲激光的延时，则有的时间范围内温度过低，达不到退火要求(比如高于 1300 度的时间大于 50ns 的退火要求)。在很多应用中，不一定需要达到熔点 1414 度附近即可达到退火效果(如现有技术中的文献 Sub-Melt Laser Annealing Followed by Low-Temperature RTP for Minimized Diffusion, S. B. Felch, D. E Downey, and E. A. Arevalo Varian Semiconductor Equipment Associates, Inc. 81 1 Hansen Way, Palo Alto, CA 94303-0750 USA 所示的退火；又如现有技术中的文献 PULSED LASER ANNEALING AND RAPID THERMAL ANNEALING OF COPPER-INDIUM-GALLIUM-DISELENIDE-BASED THIN-FILM SOLAR CELLS 所示的太阳能退火)。

无论是单脉冲激光还是双脉冲激光，当温度超过熔点，吸收率减半，降低了能量利用率。此外，以上两种方案都有可能引起温度超过激活退火所需温度(比如 1100 度，激活效率 90%以上)的时间较短(比如小于 100ns)，从而影响了退火效果。如何提高能量利用率，并改善退火效果，成为激光退火中需要改进的重要问题。

发明内容

本发明的目的是提供一种能将单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份激光脉冲并用于退火的激光退火装置及激光退火方法。

为达到上述目的，本发明的第一方面提供一种激光退火装置，包括：

- 一激光光束发生模块，用于提供一稳定的单脉冲激光；
- 一循环延时装置，用于将所述单脉冲激光分解为若干子脉冲激光；
- 一光学模块，用于将所述子脉冲激光汇聚至一基底上；
- 一运动台，用于为所述基底提供至少一个自由度的位移。

优选的，所述循环延时装置至少包括一延时器、一分光镜组以及一内部控制模块，所述内部控制模块用于控制所述延时器的延时以及所述分光镜组的分光比例。

优选的，所述循环延时装置还包括若干光纤，用于在所述分光镜组与所述延时器之间传递激光。

优选的，所述延时器包括镜面平行的两面反射镜、以及角度或位置可调节的出射端和接收端。

优选的，所述出射端和接收端分别为一出射头和一接收头，或者一出射反射镜和一接收反射镜。

优选的，所述内部控制模块用于调节所述出射端和接收端的角度或位置，以控制所述延时器的延时。

优选的，所述分光镜组包括若干个透射率不同的第一分光镜以及一转轴，所述内部控制模块驱动所述转轴改变所选用的第一分光镜，以控制所述分光镜组的分光比例。

优选的，所述若干第一分光镜到所述转轴的距离相等。

优选的，所述的激光退火装置还包括一主控制器，所述主控制器与所述内部控制模块连接，用于发送延时指令及分光比例指令给所述内部控制模块。

优选的，所述激光光束发生模块包括激光器、光强调节器、第二分光镜、能量探测器、激光控制器以及环境控制单元，所述激光器的发出的激光经所述光强调节器调节后再经所述第二分光镜分光，其中，激光的大部分进入所述循

环延时装置，其余部分进入所述能量探测器，所述能量探测器探测激光能量并将探测结果传输至所述激光控制器，所述环境控制单元探测所述激光器的工作环境信息并将探测结果传输至所述激光控制器，所述激光控制器根据环境控制单元和能量探测器两者的探测结果的控制所述激光器工作，所述激光控制器和所述环境控制单元经由所述主控制器控制。

优选的，所述光学模块包括扩束器、匀光器、第一聚焦镜组、第三分光镜、第二聚焦镜组以及焦面探测器，从循环延时装置射出的子脉冲激光，依次经过所述扩束器和匀光器处理后，再经所述第三分光镜分光，其中，一部分子脉冲激光经所述第一聚焦镜组后射至所述基底的表面，另一部分子脉冲激光经所述第二聚焦镜组射至所述焦面探测器，所述焦面探测器将探测到的焦面信息输出至所述主控制器，所述主控制器根据该焦面信息控制所述运动台运动使得基底达到最佳焦面位置。

本发明的第二方面提供一种激光退火方法，包括：

提供一稳定的单脉冲激光；

使所述单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份子激光脉冲；

利用所述子激光脉冲连续辐照基底，使所述基底的表面温度稳定于一预定范围内。

优选的，所述使所述单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份子激光脉冲具体包括：

- a) 根据一设定的分光比例选择一第一分光镜；
- b) 所述单脉冲激光经所述第一分光镜后被分为两束，其中一束直接用于辐照所述基底，另一束进入一延时器延时后出射；
- c) 所述延时器的出射光束再次经过所述第一分光镜后被分为两束，其中一束用于辐照所述基底，另一束再次进入所述延时器延时后出射；

d) 重复步骤 c), 或根据一设定的分光比例选择一第一分光后再重复步骤 c)。

优选的, 所述延时器包括镜面平行的两面反射镜, 以及角度或位置可调节的出射端和接收端。

优选的, 调节所述出射端及接收端的角度或位置可调节所述延时器的延时时间。

优选的, 所述出射端和接收端分别为一出射头和一接收头, 或者一出射反射镜和一接收反射镜。

本发明提供的激光退火装置及激光退火方法, 能将单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份激光脉冲, 在这些激光脉冲的连续辐照下, 能使得退火期间硅片表面温度能更长时间保持在熔点附近或所需退火温度附近, 从而提高了激光能量利用率, 进而改善退火效果。

附图说明

图 1 是本发明所涉及的激光退火装置的整体结构示意图;

图 2 是本发明所涉及的激光退火装置的循环延时装置的第一实施方式的结构示意图;

图 3 是本发明所涉及的激光退火装置的循环延时装置的第二实施方式的结构示意图;

图 4a 是本发明所涉及的循环延时装置的分光镜组结构示意图;

图 4b 是图 4a 的侧视图;

图 5 是本发明所涉及的循环延时装置内脉冲光强示意图;

图 6 是本发明所涉及的循环延时装置内脉冲光强的能量分布示意图;

图 7 是本发明所涉及的基底表面接收的退火激光脉冲相对光强示意图;

图 8 是本发明所涉及的基底表面温度示意图。

具体实施方式

在背景技术中已经提及，现有的调整脉冲时间宽度的方法，在一定的时间后，基底温度超过熔点，激光能量被强烈大量反射，并且伴有因不断升温引发的热辐射使得基底离子挥发等问题。现有的双脉冲取代单脉冲激光，能量被离散化后，退火效果更好。而本发明提供本发明提供的激光退火装置及激光退火方法，能将单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份激光脉冲而不增加激光器，得到的退火效果比双脉冲的效果更佳，而成本较低，在这些激光脉冲的连续辐照下，能使得退火期间硅片表面温度能更长时间保持在熔点附近或所需退火温度附近，从而提高了激光能量利用率，进而改善退火效果。

下面将结合附图对本发明进行更详细的描述，其中表示了本发明的优选实施例，应所述理解本领域技术人员可以修改在此描述的本发明，而仍然实现本发明的有利效果。因此，下列描述应当被理解为对于本领域技术人员的广泛知道，而并不作为对本发明的限制。

为了清楚，不描述实际实施例的全部特征。在下列描述中，不详细描述公知的功能和结构，因为它们会使本发明由于不必要的细节而混乱。应当认为在任何实际实施例的开发中，必须做出大量实施细节以实现开发者的特定目标，例如按照有关系统或有关商业的限制，由一个实施例改变为另一个实施例。另外，应当认为这种开发工作可能是复杂和耗费时间的，但是对于本领域技术人员来说仅仅是常规工作。

在下列段落中参照附图以举例方式更具体地描述本发明。根据下面说明和权利要求书，本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是，附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比例，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例

的目的。

该发明的核心思想在于，利用一循环延时装置将一单脉冲激光分解为若干子脉冲激光，并利用一光学模块将所述子脉冲激光汇聚至一基底上，基底在这些激光脉冲的连续辐照下，能使得退火期间基底表面温度能更长时间保持在熔点附近或所需退火温度附近，从而可以防止基底达到熔点后因融溶后的基底表面的反射率提高而使得激光被大量反射出去，故而可以提高激光能量利用率，进而改善退火效果。

请参考图 1，其为本发明所涉及的激光退火装置的整体结构示意图，所述激光退火装置，包括：

一激光光束发生模块，用于提供一稳定的单脉冲激光；

一循环延时装置 300，用于将所述单脉冲激光分解为若干子脉冲激光；

一光学模块，用于将所述子脉冲激光汇聚至一基底 204，所述基底 204 即为待退火的半导体或其他材料，本实施例中，所述基底是硅片；

一运动台 500，用于为所述基底 204 提供至少一个自由度的位移，所述基底 204 被放置于所述运动台 500 上，该运动台 500 可以沿若干个自由度运动。

优选的，所述的激光退火装置还包括一主控制器 600，所述主控制器 600 与所述内部控制模块 307 连接，用于发送延时指令及分光比例指令给所述循环延时装置 300 内部的内部控制模块 307。循环延时装置 300 内部的内部控制模块 307 根据主控制器 600 发出的指令来控制循环延时装置 300 发出的若干子脉冲之间的延时以及循环延时装置 300 的分光比例（即能量比例）。当然，所述主控制器 600 也可以直接控制循环延时装置 300 发出的若干子脉冲之间的延时以及循环延时装置 300 的分光比例（即能量比例）。

对于复杂设备，计算机 400 和主控制器 600 是分离的。计算机 400 发出指令后，主控制器 600 转化为可执行的信号通过总线下发给分控制器再进行执行。

请参考图 2, 其为本发明所涉及的激光退火装置的循环延时装置的第一实施方式的结构示意图, 所述循环延时装置 300 至少包括一延时器 301、一分光镜组 302 以及一内部控制模块 307, 其中, 所述延时器 301 可根据需要调整脉冲的延时时间, 所述分光镜组 302 用于调整分光比例。所述内部控制模块 307 分别和所述延时器 301 和所述分光镜组 302 连接, 所述内部控制模块 307 用于控制所述延时器 301 的延时以及所述分光镜组 302 的分光比例。

优选的, 所述循环延时装置 300 还包括若干光纤 310, 用于在所述分光镜组 302 与所述延时器 301 之间传递激光。

请继续参考图 2, 所述延时器 301 包括镜面平行的两面反射镜 304、305、以及角度或位置可调节的出射端和接收端。所述内部控制模块 307 能够通过调节所述出射端和接收端的角度或位置, 来控制所述延时器 301 的延时。优选的, 所述出射端和接收端可以为一出射头 303 和一接收头 306。所述反射镜 304 和反射镜 305 镜面平行放置。出射头 303 的角度可调整, 接收头 306 的位置可调整, 且调整的角度由内部控制模块 307 所控制。若出射头 303 的光出射角度为 θ , 两面反射镜 304、305 之间的距离为 L , 高度为 H , 循环延时装置 300 中的光纤 310 的长度为 L_0 , 而光纤 310 出口到出射头 306 的光程为 L_1 , 则光束每在循环延时装置 300 中循环一周的光程约为

$$X=L_1+n*L_0+\text{mod}(H/(L*\text{tg}(\theta))) * L*\text{sec}(\theta) \quad \dots\dots \quad \text{公式一}$$

其中 mod 函数在此表示取整函数, 若为偶数则再加 1, n 表示光纤 301 介质的折射率, 那么光束每在循环延时装置 300 中循环一周的延时为:

$$T=X/c \quad \dots\dots \quad \text{公式二}$$

通过这样的关系, 当内部控制模块 307 接到主控制器 600 发出的需要延时 T 的指令时候, 可通过公式一与公式二计算出出射角度 θ , 在内部控制模块 307 的控制下调整出射头 303 的角度出射光线, 并调整接收头 306 到容易接收激光的位置。

请参考图 4a 和图 4b, 其中, 图 4a 所示为本发明所涉及的循环延时装置的分光镜组结构示意图, 图 4b 所示为是图 4a 的侧视图, 所述分光镜组 302 包括若干个透射率不同的第一分光镜以及一转轴 3025, 本实施例中, 所述分光镜组 302 有四个第一分光镜 3021、3022、3023、3024, 所述内部控制模块 307 驱动所述转轴 3025 改变所选用的第一分光镜, 以控制所述分光镜组 302 的分光比例。四个第一分光镜 3021、3022、3023、3024 的透过率依次为 a_1, a_2, a_3, a_4 。内部控制模块 307 接收到控制器 600 发出的分光比例指令后, 控制该分光镜组 302 的转轴 3025 转动来改变所选用的第一分光镜, 设所选用的第一分光镜的透光率为 a 。选择不同的第一分光镜可以获得不同的透光率。

优选的, 所述若干第一分光镜 3021、3022、3023 以及 3024 到所述转轴 3025 的距离相等, 如此可以方便选用所需透射率的第一分光镜。

优选的, 所述激光光束发生模块, 包括: 激光器 100、光强调节器 101、第二分光镜 102、能量探测器 105、激光控制器 104 以及环境控制单元 103, 所述激光器 100 的发出的单脉冲激光先经所述光强调节器 101 调节后, 再经所述第二分光镜 102 分光, 其中, 激光的大部分进入所述循环延时装置 300, 其余部分进入所述能量探测器 105, 所述能量探测器 105 探测激光能量并将探测结果传输至所述激光控制器 104; 所述环境控制单元 103 探测所述激光器 100 的工作环境信息 (例如温度信息) 并将探测结果传输至所述激光控制器 104, 所述激光控制器 104 根据环境控制单元 103 和能量探测器 105 两者的探测结果控制所述激光器 100 工作, 所述激光控制器 104 和所述主控制器 600 连接并受所述主控制器 600 控制。

优选的, 所述光学模块包括扩束器 206、匀光器 203、第一聚焦镜组 202、第三分光镜 207、第二聚焦镜组 209 以及焦面探测器 201, 从循环延时装置 300 射出的子脉冲激光, 依次经过所述扩束器 206 和匀光器 203 处理后, 再经所述

第三分光镜 307 分光, 其中, 一部分子脉冲激光经所述第一聚焦镜组 202 后射至所述基底 204 的表面, 另一部分子脉冲激光经所述第二聚焦镜组 209 后射至所述焦面探测器 201, 所述焦面探测器 201 将探测到的焦面信息输出至所述主控制器 600, 所述主控制器 600 根据该焦面信息控制所述运动台 500 运动使得基底 204 达到最佳焦面位置。

请参考图 5, 其是本发明所涉及的循环延时装置内脉冲光强示意图。如图 5 中所示, 并请结合图 1 和图 2, 分光镜组 302 按设定的分光比例 a (即所选的第一分光镜具有该分光比例 a) 将激光出射光束 (光束 0 即 Beam 0) 分为两束, 其中一束 (光束 1 即 Beam 1) 直接通往循环延时装置 300 外部, 如经扩束其 206 通往匀光器 203, 而另外一束 (光束 2 即 Beam 2) 导入到延时器 301 中按给定设置(T)延时后, 通过光纤 310 重新将光束 2 导到所选的第一分光镜上。

光束 2 被所选的第一分光镜按设定的分光比例 a 分为两束, 其中一束 (光束 3 即 Beam 3) 直接通往循环延时装置 300 外部, 而另外一束 (光束 4 即 Beam 4) 导入到延时器 301 中按给定设置(T)延时后, 通过光纤 310 重新将光束 4 导到所选的第一分光镜上。

光束 4 被所选的第一分光镜分为两束, 其中一束 (光束 5 即 Beam 5) 直接通往循环延时装置 300 外部, 而另外一束 (光束 6 即 Beam 6) 导入到延时器 301 中按给定设置(T)延时后, 通过光纤 310 重新将光束 6 导到所选的第一分光镜上。

如此反复, 光束 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, ... , $2n-1, 2n$ 的能量相对值依次为:

$1, a, 1-a, a(1-a), (1-a)^2, a(1-a)^2, (1-a)^3, \dots, a(1-a)^{(n-1)}, (1-a)^n$ 。

实际达到匀光器 302 的光束为 1, 3, 5, ... , $2n-1$ 等奇数次编号的激光, 其能量相对值依次为:

$a, a(1-a), a(1-a)^2, \dots, a(1-a)^{(n-1)},$

1, 3, 5, ... , $2n-1$ 等奇数次编号脉冲的各自延时为 T , 本实施例中 $T=200\text{ns}$ 。而, 激光退火设备中常用激光器出射脉冲的频率 f 为 0.1-10kHz 范围, 则 $1/f > T$, 本

实施例中 $f=1\text{kHz}$ 。

匀光器 302 依次将这 1,3,5, ... , $2n-1$ 等奇数次编号的 n 个激光脉冲沿着非扫描方向匀光后依次辐照在运动台 500 的基底 204 上。

在本实施例中设定的分光比例 $a=30\%$, 则到达匀光器 302 的 n 束光的能量依次为:

$$0.3, 0.21, 0.147, 0.1029, 0.07203, 0.050421, \dots, 0.3 \cdot 0.7^{(2 \cdot n - 1)}, \dots$$

所得的脉冲能量示意如表 1 和图 6 中所示。其中表 1 是循环延时装置 300 中光束相对光强示意图, 图 6 是本发明所涉及的循环延时装置 300 内脉冲光强的能量分布示意图。激光器 100 所发出的激光脉冲经过了循环延时装置 300, 被分解为若干能量指数型降低的脉冲, 如图 7 中所示, 图 7 是本发明所涉及的基底 204 表面接收的退火激光脉冲相对光强示意图。本实施例中, 本实施例循环延时装置 300, 其中两个主反射镜高度 1m, 距离 1m, 调整角度 (即出射头 303 的光出射角度为 θ) 为 0.95 度, 光程则调整为 60m, 则被分解的脉冲延时为 200ns。本实施例中 $f=1\text{kHz}$, 则激光器出射脉冲的时间间隔为 1ms。

从循环延时装置中出射光的编号 n	光束内部编号 (第一分光镜透射光)	相对光强 (第一分光镜透射光)	光束内部编号 (第一分光镜反射光)	相对光强 (第一分光镜反射光)
1	1	0.3	2	0.7
2	3	0.21	4	0.49
3	5	0.147	6	0.343
4	7	0.1029	8	0.2401
5	9	0.07203	10	0.16807
6	11	0.050421	12	0.117649
7	13	0.0352947	14	0.082354

8	15	0.0247063	16	0.057648
9	17	0.0172944	18	0.040354
10	19	0.0121061	20	0.028248
11	21	0.0084743	22	0.019773
12	23	0.005932	24	0.013841
13	25	0.0041524	26	0.009689
14	27	0.0029067	28	0.006782
15	29	0.0020347	30	0.004748

表一

如现有技术中的 Laser Annealing of double implanted layers for igt power devices, Clement Sabatier,etc.所公开内容可知，双脉冲激光取代单脉冲激光，能量被离散化后，退火效果更好，而本发明能够将单脉冲离散化为多个脉冲而不增加激光器，得到的退火效果比双脉冲的效果更佳，且成本较低。此外本方法也和调整脉冲时间宽度的方法不一样。因为调整脉冲时间宽度的方法，在一定的时间后，基底温度超过熔点后，激光能量被强烈即大量反射，并且会由于不断升温引发热辐射和基底离子挥发等问题。而采用本发明通过调整分光比例 a 和延时时间 T ，可以使得基底表面温度在熔点附近达到比较久的时间，如图 8 所示，从而提高能量利用率，并有效改善了退火效果。

实施例二

请参阅图 3，图 3 是本发明所涉及的激光退火装置的循环延时装置的第二实施方式的结构示意图，本实施例与实施例一的区别在于：该延时器 301 包括两面主反射镜 304 与 305、出射反射镜 309、接收反射镜 308。出射反射镜 308、接收反射镜 309 的位置可调整，和图 2 所示的例子类似，本实施例同样实现光程可调，从而可以调整延时时间。本实施例中，由于所述出射端和接收端分别为一出射反射镜 309 和一接收反射镜 308。因此，可以不设置光纤 310，而是采用具有反射功能的光学元件来传递激光。同样，本实施例通过调整分光比例 a

和延时时间 T ，可以使得基底表面温度在熔点附近达到比较久的时间，如图 8 所示，从而提高能量利用率，并有效改善了退火效果。

实施例三

根据本发明的另一面，还提供一种激光退火方法，可以参考图 1 至图 8，但该激光退火方法采用的退火装置不限于是实施例一和实施例二的结构，所述激光退火方法包括：

提供一稳定的单脉冲激光；

使所述单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份子激光脉冲；

利用所述子激光脉冲连续辐照基,204, 使所述基底 204 的表面温度稳定于一预定范围内。

优选的，所述使所述单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份子激光脉冲具体包括：

- a) 根据一设定的分光比例选择一第一分光镜；
- b) 所述单脉冲激光经所述第一分光镜后被分为两束，其中一束直接用于辐照所述基底 204，另一束进入一延时器 301 延时后出射；
- c) 所述延时器 301 的出射光束再次经过所述第一分光镜后被分为两束，其中一束用于辐照所述基底 204，另一束再次进入所述延时器 301 延时后出射；
- d) 重复步骤 c)，或根据一设定的分光比例选择一第一分光后再重复步骤 c)。

优选的，所述延时器 301 包括镜面平行的两面反射镜 304、305，以及角度或位置可调节的出射端和接收端。通过调节所述出射端及接收端的角度或位置可调节所述延时器的延时时间。优选的，所述出射端和接收端分别为一出射头 303 和一接收头 306，如图 2 所示；或者所述出射端和接收端

为一出射反射镜 309 和一接收反射镜 308，如图 3 所示。

综上所述，本发明提供的激光退火装置及激光退火方法，能将单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份激光脉冲，在这些激光脉冲的连续辐照下，能使得退火期间硅片表面温度能更长时间保持在熔点附近或所需退火温度附近，从而提高了激光能量利用率，进而改善退火效果。

显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

权利要求

- 1、一种激光退火装置，其特征在于，包括：
 - 一激光光束发生模块，用于提供一稳定的单脉冲激光；
 - 一循环延时装置，用于将所述单脉冲激光分解为若干子脉冲激光；
 - 一光学模块，用于将所述子脉冲激光汇聚至一基底上；
 - 一运动台，用于为所述基底提供至少一个自由度的位移。
- 2、如权利要求 1 所述的激光退火装置，其特征在于，所述循环延时装置至少包括一延时器、一分光镜组以及一内部控制模块，所述内部控制模块用于控制所述延时器的延时以及所述分光镜组的分光比例。
- 3、如权利要求 2 所述的激光退火装置，其特征在于，所述循环延时装置还包括若干光纤，用于在所述分光镜组与所述延时器之间传递激光。
- 4、如权利要求 2 所述的激光退火装置，其特征在于，所述延时器包括镜面平行的两面反射镜、以及角度或位置可调节的出射端和接收端。
- 5、如权利要求 4 所述的激光退火装置，其特征在于，所述出射端和接收端分别为一出射头和一接收头，或者一出射反射镜和一接收反射镜。
- 6、如权利要求 4 所述的激光退火装置，其特征在于，所述内部控制模块通过调节所述出射端和接收端的角度或位置，以控制所述延时器的延时。
- 7、如权利要求 2 所述的激光退火装置，其特征在于，所述分光镜组包括若干个透射率不同的第一分光镜以及一转轴，所述内部控制模块通过驱动所述转轴改变所选用的第一分光镜，以控制所述分光镜组的分光比例。
- 8、如权利要求 7 所述的激光退火装置，其特征在于，所述若干第一分光镜到所述转轴的距离相等。
- 9、如权利要求 2 所述的激光退火装置，其特征在于，还包括一主控制器，所述主控制器与所述内部控制模块连接，所述主控制器能够发送延时指令及分

光比例指令给所述内部控制模块。

10、如权利要求 9 所述的激光退火装置，其特征在于，所述激光光束发生模块包括激光器、光强调节器、第二分光镜、能量探测器、激光控制器以及环境控制单元，所述激光器的发出的激光经所述光强调节器调节后再经所述第二分光镜分光，其中，激光的大部分进入所述循环延时装置，其余部分进入所述能量探测器，所述能量探测器探测激光能量并将探测结果传输至所述激光控制器，所述环境控制单元探测所述激光器的工作环境信息并将探测结果传输至所述激光控制器，所述激光控制器根据环境控制单元和能量探测器两者的探测结果的控制所述激光器工作，所述激光控制器和所述环境控制单元经由所述主控制器控制。

11、如权利要求 9 所述的激光退火装置，其特征在于，所述光学模块包括扩束器、匀光器、第一聚焦镜组、第三分光镜、第二聚焦镜组以及焦面探测器，从循环延时装置射出的子脉冲激光，依次经过所述扩束器和匀光器处理后，再经所述第三分光镜分光，其中，一部分子脉冲激光经所述第一聚焦镜组后射至所述基底的表面，另一部分子脉冲激光经所述第二聚焦镜组射至所述焦面探测器，所述焦面探测器将探测到的焦面信息输出至所述主控制器，所述主控制器根据该焦面信息控制所述运动台运动使得基底达到最佳焦面位置。

12、一种激光退火方法，其特征在于，包括：

提供一稳定的单脉冲激光；

使所述单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份子激光脉冲；

利用所述子激光脉冲连续辐照基底，使所述基底的表面温度稳定于一预定范围内。

13、如权利要求 12 所述的激光退火方法，其特征在于，所述使所述单脉冲激光按延时需要和能量比例分解为若干份子激光脉冲具体包括：

- a) 根据一设定的分光比例选择一第一分光镜;
- b) 所述单脉冲激光经所述第一分光镜后被分为两束, 其中一束直接用于辐照所述基底, 另一束进入一延时器延时后出射;
- c) 所述延时器的出射光束再次经过所述第一分光镜后被分为两束, 其中一束用于辐照所述基底, 另一束再次进入所述延时器延时后出射;
- d) 重复步骤 c), 或根据一设定的分光比例选择一第一分光后再重复步骤 c)。

14、如权利要求 13 所述的激光退火方法, 其特征在于, 所述延时器包括镜面平行的两面反射镜, 以及角度或位置可调节的出射端和接收端。

15、如权利要求 14 所述的激光退火方法, 其特征在于, 调节所述出射端及接收端的角度或位置可调节所述延时器的延时时间。

16、如权利要求 14 所述的激光退火方法, 其特征在于, 所述出射端和接收端分别为一出射头和一接收头, 或者一出射反射镜和一接收反射镜。