



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111585164 A

(43)申请公布日 2020.08.25

(21)申请号 202010406606.0

(22)申请日 2020.05.14

(71)申请人 苏州长瑞光电有限公司

地址 215024 江苏省苏州市工业园区苏虹  
东路388号

(72)发明人 高逸群 许聪基 向宇 岳光礼

(74)专利代理机构 北京德崇智捷知识产权代理  
有限公司 11467

代理人 杨楠

(51)Int.Cl.

H01S 5/00(2006.01)

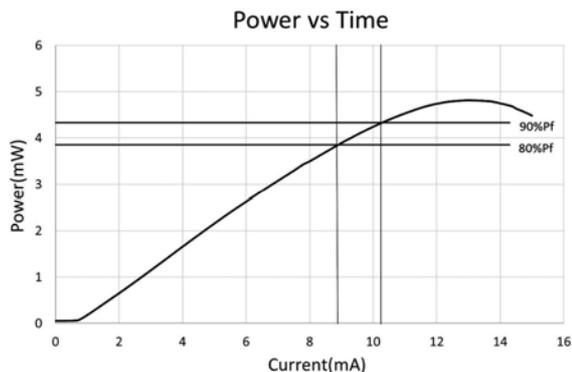
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种垂直腔面发射激光器快速老化方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种垂直腔面发射激光器快速老化方法,对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行单次大电流脉冲老化与光老化相组合的组合老化;所述单次大电流脉冲老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加脉冲宽度不大于0.5ms,电流大小为 $I_{th}+I_s$ 的电流脉冲, $I_{th}$ 为所述垂直腔面发射激光器的阈值电流, $I_s$ 的取值范围为45mA~60 mA;所述光老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加5-12小时的光老化驱动电流,所述光老化驱动电流为所述垂直腔面发射激光器的发光功率—电流的变化曲线上发光功率增大至最高点的80-90%所对应的电流。本发明还公开了一种垂直腔面发射激光器快速老化装置。本发明在确保能提前发现各类型缺陷芯片,从而降低用户使用风险的同时,还可大幅降低老化成本。



1. 一种垂直腔面发射激光器快速老化方法,其特征在于,对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行单次大电流脉冲老化与光老化相组合的组合老化;所述单次大电流脉冲老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加脉冲宽度不大于0.5ms,电流大小为 $I_{th}+I_s$ 的电流脉冲, $I_{th}$ 为所述垂直腔面发射激光器的阈值电流, $I_s$ 的取值范围为45mA~60 mA;所述光老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加5-12小时的光老化驱动电流,所述光老化驱动电流为所述垂直腔面发射激光器的发光功率—电流的变化曲线上发光功率增大至最高点的80-90%所对应的电流。

2. 如权利要求1所述垂直腔面发射激光器快速老化方法,其特征在于,在所述组合老化之后,对晶圆上的各垂直腔面发射激光器进行性能测试筛选。

3. 如权利要求2所述垂直腔面发射激光器快速老化方法,其特征在于,利用点测机进行所述组合老化和/或性能测试筛选。

4. 如权利要求1所述垂直腔面发射激光器快速老化方法,其特征在于,所述光老化的处理温度为25°C~50°C。

5. 一种垂直腔面发射激光器快速老化装置,其特征在于,包括:

大电流脉冲老化模块,用于对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行单次大电流脉冲老化,所述单次大电流脉冲老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加脉冲宽度不大于0.5ms,电流大小为 $I_{th}+I_s$ 的电流脉冲, $I_{th}$ 为所述垂直腔面发射激光器的阈值电流, $I_s$ 的取值范围为45mA~60 mA;

光老化模块,用于对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行光老化,所述光老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加5-12小时的光老化驱动电流,所述光老化驱动电流为所述垂直腔面发射激光器的发光功率—电流的变化曲线上发光功率增大至最高点的80-90%所对应的电流。

6. 如权利要求5所述垂直腔面发射激光器快速老化装置,其特征在于,还包括:

筛选模块,用于在晶圆上对其上的各垂直腔面发射激光器进行性能测试筛选。

7. 如权利要求6所述垂直腔面发射激光器快速老化装置,其特征在于,所述大电流脉冲老化模块、光老化模块和/或筛选模块利用点测机实现。

8. 如权利要求5所述垂直腔面发射激光器快速老化装置,其特征在于,所述光老化的处理温度为25°C~50°C。

## 一种垂直腔面发射激光器快速老化方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种激光器老化方法,尤其涉及一种垂直腔面发射激光器(Vertical Cavity Surface Emitting Laser,简称VCSEL)快速老化方法。

### 背景技术

[0002] 垂直腔面发射激光器VCSEL从诞生起就作为新一代光通信应用的核心器件。该类型激光器具有体积小、圆形输出光斑、单纵模输出、阈值电流小、价格低廉、易集成为大面积阵列等优点。随着工艺、材料技术改进,VCSEL器件在功耗、集成、散热等领域的优势逐渐显现,更应用于工业加热、环境监测、医疗设备等商业级应用以及3D感知等消费级应用。

[0003] 相比于传统的边发射激光器,在制造芯片时,需先将晶圆划切割后,再进行测试不同;VCSEL由于激光垂直器件发射,因此可以整片晶圆进行测试,操作更加简便,制造成本也更低。

[0004] 常规的激光器芯片老化方式,为通过施加一定时间的较高温度及较大电流应力,对芯片的寿命进行加速,将有缺陷的芯片提前筛出,同时使芯片提前进入寿命稳定期。对于VCSEL而言,其传统老化工艺通常为老化温度为85℃~150℃,电流范围为8mA~14mA,对芯片的寿命进行加速,通过检测芯片性能参数的变化,将早期失效的芯片在较短的时间内进行剔除。但是这种传统的老化方式很难彻底筛选出早期失效的芯片,且操作时间较长(通常为几天)。如果漏筛的芯片流入到客户手中,报废成本将提升,而较久的老化时间也需要投入较大成本。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于克服现有技术不足提供一种垂直腔面发射激光器快速老化方法,在确保能提前发现各类型缺陷芯片,从而降低用户使用风险的同时,还可大幅降低老化所需的时间成本。

[0006] 本发明具体采用以下技术方案解决上述技术问题:

一种垂直腔面发射激光器快速老化方法,对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行单次大电流脉冲老化与光老化相组合的组合老化;所述单次大电流脉冲老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加脉冲宽度不大于0.5ms,电流大小为 $I_{th}+I_s$ 的电流脉冲, $I_{th}$ 为所述垂直腔面发射激光器的阈值电流, $I_s$ 的取值范围为45mA~60 mA;所述光老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加5-12小时的光老化驱动电流,所述光老化驱动电流为所述垂直腔面发射激光器的发光功率—电流的变化曲线上发光功率增大至最高点的80-90%所对应的电流。

[0007] 进一步地,在所述组合老化之后,对晶圆上的各垂直腔面发射激光器进行性能测试筛选。

[0008] 优选地,利用点测机进行所述组合老化和/或性能测试筛选。

[0009] 优选地,所述光老化的处理温度为25℃~50℃。

[0010] 基于相同的发明构思还可以得到以下技术方案：

一种垂直腔面发射激光器快速老化装置，包括：

大电流脉冲老化模块，用于对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行单次大电流脉冲老化，所述单次大电流脉冲老化具体为：对垂直腔面发射激光器施加脉冲宽度不大于0.5ms，电流大小为 $I_{th}+I_s$ 的电流脉冲， $I_{th}$ 为所述垂直腔面发射激光器的阈值电流， $I_s$ 的取值范围为45mA~60 mA；

光老化模块，用于对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行光老化，所述光老化具体为：对垂直腔面发射激光器施加5-12小时的光老化驱动电流，所述光老化驱动电流为所述垂直腔面发射激光器的发光功率—电流的变化曲线上发光功率增大至最高点的80-90%所对应的电流。

[0011] 进一步地，所述垂直腔面发射激光器快速老化装置还包括：

筛选模块，用于在晶圆上对其上的各垂直腔面发射激光器进行性能测试筛选。

[0012] 优选地，所述大电流脉冲老化模块、光老化模块和/或筛选模块利用点测机实现。

[0013] 优选地，所述光老化的处理温度为25℃~50℃。

[0014] 相比现有技术，本发明技术方案具有以下有益效果：

本发明技术方案可以有效发现垂直腔面发射激光器的各类缺陷，尤其是传统老化工艺难以发现的芯片量子阱区域内的黑色线缺陷(Dark Line Defects)、氧化层裂纹缺陷、光路异常，从而可提前筛除不良品，降低用户使用风险；本发明技术方案的老化过程最多仅需12小时即可完成，并且不需要高温处理，可利用现有的点测机等设备在晶圆级实现，大幅降低了激光器的制造成本。

## 附图说明

[0015] 图1为25℃下垂直腔面发射激光器的发光功率(Pf)—电流的变化曲线；

图2为A组实验品在常规老化过程中发光功率(Pf)随时间的变化情况；

图3为B组实验品在本发明组合老化过程中发光功率(Pf)随时间的变化情况；

图4为A组实验品在工况模拟试验中发光功率(Pf)随时间的变化情况；

图5为B组实验品在工况模拟试验中发光功率(Pf)随时间的变化情况。

## 具体实施方式

[0016] 常规老化的方法为给VCSEL芯片施加一定时长的高温及电流，对芯片的寿命进行加速，使芯片提前稳定，进入寿命的随机失效期，并筛选出异常的芯片。但在实践中发现如下这几种缺陷类型容易出现漏筛：芯片量子阱区域内的黑色线缺陷(Dark Line Defects)、氧化层裂纹缺陷、光路异常。此外，传统老化方法的老化时间通常需要数天的时间，且必须在高温箱中进行，所花费成本较高。

[0017] 为解决以上问题，本发明的解决思路是利用单次大电流脉冲老化与光老化相组合的组合老化方式替代传统的高温大电流老化方式，从而实现对不良品近100%的提前发现，并且大幅降低实现成本。具体而言，本发明的垂直腔面发射激光器快速老化方法，具体如下：

对晶圆上的各垂直腔面发射激光器分别进行单次大电流脉冲老化与光老化相组合的

组合老化;所述单次大电流脉冲老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加脉冲宽度不大于0.5ms,电流大小为 $I_{th}+I_s$ 的电流脉冲, $I_{th}$ 为所述垂直腔面发射激光器的阈值电流, $I_s$ 的取值范围为45mA~60 mA;所述光老化具体为:对垂直腔面发射激光器施加5-12小时的光老化驱动电流,所述光老化驱动电流为所述垂直腔面发射激光器的发光功率—电流的变化曲线上发光功率增大至最高点的80-90%所对应的电流。

[0018] 当施加单次较大的电流脉冲时,电流密度陡然提升,会导致位错网的突然扩大,因此进一步导致DLD及氧化层裂纹扩散。当测试芯片性能时,即可将该类型的缺陷筛出。电流脉冲如果过大的话,会导致对芯片产生损伤,影响使用寿命;而电流脉冲过小的话,需要持续较久的时间,或者进行多次循环才可以达到想要的效果,这样实际操作更复杂且成本会提升。因此本发明通过大量实验确定了最佳的电流脉冲参数为脉冲宽度不大于0.5ms,电流大小为 $I_{th}$ (垂直腔面发射激光器的阈值电流)+45~60mA。

[0019] 当激光器芯片在持续输出高功率的状态下,容易产生一种光学灾变损伤(Catastrophic optical damage, COD)。该类型损伤的原理为当激光器芯片在高强度电流作用下,激射出较高光功率,光路中的点缺陷会以不同速率向端面移动,同时在端面处光吸收后,由非辐射复合和表面态复合产生的大量的热,使得能量转移到晶格中,进一步促进点缺陷的扩大,最终导致芯片失效。经研究,COD过程中缺陷的生长沿着光模态方向,这是由光驱动的,不同于电导致的失效类型。因此,本发明基于COD原理对VCSEL芯片进行光老化处理,可筛选出高温加电无法筛选出的光路有异常的芯片。光老化所施加的电流大小对于光老化效果至关重要,研究VCSEL激光器芯片的发光功率随电流的变化曲线可知,当电流从阈值电流( $I_{th}$ )逐渐加大时,发光功率先逐渐变大,达到最高点时(此时对应电流为 $I_{roll}$ ),电流继续增大,发光功率逐渐变小。根据这一表现,由于本发明目的为通过大光强来筛选出光路异常芯片,因此施加的电流不能过大,电流过大时,发光功率变小无法起到有效的效果;同时,当施加电流超过 $I_{roll}$ 后,由于芯片产生的热量过高,容易损伤而加速失效。而施加的电流过小时,发光功率过小,无法起到有效的效果。因此将曲线上发光功率增大至最高点(即 $I_{roll}$ 所对应的光功率最大值)的80-90%处所对应的电流设为施加光老化的电流。

[0020] 以上组合老化方法可利用现有的用于芯片性能检测的点测机实现,仅需要对点测机的控制程序进行简单调整即可,并且可在完成组合老化后直接用点测机进行后续的性能测试筛选,以剔除不良品;还可进一步通过为点测机附加专用夹具来实现对晶圆上的多个激光器芯片同时进行组合老化处理及性能测试筛选,也可以通过将光老化的温度略微提高(优选温度为25℃~50℃)来缩短处理时间。其中,单次大电流脉冲老化与光老化的前后执行顺序并无特殊要求,可以根据实际情况设定。

[0021] 为便于公众理解,下面通过一个具体实施例来对本发明的技术方案进行进一步详细说明:

本具体实施例的实施过程具体如下:

1. 确认光老化的施加电流

①将VCSEL晶圆放在点测机台载台上;

②通过点测机台,设置载台温度为25℃,测试VCSEL芯片电流从0到15mA的光功率变化情况,得到的发光功率( $P_f$ )—电流的变化曲线如图1所示。

[0022] ③选定光功率最大值的80-90%对应的低于 $I_{roll}$ 的电流值为光老化的施加电流;

图1中光功率最大值的80-90%对应的达到I<sub>roll</sub>之前的电流值为8.9mA~10.3mA,施加电流在该范围内即可,本实施例选定为9mA。

[0023] 2. 进行单次大电流脉冲老化

通过点测机台,对VCSEL芯片施加单次大电流脉冲,条件为载台温度25℃,脉冲宽度0.5ms,脉冲电流为47mA。

[0024] 3. 进行光老化

继续在点测机载台上,对VCSEL芯片进行25℃光老化,光老化的施加电流为9mA,光老化时间为12hrs。

[0025] 4. 进行性能测试,筛选掉不良芯片。

[0026] 为了验证本发明技术方案效果,进行了以下验证实验:

实验方法:

选用来自于同一片晶圆的同类别芯片,分成两组,A组进行常规老化,B组进行本发明的组合老化;然后都进行高温加速老化(High Temperature Operation Life,HTOL),模拟客户实际使用的过程,对比两种方法的效果。

[0027] 实验过程:

A组样品进行常规老化,然后进行常规高温加电的加速老化HTOL,观察实验结果;B组样品先进行单次大电流脉冲老化,条件为载台温度25℃,0.5ms,电流为47mA;然后进行光老化,条件为载台温度25℃,施加电流9mA,老化时间12hrs,最后进行常规高温加电的加速老化HTOL,观察实验结果。

[0028] 实验结果:

A组芯片在常规老化过程中的表现如图2所示,72hrs后稳定,进入寿命稳定期;B组芯片在本发明组合老化过程中的表现如图3所示,5hrs后稳定,进入寿命稳定期,并在过程中出现2颗光路有异常的失效品。

[0029] 在HTOL过程中,A组芯片出现3颗漏筛品,漏筛率达到0.9%,不符合要求,如图4所示;B组芯片未出现漏筛品,如图5所示。在长期HTOL过程中,A组出现漏筛品,说明常规老化条件无法完全筛出异常芯片,而经过本发明组合老化方法的B组芯片未出现漏筛品,同时发光功率在过程中表现较稳定,与经过常规老化的A组表现基本一致。说明本发明方法有效筛选出了有异常芯片,从而在降低投入成本的同时,有效降低了在客户使用过程中的故障率。

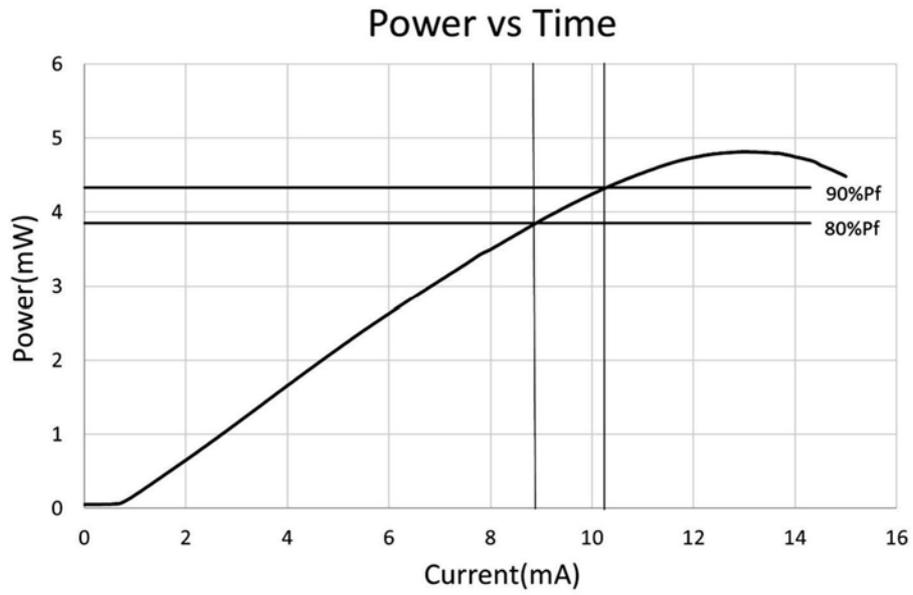


图1

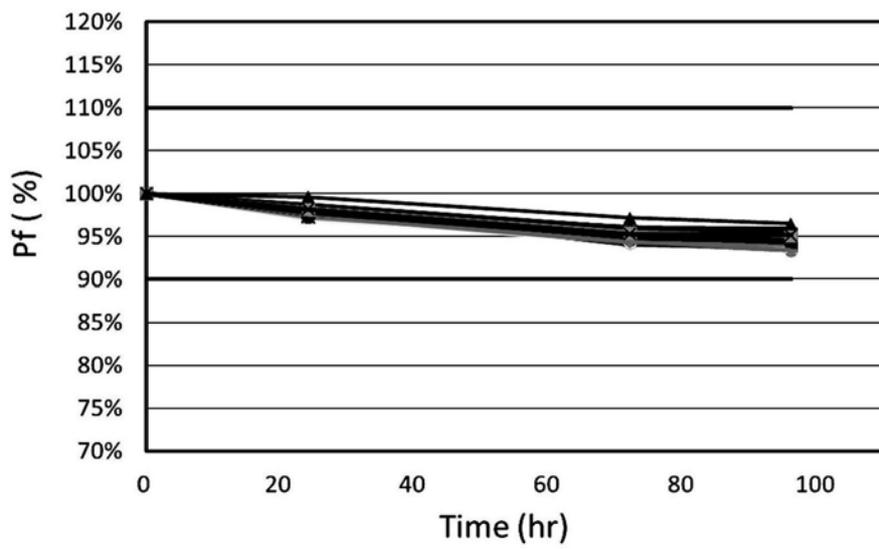


图2

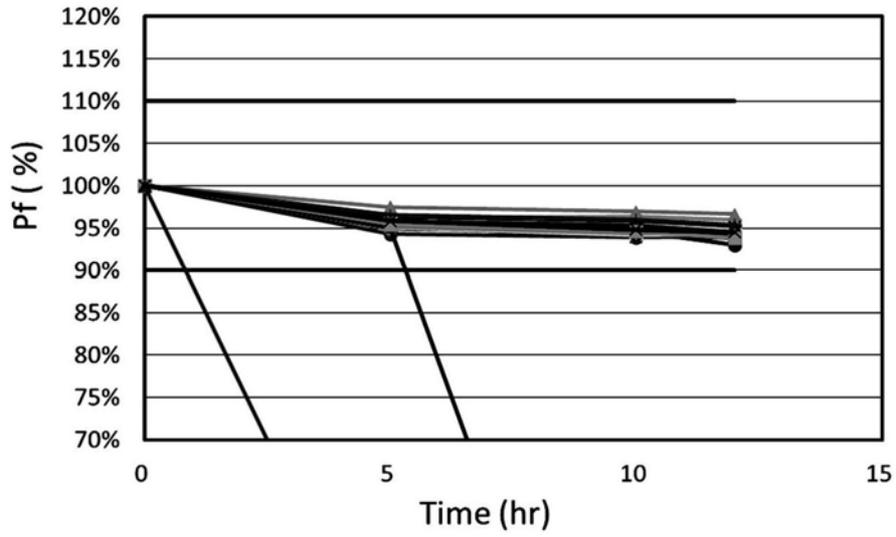


图3

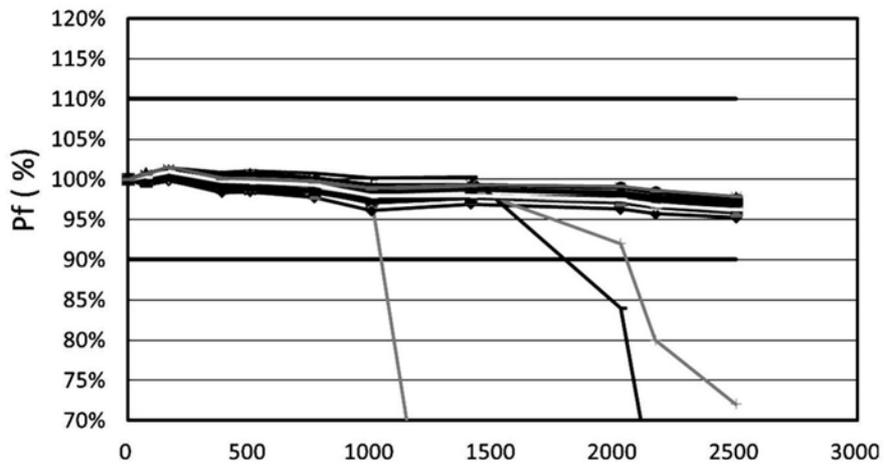


图4

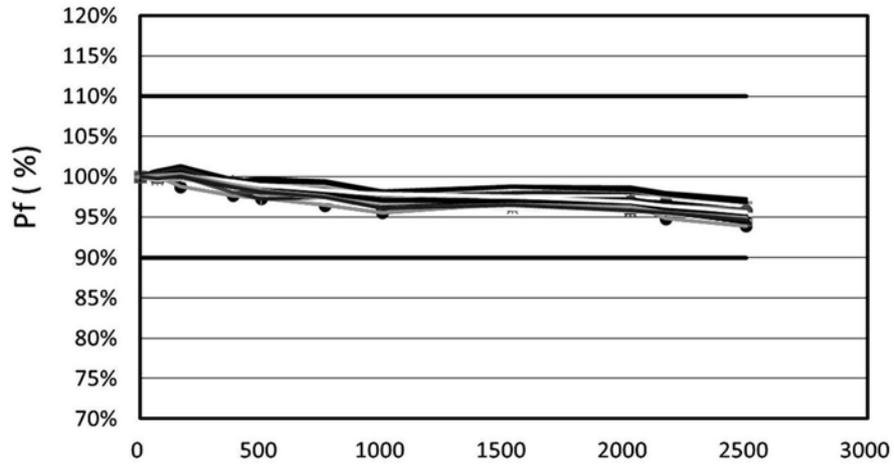


图5