



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101733560 A

(43) 申请公布日 2010.06.16

(21) 申请号 200910217806.5

(22) 申请日 2009.11.04

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路3888号

(72) 发明人 孙继凤 刘立峰 郭晓光 汤建华 田兴志

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王立伟

(51) Int. Cl.

B23K 26/42(2006.01)

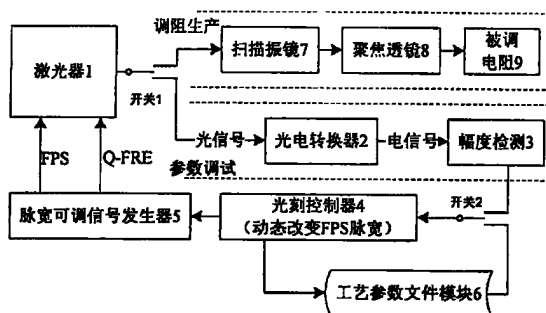
权利要求书 2 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

激光调阻中首脉冲能量抑制的控制系统和控制方法

(57) 摘要

激光调阻中首脉冲能量抑制的控制系统和控制方法,属于半导体器件的激光精细加工领域。该控制系统包括激光器、光电转换器、幅度检测电路模块、光刻控制器、脉宽可调信号发生器、扫描振镜、聚焦透镜、被调电阻。采用脉宽可调控技术,对系列激光脉冲串的首脉冲或前几个脉冲能量进行抑制,使其等于或低于后续稳定的激光脉冲的能量。采用能量相同的激光脉冲串进行调阻,可获得边缘光滑、无龟裂、无缺损的优质光刻切槽。提高了激光调阻后的阻值稳定性和可靠性,从而提高了激光调阻的片阻品质,尤其针对小尺寸片阻,采用该控制方法的效果更明显。



1. 激光调阻中脉宽可调的首脉冲能量抑制的控制系统,其特征在于该控制系统包括:激光器(1)、光电转换器(2)、幅度检测电路模块(3)、光刻控制器(4)、脉宽可调信号发生器(5)、工艺参数文件模块(6)、扫描振镜(7)、聚焦透镜(8)、被调电阻(9);

各单元的信号连接关系:参数调节时,激光器(1)输出光送给光电转换器(2),光电转换器输出的电信号再传送给幅度检测电路模块(3),幅度检测电路将检测的结果送给光刻控制器(4),光刻控制器控制脉宽可调信号发生器(5);激光调阻时,激光器(1)的输出光送给扫描振镜(7),扫描振镜调制激光后再传送给聚焦透镜(8),聚焦透镜的输出光聚焦到被调电阻(9)上;

开关1和开关2用于选择调阻生产或参数调试的两种工作状态;激光器(1)产生刻蚀片阻的激光,受控于脉宽可调信号发生器(5),内部提供FPS信号接口;光刻控制器(4)是主要的计算和控制核心单元;工艺参数文件模块(6)保存光刻工艺参数;参数调试模块中的光电转换器(2)将光信号转换成电信号,幅度检测电路模块(3)逐个地检测脉冲激光的幅度值;调阻生产模块中的扫描振镜(7)控制激光的快速精确定位,聚焦透镜(8)将扩束准直激光聚焦成高能量密度光斑。

2. 根据权利要求1所述的激光调阻中脉宽可调的首脉冲能量抑制的控制系统,其特征在于脉宽可调信号发生器(5),其主要工作都是通过高速数字信号处理器(10)实现的,利用高速数字信号处理器内部的A/D转换器作为幅度检测电路,工艺参数文件存放在存储器FLASH中,利用16位的CPU定时器作为脉宽可调的信号发生器(5),利用I/O端口输出激光器控制信号。

3. 激光调阻中脉宽可调的首脉冲能量抑制的系统的控制方法,其特征在于控制步骤如下:

1) 选择开关1进入参数调试的工作状态,光刻控制器(4)设定FPS脉宽为零,并控制激光器(1)出光,光信号经过光电转换(2)后,送给幅度检测电路(3),幅度检测电路逐个检测脉冲的幅度值,此时,脉冲串的幅度值差异较大,此结果送回光刻控制器(4);

2) 光刻控制器(4)根据检测到的脉冲串的幅度值,从小到大逐渐增加FPS脉宽,用检测后的FPS信号控制激光器(1)出光;

3) 随着FPS脉宽的增加,检测电路检测到的脉冲串的幅度值将趋于相同;

4) 当脉冲串的幅度值偏差小于设定的阈值时,停止增加FPS脉宽,并将此时的脉宽作为脉宽控制参数,存储于工艺参数文件模块(6)中;

5) 选择开关2进入调阻生产工作状态,光刻控制器(4)直接从工艺参数文件中读取FPS脉冲宽度,用该值控制脉宽可调信号发生器(5),产生控制激光器的FPS信号,激光器输出光经过扫描振镜(7)和聚焦透镜(8)后,进行刻蚀电阻的操作;

6) 当调阻工况发生变化时,可重新选择FPS脉冲宽度。

4. 根据权利要求3所述的激光调阻中脉宽可调的首脉冲能量抑制的控制方法,其特征在于FPS脉宽可控制器(5)控制电路,其主要工作都是通过高速数字信号处理器实现的,其控制程序是首先执行程序初始化(11),设定各种资源的控制字,然后进入工作状态判断(12),当进入参数调试时,由采集数据(13)进行激光脉冲串的幅值采集;根据相邻脉冲幅值差由脉宽可调(15)来动态增加FPS信号的脉宽,再进入相邻脉冲幅值差判断(14),当相邻脉冲幅值差小于设定的阈值时,由参数保存(16)将脉宽参数保存,参数调试结束;

当进入调阻生产时,直接从参数文件中读取脉宽参数值,赋给相应的变量,由参数读取(17)完成,开始进行激光调阻,采用脉宽可调的FPS信号控制激光器,得到首脉冲能量抑制的能量相同的激光脉冲串,用该脉冲串进行激光调阻,得到无裂痕、无缺损、平滑完整的光刻切槽,经历一个生产周期,调阻结束。

## 激光调阻中首脉冲能量抑制的控制系统和控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于半导体器件的激光精细加工领域,是一种片式电阻激光刻蚀修调中首脉冲能量抑制的激光精细加工的控制系统和工艺控制方法。

### 背景技术

[0002] 随着微电子技术的飞速发展,激光精细加工技术在半导体微电子产业中的作用越来越重要,激光片式电阻阻值修调设备(激光调阻机)是激光精细加工领域中具有代表性的工业设备之一。激光调阻原理:采用高频脉冲激光先后分别沿片阻导体的横截面和纵截面两个方向进行刻蚀,刻痕路径上相应的半导体材料气化,改变了片阻导体的导电路径和导电面积,使电阻阻值增大,在激光刻蚀片阻的过程中,采用高精密快速电桥实时检测片阻的阻值变化,当片阻阻值达到要求的电阻精度时,激光修调电阻结束。在这一激光调阻过程中,同时满足相应的刻槽质量、阻值温漂等工艺要求。目前国际上仅有美国、日本等少数几家公司可以生产这种设备,其刻蚀速度可达每小时四十几万只,刻蚀精度可达千分之一,刻槽形状、刻痕有着严格的工艺要求。

### 发明内容

[0003] 近几年来,由于片阻尺寸越来越小,对片式电阻的刻蚀工艺和控制精度也提出了更高的要求。激光调阻中,影响调阻精度和阻值温漂的主要的光刻工艺控制参数是激光功率、激光脉冲频率、刻蚀光斑重叠率等。激光功率和脉冲频率决定了激光单脉冲能量,即气化片阻导体材料的能力,该值越大,其气化能力越强,该值分布越集中,其气化边缘越光滑,阻值温漂越小;光斑重叠率决定了单脉冲激光改变片阻阻值的能力,即改变阻值变化量,该值越大,其气化掉的片阻体积越小,阻值变化量越小,调阻精度越高。从调阻工艺要求的角度考虑,要保证较小的温漂,刻痕需要具有垂直、光滑的边缘,同时,整条刻痕要有很好的 consistency。这就要求用于光刻调阻的系列激光脉冲串具有相同的能量。尤其对于尺寸较小的 0402 型号以下的片阻而言,激光脉冲串能量的一致性更为重要。但是,对于脉冲激光器,间隔输出的任意系列的激光脉冲串,其首脉冲或前几个脉冲的能量总是明显高于后续稳定脉冲的能量,首脉冲能量是后续脉冲能量的十几倍,甚至是几十倍。如此高能量的首脉冲激光可造成小尺寸片阻基板破裂、电阻体缺损、导体龟裂等现象,影响电阻功率和阻值稳定性,给片式电阻修调带来了巨大的问题。因此,有效抑制激光首脉冲能量对小尺寸片阻修调具有非常重要的意义。本发明就是针对上述问题,提供了激光调阻中首脉冲能量抑制的控制系统和控制方法。

[0004] 激光调阻首脉冲能量抑制的控制系统的结构如图 1 所示,由激光器、光电转换器、幅度检测电路模块、光刻控制器、脉宽可调信号发生器、扫描振镜、聚焦透镜、被调电阻等部分组成,各单元的连接关系是:参数调节时,激光器输出光送给光电转换器,光电转换器输出的电信号再传送给幅度检测电路模块,幅度检测电路将检测的结果送给光刻控制器,光刻控制器控制脉宽可调信号发生器;激光调阻时,激光器的输出光送给扫描振镜,扫描振镜调

制激光后再传送给聚焦透镜,聚焦透镜的输出光聚焦到被调电阻上。

[0005] 开关 1 和开关 2 用于选择调阻生产或参数调试的两种工作状态;激光器产生刻蚀片阻的激光,受控于脉宽可调信号发生器电路,内部提供 FPS 信号接口;光刻控制器是主要的计算和控制核心单元;工艺参数文件用于保存确定的光刻工艺参数;参数调试模块中的光电转换器用于将光信号转换成电信号,幅度检测电路模块用于逐个地检测脉冲光的幅度值;调阻生产模块中的扫描振镜用于控制激光的快速精确定位,聚焦透镜用于将扩束准直激光聚焦成直径约 20  $\mu\text{m}$  的高能量密度光斑。

[0006] 图 2 是 FPS 脉宽可控制电路,包括半导体激光器、光电转换器、高速数字信号处理器、扫描振镜、聚焦透镜、被调电阻。

[0007] 脉宽可调信号发生器其主要工作都是通过高速数字信号处理器 DSP 实现的,利用 DSP 内部有 A/D 转换器作为幅度检测电路,工艺参数文件存放在存储器 FLASH 中,利用 16 位的 CPU 定时器作为脉宽可调的信号发生器,利用 I/O 端口输出激光器控制信号。

[0008] 通过采用脉宽可控制技术,对系列激光脉冲串的首脉冲或前几个脉冲能量进行抑制,使其等于或低于后续稳定的激光脉冲的能量。采用能量相同的激光脉冲串进行调阻,可获得边缘光滑、无龟裂、无缺损的优质光刻切槽。

[0009] 图 3 是 FPS 脉宽可控制软件流程图。

[0010] 激光调阻首脉冲能量抑制的控制方法主要包括如下 6 步:参考图 1 叙述

[0011] 1) 选择开关 1 和 2 进入参数调试的工作状态,光刻控制器设定 FPS 脉宽为零,并控制激光器出光,光信号经过光电转换后,送给幅度检测电路,幅度检测电路逐个检测脉冲的幅度值,此时,脉冲串的幅度值差异较大,此结果送回光刻控制器。

[0012] 2) 光刻控制器根据检测到的脉冲串的幅度值,从小到大逐渐增加 FPS 脉宽,用检测后的 FPS 信号控制激光器出光。

[0013] 3) 随着 FPS 脉宽的增加,检测电路检测到的脉冲串的幅度值将趋于相同。

[0014] 4) 当脉冲串的幅度值偏差小于设定的阈值时,停止增加 FPS 脉宽,并将此时的脉宽作为新的脉宽控制参数,存储于工艺参数文件模块中。

[0015] 5) 选择开关 1 和 2 进入调阻生产工作状态,光刻控制器直接从工艺参数文件中读取 FPS 脉冲宽度,用该值控制脉冲可调信号发生器,产生控制激光器的 FPS 信号,激光器输出光经过扫描振镜和聚焦透镜后,进行刻蚀电阻的操作。

[0016] 6) 当调阻工况发生变化时,可重新选择 FPS 脉冲宽度。

[0017] 本发明的优点和有益效果是,利用脉宽可调的 FPS 信号抑制激光调阻中过高的首脉冲能量,使激光调阻的刻蚀切槽一致性更好,切槽边缘一致光滑、平整、无龟裂、无缺损,提高了激光调阻后的阻值稳定性和可靠性,从而提高了激光调阻的片阻品质,尤其针对小尺寸片阻,采用该控制方法的效果更明显。

## 附图说明

[0018] 图 1 是控制系统的组成原理图,由激光器 1、光电转换器 2、幅度检测电路 3、光刻控制器 4、脉宽可调信号发生器 5、工艺参数文件模块 6、扫描振镜 7、聚焦透镜 8、被调电阻 9 等部分组成。

[0019] 图 2 是 FPS 脉宽可控制电路,包括激光器 1、光电转换器 2、数字信号处理器 10、

扫描振镜 7、聚焦透镜 8、被调电阻 9。

[0020] 图 3 是 FPS 脉宽可控制软件流程图,包括程序初始化 11、工作状态判断 12、采集数据 13、相邻脉冲幅值差判断 14、脉宽可调 15、参数保存 16、参数读取 17、周期生产结束 18、参数调节结束、调阻生产结束。

### 具体实施方式

[0021] 本发明的具体的实施案例如下：

[0022] 图 2 是 FPS 脉宽可控制方法的硬件电路图,由型号为 SP-X30SC 半导体激光器 1、型号为 GT102 的光电转换器 2、型号为 TMS2812 的数字信号处理器 10、型号为 HSS-8006 的扫描振镜 7、F $\theta$  聚焦透镜 8、0402 型号被调电阻 9 等组成。型号为 TMS2812 的数字信号处理器 10 是资源丰富的高速信号处理器,利用其内部的多种硬件资源,如 A/D 转换器、定时器、数据存储器、I/O 端口,通过软件编程,可产生脉宽可调的首脉冲能量抑制信号 FPS。

[0023] 其主要的实施过程是通过软件来完成的,控制软件流程如图 3 所示。首先执行程序初始化 11,设定各种资源的控制字,然后进入工作状态判断 12,当进入参数调试时,进行激光脉冲串的幅值采集,由采集数据模块 13 完成;根据相邻脉冲幅值差来动态增加 FPS 信号的脉宽,由脉宽可调 15 完成,再进入相邻脉冲幅值差判断 14,当相邻脉冲幅值差小于设定的阈值时,将脉宽参数保存,由参数保存 16 完成,参数调试结束;

[0024] 当进入调阻生产时,直接从参数文件中读取脉宽参数值,赋给相应的变量,由参数读取 17 完成,开始进行激光调阻,采用脉宽可调的 FPS 信号控制激光器,可以得到首脉冲能量抑制的能量相同的激光脉冲串,用该脉冲串进行激光调阻,可得到无裂痕、无缺损、平滑完整的光刻切槽,经历一个生产周期,调阻结束。

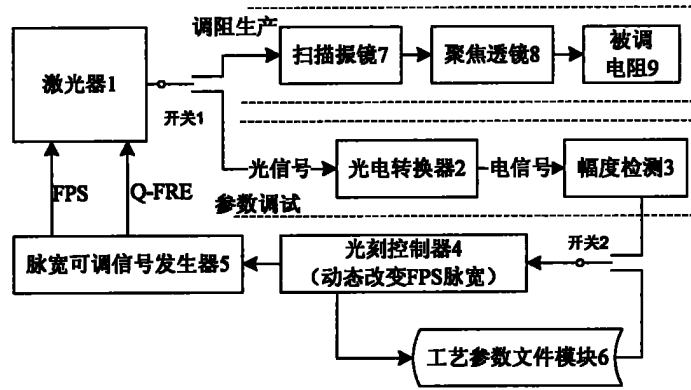


图 1

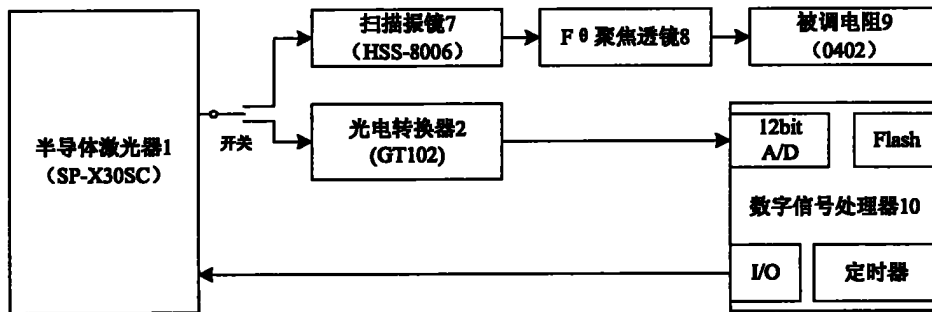


图 2

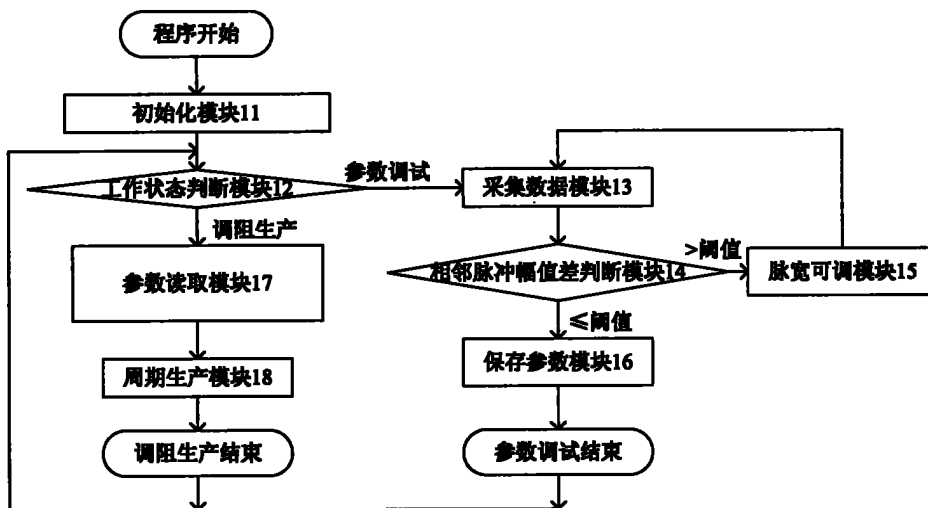


图 3