



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113800466 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 29

(21) 申请号 202111111330.4

FR 2914782 A1, 2008.10.10

(22) 申请日 2021.09.23

US 2006223324 A1, 2006.10.05

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102431960 A, 2012.05.02

申请公布号 CN 113800466 A

CN 106564855 A, 2017.04.19

(43) 申请公布日 2021.12.17

CN 108313976 A, 2018.07.24

(73) 专利权人 华东光电集成器件研究所

CN 108447785 A, 2018.08.24

地址 233030 安徽省蚌埠市经开区汤和路
2016号

CN 108573867 A, 2018.09.25

CN 109767981 A, 2019.05.17

CN 111411328 A, 2020.07.14

(72) 发明人 喻磊 曹卫达 丁景兵 黄斌

JP S6118155 A, 1986.01.27

US 2013154051 A1, 2013.06.20

(74) 专利代理机构 安徽省蚌埠博源专利商标事

US 2016379856 A1, 2016.12.29

务所(普通合伙) 34113

专利代理师 杨晋弘

马睿. 硅快速深刻蚀技术的研究. 中国优秀
硕士学位论文全文数据库信息科技辑. 2011, 全
文.

(51) Int. Cl.

审查员 栗慧

B81C 1/00 (2006.01)

(56) 对比文件

DE 4241045 C1, 1994.05.26

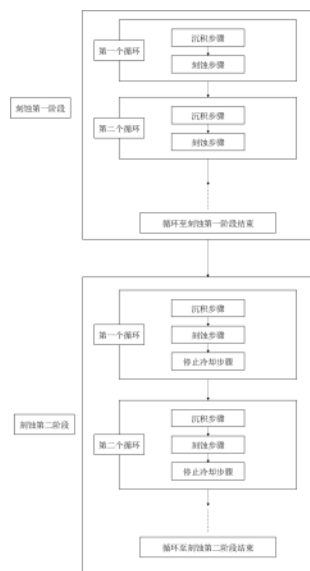
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种MEMS悬浮结构的深硅刻蚀方法

(57) 摘要

本发明涉及一种MEMS悬浮结构的深硅刻蚀方法,其特征将MEMS悬浮结构的深硅刻蚀程序设置为两个刻蚀阶段:刻蚀第一阶段,采用n次沉积步骤一刻蚀步骤的循环,其中n大于20;刻蚀第二阶段,采用m次沉积步骤一刻蚀步骤一停止冷却步骤的循环,其中m大于20。本发明提高MEMS悬浮可动结构深硅刻蚀时的散热效果,避免刻蚀局部温度过高导致的结构损伤,提升MEMS悬浮可动结构释放的可靠性。



1. 一种 MEMS 悬浮结构的深硅刻蚀方法,其特征在于将 MEMS 悬浮结构的深硅刻蚀程序设置为两个刻蚀阶段:刻蚀第一阶段,采用 n 次沉积步骤—刻蚀步骤的循环,其中 n 大于 20;刻蚀第二阶段,采用 m 次沉积步骤—刻蚀步骤—停止并冷却步骤的循环,其中 m 大于 20;所述沉积步骤-刻蚀步骤-停止并冷却步骤的循环,通过刻蚀设备的程序设置进行自动控制,刻蚀设备中的程序设置为:1、step0,等离子激发和稳定;2、step1,钝化沉积步骤,设置钝化气体流量、钝化时间和线圈功率;3、step2,刻蚀步骤,设置刻蚀气体流量、钝化时间和线圈功率,step3,停止并冷却步骤,气体流量、线圈功率均设置为 0,设置 step1~step3 循环,循环次数为 m。

一种MEMS悬浮结构的深硅刻蚀方法

技术领域

[0001] 发明属于半导体技术领域,涉及一种悬浮可动结构释放的深硅刻蚀方法。

背景技术

[0002] 深硅刻蚀是实现MEMS悬浮可动结构的关键技术。目前,主要采用Bosch 工艺进行深硅刻蚀,刻蚀过程为钝化步骤与刻蚀步骤交替循环进行,其中,钝化步骤的作用为在沟槽的侧壁和底部沉积一层聚合物作为保护层来保护侧壁不受侵蚀,刻蚀步骤的作用是将刻蚀开口底部的钝化层去除并与暴露出来的硅发生物理化学反应,将硅刻蚀掉。

[0003] 在刻蚀悬浮硅可动结构时,刻蚀过程中产生的热量通过刻蚀开口内未完全刻完的硅进行传导,经过锚点传向冷却的沉底,使得硅可动结构表面温度保持稳定。一旦当大的刻蚀开口被完全刻通时,刻蚀中的热负载就完全加载在刻蚀开口较小的关键尺寸结构上,热量只能通过这部分悬挂的硅结构进行传导,当这部分悬挂的硅结构传导路径过长时,就容易产生刻蚀局部温度过高的问题。观察结果表明,随着刻蚀接近结束,关键尺寸被刻通,悬挂结构的热传导率显著降低,刻蚀设备利用氦气背冷对硅片衬底进行冷却并不足以迅速对悬挂结构进行降温,积聚的热量不能够及时传导出去,导致结构局部温度过高。温度过高一方面使得钝化层挥发变快不能保护侧壁,另一方面使刻蚀反应加剧,从而导致结构底部受到严重的刻蚀损伤,对器件造成不良影响,因此局部温度过高问题成为结构深硅刻蚀中的一个限制因素。

[0004] 有文献采用一种解决方法是分段刻蚀工艺,即手动暂停刻蚀程序,等待一定时间进行冷却,然后再重启刻蚀程序,这样进行多次的手动暂停和重启刻蚀程序,帮助散热达到改善局部过热的目的,该方法总体刻蚀周期长,需要手动暂停和重启程序,对局部过热导致的刻蚀损伤改善效果一般,不能完全消除底部损伤,且手动暂停程序会影响刻蚀速率,使得无法保证刻蚀陡直度。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种深硅刻蚀方法,提高MEMS悬浮可动结构深硅刻蚀时的散热效果,避免刻蚀局部温度过高导致的结构损伤,提升MEMS悬浮可动结构释放的可靠性。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 将MEMS悬浮结构的深硅刻蚀程序设置为两个阶段,第一阶段中,结构大尺寸未刻蚀完全,散热良好,采用“钝化步骤-刻蚀步骤”循环;第二阶段中,结构大尺寸已刻蚀完全,关键尺寸尚未刻蚀完全,此时悬浮结构散热开始逐渐变差,刻蚀热量开始在悬浮硅结构上积聚,此阶段在每一个循环中的“刻蚀步骤”之后增加“停止并冷却步骤”,形成“钝化步骤-刻蚀步骤-停止并冷却步骤”循环,即在每一次刻蚀步骤之后都进行停止并冷却,停止并冷却步骤期间等离子体停止产生,刻蚀热量可以在停止时间内传导出去,可以显著地避免局部温度过高问题,从而消除敏感结构背面损伤。该深硅刻蚀方法第二阶段中,停止并冷却步骤是刻蚀程序的一部分,刻蚀程序不用手动暂停;并且在每一个刻蚀循环后都设置冷

却散热时间,散热效果好,可以显著避免局部温度过高而导致的结构底部损伤。

[0008] 为了更清楚地说明本发明,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0009] 附图说明:

[0010] 图1为本发明实施例中的深硅刻蚀方法的流程图;

[0011] 图2为MEMS环形悬浮结构受到典型局部过热导致底部损伤的扫描电镜图;

[0012] 图3为本发明实施例中的MEMS环形悬浮结构底部的扫描电镜图。

实施方式

[0013] 为使本领域技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细描述。

[0014] 如图1所示,本发明提供了一种MEMS悬浮结构的深硅刻蚀方法,将MEMS悬浮结构的深硅刻蚀程序设置为两个阶段:

[0015] 刻蚀第一阶段中,MEMS悬浮结构大尺寸未刻蚀完全,散热良好,采用“沉积步骤-刻蚀步骤”循环;

[0016] 刻蚀第二阶段中,MEMS悬浮结构大尺寸已刻蚀完全,关键尺寸尚未刻蚀完全,此时悬浮结构散热开始逐渐变差,刻蚀热量开始在悬浮硅结构上积聚,此阶段在每一个循环中的“刻蚀步骤”之后增加“停止并冷却步骤”,形成“沉积步骤-刻蚀步骤-停止并冷却步骤”循环,即在每一次刻蚀步骤之后都进行停止并冷却,停止并冷却步骤期间等离子体停止产生,刻蚀热量可以在停止时间内传导出去,可以显著地避免局部温度过高问题,从而消除敏感结构背面损伤。该深硅刻蚀方法第二阶段中,停止并冷却步骤是刻蚀程序的一部分,刻蚀程序不用手动暂停;并且在每一个刻蚀循环后都设置冷却散热时间,散热效果好,可以显著避免局部温度过高而导致的结构底部损伤。

[0017] 一、50微米厚度的某MEMS陀螺悬浮结构深硅刻蚀程序示例如下:

[0018] 刻蚀第一阶段,包括200个“沉积步骤-刻蚀步骤”循环,沉积步骤中,气体均为八氟环丁烷,气体流量均为300sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率均为0W,工艺气压均为30mT,衬底温度均为15℃,沉积时间为1.0s~1.1s;刻蚀步骤中,气体均为六氟化硫,刻蚀时间为2.0s~2.2s,气体流量均为400sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率为50W~55W,刻蚀占空比为50%。

[0019] 刻蚀第二阶段包括150个“沉积步骤-刻蚀步骤-停止并冷却步骤”循环,沉积步骤中,沉积气体均为八氟环丁烷,气体流量均为300sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率均为0W,工艺气压均为50mT,衬底温度均为15℃,沉积时间为1.1s~1.2s;刻蚀步骤中,气体均为六氟化硫,刻蚀时间为2.2s~2.4s,气体流量均为400sccm~430sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率为55W~60W,刻蚀占空比为50%;停止并冷却步骤中,气体流量为0,上射频与下射频功率均为0,时间为5s。“沉积步骤-刻蚀步骤-停止并冷却步骤”循环通过刻蚀设备的程序设置进行自动控制,刻蚀设备中的程序设置为:1、step0,等离子体激发和稳定;2、step1,钝化步骤,设置钝化气体流量、钝化时间和线圈功率等;3、step2,刻蚀步骤,设置刻蚀气体流量、钝化时间和线圈功率等;4、step3,停止并冷却步骤,气体流量、线圈功率均

设置为0,设置step1~step3循环,循环数为150。

[0020] 二、80微米厚度的MEMS环形陀螺悬浮结构深硅刻蚀程序示例如下:

[0021] 刻蚀第一阶段包括420个“沉积步骤-刻蚀步骤”循环,沉积步骤中,气体均为八氟环丁烷,气体流量均为300sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率均为0W,工艺气压均为30mT,衬底温度均为15℃,沉积时间为1.0s~1.1s;刻蚀步骤中,气体均为六氟化硫,刻蚀时间为2.0s~2.4s,气体流量均为400sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率为50W~60W,刻蚀占空比为50%。

[0022] 刻蚀第二阶段包括150个“沉积步骤-刻蚀步骤-停止并冷却步骤”循环,沉积步骤中,气沉积气体均为八氟环丁烷,气体流量均为300sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率均为0W,工艺气压均为50mT,衬底温度均为15℃,沉积时间为1.1s~1.2s;刻蚀步骤中,气体均为六氟化硫,刻蚀时间为2.4s~2.6s,气体流量为400sccm~450sccm,上射频功率均为2500W,下射频功率为60W~65W,刻蚀占空比为50%;停止并冷却步骤中,气体流量为0,上射频与下射频功率均为0,时间为5s。

[0023] 图2为80微米厚度的MEMS环形陀螺悬浮结构采用常规Bosch工艺的刻蚀效果,由于悬浮结构深硅刻蚀中的局部过热效应,导致悬浮结构底部的边缘开始出现损伤。

[0024] 图3为80微米厚度的某MEMS环形陀螺悬浮结构采用优化后的“沉积步骤-刻蚀步骤-停止并冷却步骤”循环深硅刻蚀工艺的刻蚀效果,悬浮结构底部边缘光滑无损伤。

[0025] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

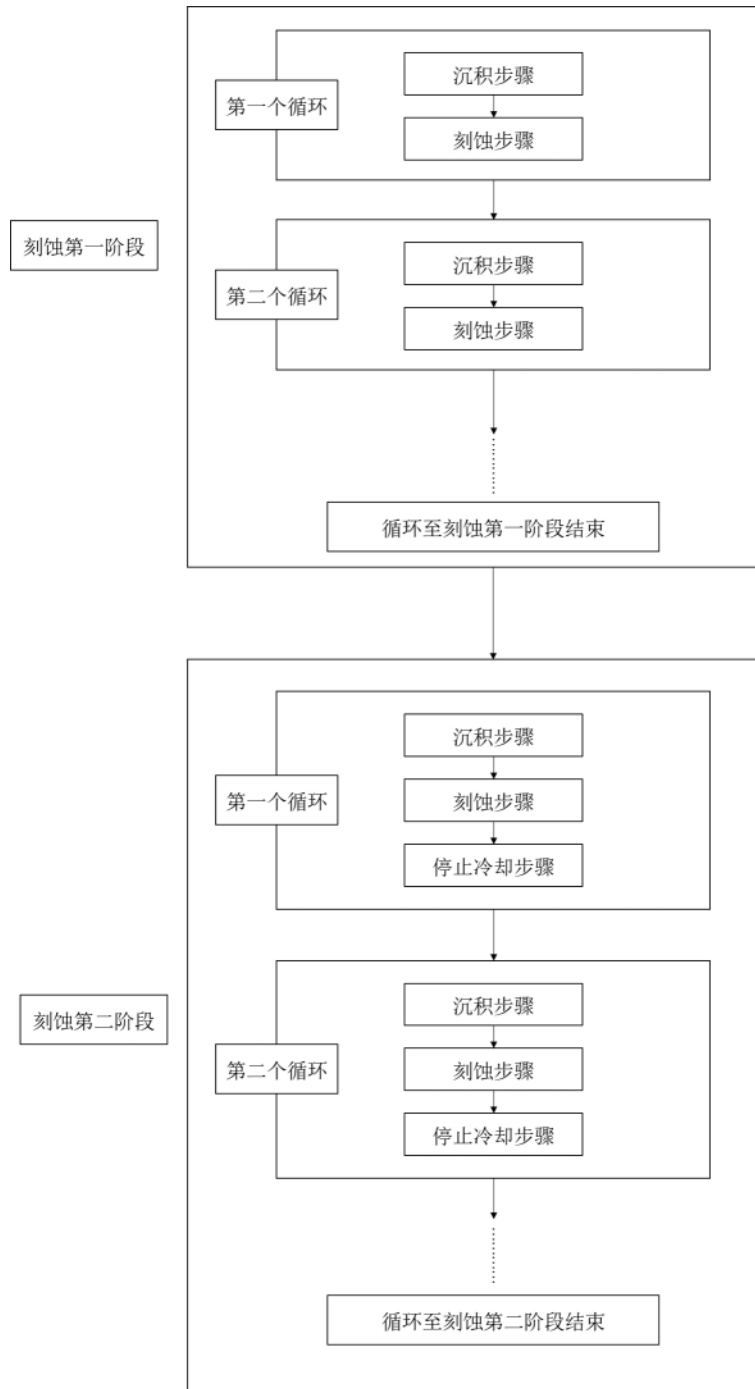


图1

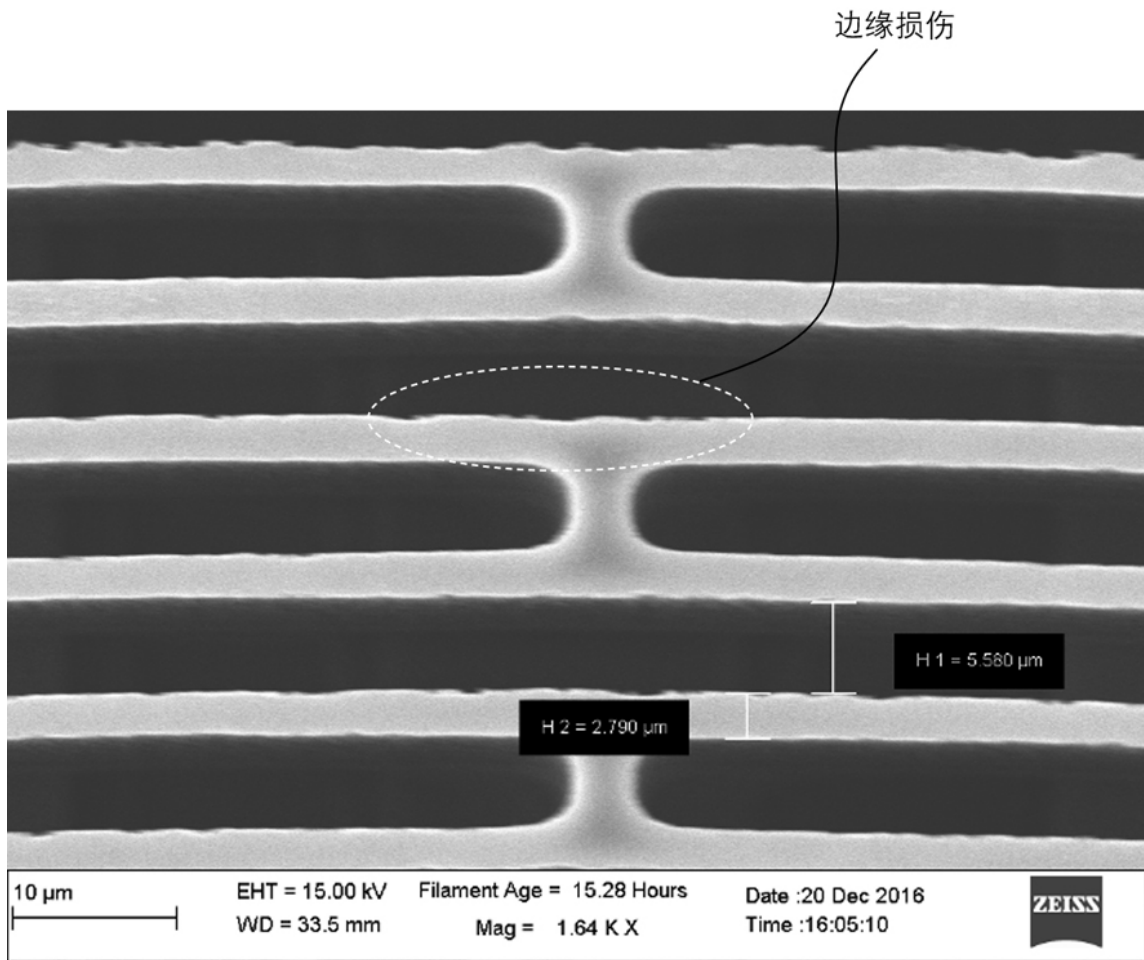


图2

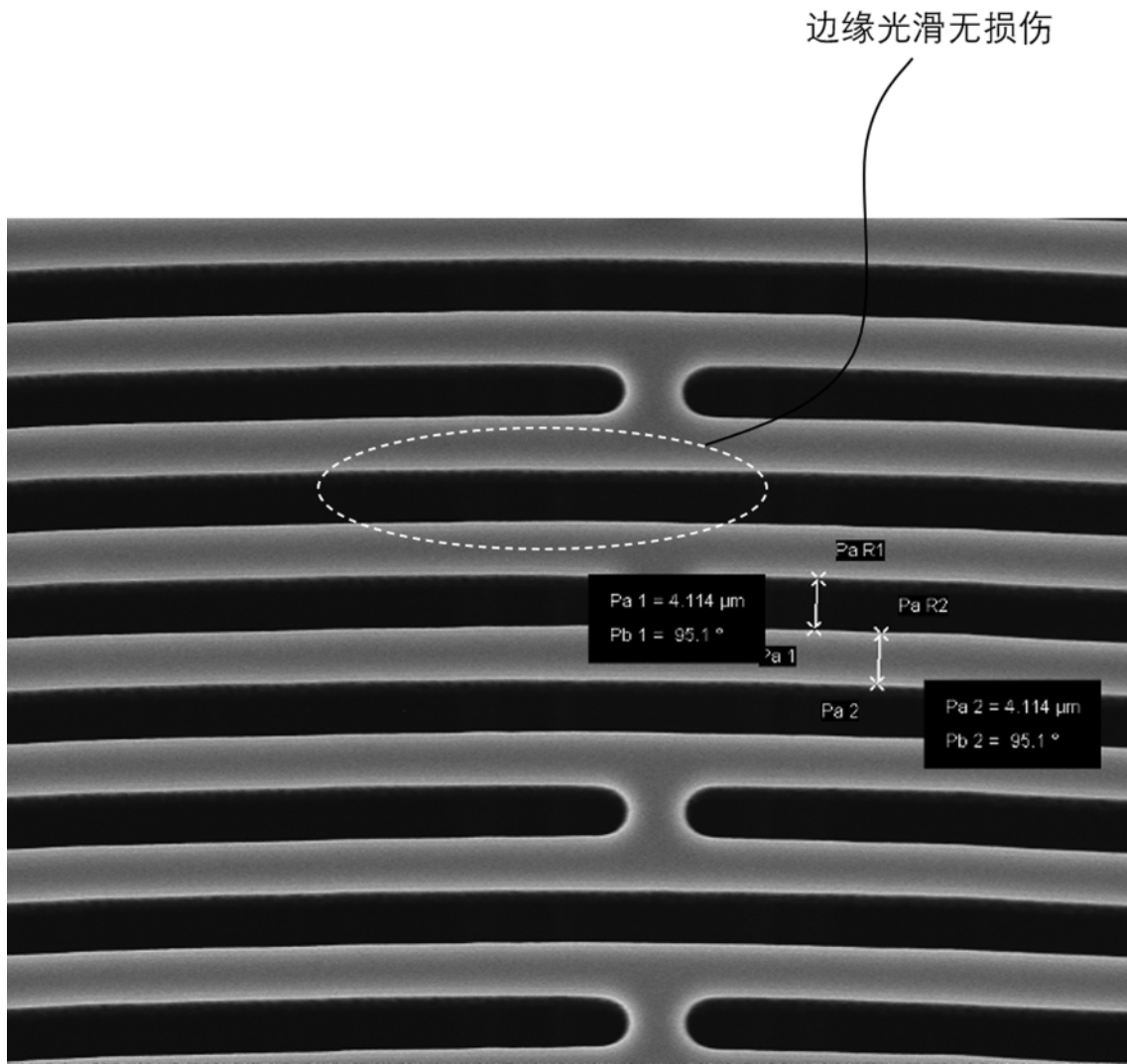


图3