



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112921307 B

(45) 授权公告日 2021.12.31

(21) 申请号 202110073652.8

G01N 21/01 (2006.01)

(22) 申请日 2021.01.20

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112921307 A

CN 101542270 A, 2009.09.23
JP 2002236076 A, 2002.08.23
CN 112185843 A, 2021.01.05
CN 103074604 A, 2013.05.01
CN 107641800 A, 2018.01.30
CN 202543326 U, 2012.11.21

(43) 申请公布日 2021.06.08

(73) 专利权人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

王三胜 等. “GaN生长工艺流程实时监控系
统”. 《大连理工大学学报》. 2001, 第46卷(第6
期),

(72) 发明人 方海生 陈浩 高仙仙 聂圻春

审查员 罗茂恒

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 孔娜 李智

(51) Int. Cl.

G23C 16/52 (2006.01)

G01N 21/45 (2006.01)

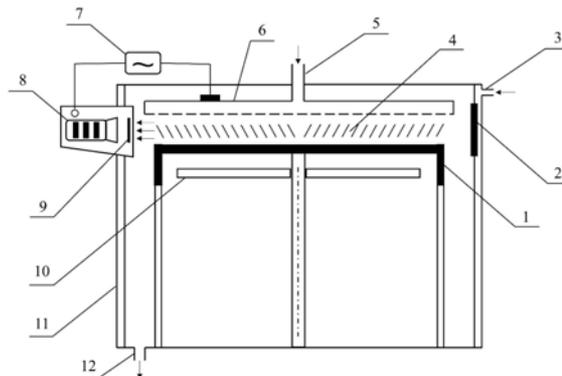
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置

(57) 摘要

本发明属于光学检测相关技术领域,并公开了一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置。该装置包括生长反应单元和光学检测反馈调控单元,生长反应单元包括反应腔体、喷淋头、基座和加热器,气体从进气口进入喷淋头后,从喷淋头中喷出,在被加热后的基板上发生分解反应;光学检测反馈控制单元用于检测从喷淋头中喷出的气体的密度分布场,包括光源、相机和抛物面镜,检测中,打开光源,气体从喷淋头喷出后,气体分布较多的区域的光线被喷出的气体折射无法原路返回,在相机成像中形成较暗的区域,其它光线原路返回,在相机成像中形成较亮的区域,以此获得喷出气体的密度分布。通过本发明,解决喷淋不均匀、无法实时调控等问题。



1. 一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其特征在于,该装置包括生长反应单元和光学检测反馈调控单元,其中:

所述生长反应单元包括反应腔体(11)、喷淋头(6)、基座(1)和加热器(10),所述喷淋头(6)设置在所述反应腔体(11)内部的上端,其上开有进气口,所述基座(1)设置在所述喷淋头(6)的下方,作为反应台面,该基座(1)下方设置有加热器(10),用于将所述基座(1)加热,气体从所述进气口进入所述喷淋头(6)后,从所述喷淋头(6)中喷出,在被加热后的基板上发生分解反应;

所述光学检测反馈控制单元用于检测从所述喷淋头(6)中喷出的气体的密度分布场,包括光源(13)、相机(8)和抛物面镜(2),所述相机(8)设置在所述喷淋头(6)和基座(1)之间,所述光源(13)设置在所述相机的一侧,所述抛物面镜(2)贴合所述反应腔体的内壁,检测中,打开光源,气体从喷淋头喷出后,气体分布较多的区域的光线被喷出的气体折射无法原路返回,在所述相机(8)成像中形成较暗的区域,其它光线被所述抛物面镜反射原路返回,在所述相机成像中形成较亮的区域,以此获得喷出气体的密度分布,实现气体分布的光学检测;

所述光学检测反馈控制单元中设置有控制器,该控制器与所述喷淋头连接,当所述相机检测的所述气体密度分布场不符合预设要求时,调节所述喷淋头,使其满足要求。

2. 如权利要求1所述的一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其特征在于,所述光学检测反馈控制单元中还包括滤光片(9),设置在所述相机的前方,用于过滤光线,使气体折射率梯度可视化。

3. 如权利要求1所述的一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其特征在于,所述抛物面镜(2)为凹面镜,使得高强度LED光源发出的光线反射进入相机成像。

4. 如权利要求3所述的一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其特征在于,所述光源(13)和滤光片(9)均设置在所述抛物面镜的两倍焦距处,使得所述相机成像更加清晰。

5. 如权利要求1所述的一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其特征在于,所述反应腔体(11)的壳体呈中空状,该壳体上开设有冷却液入口,用于通入冷却液,避免反应腔体的壳体温度过高。

6. 如权利要求1所述的一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其特征在于,所述相机(8)的数量为一个或多个,当为多个时,从不同的位置拍摄所述基座上方气体密度分布场。

7. 如权利要求1所述的一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其特征在于,所述反应腔体(11)的下方设置有出气口(12),反应后的气体从该出气口流出。

一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置

技术领域

[0001] 本发明属于光学检测相关技术领域,更具体地,涉及一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置。

背景技术

[0002] 在当今时代半导体技术不断取得突破性发展,这同时也促进了新材料、新器件的发展,其中作为第三代半导体的代表GaN薄膜材料由于其优异的热稳定性和较宽范围的光学电学可调性能,在大功率高频高压电子器件制造中被广泛应用。但随着半导体材料和微电子技术的迅速发展,对于薄膜材料的需求越来越高,这就对薄膜的生长制备技术提出了更高的要求。金属有机化学气相沉积法(MOCVD, Metal Organic Chemical Vapor Deposition)凭借其高生长质量、高稳定性、可重复性等优势被广泛应用于制造高质量的外延片。在MOCVD设备薄膜生长过程中,均匀性直接关系到反应物的沉积与生长,均匀性差则会导致反应物在流动过程中沉积现象严重造成薄膜质量下降以及原材料大量浪费等问题。理想的生长环境需要气体在到达生长区域前形成均匀稳定的流场,而到达基片后可以混合均匀,生长出高质量的薄膜。传统的MOCVD设备大多通过改进喷淋头内部结构来实现反应气体的均匀混合,但这只能对喷淋的初始状态进行优化,无法做到生长过程中的动态调控,也无法验证喷淋过程是否符合预设要求。

[0003] 纹影法作为一种非接触的光学测量技术,拥有不干扰流场、精度高、实时输出等优点,是测量领域的新型方法被广泛应用于流场的观测,可以为MOCVD喷淋过程提供一种新的实时监测途径与调控技术。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,其中通过在MOCVD设备中设置光学检测反馈调控单元,实时检测生长反应单元中喷淋区密度场分布,并根据检测的结果调控喷淋头实现均匀喷淋,解决现有喷淋头存在的喷淋不均匀、无法实时调控等问题。

[0005] 为实现上述目的,按照本发明,提供了一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置,该装置包括生长反应单元和光学检测反馈调控单元,其中:

[0006] 所述生长反应单元包括反应腔体、喷淋头、基座和加热器,所述喷淋头设置在所述反应腔体内部的上端,其上开有进气口,所述基座设置在所述喷淋头的下方,作为反应台面,该基座下方设置有加热器,用于将所述基座加热,气体从所述进气口进入所述喷淋头后,从所述喷淋头中喷出,在被加热后的基板上发生分解反应;

[0007] 所述光学检测反馈控制单元用于检测从所述喷淋头中喷出的气体的密度分布场,包括光源、相机和抛物面镜,所述相机设置在所述喷淋头和基座之间,所述光源设置在所述相机的一侧,所述抛物面镜贴合所述反应腔体的内壁,检测中,打开光源,气体从喷淋头喷出后,气体分布较多的区域的光线被喷出的气体折射无法原路返回,在所述相机成像中形

成较暗的区域,其它光线被所述抛物面镜反射原路返回,在所述相机成像中形成较亮的区域,以此获得喷出气体的密度分布,实现气体分布的光学检测。

[0008] 进一步优选地,所述光学检测反馈控制单元中设置有控制器,该控制器与所述喷淋头连接,当所述相机检测的所述气体密度分布场不符合预设要求时,调节所述喷淋头,使其满足要求。

[0009] 进一步优选地,所述光学检测反馈控制单元中还包括滤光片,设置在所述相机的前方,用于过滤光线,使气体折射率梯度可视化。

[0010] 进一步优选地,所述抛物面镜为凹面镜,使得高强度LED光源发出的光线反射进入相机成像。

[0011] 进一步优选地,所述光源和滤光片均设置在所述抛物面镜的两倍焦距处,使得所述相机成像更加清晰。

[0012] 进一步优选地,所述反应腔体的壳体呈中空状,该壳体上开设有冷却液入口,用于通入冷却液,避免反应腔体的壳体温度过高。

[0013] 进一步优选地,所述相机的数量为一个或多个,当为多个时,从不同的位置拍摄所述基座上方气体密度分布场。

[0014] 进一步优选地,所述反应腔体的下方设置有出气口,反应后的气体从该出气口流出。

[0015] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,具备下列有益效果:

[0016] 1、本发明通过设置光学检测反馈控制单元采用纹影法,在不影响MOCVD设备生长运行的情况下实现对喷淋区域的实时监测,同时对喷淋头进行反馈控制使喷淋符合预期要求,实现喷淋状态的实时检测和调控;

[0017] 2、本发明中通过利用相机、滤光片和抛物面的共同作用下,结合气体在不同分布场中光折射的不同,以此呈现喷淋气体密度分布场,检测方式简单便捷,测量结果精确高效;

[0018] 3、本发明中对喷淋过程密度流场分布进行无损分析,然后将检测结果输出,使工作人员实时观测设备内部情况,提高设备运行的稳定性。

附图说明

[0019] 图1是按照本发明的优选实施例所构建的用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置的正视图;

[0020] 图2是按照本发明的优选实施例所构建的用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置的俯视图;

[0021] 图3是按照本发明的优选实施例所构建的纹影法的光路原理图。

[0022] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0023] 1-基座,2-抛物面镜,3-冷却液入口,4-喷淋区域,5-气体入口,6-喷淋头,7-控制器,8-相机,9-滤光片,10-加热器,11-反应腔体,12-出气口,13-光源。

具体实施方式

[0024] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0025] 一种提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置及方法,包括:垂直喷淋MOCVD生长反应腔和光学检测反馈调控装置;

[0026] 垂直喷淋MOCVD生长反应腔包括反应腔体11、气体入口5、基座1、加热器10、冷却液入口3和出气口12;光学检测反馈调控装置包括相机8、光源13、滤光片9、抛物面镜2、控制器和喷淋头6;本实施例中,基座采用的是石墨基座,能耐受气体高温分解反应中的高温,相机采用高速相机,光源采用高强度LED;

[0027] 冷却液入口3流经反应腔体水冷壁,加热器对石墨基座进行加热作为反应区域,气体入口经喷淋头6输送沉积至石墨基座上生长,残余气体经出气口12排出;

[0028] 相机8与高强度LED光源安装在反应腔体一侧,和控制器相连,用于调节喷淋头6,抛物面镜安装在相机8对侧。

[0029] 进一步地,相机8有两组,光源13有两组,抛物面镜2有两组,三者与喷淋区域处于同一水平面,用于对喷淋区域4进行多角度观察作业,构成实现组分均匀的喷淋出口的喷淋面。

[0030] 进一步地,滤光片9用于使气体折射率梯度可视化。

[0031] 进一步地,抛物面镜2为凹面镜,使高强度LED光源发出的光线反射进入相机8成像。

[0032] 进一步地,光源13和滤光片9应同时置于抛物面镜的两倍焦距处,使成像更为清晰。

[0033] 进一步地,光源13和抛物面镜2应做好隔温措施,防止在反应腔内高温环境下发生损坏。

[0034] 进一步地,使用前应调节高速摄像机焦距和光圈使其能够观察到明亮而均匀的实像。

[0035] 进一步地,本发明还包括如下步骤:气体入口中反应气体经喷淋头喷淋至基座1表面,高温下发生化学反应生长薄膜,喷淋过程中光源13发出光线经球面镜反射以及滤光片9过滤后,进入相机8内部成像,利用光学折射率差异获得喷淋区域气体密度流场分布,对成像的不均匀性进行分析处理,将信号输出至喷淋头,对喷淋过程进行反馈控制,从而使反应气体到达基片后能够混合均匀,生长出高质量的薄膜。

[0036] 如图1所示,一种用于提升MOCVD喷淋均匀性的光学检测装置及方法,包括反应腔体、气体入口、石墨基座、加热器、冷却液入口、出气口、相机、高强度LED光源、滤光片、抛物面镜、控制器和喷淋头;如图2所示,高速摄像机、光源和抛物面镜共有两组,两组呈一定角度安装,与喷淋区域同水平放置,确保成像区域为设备喷淋区,反应腔,11为垂直喷淋式,基座1可以进行旋转调速,加热系统对基座1进行加热提供反应所需温度,冷却液入口流经外壁起到隔热作用。气体入口中反应气体经喷淋头喷淋至基座1表面,喷淋过程中高强度光源13开启发出光线经过抛物面镜反射,由滤光片9过滤后进入相机8成像,获得观测区域即喷

淋区的实时气体密度分布场,对成像信号进行分析输出信号调控喷淋头6,使喷淋达到符合预期要求的均匀性。

[0037] 下面介绍本发明的原理及方法。

[0038] 本发明利用了一种新型的光学检测技术纹影法,结合传统的垂直喷淋式MOCVD设备,实现对喷淋的均匀性调控。纹影法 (Schlieren photography) 是一种可以可视化不同密度流体在流场中分布的光学方法,方法原理如图3所示,点光源发出的光线通过抛物面镜反射后进入观测区域,经滤光片9过滤清楚后进入相机8成像,可以捕捉不同密度的流体图像。在MOCVD喷淋过程中,系统主要由生长反应腔和光学检测反馈调控装置组成,当喷淋头开始喷淋反应气体时,喷淋区域4流场发生扰动,密度场会呈现差异,因此点光源13发射的光线部分会发生折射,折射较大的光线无法原路返回,在摄像机成像系统中就会生成较暗的区域,通过分析成像的明亮程度就可以获得喷淋区域的实时密度分布,通过处理信号对喷淋头进行控制,就可以使喷淋过程达到预期的均匀性,对生长高质量的半导体材料有着重要意义。

[0039] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

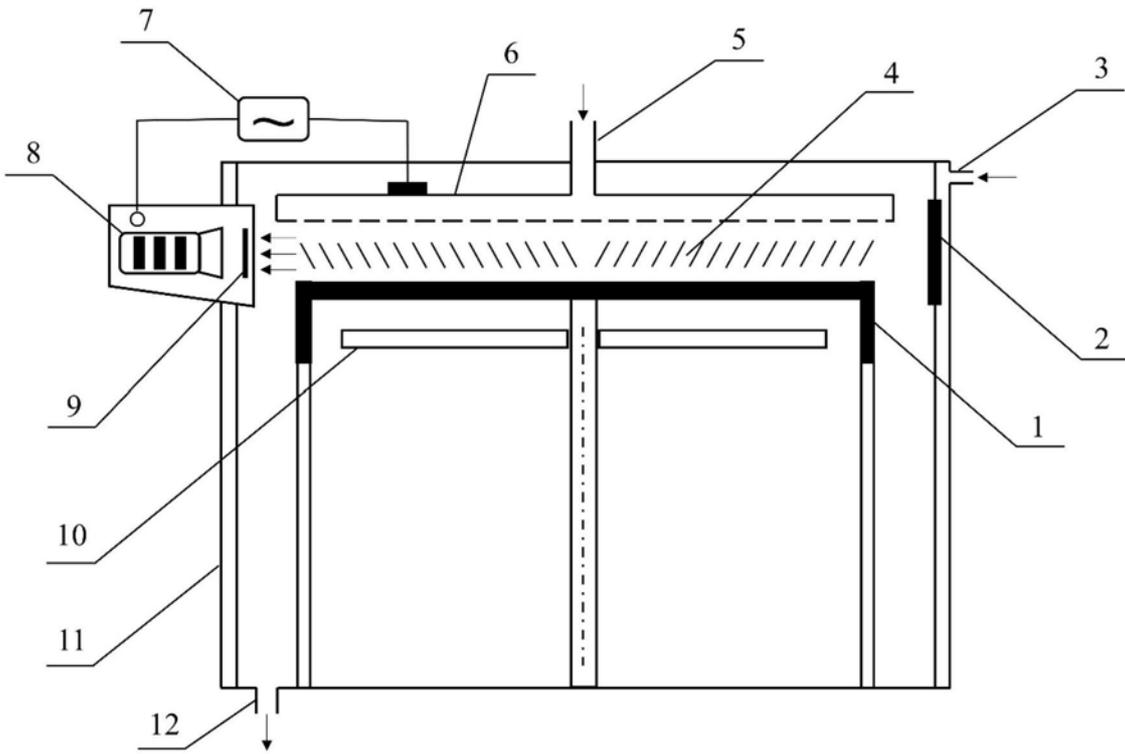


图1

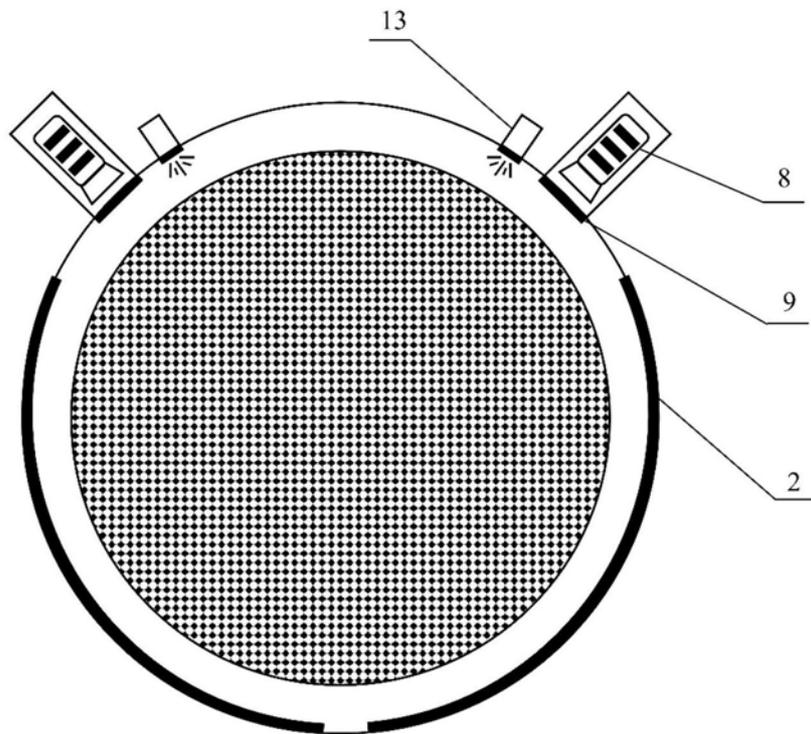


图2

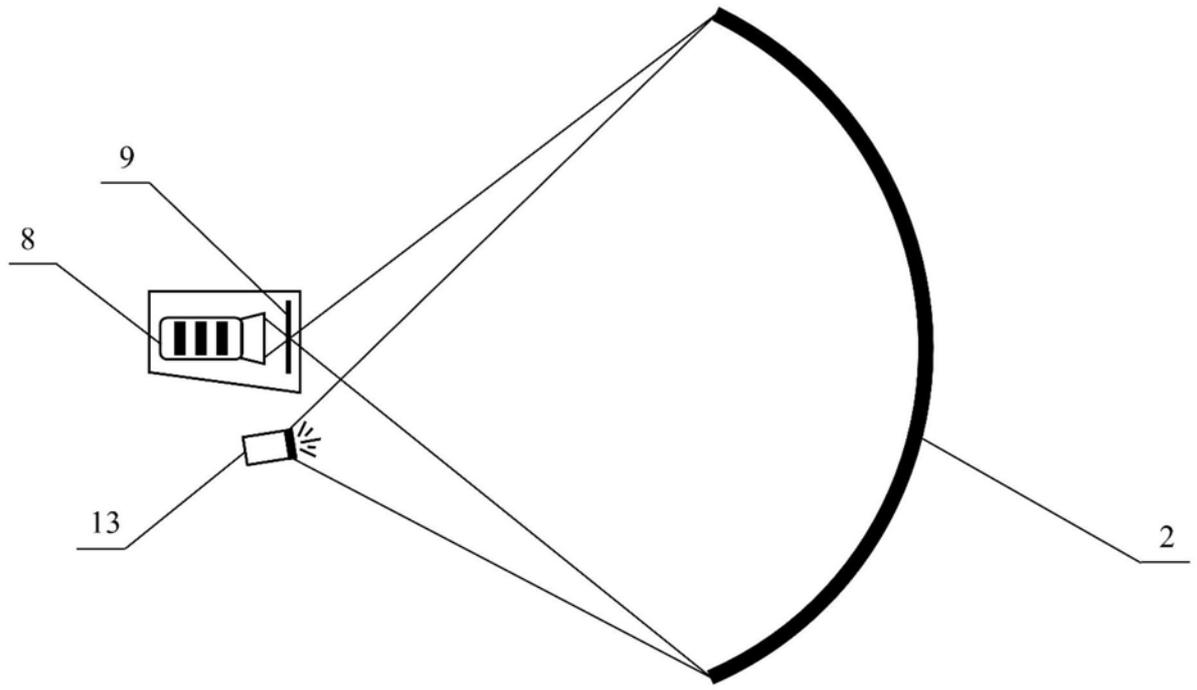


图3