



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103649380 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 19

(21) 申请号 201280023475. 1 *C30B 9/00* (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 03. 07 *C30B 35/00* (2006. 01)

(30) 优先权数据 *C30B 29/06* (2006. 01)
61/452, 919 2011. 03. 15 US *C30B 29/20* (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2013. 11. 15

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/028056 2012. 03. 07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02012/125365 EN 2012. 09. 20

(71) 申请人 GTAT 公司
地址 美国新罕布什尔州

(72) 发明人 D·C·斯凯尔顿 B·C·福拉诺

(74) 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司 11314
代理人 程伟 王锦阳

(51) Int. Cl.
C30B 11/00 (2006. 01)

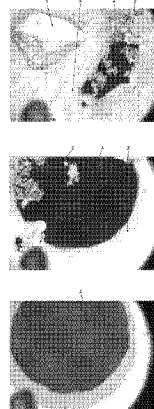
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

用于晶体生长装置的自动检视系统

(57) 摘要

本发明是揭露一种在晶体生长装置内的坩埚中制造晶体材料的方法的各种实施例。该方法就某种程度上包含以装设在坩埚上方的自动检视系统监测在原料融熔液体内的残留固体原料的步骤。或者, 另外, 该方法再包含以自动检视系统监测部分固化融熔体内的固化晶体材料的步骤。本发明也揭露一种包含该自动检视系统的晶体生长装置。



1. 一种制造晶体材料的方法,其包含下列步骤:
 - i) 在晶体生长装置的热区中提供含有固体原料的坩埚;
 - ii) 加热在该坩埚中的该固体原料以形成原料融熔液体;
 - iii) 以装设在该坩埚上方的自动检视系统监测该原料融熔液体中的残留固体原料;以及
 - iv) 当以该自动检视系统检测到已无残留固体原料时,终止对该固体原料加热。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该晶体生长装置为定向固化熔炉。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该原料融熔液体还包含至少一个杂质相,而其中该自动检视系统监测该原料融熔液体内的残留固体原料时,不会受到该至少一个杂质相干扰。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在该原料融熔液体中以该自动检视系统检测残留固体原料,持续进行加热直到以该自动检视系统检测到已无残留固体原料。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该自动检视系统持续监测该原料融熔液体中的残留固体原料。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,以该自动检视系统终止对该固体原料的加热。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该自动检视系统为可程序化的摄影机。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该自动检视系统对该原料融熔液体的表面的中心部分监测残留的固体原料。
9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该自动检视系统是接附在该晶体生长装置的外部。
10. 根据权利要求 1 所述的方法,还包含自该原料融熔液体移去热源以形成该晶体材料的步骤。
11. 根据权利要求 10 所述的方法,还包含将该晶体材料退火的步骤。
12. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该固体原料包含硅晶。
13. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,该晶体材料为硅铸锭。
14. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,该固体原料包含铝。
15. 根据权利要求 14 所述的方法,其中,该晶体材料为蓝宝石。
16. 一种制造晶体材料的方法,其包含下列步骤:
 - i) 在晶体生长装置的热区中提供含有固体原料的坩埚;
 - ii) 加热该坩埚中的该固体原料以形成原料融熔液体;
 - iii) 自该原料融熔液体移去热源以形成部分固化融熔体;
 - iv) 以装设在该坩埚上方的自动检视系统监测部分固化融熔体中的固化晶体材料;
 - v) 使该部分固化融熔体完全凝固以形成该晶体材料;以及
 - vi) 完全凝固后终止热源移除。
17. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该晶体生长装置为定向固化熔炉。
18. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该部分固化融熔体还包含至少一个杂质相,而其中该自动检视系统监测该部分固化融熔体内的固化晶体材料时不会受到该至少一个杂质相干扰。
19. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,以该自动检视系统检测该部分固化融熔体内

无固化晶体材料存在,且持续进行热源移除直到该自动检视系统检测到有固化晶体材料。

20. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该自动检视系统持续监测该部分固化熔融体内的固化晶体材料。

21. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,以该自动检视系统终止热源移除操作。

22. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该自动检视系统为可程序化的摄影机。

23. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该自动检视系统对部分固化熔融体的表面中心部分监测固化晶体材料。

24. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该自动检视系统是接附在该晶体生长装置的外部。

25. 根据权利要求 16 所述的方法,还包含将该晶体材料退火的步骤。

26. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该固体原料包含硅晶。

27. 根据权利要求 26 所述的方法,其中,该晶体材料为硅铸锭。

28. 根据权利要求 16 所述的方法,其中,该固体原料包含铝。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,其中,该晶体材料为蓝宝石。

30. 一种制造晶体材料的方法,其包含下列步骤:

i) 在晶体生长装置的热区中提供含有固体原料的坩埚;

ii) 加热该坩埚中的该固体原料以形成原料熔融液体;

iii) 以装设在该坩埚上方的自动检视系统监测该原料熔融液体内的残留固体原料;

iv) 当以该自动检视系统监测到已无残留固体原料时,终止对该固体原料加热;

v) 自该原料熔融液体移去热源以形成部分固化熔融体;

vi) 以该自动检视系统监测该部分固化熔融体内的固化晶体材料;

vii) 使该部分固化熔融体完全凝固以形成该晶体材料;以及

viii) 完全凝固后终止热源移除。

31. 一种晶体生长装置,包含:

腔室;

热区,其包括在该腔室内部的至少一个加热系统;

坩埚,其含有在该热区内的固体原料;

至少一个自该热区移去热源的装置;以及

自动检视系统,其装设在该坩埚上方用以观看该固体原料。

32. 根据权利要求 31 所述的装置,其中,该自动检视系统是电性连接至至少一个加热系统、至少一个移除热源装置或两者都连接。

33. 根据权利要求 31 所述的装置,其中,该自动检视系统装设在该坩埚上方,用以观看该固体原料的表面中心部分。

用于晶体生长装置的自动检视系统

[0001] 相关申请案

[0002] 本申请主张在 2011 年 3 月 15 日提交的美国临时申请案序号 61/452,919 的权益,其全部内容特此并入本文作为参考资料。

技术领域

[0003] 本发明是有关于使用自动检视系统作为部分晶体生长装置的晶体材料制造方法。

背景技术

[0004] 晶体生长装置或熔炉,如定向凝固系统(DSS)和热交换器(HEM)熔炉,涉及在坩埚中的原料(如硅)的融熔和受控的重新凝固,以生产铸锭。在数小时的数个可识别步骤下,即可由融熔原料制造铸锭。例如,为了以 DSS 方法生产硅铸锭,固体硅原料在坩埚中,常被包含在石墨坩埚箱,且被放入一个 DSS 熔炉的热区中。然后将原料加热,形成原料的融熔液体,炉温远高于硅的熔点 1412°C,维持数小时,以确保完全融化。一旦完全融化,热源从融化的原料除去,通常通过施加在热区的温度梯度,以便以定向方式凝固熔体,并形成硅铸锭。通过控制熔体凝固,铸锭比起始原料有更大纯度,如此即可以在各种尖端科技上应用,如半导体和光伏产业。

[0005] 在这类方法中常有各种挑战,如精准鉴定原料完全熔化和 / 或铸锭的生长已完成。若有缺失将对这些制得的晶体材料的品质有不良影响。例如,如果硅原料完全融化,但在高融化温度下存留太长时间,将使熔体中的不纯物如碳和氧的数量增加,而影响最终硅铸锭的整体性能。另外,熔体结尾工作的缺失,也将对剩余的凝固过程,特别是后续步骤的时间控制和温度效应造成实质的负面影响。再者,就凝固步骤而言,如成长结果受到不当的鉴定,则会造成完全成熟的固体铸锭受到显著的热梯度温度效应,可能导致最终铸锭损坏。一般而言,融熔的结尾操作和铸体的生长完成,乃根据操作员以手动检视熔炉的内部温度读数加以确认。然而,这已被证实是不可靠或不一致的。

[0006] 因此,在工业上有需要发展出可用以监视晶体生长装置中的原料融化以确定融熔何时完全和 / 或用以监视晶体材料从完全融熔原料的生长以确定生长何时完成的方法和装置。

发明内容

[0007] 本发明是关于一种制造晶体材料的方法,在一个实施例中,其包含下列步骤:在晶体生长装置的热区中提供含有固体原料的坩埚;加热在该坩埚中的该固体原料以形成原料融熔液体;以装设在该坩埚上方的自动检视系统监测该原料融熔液体中的残留固体原料;以及当以该自动检视系统检测到已无残留固体原料时,终止对该固体原料加热。就此具体实施例而言,该方法还包括从原料融熔液体移除热源以形成晶体材料并随后对该晶体材料加以退火的步骤。

[0008] 本发明也关于一种制造晶体材料的方法,在另一个实施例中,其包含下列步骤:在

晶体生长装置的热区中提供含有固体原料的坩埚；加热在该坩埚中的该固体原料以形成原料融熔液体；自该原料融熔液体移去热源以形成部分固化融熔体；以装设在该坩埚上方的自动检视系统监测部分固化融熔体中的固化晶体材料；使该部分固化融熔体完全凝固以形成该晶体材料；以及完全凝固后终止热源移除。

[0009] 本发明也关于一种制造晶体材料的方法，在又一个实施例中，其包含下列步骤：在晶体生长装置的热区中提供含有固体原料的坩埚；加热在该坩埚中的该固体原料以形成原料融熔液体；以装设在该坩埚上方的自动检视系统监测该原料融熔液体内的残留固体原料；当以该自动检视系统监测到已无残留固体原料时，终止对该固体原料加热；自该原料融熔液体移去热源以形成部分固化融熔体；以该自动检视系统监测该部分固化融熔体内的固化晶体材料；使该部分固化融熔体完全凝固以形成该晶体材料；以及完全凝固后终止热源移除。

[0010] 本发明还关于一种晶体生长装置，包括：腔室；热区，其包括在该腔室内部的至少一个加热系统；坩埚，其含有在该热区内的固体原料；至少一个自该热区移去热源的装置；以及自动检视系统，其装设在该坩埚上方。该自动检视系统是装设成观看该固体原料，特别是其表面中心部位。

[0011] 应了解到，前述发明内容与后述实施方式仅供例示说明用，其意图是提供本发明的进一步说明，如权利要求书所保护者。

附图说明

[0012] 图 1A 至图 1C 为本发明的方法的实施例中所使用的自动检视系统的图像。图 1A 及图 1B 为融熔液体硅原料仍有固体硅原料残留时，其表面中心部位的图像。图 1C 为融熔液体硅原料已无固体硅原料残留时，其表面中心部位的图像。

[0013] 图 2A 至图 2D 为本发明的方法的实施例中所使用的自动检视系统的图像。图 2A 为部分固化硅铸锭而无可见固化硅时，其表面中心部位的图像。图 2B 及图 2C 为部分固化硅铸锭而有可见固化硅时，其表面中心部位的图像。图 2D 为完全固化硅铸锭，其表面中心部位的图像。

[0014] 图 3 为本发明的晶体生长装置的实施例的横断面视图。

具体实施方式

[0015] 本发明是有关于具有自动检视系统的晶体生长装置，以及使用自动检视系统生长晶体材料的方法。

[0016] 本发明的方法为制造晶体材料的方法，包括例如硅铸锭或蓝宝石。此方法包括下列步骤：在晶体生长装置的热区中提供含有固体原料（例如，硅或铝）的坩埚；加热坩埚中的固体原料，从而制造原料融熔液体；以及自原料融熔液体移去热源以产生晶体材料。此方法可进一步包括下列步骤：在最终冷却前退火晶体材料；以及自晶体生长装置移出产物。该方法的各种实施例将叙述于下。

[0017] 本发明的方法所使用的坩埚可为本技术领域所熟知任何用于装盛、融化及再固化原料的容器。而坩埚的材质可为各种耐热材料，诸如，石英、二氧化硅、石墨、或钨，依不同因素包括原料的类型而定。例如，含硅的原料可使用石英坩埚。再者，坩埚的横截面可为圆柱

形或方形及 / 或锥形, 并依需要选择地加以涂层, 以防止凝固后的铸锭开裂。较佳者为坩埚被包置于坩锅箱内以进一步提供稳定性和刚性。坩锅箱通常包含至少一个侧板和底板, 并依需要选择地另外包含盖子。例如, 使用方形坩埚时, 坩锅箱也为方形, 其配置有四层锅壁及一底板, 并依需要选择地包含一个盖子。

[0018] 含有固体原料的坩埚设置在晶体生长装置的热区中, 其可为任意的设备或装置(如高温熔炉), 具有腔室(如水冷式外部腔室), 该腔室具有内部热区用来加热和融熔原料(例如硅), 一般在大于大约 1000°C 的温度, 并在之后能促进融熔的原料重新凝固。例如, 晶体生长装置可以是晶体生长熔炉, 包括定向凝固系统(DSS)熔炉或热交换器法(HEM)熔炉。在晶体生长装置的腔室内的热区包含至少一个加热系统, 如多个加热组件, 以提供热给坩埚来熔化其中的固体原料。例如, 热区可包含顶部加热组件, 位于坩埚上方的热区的上部区域, 以及至少一个侧边加热组件, 位于顶部加热组件下方, 而沿着坩埚及热区两侧。热区还包含围绕且定义该热区的绝缘部, 并进一步包含有被多个底座抬高的坩埚支托块, 坩埚和坩锅箱可置放在该多个底座上。

[0019] 在本发明所使用方法中, 在晶体生长装置的热区所提供的装盛原料的坩埚被加热而产生原料融熔液体。而所使用的加热方法取决于热区的加热系统的类型。例如, 在坩埚的固相原料, 可以通过调节加热系统(如热区的一个或多个加热组件)的功率, 使材料加热和熔化。

[0020] 原料加热是先形成包括液相原料和固相原料的部分液化或熔化原料的混合物。例如, 针对硅原料, 常常会发现剩余的固相原料会因其较低的密度而在融熔液相材料的表面上或附近漂浮。当持续加热及融熔时, 固相的原料量会减少。在本发明所使用方法中, 持续加热到所有固相原料被融熔, 因而得到无固相原料残留的原料融熔液体。

[0021] 然而, 如上所讨论者, 难以准确判断何时方可得到所有固相原料被熔化且在融熔体中完全无固相原料残留。例如, 通常以放置在晶体生长装置内的热电偶监视热区内的温度, 而将在固相原料熔化期间的热区的温度增加作为表示绝大部分剩下的固相材料已融熔的讯号。然后, 操作者需要透过定位于坩埚顶部上方的玻璃或窗口观察晶体生长装置的顶部, 以检查熔融状态。这种方法繁琐费时, 且不一致, 因为它取决于操作者如何快速定位到装置顶部, 以及如何有效决定是否看到仍有固相原料残留。

[0022] 为了克服这些困难, 在本发明的方法的一实施例中, 是使用装设在坩埚上方的自动检视系统, 作为原料融熔液体形成和固相材料残留的监测。较好的自动检视系统是接附在晶体生长装置外部, 更特别的是, 在坩埚中心的上方, 它提供检视系统监测原料融熔液体的表面中心。自动检视系统可以是能够准确区分固体原料与液体原料的任何检视系统。例如, 自动检视系统可能是一个可程序化的摄影机, 其可对原料融熔液体表面拍摄多个图像, 进一步利用设置在摄影机内部或外部的图像分析软件程序, 准确地检测出少量的固体原料。此一系统乃基于液体和固体原料之间的各种不同特点, 包括, 但不限于, 反射率或色泽差异(即可见光成像)。然而, 在本发明的方法中使用的自动检视系统与通常所用设备明显不同并提供有显著的改善用于监测坩埚中的内容物, 通常可用设备系以高温计监测, 惟其仅依赖检测固体和液体原料之间的放射率差异, 且无法提供灵敏度或分辨率据以准确地判定何时仅有一个相存在。

[0023] 再者, 无论是从固体原料本身或融熔过程期间不想要的副反应, 常会发现杂质

产生。若有杂质出现,通常会在原料融熔液体内形成一个独立相。例如,对硅而言,杂质通常会沿着融熔体表面漂浮作为表皮或共物(pool)。因此,在本发明的方法的此实施例中,较佳者是在不受任何杂质相干涉的情况下,自动检测系统也能在原料融熔液体中监测到残留固体原料。所以,即使在有至少一个杂质相存在的情况下,也可以准确地识别到完全融熔的液体原料而没有残留固体原料存在。

[0024] 由于这种检视系统是自动化的,所以不需要操作者直接参与决定或确认没有残留的固体原料存在。检视系统针对残留固体原料自动监控原料融熔液体的表面,以便准确地判定何时所有原料均已融化。此监控可以特定时间增量(诸如,以间歇性拍摄法[time-lapse photography],在各种时间间隔产生个别或分离的图像,如大约每5分钟或更短的时间间隔,每隔2分钟或更短,每隔一分钟或更短,或每隔30秒或更短,包括每5秒的时间间隔)或连续拍摄(诸如,通过视频监控)来进行。如以自动检视系统检测到有残留固体材料时,即可继续加热。若检测到已无残留固体材料时,即可终止加热。在检视系统已判定无残留固体原料之后,加热可由独立步骤结束,也可直接由检视系统本身直接终止加热。例如,自动检视系统可检测到已无残留固体原料,然后传送信号给操作者终止加热。或者,自动检视系统可将信号发送到系统控制器以结束加热,诸如降低在晶体生长装置的热区的加热系统的功率。

[0025] 如上所述,本发明的方法,更可包含在最终冷却之前,从原料融熔液体移除热源以生成晶体材料(如果需要的话,可随后进行退火)以及自晶体生长装置移出产物。可使用本技术领域已熟知的任何方法来移除供热以产生晶体材料。例如,在DSS熔炉中,经由热区的底部,对水冷室腔室的辐射热散失逐渐增加,如此通过控制坩埚内的热抽离,即可将熔体达到定向凝固。通过相对于坩埚将绝缘体移动成围绕热区,以便不会干扰生长铸锭的固-液相界面,便可以实现受控制的热散失。作为具体实例,热区的绝缘体可包括顶部和侧面的绝缘板,其中侧面绝缘体是组构成相对于热区内的坩埚作垂直移动。在另一实例,例如,使用热交换器于熔炉,可单独或与组构成相对于坩埚移动的绝缘体联结,以控制热抽离。例如,一种气冷却式热交换器(例如,氦冷却式热交换器)可安装在坩埚正下方,以加速融熔材料凝固。

[0026] 如上所述,在一般的凝固过程中,时常很难判定原料融熔液体何时完全凝固。例如,在定向凝固系统的熔炉中,固-液相生长前线(front)是由底部附近开始形成,再逐渐往融熔液顶部产生,形成具有残余原料融熔液体在其表面上的近于凝固的材料。通常,当凝固产品出现在融熔体表面上方时,熔炉的内部制程条件改变,以促进产物的完全生长。例如,就硅而言,当有液体硅出现时,部分固化的硅铸锭所散发出的热的量会改变,而这会改变在热区中调节温度所需的功率量。然而,由于变化可能是微细的,操作者可能会不小心错过避免损坏完全生长的晶体材料而必须及时结束散热的步骤。再者,以类似于固体原料已完全融化的检测方式,操作者可以由晶体生长装置的顶部观看,检视融熔体的状态来确认生长,但正如上所述,这种方法繁琐、费时,而且不一致。

[0027] 为克服此困难,在本发明的方法的另一实施例中,从原料融熔液体移除热源以生成部分凝固的晶体材料,其使用装设在坩埚上方的自动检视系统加以监测。如上所述的任何移除热源的方法均可使用。较佳者为将自动检视系统依附于晶体生长装置外部,更佳者为设置于坩埚的中心上方,其于部分凝固晶体材料表面的中心提供检视系统。凡能准确区

分固体原料及液体原料的任何检视系统均可使用,包括,如上所述者,诸如可程序化的摄影机。另外,由于这种检视系统是自动化的,所以不需要有操作者直接参与决定或确认有残留的固体材料存在。检视系统自动地监测部分凝固晶体材料的表面的凝固晶体材料,以准确地判定何时生长完成。监测可在特定时间增量或连续监测进行。若以自动检视系统监测到已无固态晶体材料,继续移除热源直到又有固态晶体材料被监测到。终止移除热源可能是检视系统激活的独立步骤,或一旦晶体生长完成就由检视系统本身直接终止。例如,自动检视系统监测到有固态晶体材料,然后能传送信号给操作者或能终止移除热源阶段的系统控制器。

[0028] 再者,据了解,无论是从固体原料或不想要的副反应在晶体固化过程期间均会产生杂质。例如,就在 DSS 或 HEM 熔炉的晶体生长材料而言,杂质通常聚集在部分固化晶体材料的表面的中心部位,形成另一个相且通常最后才凝固。因此,在本发明的方法的此实施例中,较佳者为自动检视系统可在部分固化晶体材料表面监测到固化晶体材料,且不会干扰到任何杂质相。

[0029] 也就本发明的方法的此实施例而言,在已经以自动检视系统监测到固化晶体材料后,则可继续将部分固化晶体材料完全凝固而形成所欲的晶体材料。在最后冷却及自晶体生长装置除移出产物前,如有需要的话,随后即可进行退火。

[0030] 因此,如上所述,在本发明的一个实施例中,自动检视系统在形成原料融熔液体时检测到残留固体材料,而在另一个实施例中,在原料融熔液体的凝固过程中,自动检视系统检测部分固化晶体材料中是否有固化晶体材料存在。在另一个实施例中,自动检视系统可同时检测晶体生长过程中融熔及凝固的步骤中的固体。因此,就此一实施例而言,晶体材料的生产方法包括,在晶体生长装置的热区中提供含有固体原料的坩埚,加热坩埚的固体原料以形成原料融熔液体,以装设在坩埚上方的自动检视系统监测原料融熔液体中残留的固体材料,以及在以自动检视系统监测已无残留的固体材料时,终止对固体原料加热。此方法进一步包括,从原料融熔液体除去热源以形成部分固化的晶体材料,以自动检视系统监控部分固化晶体材料中凝固的晶体材料,将部分凝固的晶体材料完全凝固成晶体材料,以及在完全凝固后终止去除热源。以此方法,如上所述的困难,包括识别融熔的终止及晶体生长是否已完成等,均可克服。

[0031] 作为本发明的一个特定实例,图 1A 至图 1C 及图 2A 至图 2C,每一个图是显示接附在 DSS 熔炉外部、经由熔炉的顶部的圆形观景口对焦、定位在含硅原料的坩锅中心的正上方的可程序化的摄影机所拍摄的图像。原料是被加热产生融熔硅液体,然后依 DSS 标准流程以定向凝固制成硅铸锭。融熔阶段和生长(即凝固)阶段每隔 5 秒采集图像。图 1A 至图 1C 是于一个 DSS 熔炉实验运行的熔化阶段期间对熔体拍摄的选择的间歇性图像,而图 2A 至图 2D 是于第二次运行的生长或凝固阶段期间拍摄的选择的间歇性图像。在每一个这些图像所看到的圆边是于观景窗的边缘。

[0032] 图 1A 为产生的硅晶原料融熔液体的表面中心部位的图像,其中尚可见到残留固体硅晶原料呈大块状 1 及小片状 2 浮在硅晶原料融熔液体 3 上。当继续加热时,大部分的残留固体硅晶原料均会融熔,如图 1B 所示,其为产生的硅晶原料融熔液体表面中心部位的图像,其中只见到一些小片状物 2。如果持续再加热,这些小片状物也将融熔,图 1C 为产生的完全融熔原料的表面中心部位的图像。由图像所示,其间已检测不到残留固体硅晶原料,

表示融熔已完成。只见到硅晶原料的融熔液体。这些图像中的较暗黑部分 4, 是为圆形观景端口自高反射液体硅表面反射的图像。图 1C 的图像与熔炉内部温度测量相对应, 也表明融熔已完成。因此, 本自动检视系统可用以监测融熔物表面, 而可方便地侦测到固体原料存在, 从而正确地判定融熔的终止。因此, 此一检视系统可用以在固体原料融熔时终止原料的加热, 以便开始对产生的融熔硅原料液体进行定向凝固。

[0033] 图 2A、2B、2C 及 2D 是自硅晶原料的融熔液体进行定向凝固形成硅铸锭期间所拍摄的图像。特别是, 图 2A 为接近终止晶体生长阶段的部分固化的硅晶材料的表面中心部位的图像, 其中尚未观察到有固化硅晶 (也就是, 正在生长的硅铸锭)。图 2B 为继续除去热源之后续的图像, 此时残留的融熔硅原料液体 6 已减少, 而已可看到凝固的硅铸锭 5。图 2C 为凝固的硅铸锭 5 已扩大之后续图像。如图 1A 至图 1C, 这些图像中较暗黑部分 4 是为圆形观景端口自高反射液体硅表面反射的图像。而低反射的固化硅铸锭 5 则已无法观察到反射。这些图像也可见于图 2D, 其为最后已完全生长的硅铸锭, 而不再有残留的融熔硅原料液体的图像。在此图像, 硅铸锭已完全生长。因此, 在生长期间, 也可用此自动检视系统监控融熔体的表面, 借以立刻侦测生长中的硅晶材料的存在。因此, 此一自动检视系统可正确地判定生长的终止, 而在铸锭完全生长时终止除去热源。

[0034] 本发明进一步关于一种包含自动检视系统的晶体生长装置, 较佳者为, 可适用于本发明的方法者。而此一晶体生长装置可为上述的任一晶体生长装置, 诸如 DSS 熔炉或 HEM 熔炉。在一具体实施方式中, 晶体生长装置包含有腔室、腔室内的热区、以及至少一个自热区移去热源的装置。热区包含有至少一个加热系统, 诸如一个或多个加热组件, 及含有固体原料的坩埚。自动检视系统是装设于坩埚上方, 较佳者为接附于腔室外部而可用以观看固体原料的顶部中心部位, 且可为上述任一能用以从固体原料区分出液体原料的自动检视系统。此自动检视系统还能电性连接至至少一个加热系统、至少一个热源移除装置或两者都连接。

[0035] 图 3 为本发明的晶体生长装置的一个特定具体实施方式的横断面视图, 其中晶体生长装置为 DSS 熔炉。然而, 对本技术领域中具有通常知识者而言为显而易见的是, 这在本质上仅为例示性而非限制性, 仅作为范例。本领域技术人员能想到落在本发明的范畴内的许多修改和其它实施方式。此外, 本领域技术人员应明白, 特定的组构是例示的, 而其实际的组构则将取决于特定的系统。本领域技术人员也都能确认及识别与所示组件等效的特定组件, 而无须作例行性试验。

[0036] 图 3 所示的晶体生长装置 20 包含外部腔室 21 及腔室内的热区 22。在坩埚箱 24 内的坩埚 23, 内装填有原料 25, 将该坩埚 23 设置于热区 22 中, 该坩埚 23 位在坩埚支托块 26 上, 该坩埚支托块 26 被支撑在底座 27 上。热区 22 被绝缘罩 28 围绕, 又包括一套由顶部加热器 29a 及二个侧部加热器 29b 组成的加热系统。绝缘罩 28 为可上下垂直移动, 如箭头 A 所示, 此是从晶体生长装置 20 的热区移去热源的装置, 其将热区 22 与内含于其中的组件暴露于外部腔室 21, 外部腔室 21 是通过例如水的冷却媒介进行冷却。晶体生长装置 20 又包含自动检视系统 30, 其接附于外部腔室 21 外面, 位于坩埚 23 的中心正上方。此处, 自动检视系统 30 透过观测玻璃 31 及绝缘口 32 对焦, 并且经由顶部加热器 29a 的间隙 (未图标) 可清楚地检视原料 25 的上部。自动检视系统 30, 诸如透过控制系统, 可电性连接至加热组件及 / 或用于调节绝缘罩的移动的控制器。

[0037] 为了说明和描述,以上已提出本发明的较佳实施例。并无意图将本发明详尽描述而限制成所揭露的精确形式。有鉴于上述教示而可能有各种修改及变化,或可从本发明的实作上得到这些修改及变化。这些实施例是被选择而描述成说明本发明的原理,且其实际应用能使本领域技术人员以各种修改使用本发明在各种实施例上,如适于所想到的特定使用者。本发明的范畴是由权利要求书及其等效者所界定。

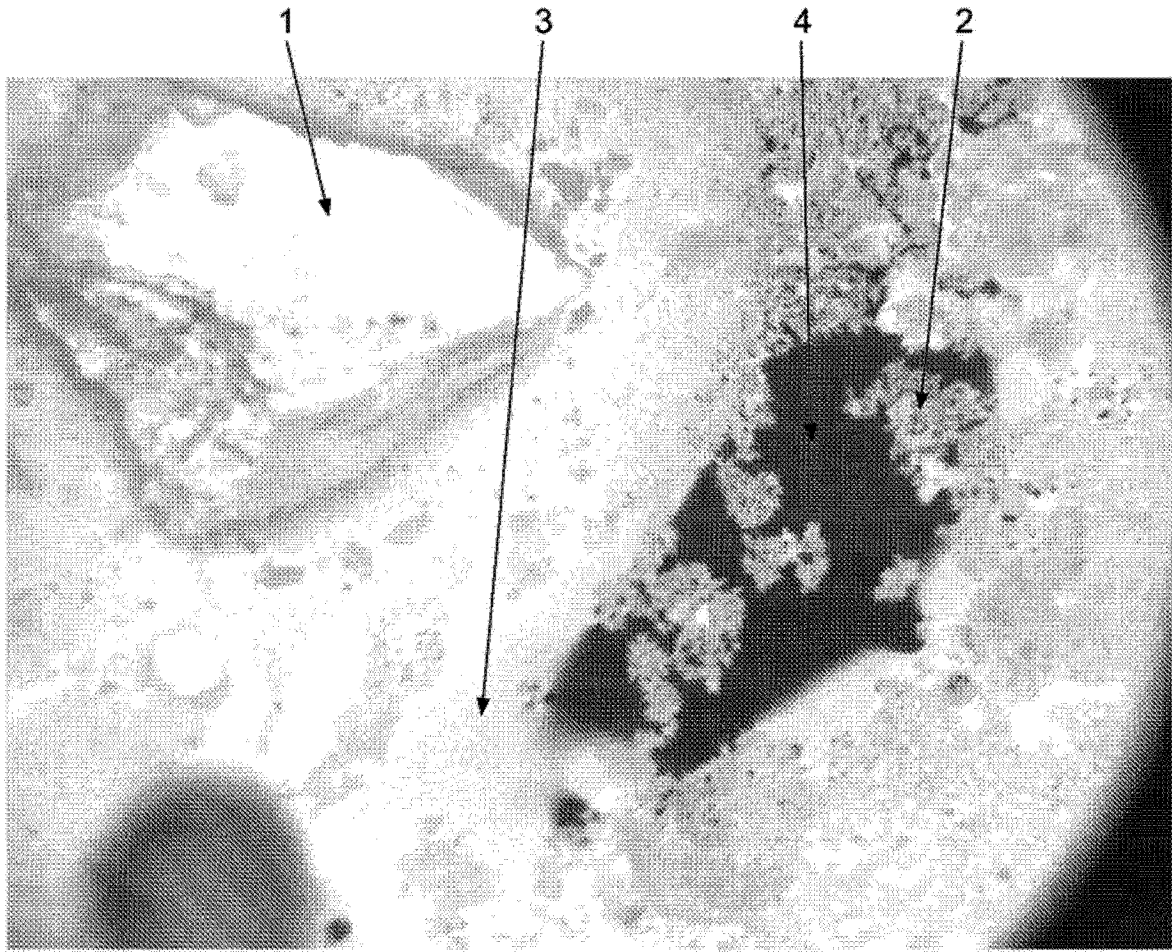


图 1A

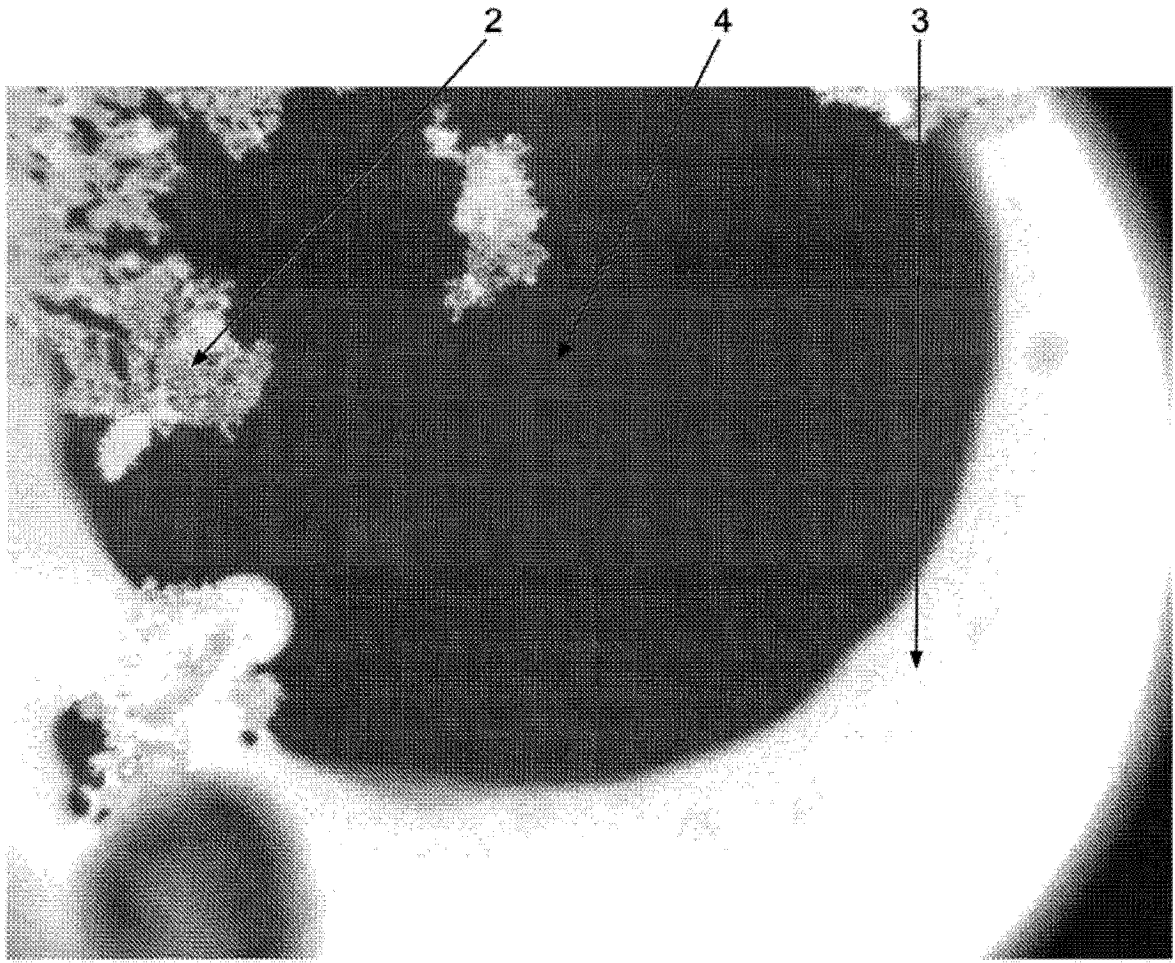


图 1B

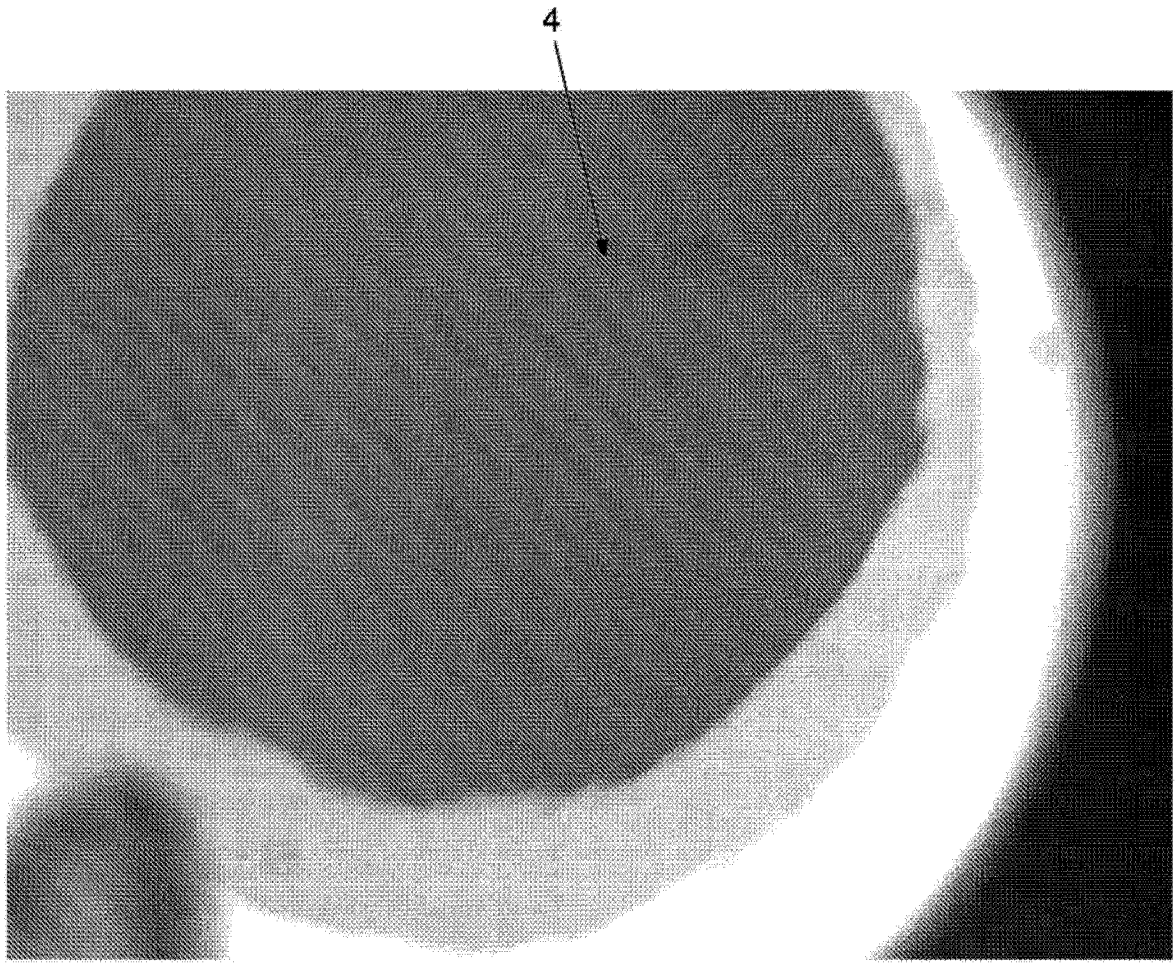


图 1C

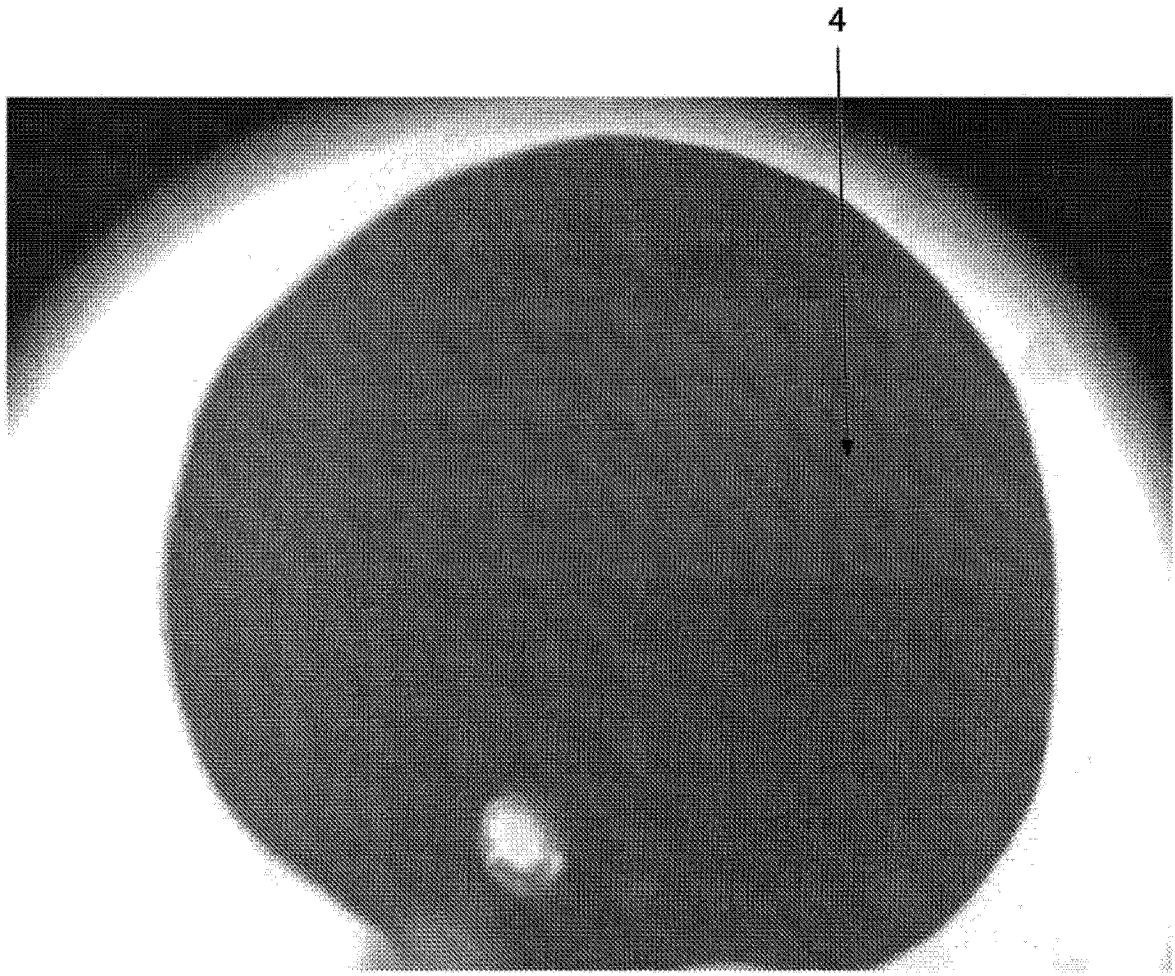


图 2A

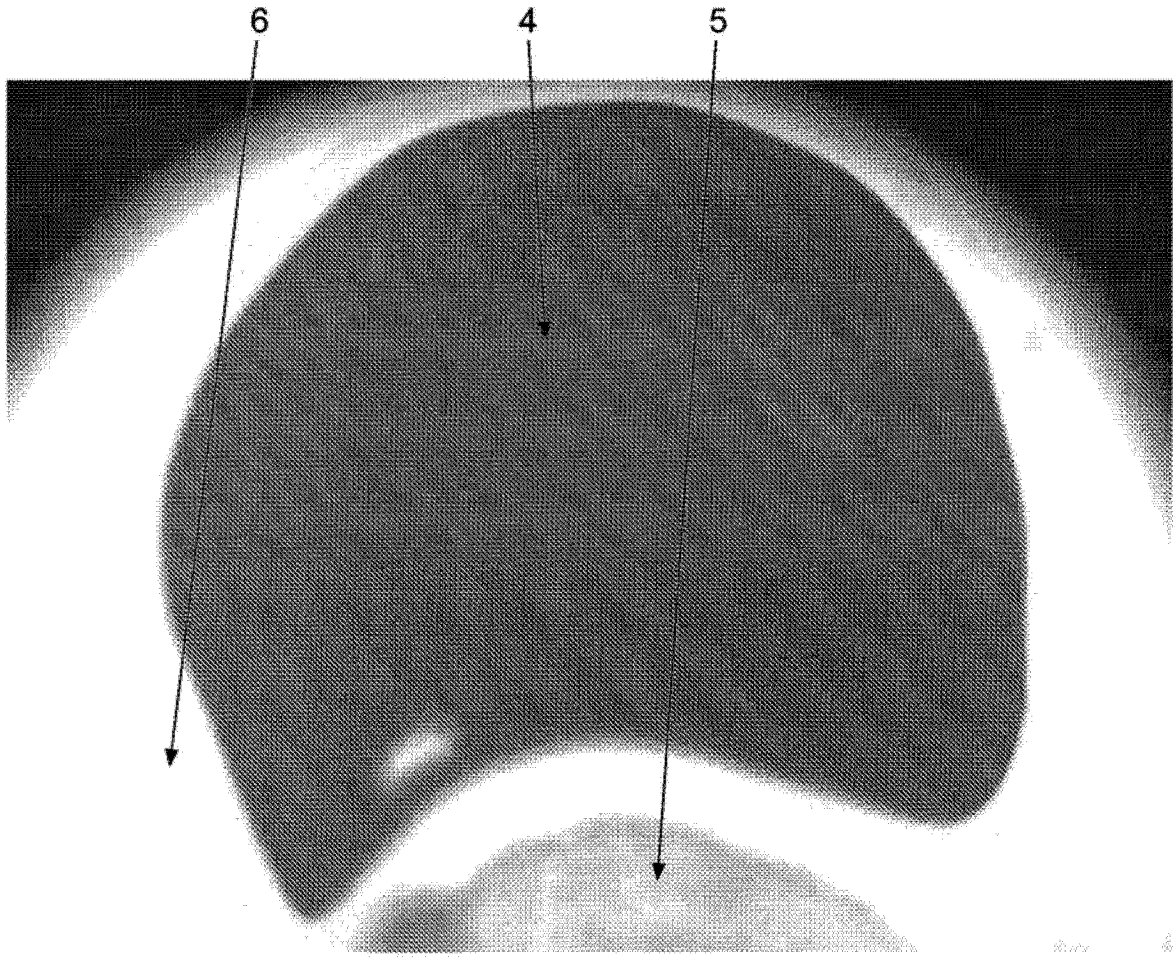


图 2B

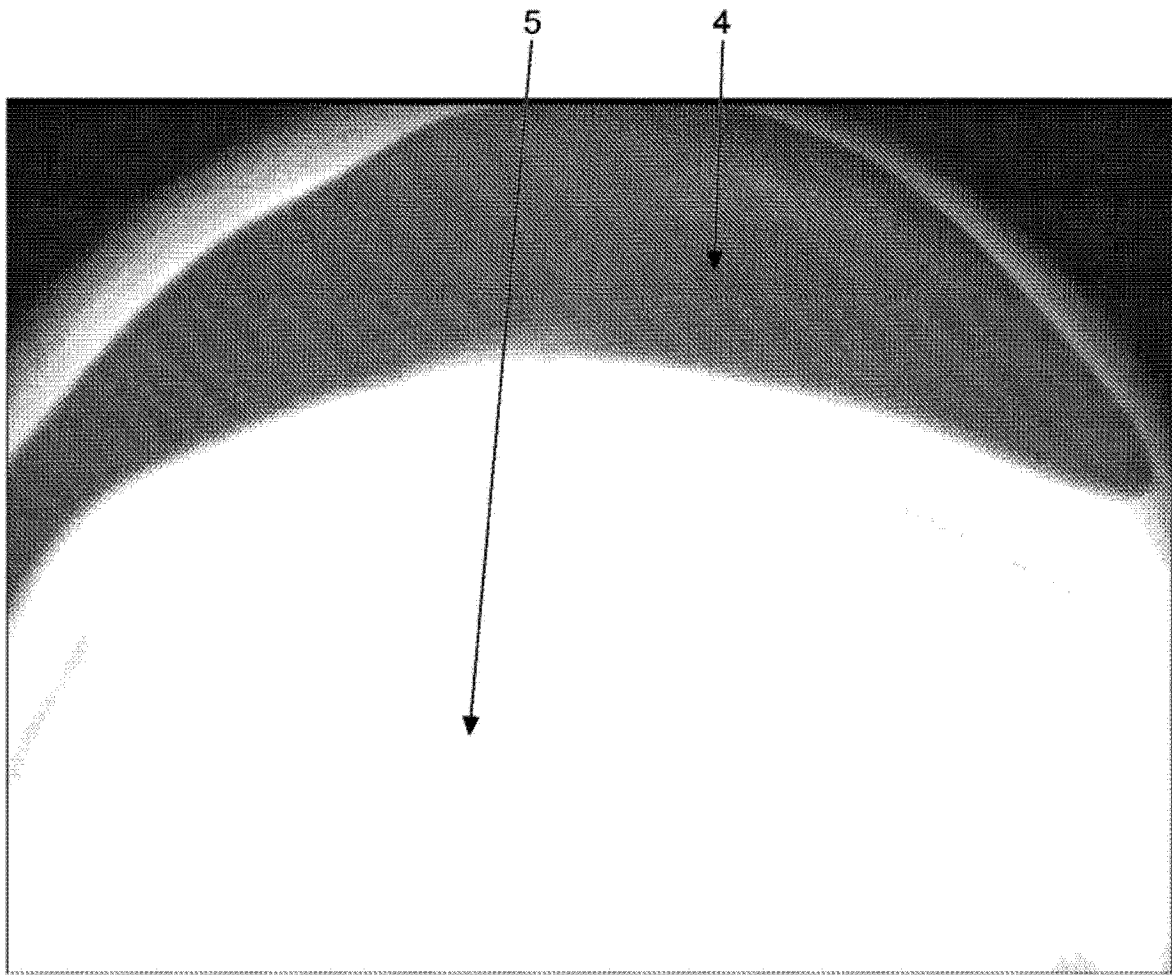


图 2C

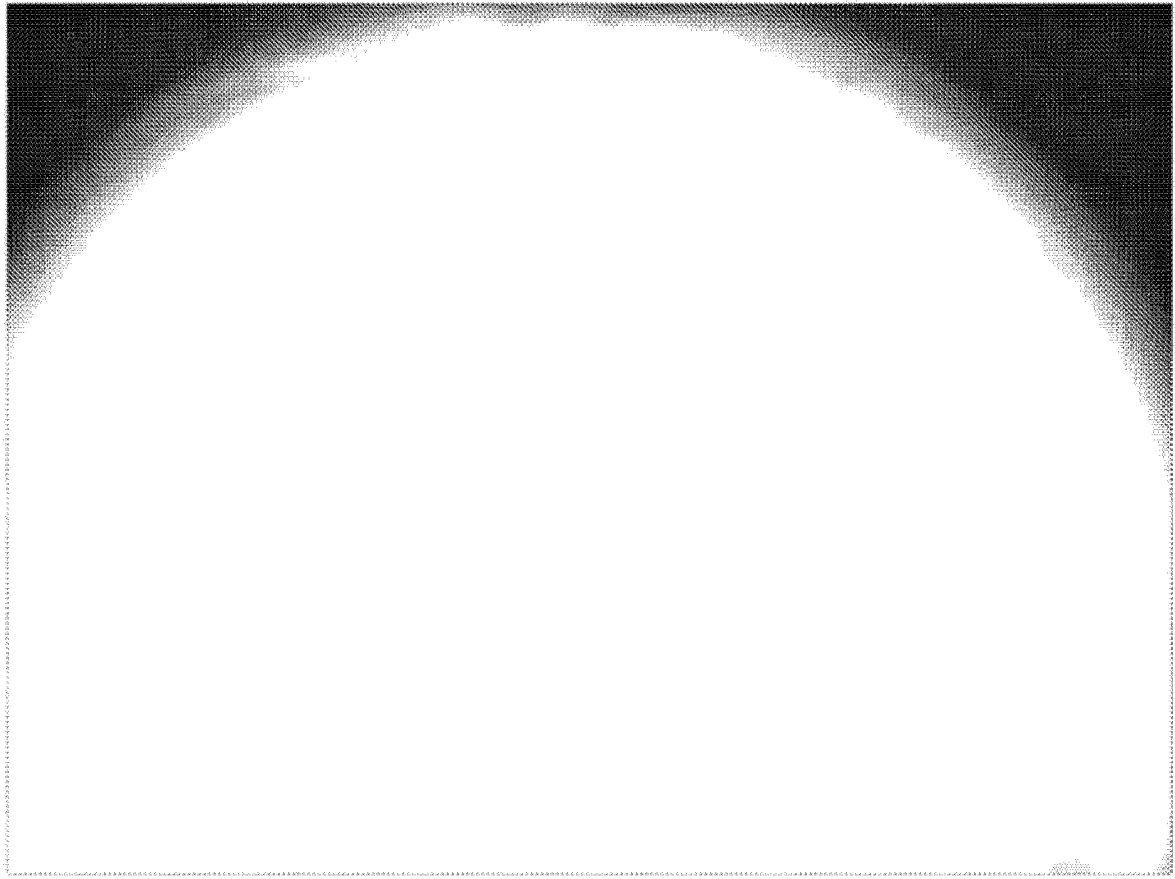


图 2D

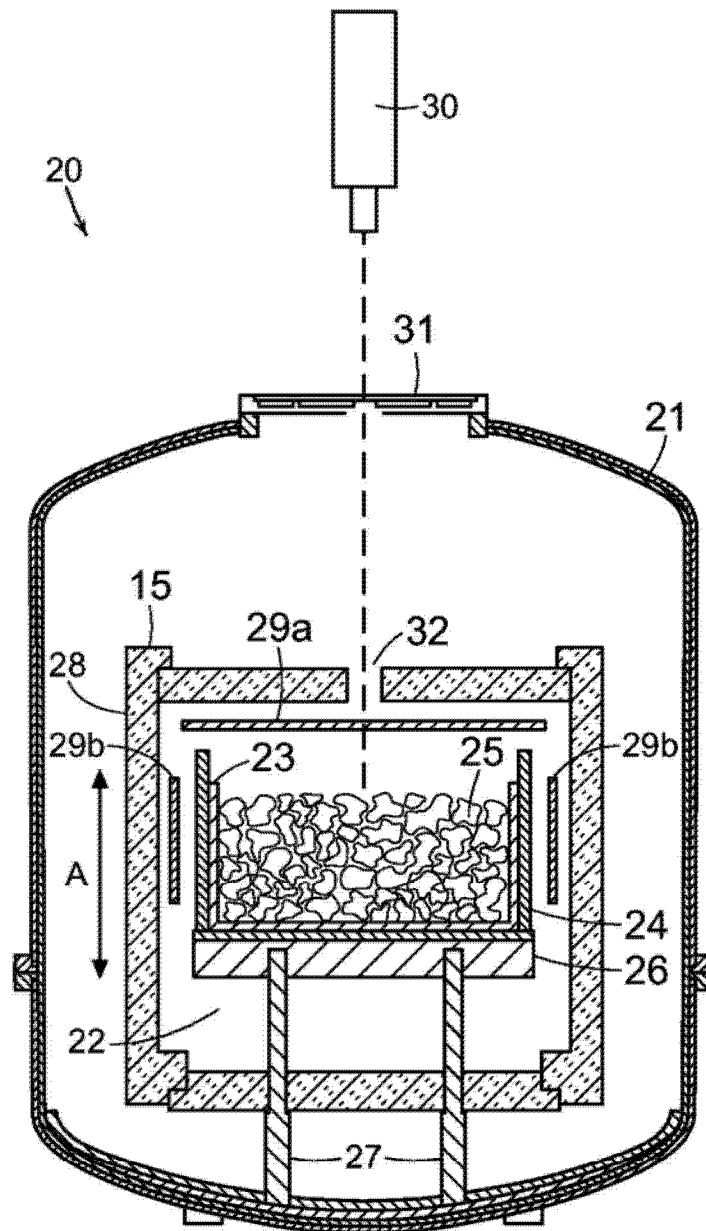


图 3