



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102703966 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 03

(21) 申请号 201210169399. 7

(22) 申请日 2012. 05. 28

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 陈启生 颜君毅 姜燕妮

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所 (普通合伙) 11390

代理人 王艺

(51) Int. Cl.

C30B 11/00 (2006. 01)

C30B 29/36 (2006. 01)

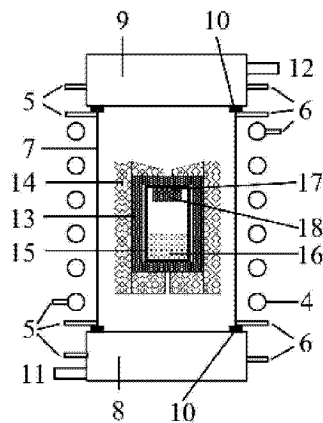
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置

(57) 摘要

本发明公开一种籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置, 包括感应加热装置、真空腔和晶体生长单元, 所述感应加热装置包括感应线圈以及为所述感应线圈供电的中频电源, 所述感应线圈位于所述真空腔的外部; 所述晶体生长单元包括位于真空腔内的石墨感应器、保温材料、石墨坩埚和籽晶托; 所述保温材料位于所述石墨感应器的外部; 所述石墨坩埚位于所述石墨感应器的内部, 所述籽晶托位于所述石墨坩埚的顶部。本发明的装置能够大大降低生产碳化硅单晶所需要的功率, 还能避免感应线圈放置在真空室内可能产生真空放电、冷却水通道漏水、石墨粉末污染铜管等问题, 具有较高的实用价值。



1. 一种籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置,其特征在于,包括感应加热装置、真空腔和晶体生长单元,其中,

所述感应加热装置包括感应线圈以及为所述感应线圈供电的中频电源,所述感应线圈位于所述真空腔的外部;

所述晶体生长单元包括位于真空腔内的石墨感应器、保温材料、石墨坩埚和籽晶托;所述保温材料位于所述石墨感应器的外部;所述石墨坩埚位于所述石墨感应器的内部,所述籽晶托位于所述石墨坩埚的顶部。

2. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,

所述感应线圈具有独立的冷却水通道。

3. 如权利要求 2 所述的装置,其特征在于,

所述感应线圈为空心紫铜管线圈,其中心为冷却水通道;或者,所述感应线圈为实心紫铜板线圈,沿着该实心紫铜板线圈焊接空心紫铜管,作为所述感应线圈的冷却水通道。

4. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,

所述感应加热装置还包括隔离变压器和电容,所述中频电源与所述隔离变压器的初级侧相连,所述电容和感应线圈与所述隔离变压器的次级侧相连,所述隔离变压器用于降低所述感应线圈两端的电压,同时提高通过所述感应线圈的电流。

5. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,

所述真空腔包括石英管、位于所述石英管上部的上法兰和位于所述石英管下部的下法兰等,所述石英管、上法兰和下法兰分别具有冷却水通道。

6. 如权利要求 5 所述的装置,其特征在于,

所述石英管为双层石英管结构或局部双层石英管结构,所述石英管的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述石英管上,作为所述石英管的冷却水通道;

所述上法兰为双层不锈钢结构或局部双层不锈钢结构,所述上法兰的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述上法兰上,作为所述上法兰的冷却水通道;

所述下法兰为双层不锈钢结构或局部双层不锈钢结构,所述下法兰的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述下法兰上,作为所述下法兰的冷却水通道。

7. 如权利要求 5 所述的装置,其特征在于,

所述上法兰和下法兰分别连接真空泵及进气装置,用于所述真空腔获得不同的真空度。

8. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,

所述石墨感应器除下表面的中心点及上表面的中心点外,均被碳保温材料包裹,石墨感应器的下表面的中心点及上表面的中心点暴露在外,可通过测温仪测量下表面及上表面中心点温度。

9. 如权利要求 8 所述的装置,其特征在于,

覆盖在石墨感应器上表面的碳保温材料的厚度随着离上表面中心点的径向距离增加而增加,以在籽晶内部获得正的径向温度梯度。

10. 如权利要求 1 中所述的装置,其特征在于,

碳化硅原料放置在所述石墨坩埚的底部;籽晶位于所述籽晶托的下部,所述籽晶的温度分布由籽晶托控制。

一种籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及制造大尺寸碳化硅晶体的装置,尤其涉及一种籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置。

背景技术

[0002] 碳化硅(SiC)晶体是第三代半导体材料。碳化硅单晶突出的特性是宽禁带(4H-SiC禁带宽度为3.26eV,6H-SiC为3.03eV)、击穿场强高(100V电压下为 2.2×10^6 V/cm)、高热导率(490W/(m·K))、高饱和电子漂移速度(2.0×10^7 cm/s),而介电常数很低(9.7),化学性能稳定,还有高硬度(仅次于金刚石的硬度)、抗磨损以及高键合能等优点。碳化硅基片在高温、高频、大功率、光电子及抗辐射等方面具有巨大的应用潜力。SiC以其优良的物理化学特性和电特性成为制造短波长光电子器件、高温器件、抗辐照器件和大功率/高频电子器件最重要的半导体材料。特别是在极端条件和恶劣条件下应用时,SiC器件的特性远远超过了Si器件和GaAs器件。

[0003] J. A. Lely 最早于 1955 年发明了通过升华方式制造碳化硅晶体的方法(Lely法,U. S. Pat. No. 2, 854, 364),由于没有放置籽晶,故该方法只能用于生长较小的晶片。在一个大气压氢气或者氩气环境下,通过电阻加热碳加热器使得温度达到 2500° C,在由碳化硅颗粒构成的空腔中生长出 4-10 毫米大小的晶体。Y. M. Tairov 和 V. F. Tsvetkov 通过引入籽晶,利用更低的温度(1800-2600° C)生长出碳化硅体单晶(J. Crystal Growth 43, pp. 209-212, 1978; J. Crystal Growth 52, pp. 146-150, 1981),氩气分压为 0.01Pa 至一个大气压,这种方法被称为改进 Lely 法(modified Lely method)。R. F. Davis 等人于 1987 年发明了一种生长器件级碳化硅单晶的方法(U. S. Pat. No. 4, 866, 005),采用电阻加热方式加热圆柱形加热器,加热器放置在一个圆柱形的炉体内。在坩埚内放置多孔石墨衬管,原料放置在衬管外部而籽晶放置在衬管内部的底端。在该专利的再颁发专利中(U. S. Pat. No. Re. 34, 861),一个错误被改正为,控制碳化硅多型的生长,而不是利用原料中的杂质作为控制碳化硅多型生长的主要机制。

[0004] 改进 Lely 法生长碳化硅过程后来又被称为物理气相传输法(Physical vapor transport)。在此过程中,一般需要一个坩埚,在坩埚内放置原料及籽晶,加热坩埚使得原料温度达到升华温度。控制坩埚的加热环境,使得原料及籽晶之间形成温度梯度。在这类装置中,真空室一般由不锈钢壁形成,在真空室内放置感应线圈或者利用铜导线穿过不锈钢壁连接到石墨加热器。这样,存在以下缺点:

[0005] 第一,紫铜感应线圈位于真空室内,将会产生真空放电现象,需要在紫铜线圈外面包裹绝缘陶瓷,增加了感应线圈的制作成本;

[0006] 第二,感应线圈通过水冷带走真空室内较多的热量,使得功率损耗增大,增加了生产单晶的成本;

[0007] 第三,对真空室壁面的冷却采用双层不锈钢冷却水结构,不能控制不同区域的散热量,使得功率损耗进一步加大;

[0008] 第四,可能产生冷却水通道漏水、石墨粉末污染紫铜感应线圈的问题。

发明内容

[0009] 本发明针对现有技术功耗大、且可能产生真空放电、冷却水通道漏水、石墨粉末污染铜管等问题,提出一种籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置,避免了上述问题,并且降低了生产碳化硅单晶所需要的功率。

[0010] 为了解决上述问题,本发明提供一种籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置,包括感应加热装置、真空腔和晶体生长单元,其中,

[0011] 所述感应加热装置包括感应线圈以及为所述感应线圈供电的中频电源,所述感应线圈位于所述真空腔的外部;

[0012] 所述晶体生长单元包括位于真空腔内的石墨感应器、保温材料、石墨坩埚和籽晶托;所述保温材料位于所述石墨感应器的外部;所述石墨坩埚位于所述石墨感应器的内部,所述籽晶托位于所述石墨坩埚的顶部。

[0013] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0014] 所述感应线圈具有独立的冷却水通道。

[0015] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0016] 所述感应线圈为空心紫铜管线圈,其中心为冷却水通道;或者,所述感应线圈为实心紫铜板线圈,沿着该实心紫铜板线圈焊接空心紫铜管,作为所述感应线圈的冷却水通道。

[0017] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0018] 所述感应加热装置还包括隔离变压器和电容,所述中频电源与所述隔离变压器的初级侧相连,所述电容和感应线圈与所述隔离变压器的次级侧相连,所述隔离变压器用于降低所述感应线圈两端的电压,同时提高通过所述感应线圈的电流。

[0019] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0020] 所述真空腔包括石英管、位于所述石英管上部的上法兰和位于所述石英管下部的下法兰等,所述石英管、上法兰和下法兰分别具有冷却水通道。

[0021] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0022] 所述石英管为双层石英管结构或局部双层石英管结构,所述石英管的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述石英管上,作为所述石英管的冷却水通道;

[0023] 所述上法兰为双层不锈钢结构或局部双层不锈钢结构,所述上法兰的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述上法兰上,作为所述上法兰的冷却水通道;

[0024] 所述下法兰为双层不锈钢结构或局部双层不锈钢结构,所述下法兰的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述下法兰上,作为所述下法兰的冷却水通道。

[0025] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0026] 所述上法兰和下法兰分别连接真空泵及进气装置,用于所述真空腔获得不同的真空度。

[0027] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0028] 所述石墨感应器除下表面的中心点及上表面的中心点外,均被碳保温材料包裹,石墨感应器的下表面的中心点及上表面的中心点暴露在外,可通过测温仪测量下表面及上表面中心点温度。

[0029] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0030] 覆盖在石墨感应器上表面的碳保温材料的厚度随着离上表面中心点的径向距离增加而增加,以在籽晶内部获得正的径向温度梯度。

[0031] 优选地,上述装置具有以下特点:

[0032] 碳化硅原料放置在所述石墨坩埚的底部;籽晶位于所述籽晶托的下部,所述籽晶的温度分布由籽晶托控制。

[0033] 在本发明中,感应线圈放置在真空腔外,且感应线圈、石英管、上法兰和下法兰均具有独立的冷却水通道,这样使得本发明的装置能够大大降低生产碳化硅单晶所需要的功率,还能避免感应线圈放置在真空室内可能产生真空放电、冷却水通道漏水、石墨粉末污染铜管等问题。

[0034] 生产碳化硅单晶一个周期需要设备连续运转 5~30 天时间,耗电量巨大。比起传统设备,本发明能达到节电 50% 以上。以一台本发明设备一年耗费 5 万度电计算,100 台耗费 500 万度电,比起采用传统的设备,就可以节约 500 万度电以上,可见本发明节电效果显著。

附图说明

[0035] 图 1 为本发明实施例的感应加热装置的示意图;

[0036] 图 2 为本发明实施例的生长碳化硅单晶装置的示意图。

具体实施方式

[0037] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0038] 本发明的籽晶温度梯度方法生长碳化硅单晶的装置,包括感应加热装置、真空腔和晶体生长单元,所述感应加热装置包括感应线圈以及为所述感应线圈供电的中频电源,所述感应线圈位于所述真空腔的外部;所述晶体生长单元包括位于真空腔内的石墨感应器、保温材料、石墨坩埚和籽晶托;所述保温材料位于所述石墨感应器的外部;所述石墨坩埚位于所述石墨感应器的内部,所述籽晶托位于所述石墨坩埚的顶部。

[0039] 在本发明中,将感应线圈放置在真空腔(真空室)外面,这样避免了感应线圈放置在真空室内可能产生真空放电、冷却水通道漏水、石墨粉末污染铜管等问题,同时降低了生产单晶所需要的功率。

[0040] 如图 1 所示,感应加热装置包括中频电源 1、隔离变压器 2、电容 3 和感应线圈 4。所述中频电源 1 与所述隔离变压器 2 的初级侧相连,所述电容 3 和感应线圈 4 与所述隔离变压器 2 的次级侧相连,所述隔离变压器 2 用于降低所述感应线圈 4 两端的电压,同时提高通过所述感应线圈 4 的电流。加入隔离变压器 2 可以将高压电变为低压电,避免工作人员触电危险。

[0041] 所述感应线圈 4 通常为紫铜感应线圈,其具有独立的冷却水通道,冷却水由冷却水通道进口 5 流入,并从冷却水通道出口 6 流出。优选地,通过如下方式设置感应线圈 4 的冷却水通道:所述感应线圈 4 为空心紫铜管线圈,其中心为冷却水通道;或者,所述感应线圈 4 为实心紫铜板线圈,沿着该实心紫铜板线圈焊接空心紫铜管,作为所述感应线圈 4 的冷却水通道。

[0042] 在一具体的应用实例中,中频电源 1 输出频率为 8-12kHz,通过隔离变压器 2 接入电容 3 及紫铜感应线圈 4 的两端。隔离变压器 2 采用 2:1 至 4:1 变压方式将高电压变为低电压,同时提高通过紫铜感应线圈 4 的电流。电容 3 采用 100-180 μ F。频率按照 $f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ 计算,其中 L 为电感,C 为电容。

[0043] 如图 2 所示,真空腔包括石英管 7、位于所述石英管上部的上法兰 9 和位于所述石英管下部的下法兰 8,上法兰 9 与石英管 7 之间,下法兰 8 与石英管 7 之间均设置用于密封的橡胶密封 10。石英管 7、上法兰 9 和下法兰 8 的冷却水通道互相独立,以控制不同区域的散热量,从而在石墨感应器 13 内部获得稳定的温度梯度。冷却水由冷却水通道进口 5 流入,并从冷却水通道出口 6 流出。所述石英管中部的内径为 300-600mm。

[0044] 优选地,通过如下方式设置冷却水通道:

[0045] 所述石英管 7 为双层石英管结构或局部双层石英管结构,所述石英管 7 的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述石英管 7 上,作为所述石英管 7 的冷却水通道;

[0046] 所述上法兰 9 为双层不锈钢结构或局部双层不锈钢结构,所述上法兰 9 的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述上法兰 9 上,作为所述上法兰 9 的冷却水通道;

[0047] 所述下法兰 8 为双层不锈钢结构或局部双层不锈钢结构,所述下法兰 8 的中空部分为冷却水通道;或者,空心紫铜管绕制在所述下法兰 8 上,作为所述下法兰 8 的冷却水通道。

[0048] 所述晶体生长单元包括石墨感应器 13、保温材料 14、石墨坩埚 15 和籽晶托 17。当电流通过紫铜感应线圈 4 时,在石墨感应器 13 外表面产生电流漩涡,并产生热量。石墨感应器 13 除下表面的中心点及上表面的中心点外,被碳保温材料 14 包裹,石墨感应器 13 的下表面的中心点及上表面的中心点暴露在外,可通过双色红外测温仪(图中未示出)测量下表面及上表面中心点温度。覆盖在石墨感应器上表面的碳保温材料 14 的厚度随着离上表面中心点的径向距离增加而增加,以在籽晶 18 内部获得正的径向温度梯度。石墨感应器 13 的内部放置有石墨坩埚 15,碳化硅原料 16 放置在所述石墨坩埚 15 的底部,在所述石墨坩埚 15 的顶部放置有籽晶托 17,籽晶 18 位于所述籽晶托 17 的下部,所述籽晶 18 的温度分布由籽晶托 17 控制。

[0049] 上法兰 9 和下法兰 8 连接真空泵及进气装置(图中未示出),用于真空腔获得不同的真空度。氩气由气体入口 11 进入真空腔,并由真空泵从气体出口 12 抽出。在一具体的应用实例中,生长初期,对真空腔进行除气,使真空度达到 0.1Pa 以下。接通中频电源 1,对石墨感应器 13 进行加热,当石墨感应器 13 下表面测温点达到一定温度时关闭中频电源 1,停止 10-20 分钟,继续接通中频电源 1。重复这一过程,使得除气过程达到 1-3 小时。然后充入氩气使得气压达到 50kPa 至一个大气压。升高电源功率,当真空腔内氩气压力大于 1 个大气压时,将氩气通过一个装有硅油的鼓泡瓶出口(图中未示出)排出。将石墨感应器 13 温度升高至生长温度,降低气压至合适的生长气压,生长气压一般在 0.1-12kPa 之间。

[0050] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

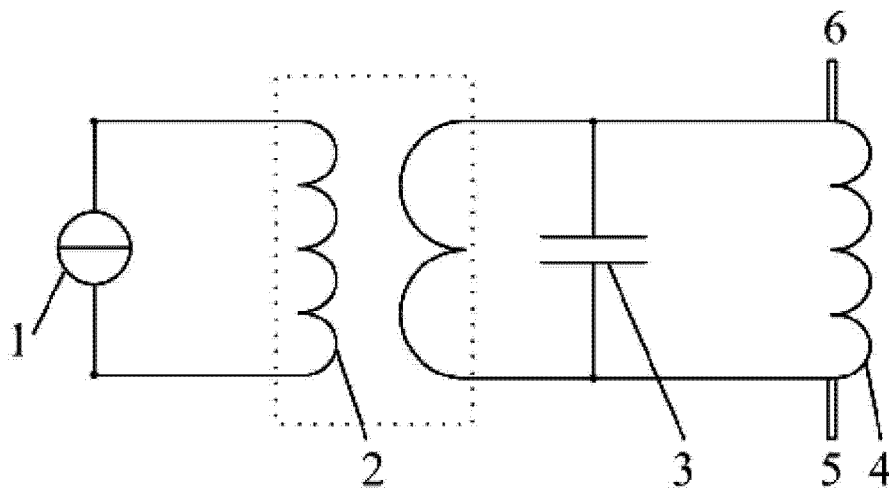


图 1

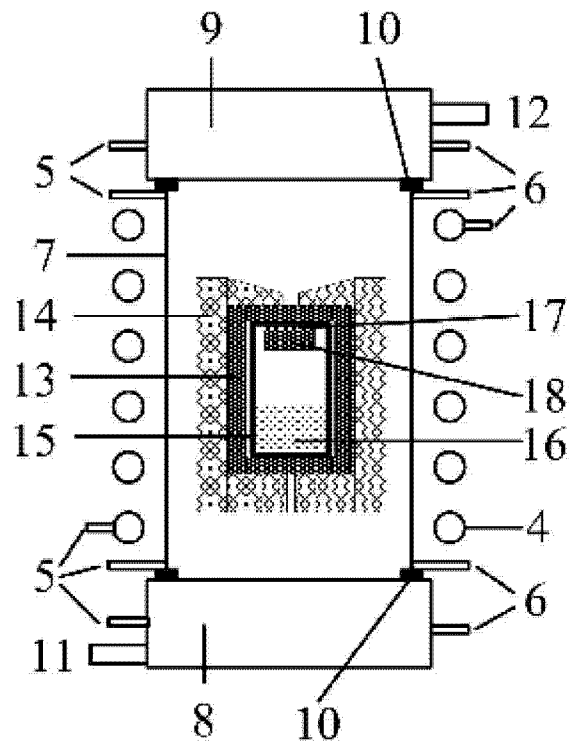


图 2