



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102312217 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 11

(21) 申请号 201110262400. 6

(22) 申请日 2011. 09. 06

(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 单崇新 鞠振刚 倪佩楠 李炳辉
王双鹏 申德振

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

C23C 16/44 (2006. 01)

C23C 16/455 (2006. 01)

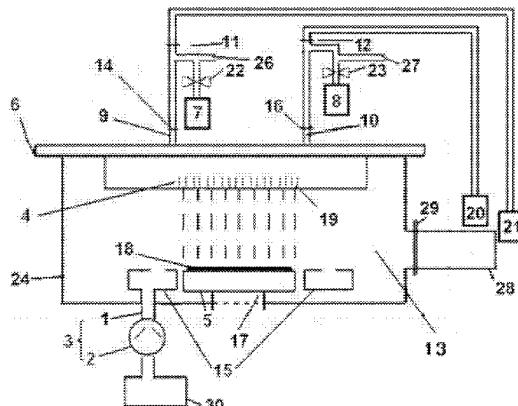
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

采用复合模式生长半导体薄膜的方法及装置

(57) 摘要

复合模式生长半导体薄膜的方法及装置，涉及半导体材料生长技术及设备制造领域。解决现有技术制备方法制备的薄膜结晶质量差、生产速率慢的问题。通入 ALD 反应前驱体 A 在衬底表面形成单原子层；再通入 ALD 反应前驱体 B 与 ALD 反应前驱体 A 反应，形成单层 A-B 薄膜；重复以上步骤形成多层的 -A-B-A-B-A-B- 薄膜；然后同时通入 MOCVD 反应前驱体 A 和 MOCVD 反应前驱体 B 在衬底上方发生化学反应，再与多层的 -A-B-A-B-A-B- 薄膜结合，获得复合模式生长的半导体薄膜。本方法有效结合两种生长方式的优点，实现两种生长模式的复合生长模式，易于大规模的工业化生产。本发明还提供了复合模式生长半导体薄膜的装置。



1. 采用复合模式生长半导体薄膜的方法,该方法采用原子层沉积和金属有机化合物气相沉积生长的复合生长模式生长半导体薄膜,其特征在于,

步骤一、调节可调高自转样品架传动系统(17)使匀吸气组件(4)与样品台(5)距离范围为5-10mm;

步骤二、打开真空系统(3)将反应腔室(13)内真空降至生长气压,并通过加热样品台(5)使衬底(18)加热到气体反应温度;

步骤三、打开第一主控阀门(14)和第二主控阀门(16),辅助吹扫气体经第一辅助吹扫气体管路(26)和第二辅助吹扫气体管路(27)进入反应腔室(13);

步骤四、打开第一高频电磁阀(22),使第一ALD反应前驱体容器中存储的ALD反应前驱体A随步骤三所述的辅助吹扫气体注入到匀进气组件(4)中,所述ALD反应前驱体A在衬底(18)表面逐渐吸附,并形成单原子层;

步骤五、关闭步骤四所述的第一高频电磁阀(22),继续通入辅助吹扫气体吹扫使反应腔室(13)内无残留的ALD反应前驱体A;

步骤六、打开第二高频电磁阀(23),使第二ALD反应前驱体容器中存储的ALD反应前驱体B随辅助吹扫气体注入到匀进气组件(4)中,所述ALD反应前驱体A与吸附在衬底(18)表面ALD反应前驱体B进行反应,形成单层A-B薄膜;

步骤七、关闭步骤六所述的第二高频电磁阀(23),继续通入辅助吹扫气体吹扫使反应腔室(13)内无残留的ALD反应前驱体B;

步骤八、重复步骤四至步骤七,形成多层的-A-B-A-B-A-B-薄膜;

步骤九、调节可调高自转样品架传动系统(17)使匀进气组件(4)与样品台(5)距离范围为10-50mm;

步骤十、打开第一气动阀门(11)和第二气动阀门(12),并通过加热样品台(5)使衬底(18)加热到气体反应温度,使第一MOCVD反应前驱体容器中存储的MOCVD反应前驱体A和第二MOCVD反应前驱体容器中存储的MOCVD反应前驱体B随步骤三所述的辅助吹扫气体分别通过第一气体供应管路(9)和第二气体供应管路(10)同时经过匀进气组件(4)到达衬底(18)上方,所述MOCVD反应前驱体A和MOCVD反应前驱体B发生化学反应后与步骤八形成的多层-A-B-A-B-A-B-薄膜结合,获得复合模式生长的半导体薄膜。

2. 实现权利要求1所述的采用复合模式生长半导体薄膜的方法的装置,该装置包括真空系统(3)、第一气体供应管路(9)、第二气体供应管路(10)、反应腔室(13)、第一主控阀门(14)、第二主控阀门(16),其特征在于,所述反应腔室(13)内设有样品架(5)、衬底(18)、可调高自转样品架传动系统(17)、匀进气组件(4)和匀吸气组件(15),所述第一主控阀门(14)设置在第一气体供应管路(9)上,第二主控阀门(16)设置在第二气体供应管路(10)上;第一气体供应管路(9)和第二气体供应管路(10)通过腔体盖(6)与匀进气组件(4)连通;所述匀进气组件(4)固定在腔体盖(6)下部;所述匀吸气组件(15)和样品架(5)底部固定在可调高自转样品架传动系统(17)上,衬底(18)设置在样品架(5)上表面;所述匀吸气组件(15)为圆环形,样品架(5)设置在匀吸气组件(15)的内环内;所述匀吸气组件(15)上表面与衬底(18)在同一平面内或略低于衬底(18)表面;所述匀吸气组件(15)与真空系统(3)连接;所述真空系统(3)设置在反应腔室(13)的下部且与反应腔室(13)相连接。

3. 根据权利要求2所述的采用复合模式生长半导体薄膜的装置,其特征在于,所述匀

吸气组件包括吸气管路 (25)、匀吸气组件套管 (31)、匀吸气组件环吸气孔 (32) 和匀吸气组件总吸气孔 (33)，所述匀吸气组件 (15) 为圆环形，多个匀吸气组件环吸气孔 (32) 均匀设置在匀吸气组件 (15) 的圆环形上表面，匀吸气组件总吸气孔 (33) 设置在匀吸气组件 (15) 的圆环形下表面；所述匀吸气组件总吸气孔 (33) 与匀吸气组件套管 (31) 连通，匀吸气组件套管 (31) 套接在吸气管路 (25) 的底部。

4. 根据权利要求 2 所述的采用复合模式生长半导体薄膜的装置，其特征在于，所述真空系统 (3) 包括真空管路 (1) 及真空泵浦 (2)，真空泵浦 (2) 经由该真空管路 (1) 连接至反应腔室 (13)。

5. 根据权利要求 2 所述的采用复合模式生长半导体薄膜的装置，其特征在于，所述第一气体供应管路 (9) 上设有第一高频电磁阀 (22) 和第一 ALD 反应前驱体容器装置 (7)，第一高频电磁阀 (22) 位于第一 ALD 反应前驱体容器装置 (7) 的出口处；所述第二气体供应管路 (10) 上设有第二高频电磁阀 (23) 和第二 ALD 反应前驱体容器装置 (8)，第二高频电磁阀 (23) 位于第二 ALD 反应前驱体容器装置 (8) 的出口处。

6. 根据权利要求 2 所述的采用复合模式生长半导体薄膜的装置，其特征在于，所述第一气体供应管路 (9) 上设有第一气动阀门 (11)，第二气体供应管路 (10) 上设有第二气动阀门 (12)，所述第一气动阀门 (11) 和第二气动阀门 (12) 分别用来控制 MOCVD 反应前驱体 A 和 MOCVD 反应前驱体 B 的进出。

采用复合模式生长半导体薄膜的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于半导体材料生长技术及设备制造领域,具体涉及采用复合模式生长半导体薄膜的方法及装置。

背景技术

[0002] 如何制备出高质量的半导体薄膜材料一直都是半导体工业中至关重要的一个环节。目前一般是通过在单晶衬底上采用外延或离子注入等技术制备半导体薄膜材料。半导体外延技术是 20 世纪 50 年代末开始发展的,经过半个世纪,人们已经可以通过很多方法获得半导体薄膜材料,这些方法按照制备工艺的不同可大致分为液相外延 (liquid phase epitaxy, LPE)、气相外延 (vapor phase epitaxy, VPE) 和分子束外延 (molecular beam epitaxy, MBE) 等三大类,它们因各自的生长、操作过程及所使用源的材料不同而具有不同的优势。

[0003] 在众多半导体薄膜材料制备工艺中,金属有机化合物气相外延 (MOVPE, 也称金属有机化合物气相沉积,缩写为 MOCVD) 被认为是半导体薄膜材料制备中最重要的方法之一。它的基本原理是利用载气将反应前驱体 (金属有机源和其它反应气体) 输送至生长室,在放置在生长室的衬底表面发生化学反应,从而得到半导体薄膜。其特点是反应快,均匀易于批量生产,这也使得 MOCVD 方法在半导体薄膜工业生产上被广泛采用。然而,MOCVD 也有其自身的缺点:在 MOCVD 中反应前驱体自始至终是同时被引入生长室的,因此,在 MOCVD 生长过程的最初阶段,如果衬底与外延薄膜晶格的不匹配 (特别是目前 MOCVD 应用的主要领域之一的 III 族氮化物生长,通常采用的蓝宝石衬底与沉积物之间的晶格失配高达 13.8%), 反应物先是在衬底表面形成一个个很小的三维岛状结构,然后这些岛状结构逐渐长大连在一起形成薄膜,于是在晶核连接处将不可避免地产生大量晶界,从而降低了薄膜的结晶质量,缺陷的产生势必对材料的电学、光学和结构特性产生严重影响,而对于具有择优取向生长的半导体材料来说,这一问题更加突出。

[0004] 原子层沉积 (Atomic Layer Deposition, ALD) 亦被称为 ALE (Atomic Layer epitaxy) 是由芬兰科学家生长 II-VI 族化合物薄膜材料所提出的一种生长方法。它与 VPE、MBE 的区别是:采用自我限制表面反应的成膜机制,组成化合物的两种元素前驱体是交替在衬底上沉积的,即组成元素的前驱体 (气或束流) 分别引入生长室而不同时引入生长室。每交替 (引入) 一次就在衬底上生长一个单原子层。ALD 沉积的方法决定了它二维生长的模式,即每一层原子布满后,再进行下一层原子的沉积和生长,这样就有效避免了晶格失配可能带来的不利影响,可以有效避免三维岛状结构引入的晶界和位错,并使其可以对薄膜的厚度进行原子尺度的控制,有望在高质量大面积均匀性高的薄膜制备上发挥效用。但是,由于 ALD 生长主要依靠反应前驱物在衬底或上一层原子上的吸附,使得其生长速率取决于反应物在衬底上交替吸附所需时间,也造成其最突出的缺点是生长速率非常慢,通常生长一个几百纳米厚的样品就需要一整天的时间,如此低的生长速率严重阻碍了它在生产和实验上的应用。

[0005] 采用复合模式进行半导体薄膜生长的方法及其复合生长设备在国际上还未见报道。

发明内容

[0006] 本发明的目的是为了解决现有技术的制备方法制备的薄膜结晶质量差、生产速率慢的问题，而提供采用复合模式生长半导体薄膜的方法及装置。

[0007] 为了达到上述目的，本发明的技术方案如下：

[0008] 采用复合模式生长半导体薄膜的方法，该方法采用 ALD 生长和 MOCVD 生长的复合生长模式生长半导体薄膜，其特征在于，

[0009] 步骤一、调节可调高自转样品架传动系统使匀进气组件与样品台距离范围为 5–10mm；

[0010] 步骤二、打开真空系统将反应腔室内真空降至生长气压，并通过加热样品台使衬底加热到气体反应温度；

[0011] 步骤三、打开第一主控阀门和第二主控阀门，辅助吹扫气体经第一辅助吹扫气体管路和第二辅助吹扫气体管路进入反应腔室；

[0012] 步骤四、打开第一高频电磁阀，使第一 ALD 反应前驱体容器中存储的 ALD 反应前驱体 A 随步骤三所述的辅助吹扫气体注入到匀进气组件中，所述 ALD 反应前驱体 A 在衬底表面逐渐吸附，并形成单原子层；

[0013] 步骤五、关闭步骤四所述的第一高频电磁阀，继续通入辅助吹扫气体吹扫使反应腔室内无残留的 ALD 反应前驱体 A；

[0014] 步骤六、打开第二高频电磁阀，使第一 ALD 反应前驱体容器中存储的 ALD 反应前驱体 B 随辅助吹扫气体注入到匀进气组件中，所述 ALD 反应前驱体 A 与吸附在衬底表面 ALD 反应前驱体 B 进行反应，形成单层 A-B 薄膜；

[0015] 步骤七、关闭步骤六所述的第二高频电磁阀，继续通入辅助吹扫气体吹扫使反应腔室内无残留的 ALD 反应前驱体 B；

[0016] 步骤八、重复步骤四至步骤七，形成多层的 -A-B-A-B-A-B- 薄膜；

[0017] 步骤九、调节可调高自转样品架传动系统使匀进气组件与样品台距离范围为 10–50mm；

[0018] 步骤十、打开第一气动阀门和第二气动阀门，并通过加热样品台使衬底加热到气体反应温度，使第一 MOCVD 反应前驱体容器中存储的 MOCVD 反应前驱体 A 和第一 MOCVD 反应前驱体容器中存储的 MOCVD 反应前驱体 B 随步骤三所述的辅助吹扫气体分别通过第一气体供应管路和第二气体供应管路同时经过匀进气组件到达衬底上方，所述 MOCVD 反应前驱体 A 和 MOCVD 反应前驱体 B 发生化学反应后与步骤八形成的多层 -A-B-A-B-A-B- 薄膜结合，获得复合模式生长的半导体薄膜。

[0019] 采用复合模式生长半导体薄膜的装置，该装置包括真空系统、第一气体供应管路、第二气体供应管路、反应腔室、第一主控阀门、第二主控阀门，其特征在于，所述反应腔室内设有样品架、衬底、可调高自转样品架传动系统、匀进气组件和匀吸气组件，所述第一主控阀门设置在第一气体供应管路上，第二主控阀门设置在第二气体供应管路上；第一气体供应管路和第二气体供应管路通过腔体盖与匀进气组件连通；所述匀进气组件固定在腔体盖

下部；所述匀吸气组件和样品架底部固定在可调高自转样品架传动系统上，衬底设置在样品架上表面；所述匀吸气组件为圆环形，样品架设置在匀吸气组件的内环内；所述匀吸气组件上表面与衬底在同一平面内或略低于衬底表面；所述匀吸气组件与真空系统连接；所述真空系统设置在反应腔室的下部且与反应腔室相连接。

[0020] 本发明的工作原理：本发明采用复合模式生长半导体薄膜的方法与装置，利用 ALD 和 MOCVD 同属气相沉积系统其在生长模式和设备上具有广泛的兼容性，在薄膜生长的最初成核阶段采用 ALD 的二维生长模式，避免 MOCVD 模式在成核阶段一个个三维晶核逐渐长大导致的大量晶界和缺陷；而在成核阶段完成后，为了避免 ALD 模式生长速率过慢的缺点，采用 MOCVD 的生长模式。

[0021] 本发明的有益效果：本发明采用复合模式生长半导体薄膜的方法，有效结合原子层外延（ALD）和金属有机物气相外延沉积（MOCVD）两种生长模式的优势，实现两种生长模式的复合生长模式，用这种方法生长出来的薄膜具有很好的结晶质量，并且生产速率快，易于大规模的工业化生产；还发明了采用复合模式生长半导体薄膜的装置，这种装置能够分别在 ALD 和 MOCVD 模式下的稳定生长，并且实现快速、有效地模式切换，从而保证整个生长过程中的相对连续性，减少由于模式切换过程而对生长的扰动。进而保证生长方法可控制可重复。

附图说明

[0022] 图 1 为采用复合模式生长半导体薄膜的装置示意图；

[0023] 图 2 为匀吸气组件示意图；

[0024] 图 3 为匀吸气组件俯视图；

[0025] 图 4 为 ALD 反应前驱体容器装置示意图；

[0026] 图 5 为 MOCVD 反应前驱体容器装置示意图。

[0027] 图中：1：真空管路，2：真空泵浦，3：真空系统，4：匀进气组件，5：样品架，6：腔体盖，7：第一 ALD 反应前驱体容器装置，8：第二 ALD 反应前驱体容器装置，9：第一气体供应管路，10：第二气体供应管路，11：第一气动阀门，12：第二气动阀门，13：反应腔室，14：第一主控阀门，15：匀吸气组件，16：第二主控阀门，17：可调高自转样品架传动系统，18：衬底，19：前驱体出口，20：第一 MOCVD 反应前驱体容器装置，21：第二 MOCVD 反应前驱体容器装置 B，22：第一高频电磁阀，23：第二高频电磁阀，24：反应室外壁，25：吸气管路，26：第一辅助吹扫气体管路，27：第二辅助吹扫气体管路，28：准备室，29：闸板阀，30：尾气处理系统，31：匀吸气组件套管，32：匀吸气环吸气孔，33：匀吸气组件总吸气孔，34：ALD 反应前驱体容器升降螺杆，35：ALD 反应前驱体容器升降台，36：ALD 反应前驱体容器温控器，37：ALD 反应前驱体容器，38：ALD 反应前驱体，39：MOCVD 反应前驱体载气，40：MOCVD 反应前驱体载气阀门，41：MOCVD 反应前驱体容器温控器，42：MOCVD 反应前驱体容器，43：MOCVD 反应前驱体。

具体实施方式

[0028] 图 1 为采用复合模式生长半导体薄膜的装置，该装置包括真空系统 3、第一气体供应管路 9、第二气体供应管路 10、反应腔室 13、第一主控阀门 14、第二主控阀门 16，所述反应腔室 13 内设有样品架 5、衬底 18、可调高自转样品架传动系统 17、匀进气组件 4 和匀吸气组

件 15,所述第一主控阀门 14 和第二主控阀门 16 分别设置在第一气体供应管路 9 和第二气体供应管路 10 上;第一气体供应管路 9 和第二气体供应管路 10 通过腔体盖 6 与匀进气组件 4 连通;所述匀进气组件 4 固定在腔体盖 6 下部;所述匀进气组件 4 的前驱体出口 19 是喷淋头式的,前驱体先注入进喷淋头内经匀气后输出到衬底 18 表面;所述匀吸气组件 15 和样品架 5 固定在可调高自转样品架传动系统 17 上,所述匀吸气组件 15 为圆环形,样品架 5 设置在匀吸气组件 15 的内环中心;衬底 18 设置在样品架 5 上表面,所述匀吸气组件 15 上表面与衬底 18 在同一平面内或略低于衬底 18 表面;所述匀吸气组件 15 随着样品架 5 升降而升降;所述匀吸气组件 15 与真空系统 3 连接;所述真空系统 3 设置在反应腔室 13 的下部且与反应腔室 13 相连接。

[0029] 图 2 为匀吸气组件示意图,该匀吸气组件包括吸气管路 25、匀吸气组件套管 31、匀吸气组件环吸气孔 32 和匀吸气组件总吸气孔 33,图 3 为匀吸气组件俯视图,所述匀吸气组件 15 为圆环形,多个匀吸气组件环吸气孔 32 均匀设置在匀吸气组件 15 的圆环形上表面,匀吸气组件总吸气孔 33 设置在所述匀吸气组件 15 的圆环形下表面,所述匀吸气组件总吸气孔 33 与匀吸气组件套管 31 连通,匀吸气组件套管 31 套接在吸气管路 25 的底部。

[0030] 本实施方式所述真空系统 3 包括真空管路 1 及真空泵浦 2,真空泵浦 2 经由该真空管路 1 连接至反应腔室 13;

[0031] 本实施方式所述第一气体供应管路 9 上设有第一高频电磁阀 22 和第一 ALD 反应前驱体容器装置 7,第一高频电磁阀 22 位于第一 ALD 反应前驱体容器装置 7 的出口处;所述第二气体供应管路 10 上设有第二高频电磁阀 23 和第二 ALD 反应前驱体容器装置 8,第二高频电磁阀 23 位于第二 ALD 反应前驱体容器装置 8 的出口处;本实施方式所述的高频电磁阀可以在毫秒量级时间内实现开合转换,从而把两种或多种反应前驱体交替送入反应腔室 14。

[0032] 图 4 为 ALD 反应前驱体容器装置示意图,本实施方式所述第一 ALD 反应前驱体容器装置 7 和第二 ALD 反应前驱体容器装置 8 分别包括 ALD 反应前驱体容器升降螺杆 34、ALD 反应前驱体容器升降台 35、ALD 反应前驱体容器温控器 36 及 ALD 反应前驱体容器 37,所述 ALD 反应前驱体容器 37 设置在 ALD 反应前驱体容器温控器 36 内;所述 ALD 反应前驱体容器温控器 36 位于 ALD 反应前驱体容器升降台 35 上;所述 ALD 反应前驱体容器升降螺杆 34 固定在 ALD 反应前驱体容器升降台 35 的底部,所述的半导体薄膜为金属氧化物,所述的第一 ALD 反应前驱体容器装置 7 中 ALD 反应前驱体 A 为金属有机物源,所述的第二 ALD 反应前驱体容器装置 8 中 ALD 反应前驱体 B 为气体源。

[0033] 本实施方式所述第一气体供应管路 9 和第二气体供应管路 10 上还分别设有第一气动阀门 11 和第二气动阀门 12,所述第一气动阀门 11 和第二气动阀门 12 分别用来控制 MOCVD 反应前驱体 A 和 MOCVD 反应前驱体 B 的进出;所述的第一气体供应管路 9 和第二气体供应管路 10 上还分别设有第一辅助吹扫气体管路 26 和第二辅助吹扫气体管路 27,辅助吹扫气体分别带动第一 ALD 反应前驱体容器装置 7 中 ALD 反应前驱体 A 和第二 ALD 反应前驱体容器装置 8 中 ALD 反应前驱体 B,经过第一辅助吹扫气体管路 26 和第二辅助吹扫气体管路 27 进入反应腔室 13 内的匀进气组件 4,并吹扫残余的 ALD 反应前驱体 A 和 ALD 反应前驱体 B。

[0034] 本实施方式所述第一气体供应管路 9 和第二气体供应管路 10 上还分别设有第一

MOCVD 反应前驱体容器装置 20 和第二 MOCVD 反应前驱体容器装置 21, 图 5 为 MOCVD 反应前驱体容器装置示意图, 所述第一 MOCVD 反应前驱体容器装置 20 和第二 MOCVD 反应前驱体容器装置 21 分别包括 MOCVD 反应前驱体载气阀门 40、MOCVD 反应前驱体容器温控器 41 和 MOCVD 反应前驱体容器 42, 所述 MOCVD 反应前驱体载气阀门 40 设置在 MOCVD 反应前驱体容器 42 中, MOCVD 反应前驱体载气 39 通过 MOCVD 反应前驱体载气阀门 40 进入 MOCVD 反应前驱体容器 42 中, MOCVD 反应前驱体载气 39 带动 MOCVD 反应前驱体 A 和 MOCVD 反应前驱体 B 分别进入第一气体供应管路 9 和第二气体供应管路 10 ; 所述 MOCVD 反应前驱体容器 42 设置在 MOCVD 反应前驱体容器温控器 41 内 ; 所述的第一 MOCVD 反应前驱体容器装置 20 中 MOCVD 反应前驱体 A 为气体, 第二 MOCVD 反应前驱体容器装置 21 中 MOCVD 反应前驱体 B 为金属有机物。

[0035] 本实施方式所述的采用复合模式生长半导体薄膜的装置, 还包括准备室 28 和尾气处理系统 30, 所述准备室 28 通过闸板阀 29 与反应腔室 14 相连接, 尾气处理系统 30 与真空系统 3 相连接 ; 准备室 28 的作用是衬底 18 进入生长室之前对衬底 18 进行预处理 ; 尾气处理系统 30 用于处理生长中产生的废气。

[0036] 本实施方式所述的采用复合模式生长半导体薄膜的装置, 还包括加热器, 所述加热器内置于样品台 5 内部, 位于衬底 18 正下方, 与衬底 18 平行 ; 发热元件为电子级热解石墨, 可以实现加热温度从室温到 1000℃ 连续可调。

[0037] 实施例 : 以生长 ZnO 薄膜为例, 详细说明采用 ALD 和 MOCVD 复合模式生长半导体薄膜的生长方法。

[0038] 步骤一、调节可调高自转样品架传动系统 17 使匀进气组件 4 与样品台 5 距离范围为 5~10mm ;

[0039] 步骤二、打开真空系统 3 将反应腔室 13 内真空降至 10^{-4} Torr, 并通过加热样品台 5 使衬底 18 加热到 200℃ ;

[0040] 步骤三、打开第一主控阀门 14 和第二主控阀门 16, 辅助吹扫气体 N₂ 经第一辅助吹扫气体管路 26 和第二辅助吹扫气体管路 27 进入反应腔室 13 ;

[0041] 步骤四、打开第一高频电磁阀 22, 使第一 ALD 反应前驱体容器中存储的 ALD 反应前驱体以 H₂O 充当的氧源随 N₂ 注入到匀进气组件 4 中, 并在衬底 18 表面逐渐吸附形成单原子层 ;

[0042] 步骤五、关闭步骤四所述的第一高频电磁阀 22, 继续通入辅助吹扫气体 N₂ 吹扫使反应腔室 13 内无残留的 ALD 反应前驱体 H₂O ;

[0043] 步骤六、打开第二高频电磁阀 23, 第一 ALD 反应前驱体容器中存储的 ALD 反应前驱体以二乙基锌 (DEZn) 充当的 Zn 源随辅助吹扫气体 N₂ 注入到匀进气组件 4 中, 并在衬底 18 表面与 H₂O 单原子层发生化学反应而形成一层 Zn-O ;

[0044] 步骤七、关闭步骤六所述的第二高频电磁阀 23, 继续通入 N₂ 吹扫使反应腔室 13 内无残留的 ALD 反应前驱体二乙基锌 ;

[0045] 步骤八、重复步骤 4) 至 7) 几百个周期, 形成几十个纳米的 -Zn-O-Zn-O-Zn-O- 层层原子整齐排列的 ZnO 薄膜 ; 所述薄膜的厚度根据实际需要来制备 ;

[0046] 步骤九、调节可调高自转样品架传动系统 17 使匀进气组件 4 与样品台 5 距离范围为 10~50mm ;

[0047] 步骤十、打开第一气动阀门 11 和第二气动阀门 12，并通过加热样品台 5 使衬底 18 加热到 600℃，第一 MOCVD 反应前驱体容器中存储的 MOCVD 反应前驱体 Zn 和第二 MOCVD 反应前驱体容器中存储的 MOCVD 反应前驱体 O₂ 随辅助吹扫气体 N₂ 分别通过第一气体供应管路 9 和第二气体供应管路 10 同时经过匀进气组件 4 到达衬底 18 上方，所述 MOCVD 反应前驱体 Zn 和 MOCVD 反应前驱体 O₂ 发生化学反应后与步骤八形成的多层 -Zn-0-Zn-0-Zn-0- 薄膜结合，获得复合模式生长的半导体薄膜。

[0048] 本发明提出了采用复合模式生长半导体薄膜的方法，结合了 ALD 模式下生长出的薄膜质量较好和 MOCVD 模式下生长速率快的特点。为半导体薄膜生长领域提供了一种有效、实用的新思路。

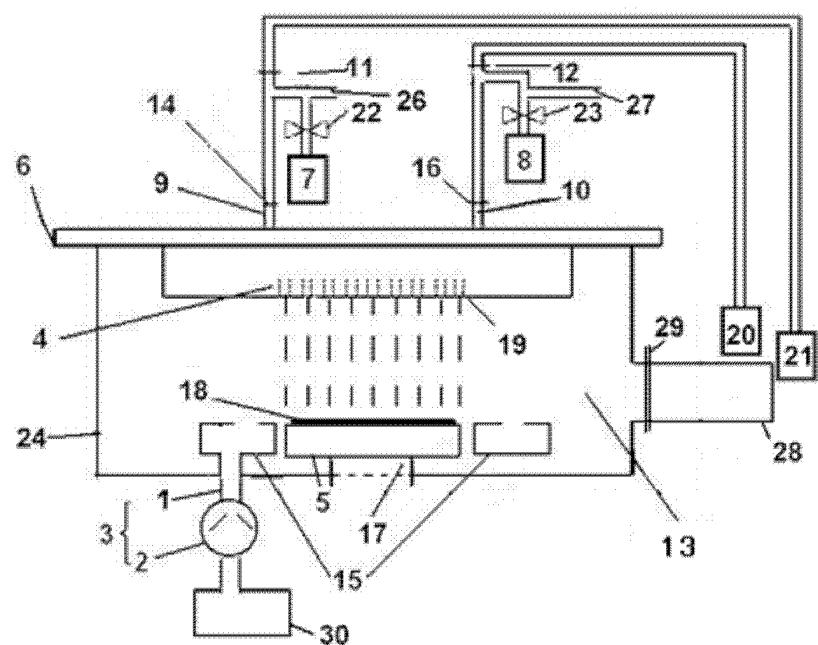


图 1

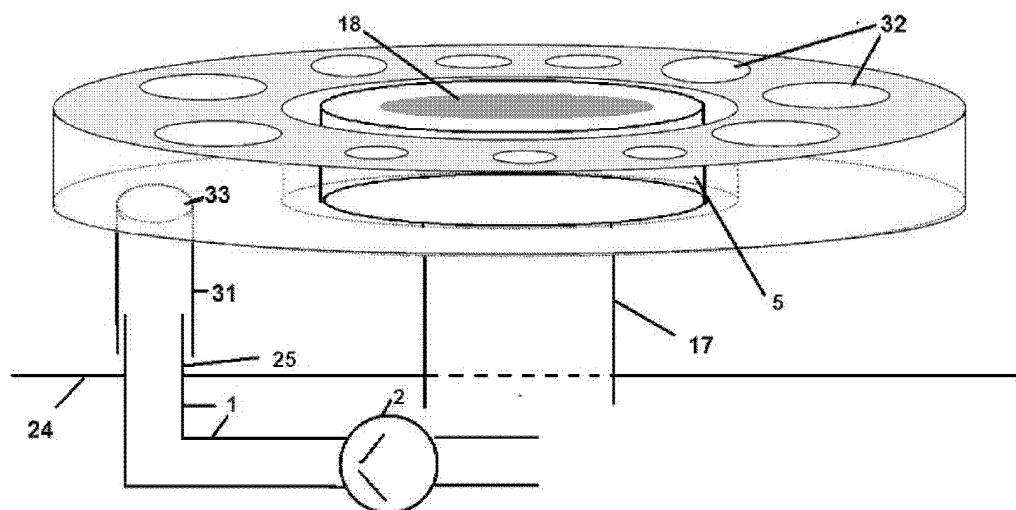


图 2

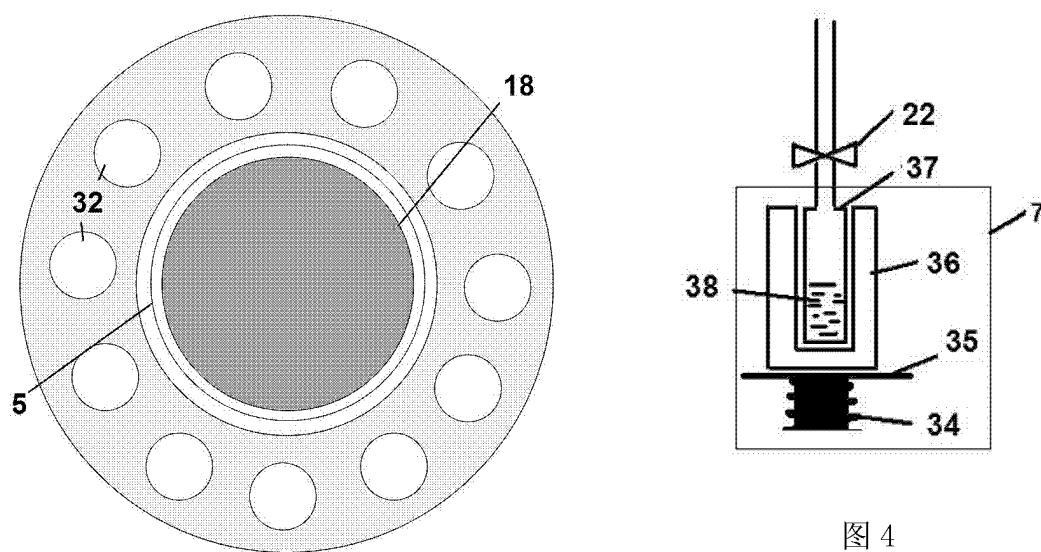


图 4

图 3

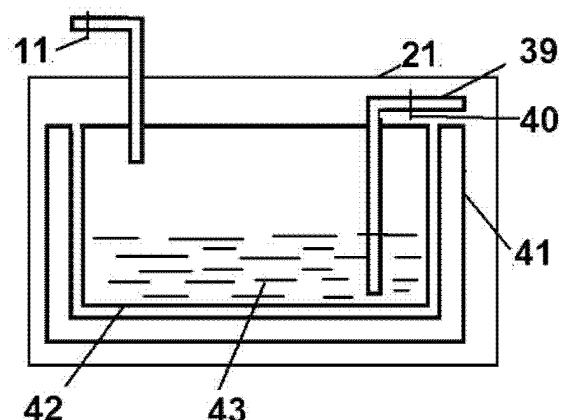


图 5