



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102956552 B
(45) 授权公告日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201210298896. 7
(22) 申请日 2012. 08. 21
(73) 专利权人 王伟明
地址 214213 江苏省无锡市宜兴市经济开发区文庄路 8 号
专利权人 国电科技环保集团股份有限公司
(72) 发明人 王伟明 胡二元 孙飞 程雪梅
(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 杨娟奕

CN 101529605 A, 2009. 09. 09,
CN 102130221 A, 2011. 07. 20,
CN 102414837 A, 2012. 04. 11,
US 6555443 B1, 2003. 04. 29,

审查员 叶常茂

(51) Int. Cl.
H01L 21/78(2006. 01)
H01L 33/00(2010. 01)
H01L 31/18(2006. 01)
H01S 5/00(2006. 01)

(56) 对比文件
CN 101529605 A, 2009. 09. 09,

权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称
薄膜光伏电池的制备方法

(57) 摘要

一种半导体器件的制备方法, 包括以下步骤:
a) 提供第一半导体衬底 ;b) 在第一半导体衬底上形成牺牲层 ;c) 在牺牲层上制备半导体器件的功能层 ;d) 将半导体器件的功能层分离成具有预定阵列图案的半导体器件的功能单元 ;e) 采用腐蚀溶液腐蚀牺牲层, 实现第一衬底与功能层的剥离。根据本发明, 在腐蚀牺牲层之前, 先将半导体器件的功能层分离成半导体器件的功能单元的阵列, 使得在腐蚀过程中, 腐蚀溶液腐蚀牺牲层的腐蚀路径缩短, 极大地提高了衬底的剥离速度和剥离均匀性, 进而能够提高半导体器件的剥离成品率和生产效率, 降低生产成本。

004	40	40	40	41	40
003	30	30	30	31	30
002					
001					

1. 一种薄膜光伏电池的制备方法,包括以下步骤:

a) 提供第一半导体衬底;

b) 在第一半导体衬底上制备单晶牺牲层;

c) 在单晶牺牲层上制备薄膜光伏电池的功能层;

c1) 在薄膜光伏电池的功能层上制备具有预定阵列图案的金属支撑层;

d) 将薄膜光伏电池的功能层分离成具有所述预定阵列图案的分立的薄膜光伏电池的功能单元,并暴露各功能单元之间的单晶牺牲层;

d1) 在分立的薄膜光伏电池的功能单元和金属支撑层上层叠支撑模具,把分立的半导体器件的功能单元和金属支撑层连接成一个整体,其中,所述支撑模具具有与所述预定阵列图案相同的阵列单元的图案,但在各阵列单元之间具有相互连接部,从而形成整体的支撑模具;

e) 采用腐蚀溶液腐蚀单晶牺牲层,实现第一半导体衬底与薄膜光伏电池的功能层的剥离。

2. 根据权利要求1中所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,在步骤d)中,通过去除薄膜光伏电池的功能层中除所述预定阵列图案以外的部分,来形成具有所述预定阵列图案的分立的薄膜光伏电池的功能单元。

3. 根据权利要求2中所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,

采用光刻工艺,在薄膜光伏电池的功能层上形成具有所述预定阵列图案的光刻胶图案;

去除薄膜光伏电池的功能层中未被光刻胶覆盖的部分,以形成具有所述预定阵列图案的分立的薄膜光伏电池的功能单元。

4. 根据权利要求1所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,在步骤d)中,通过去除薄膜光伏电池的功能层中除具有所述预定阵列图案的金属支撑层以外的部分,形成具有所述预定阵列图案的分立的薄膜光伏电池的功能单元。

5. 根据权利要求1所述的薄膜光伏电池的制备方法,还包括以下步骤:

f) 将不同于第一半导体衬底的第二衬底层叠到支撑模具上;

g) 在薄膜光伏电池的功能层上进行制备最终的薄膜光伏电池所需的后续加工;

h) 将制成的薄膜光伏电池与支撑模具和第二衬底分离。

6. 根据权利要求1所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,在薄膜光伏电池的功能层上制备具有所述预定阵列图案的金属支撑层的步骤包括:

采用第一光刻工艺,在薄膜光伏电池的功能层上形成光刻胶图案,所述光刻胶图案与所述预定阵列图案互补;

在薄膜光伏电池的功能层上未被光刻胶覆盖的部分形成具有所述预定阵列图案的金属支撑层。

7. 根据权利要求4所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,

去除薄膜光伏电池的功能层中除所述预定阵列图案的金属支撑层以外的部分的步骤包括:

采用第二光刻工艺,在具有所述预定阵列图案的金属支撑层上形成光刻胶;

去除薄膜光伏电池的功能层中未被光刻胶覆盖的部分,以形成分立的薄膜光伏电池的

功能单元。

8. 根据权利要求 5 所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,所述的第一半导体衬底为砷化镓衬底,所述牺牲层为砷化铝层或砷化镓铝层。

9. 根据权利要求 8 所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,所述的第二衬底为玻璃衬底、硅衬底或金属衬底。

10. 根据权利要求 1-9 中任意一项所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,所制备的薄膜光伏电池为砷化镓薄膜电池。

11. 一种薄膜光伏电池的制备方法,包括以下步骤:

a) 提供第一半导体衬底;

b) 在第一半导体衬底上制备单晶牺牲层;

c) 在单晶牺牲层上制备薄膜光伏电池的功能层;

c1) 在薄膜光伏电池的功能层上制备具有预定阵列图案的金属支撑层;

d) 将薄膜光伏电池的功能层分离成具有所述预定阵列图案的薄膜光伏电池的功能单元,并暴露各功能单元之间的单晶牺牲层;

e) 在分立的薄膜光伏电池的功能单元上层叠支撑模具,把分立的薄膜光伏电池的功能单元连接成一个整体,其中,所述支撑模具具有与所述预定阵列图案相同的阵列单元的图案,但在各阵列单元之间具有相互连接部,从而形成整体的支撑模具;

f) 采用腐蚀溶液腐蚀牺牲层,实现第一半导体衬底与薄膜光伏电池的功能层的剥离;

g) 把分立的薄膜光伏电池的功能单元和支撑模具作为一个整体层叠于不同于第一半导体衬底的第二衬底,且支撑模具位于薄膜光伏电池的功能单元和第二衬底之间,在薄膜光伏电池的功能单元上进行制备最终的薄膜光伏电池所需的后续加工;

h) 将制成的薄膜光伏电池与支撑模具和第二衬底分离。

12. 根据权利要求 11 中所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,在步骤 d) 中,

采用光刻工艺,在薄膜光伏电池的功能层上形成具有所述预定阵列图案的光刻胶图案;

去除薄膜光伏电池的功能层中未被光刻胶覆盖的部分,以形成具有所述预定阵列图案的分立的薄膜光伏电池的功能单元。

13. 根据权利要求 12 所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,所述的第一半导体衬底为砷化镓衬底,所述牺牲层为砷化铝层或砷化镓铝层。

14. 根据权利要求 13 所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,所述的第二衬底为玻璃衬底、硅衬底或金属衬底。

15. 根据权利要求 11-14 中任意一项所述的薄膜光伏电池的制备方法,其中,所制备的薄膜光伏电池为砷化镓薄膜电池。

薄膜光伏电池的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件的制备方法,特别涉及一种薄膜光伏电池的制备方法。

背景技术

[0002] 在半导体器件中,例如薄膜型光伏电池 (Photovoltaic Solar Cell)、发光二极管 (Light Emission Diode)、激光二极管 (Laser Diode)、光探测器 (Photo Detector)、晶体管 (Transistor) 等的制备过程中,往往涉及在昂贵单晶半导体衬底上制作半导体器件的功能层的步骤。制备完成的半导体器件或功能层需要从衬底上剥离,以实现衬底的重复利用,特别对于价格昂贵的衬底材料尤其如此。

[0003] 以砷化镓薄膜电池为例,在光伏领域,基于砷化镓的三结电池是目前转换效率最高的电池技术,理论效率 63%,目前最高已实现的最高效率为 43.5%。虽然砷化镓电池在光伏领域拥有无法替代的地位和价值,但是因为材料昂贵,单位面积电池成本高,限制其大规模应用。以砷化镓三结电池为例,砷化镓电池中用以实现光电转换功能的薄膜厚度只需要 10 微米左右,另外 500-600 微米的砷化镓单晶材料只是作为衬底实现机械支撑的功能。为了降低电池制造成本,目前普遍采用衬底剥离技术,把实现光电转换功能的薄膜(厚度为 10 微米左右)从厚度为 500-600 微米的砷化镓单晶衬底分离,然后把该薄膜粘附在具有一定机械强度的廉价衬底上,如玻璃、金属片等;电池薄膜和衬底分离后,该衬底可以多次重复使用,从而大大降低电池的制造成本。衬底剥离技术基本步骤如下:

[0004] 1) 在 500-600 微米厚的砷化镓 (GaAs) 衬底上先生长一层和砷化镓晶格常数非常接近的砷化铝 (AlAs) 或砷化镓铝 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$),其中 x 需要大于 0.6,厚度在 10 到 100 纳米之间,作为单晶牺牲层。

[0005] 2) 在牺牲层上进一步生长具有电池功能的砷化镓外延层,包括 GaAs, $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x < 0.55$), GaInP, AlInP, AlGaInP, InGaAs, AlGaInAs, AlInAs, AlInAsP, GaInAsP, AlGaAsP 等。

[0006] 3) 砷化铝 (AlAs) 或砷化镓铝 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, $x > 0.6$) 非常容易被含有氢氟酸的溶液腐蚀,而砷化镓 (GaAs) 非常难以被氢氟酸腐蚀,腐蚀选择比大于 10^8 。利用氢氟酸对砷化铝 (AlAs) 和砷化镓 (GaAs) 的选择性腐蚀特性,腐蚀砷化铝牺牲层,实现砷化镓电池外延层和衬底的剥离。

[0007] 目前主要普遍采用整片电池和衬底剥离的方法。比如目前工业生产的砷化镓衬底片,其直径都在大约 4 英寸 (10cm),腐蚀溶液从两侧沿着厚度为小于 100 纳米的牺牲层进行腐蚀,腐蚀穿透 10cm 直径的时间非常长,一般需要 48 小时以上。腐蚀时间过长,导致腐蚀溶液有可能从电池功能层材料的缺陷处穿透电池功能层材料,使电池片穿孔断裂等,导致成品率很低。

发明内容

[0008] 本发明旨在提供一种半导体器件的制备方法,其中,在半导体器件的制备过程中,

能够快速、均匀地剥离衬底,从而提高半导体器件的生产效率和成品率。

[0009] 根据本发明的一个方面,提供一种半导体器件的制备方法,包括以下步骤:

[0010] a) 提供第一半导体衬底;

[0011] b) 在第一半导体衬底上制备单晶牺牲层;

[0012] c) 在单晶牺牲层上制备半导体器件的功能层;

[0013] d) 将半导体器件的功能层分离成具有预定阵列图案的半导体器件的功能单元,并暴露各功能单元之间的单晶牺牲层;

[0014] e) 采用腐蚀溶液腐蚀单晶牺牲层,实现第一半导体衬底与半导体器件的功能层的剥离。

[0015] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,在上述步骤 d) 中,通过去除半导体器件的功能层中除所述预定阵列图案以外的部分来形成具有所述预定阵列图案的分立的半导体器件的功能单元。

[0016] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,采用光刻工艺,在半导体器件的功能层上形成具有所述预定阵列图案的光刻胶图案;去除半导体器件的功能层中未被光刻胶覆盖的部分,以形成具有所述预定阵列图案的分立的半导体器件的功能单元。

[0017] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,在上述步骤 c) 和 d) 之间,还包括步骤:在半导体器件的功能层上制备具有所述预定阵列图案的金属支撑层。

[0018] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,在上述步骤 d) 中,通过去除半导体器件的功能层中除具有所述预定阵列图案的金属支撑层以外的部分,形成具有所述预定阵列图案的分立的半导体器件的功能单元。

[0019] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,在上述步骤 d) 和 e) 之间,还包括以下步骤:

[0020] 在分立的半导体器件的功能单元和金属支撑层上层叠支撑模具,把分立的半导体器件的功能单元连接成一个整体,其中,所述支撑模具具有与所述预定阵列图案相同的阵列单元的图案,但在各阵列单元之间具有相互连接部,从而形成整体的支撑模具。

[0021] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,所述半导体器件的制备方法还包括以下步骤:

[0022] f) 将不同于第一半导体衬底的第二衬底层叠到支撑模具上;

[0023] g) 在半导体器件的功能层上进行制备最终的半导体器件所需的后续加工;

[0024] h) 将制成的半导体器件与支撑模具和第二衬底分离。

[0025] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,在半导体器件的功能层上制备具有所述预定阵列图案的金属支撑层的步骤包括:

[0026] 采用第一光刻工艺,在半导体器件的功能层上形成光刻胶图案,所述光刻胶图案与所述预定阵列图案互补;

[0027] 在半导体器件的功能层上未被光刻胶覆盖的部分形成具有所述预定阵列图案的金属支撑层。

[0028] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,去除半导体器件的功能层中除所述预定阵列图案的金属支撑层以外的部分的步骤包括:

[0029] 采用第二光刻工艺,在具有所述预定阵列图案的金属支撑层上形成光刻胶;去除

半导体器件的功能层中未被光刻胶覆盖的部分,以形成分立的半导体器件的功能单元。

[0030] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,所述的第一半导体衬底为砷化镓衬底,所述牺牲层为砷化铝层或砷化镓铝层。

[0031] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,所述的第二衬底为玻璃衬底、硅衬底或金属衬底。

[0032] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,所制备的半导体器件为砷化镓薄膜电池 (Thin film GaAs Photovoltaic Solar Cell)。

[0033] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,所制备的半导体器件为砷化镓发光二极管 (GaAs Light Emission Diode)。

[0034] 据本发明的一个实施例的的半导体器件的制备方法,其中,所制备的半导体器件为砷化镓激光二极管 (GaAs Laser Diode)。

[0035] 据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,所制备的半导体器件为砷化镓光探测器 (GaAs Photo detector)。

[0036] 据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,其中,所制备的半导体器件为砷化镓晶体管 (GaAs Transistor)。

[0037] 根据本发明的第二方面,提供一种半导体器件的制备方法,包括以下步骤:

[0038] a) 提供第一半导体衬底;

[0039] b) 在第一半导体衬底上制备单晶牺牲层;

[0040] c) 在单晶牺牲层上制备半导体器件的功能层;

[0041] d) 将半导体器件的功能层分离成具有预定阵列图案的半导体器件的功能单元,并暴露各功能单元之间的单晶牺牲层;

[0042] e) 在分立的半导体器件的功能单元上层叠支撑模具,把分立的半导体器件的功能单元连接成一个整体,其中,所述支撑模具具有与所述预定阵列图案相同的阵列单元的图案,但在各阵列单元之间具有相互连接部,从而形成整体的支撑模具;

[0043] f) 采用腐蚀溶液腐蚀牺牲层,实现第一半导体衬底与半导体器件的功能层的剥离;g) 把分立的半导体器件的功能单元和支撑模具作为一个整体层叠于不同于第一半导体衬底的第二衬底,且支撑模具位于半导体器件的功能单元和第二衬底之间,在半导体器件的功能单元上进行制备最终的半导体器件所需的后续加工;

[0044] h) 将制成的半导体器件与支撑模具和第二衬底分离。

[0045] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,在步骤 d) 中,采用光刻工艺,在半导体器件的功能层上形成具有所述预定阵列图案的光刻胶图案;然后去除半导体器件的功能层中未被光刻胶覆盖的部分,以形成具有所述预定阵列图案的分立的半导体器件的功能单元。

[0046] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,所述的第一半导体衬底为砷化镓衬底,所述牺牲层可以为砷化铝层或砷化镓铝层。

[0047] 根据本发明的一个实施例的半导体器件的制备方法,所述的第二衬底为玻璃衬底、硅衬底或金属衬底。

[0048] 所制备的半导体器件可以为砷化镓薄膜电池、砷化镓发光二极管、砷化镓激光二极管、砷化镓光探测器和砷化镓晶体管中的一种。

[0049] 根据本发明各种实施例的半导体器件的制备方法,在腐蚀牺牲层之前,先将半导体器件的功能层分离成分立的半导体器件的功能单元的阵列,使得在腐蚀过程中,腐蚀溶液不仅能够从侧向到达半导体器件的功能层和衬底之间的牺牲层,而且能够通过分离的各个半导体器件的功能单元之间的间隙从牺牲层的上侧到达牺牲层,从而缩短了腐蚀路径的长度,极大地提高了衬底的剥离速度和剥离均匀性,进而能够极大提高半导体器件的剥离成品率和生产效率,降低生产成本。

附图说明

[0050] 附图示意性地示出了根据本发明的一个实施例的制备半导体器件的过程。其中,各个附图中,相同的附图标记表示相同的部件。并且,为了清楚起见,各个附图不一定按比例绘制。附图只是用于示意本发明的实施例,而非用于限制发明。

[0051] 图 1 是根据本发明的一个示例性实施例的在砷化镓衬底上制备的砷化镓电池功能层的截面示意图;

[0052] 图 2 是在图 1 的基础上进一步制备了阵列式金属支撑层的截面示意图;

[0053] 图 3a 是示出电池功能层被分离成阵列式的各个独立单元的截面示意图;

[0054] 图 3b 是图 3a 的平面示意图;

[0055] 图 4a 是示出在电池功能层和金属支撑层上粘合支撑模具的截面示意图;

[0056] 图 4b 是图 4a 的平面示意图;

[0057] 图 5a 是示出图 4a 的牺牲层被去除后,电池功能层、金属支撑层和支撑模具与砷化镓衬底分离的状态的截面示意图;

[0058] 图 5b 是图 5a 的平面示意图;

[0059] 图 6a 是示出在图 5a 的支撑模具上粘合工艺支撑衬底的截面示意图;

[0060] 图 6b 是图 6a 的平面示意图;

[0061] 图 7 是示出采用半导体平面工艺在图 6a 的电池功能层上制备金属栅线电极的截面示意图;

[0062] 图 8a 是示出利用真空吸盘阵列固定每个电池功能单元和相应的金属支撑层并剥离支撑模具和工艺支撑衬底后的截面示意图;以及

[0063] 图 8b 是图 8a 的平面示意图。

[0064] 具体实施方法

[0065] 实施例 1

[0066] 以下参照附图 1-8 以砷化镓薄膜电池为例说明本发明的制备半导体器件的过程。注意,附图和具体实施例的描述只是为了更好地理解本发明,本发明不局限于所描述的实施例。

[0067] 根据实施例 1 的砷化镓薄膜电池的制备过程大致如下所述:

[0068] 步骤一,在砷化镓衬底上制备电池功能层,包括:

[0069] 如图 1 所示,准备约 4 英寸(10cm)或更大直径的砷化镓(GaAs)单晶衬底 001,在该砷化镓(GaAs)衬底 001 上通过 MOVPE(Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy,有机金属气相外延)或者 MBE(Molecular Beam Epitaxy,分子束外延)生长砷化铝(AlAs)或者砷化镓铝(AlGaAs)的牺牲层 002,然后在牺牲层 002 上以同样方法生长砷化镓电池功能层 003。

[0070] 所述砷化镓电池功能层 003 可以是单结电池结构或多结电池功能层。例如,砷化镓单结电池结构的基本结构包含一层重掺 n 型砷化镓 GaAs,掺杂浓度大于 10^{18}cm^{-3} ,厚度 100nm 左右;一层 p 型砷化镓,掺杂浓度在 $10^{16}\text{--}10^{17}\text{cm}^{-3}$,厚度 3000nm 左右;以及一层重掺 p 型砷化镓 GaAs,厚度 100–400nm。

[0071] 步骤二,在电池功能层上形成阵列式金属支撑层

[0072] 由于电池功能层 003 的厚度在 10 微米左右,单晶衬底 001 的厚度都大于 300 微米。为了使电池功能层 003 从单晶衬底上剥离后具有足够的机械强度,可选地,在剥离前在电池功能层 003 上制备一层金属支撑层。而为了便于后面的剥离过程,如图 2 所示,在电池功能层 003 上形成阵列式金属支撑层 004。其制备过程如下:

[0073] 分别用丙酮和异丙醇清洗砷化镓电池功能层,利用电子束蒸发设备在电池功能层上蒸镀金属膜,厚度为 1–3 微米;快速热退火 300°C 处理 1 分钟 (min),使金属膜与砷化镓电池功能层(半导体材料)之间形成良好的欧姆接触,从而为在砷化镓电池功能层上电镀金属支撑层作好准备;

[0074] 接着,采用常规光刻方法,在砷化镓电池功能层上涂敷光刻胶、曝光和显影,形成对应于要形成的电池单元的形状的具有预定阵列图案的第一光刻胶图案。光刻胶厚度约 10 微米。

[0075] 接着,把带有牺牲层和电池功能层的衬底放入硫酸铜 (CuSO_4) 电镀液中进行电镀,在电池功能层上形成金属支撑层,例如铜,其中,在光刻步骤中没有被光刻胶覆盖的区域 40 能够产生 30–50 微米的金属铜薄膜,在已经有光刻胶覆盖的区域 41 不会生成铜薄膜。用丙酮去除光刻胶后,得到如图 2a 所示的阵列式金属支撑层 004。

[0076] 步骤三,将电池功能层分离成阵列式电池单元,包括:

[0077] 采用光刻方法,涂敷光刻胶、曝光和显影,形成第二光刻胶图案,所述第二光刻胶图案与第一光刻胶图案互补,并将阵列式金属支撑层 004 保护起来;

[0078] 然后用腐蚀液腐蚀没有光刻胶保护的部位 31,一直腐蚀到作为牺牲层 002 的砷化铝 (AlAs) 或者砷化镓铝 (AlGaAs),以去除没有光刻胶保护的部位 31,从而形成具有所述预定阵列图案的相互分离的阵列式电池单元 30。然后去除保护的光刻胶。如图 3 所示。

[0079] 步骤四,在金属支撑层上粘接具有所述预定阵列图案的支撑模具

[0080] 为了使电池功能层 003 和砷化镓衬底剥离后,各个分离的电池单元 30 可以作为一个整体进行进一步的半导体平面加工工艺,比如光刻、腐蚀、镀膜等,可选地,在剥离步骤之前,在金属支撑层 004 上粘接具有机械支撑和连接作用的支撑模具 005。如图 4 所示。

[0081] 所述支撑模具 005 的厚度一般在 0.3mm 至 1mm 之间。模具平面尺寸和砷化镓衬底一致,比如直径为 4 英寸的圆形。模具部分区域 51 是挖空的,未挖空区域 50 具有前述的预定阵列图案。即,未挖空区域 50 和 50 微米电镀铜的区域 40 分别对应,挖空区域 51 和没有电镀铜的区域 41 分别对应。这样支撑模具 005 和阵列式金属支撑层 004 或电池单元 30 的阵列图案几乎完全一致。唯一不同之处在于:如图 3b 所示,电池单元 30 的预定阵列图案是由 $1\text{cm}\times 1\text{cm}$ (或 $3\text{mm}\times 3\text{mm}$, $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ 等) 的相互分离的独立单元组成,各单元之间相互没有连接;而如图 4b 所示,支撑模具 005 的阵列图形中的各阵列单元 50 是通过边角相互连接,形成各个连接部 52,从而形成整体的支撑模具 005。因此,可以保证在电池功能层和砷化镓衬底剥离之后,依托支撑模具 005,各个电池单元 30 仍然是一个整体,以便进行进一步的半导

体平面加工工艺。

[0082] 在将电池功能层 003 与支撑模具 005 粘合在一起后,电池功能层 003 上被腐蚀的部位 31 刚好从模具的挖空区域 51 露出来。优选地,电池功能层 003 和支撑模具 005 的粘合所采用的粘合剂和后期半导体平面工艺兼容。

[0083] 步骤五,剥离步骤

[0084] 将与支撑模具 005 粘合在一起的电池功能层 003 浸泡在氢氟酸 (HF) 溶液内,利用含氢氟酸溶液的选择性腐蚀特性去除电池功能层 003 和砷化镓衬底 001 之间的由砷化铝 (AlAs) 或者砷化镓铝 (AlGaAs) 制成的牺牲层 002,如图 5 所示,将电池功能层 003 和砷化镓衬底 001 剥离。电池功能层 003 和衬底 001 分离后,衬底 001 可以进行简单处理后重复使用。

[0085] 根据该实施例,如前述步骤所述,在腐蚀牺牲层之前,先将大约 4 英寸大小的电池功能层分离成分立的电池单元的阵列,电池单元的面积一般为 $1\text{cm} \times 1\text{cm}$,或者更小,比如 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 。这样,在腐蚀过程中,腐蚀溶液不仅能够从侧向到达电池功能层 003 和衬底 001 之间的牺牲层 002,而且能够通过分离的各个电池单元 30 之间的间隙从牺牲层 002 的上侧到达牺牲层,从而 缩短了腐蚀路径的长度,使得剥离时侧向腐蚀的路径长度只有 1cm 或 3mm ,比整片功能层 (4 英寸) 腐蚀减小 10 倍到 30 倍,极大地提高了衬底的剥离速度和剥离均匀性,进而能够极大提高半导体器件的剥离成品率和生产效率,降低生产成本。

[0086] 根据本实施例,可选地,对与支撑模具 005 一起剥离的电池功能层 003 可以继续进行下面的工艺:

[0087] 步骤六,在支撑模具上粘结工艺支撑衬底

[0088] 如图 6a 所示,将带有电池功能层的支撑模具 005 和相同尺寸的平整衬底片 006 粘合,比如 4 英寸硅衬底片、玻璃衬底片、金属衬底片等。衬底片 006 的厚度保持在 0.3mm 到 1mm 之间。这个新的衬底片 006 没有任何挖空部分,主要起机械支持作用。同时可以保证可以和后面的半导体工艺兼容。新的衬底片 006 和支撑模具 005 之间的粘合所使用的粘合剂也需要和后面的半导体工艺兼容,及不能被半导体工艺中所使用的溶剂溶解。优选的,用于粘合衬底片 006 和支撑模具 005 的粘合剂与用于电池功能层 003 和支撑模具 005 的粘合剂相同。

[0089] 步骤七,可以在电池功能层 003 上进行制备最终的薄膜电池所需的其它加工,例如形成电极、减反射膜等,其操作过程如下:

[0090] 采用常规光刻方法,涂敷光刻胶、曝光和显影,得到栅线电极图形;利用电子束蒸发设备依次蒸镀金属层,厚度为 $2-3$ 微米;将蒸镀完金属的功能层浸泡在丙酮溶液中。丙酮能够去除光刻胶,从而把光刻胶表面的金属也去除。而没有光刻胶覆盖的区域,金属被保留下来。这样就形成了如图 7 所示的金属栅线图形 70。

[0091] 采用光刻方法,涂敷光刻胶、曝光、显影,将电极金属部分用光刻胶保护起来,用腐蚀液将电池功能层表面的 GaAs 层腐蚀掉,然后用电子束蒸发 设备,依次蒸镀 TiO_2 和 SiO_2 作为减发射膜;将制成品浸泡在丙酮中 15min ,去除用光刻胶保护部分的减反射膜。

[0092] 步骤八,将制成的电池单元与支撑模具和工艺支撑衬底分离

[0093] 如图 8 所示,利用带有真空吸附功能的机械盘 80 吸住支撑模具 005 上的每个电池单元 30,然后将制成品浸泡在能够溶解粘合剂的溶剂中,利用溶剂溶解电池单元 30 和支撑

模具 005 之间、以及支撑模具 005 和工艺支撑衬底 006 之间的粘合剂,实现电池单元 30 和支撑模具 005 之间、以及支撑模具 005 和工艺支撑衬底 006 的分离,得到最终的薄膜电池片。将薄膜电池片进行快速热退火。至此完成整个工艺过程。

[0094] 其它实施例

[0095] 以上以砷化镓薄膜电池为例说明了制备半导体器件的过程。但是,应当理解,本发明同样可以应用于其它以砷化镓为衬底的半导体器件的制备,例如砷化镓光伏电池、砷化镓发光二极管 (Light Emission Diode)、砷化镓激光二极管 (Laser Diode)、或者砷化镓红外光探测器 (Photo-Detector) 等。此外,本发明的方法也不限于砷化镓基的半导体器件的制备,而是可以应用于其它需要剥离衬底的半导体器件的制备过程中,只要需要剥离的衬底和牺牲层的材料的晶格常数相近且对于特定腐蚀溶液能够被选择性地腐蚀即可,或者说,衬底被腐蚀溶液腐蚀的速率远远低于牺牲层被腐蚀溶液腐蚀的速率,例如,两者相差一百万倍以上。例如,衬底和牺牲层可以分别为 ZnO 和 GaN 或 MgS 和 GaAs 等。

[0096] 上述半导体器件的制备过程与上述实施例类似,包括以下步骤:

[0097] a) 提供第一半导体衬底;

[0098] b) 在第一半导体衬底上形成单晶牺牲层;

[0099] c) 在单晶牺牲层上制备半导体器件的功能层;

[0100] d) 将半导体器件的功能层分离成具有预定阵列图案的分立的半导体器件的功能单元,并暴露各功能单元之间的单晶牺牲层;

[0101] e) 采用腐蚀溶液腐蚀牺牲层,实现第一衬底与功能层的剥离。

[0102] 其中,在步骤 d) 中,可选地,采用光刻工艺,在半导体器件的功能层上涂敷光刻胶,根据预期要形成的半导体器件的功能单元的形状,采用具有预定阵列图案的掩模进行曝光,之后显影,形成阵列式光刻胶图案。然后用腐蚀液腐蚀没有光刻胶保护的部位,一直腐蚀到牺牲层,以去除没有光刻胶保护的部位的功能层,从而形成具有所述预定阵列图案的分立的半导体器件的功能单元的阵列。然后去除保护的光刻胶。

[0103] 可以采用除光刻方法以外的其它方法将半导体器件的功能层分离成单独的半导体器件的功能单元的阵列。例如机械切割或材料去除方法。只要能形成分立的半导体器件的功能单元的阵列即可。

[0104] 同样,所述的制备半导体器件的功能层的步骤还可以包括形成在制备所述半导体器件的过程中所需要的其它附加层,例如起支撑功能层的作用的金属层的步骤。并且,在剥离衬底后,还可以在半导体功能层上实施制备最终的半导体器件所需要的其它加工过程。因此,根据本发明,半导体器件的功能层可以是制备最终的半导体器件的过程中的任何中间层,或最终的产品层。

[0105] 实施例 1 中,支撑模具粘接到金属支撑层上,但是,可以不形成金属支撑层,而直接将支撑模具粘接到分立的半导体器件的功能单元上。

[0106] 如以上说明,根据本发明,在腐蚀牺牲层之前,先将半导体器件的功能层分离成半导体器件的功能单元的阵列,使得在腐蚀过程中,腐蚀溶液不仅能够从侧向到达半导体器件的功能层和衬底之间的牺牲层,而且能够通过分立的各个半导体器件的功能单元之间的间隙从牺牲层的上侧到达牺牲层,从而缩短了腐蚀路径的长度,极大地提高了衬底的剥离速度和剥离均匀性,进而能够极大提高半导体器件的剥离成品率和生产效率,降低生产成

本。

[0107] 本发明在绿色照明、光纤通信、微波移动通信、精细加工等领域有极其广泛的应用。

[0108] 根据本发明的教导,本领域技术人员可以设想其它的变形实施方式,只要不偏离本发明实质,它们均落入本发明的保护范围。本发明的保护范围由其权利要求书限定。

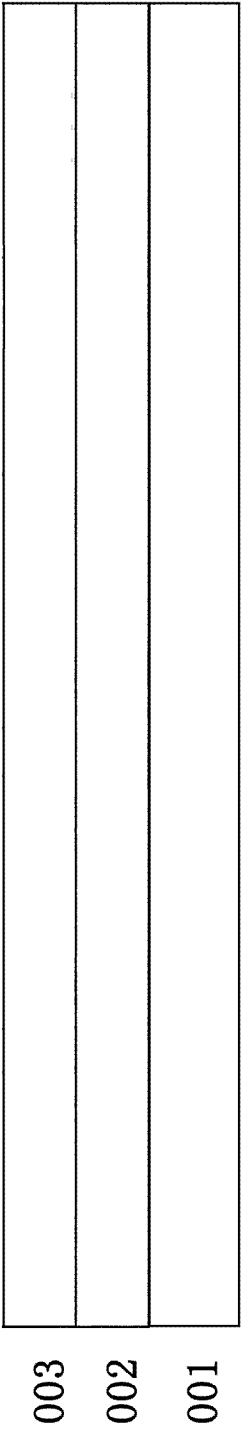


图 1

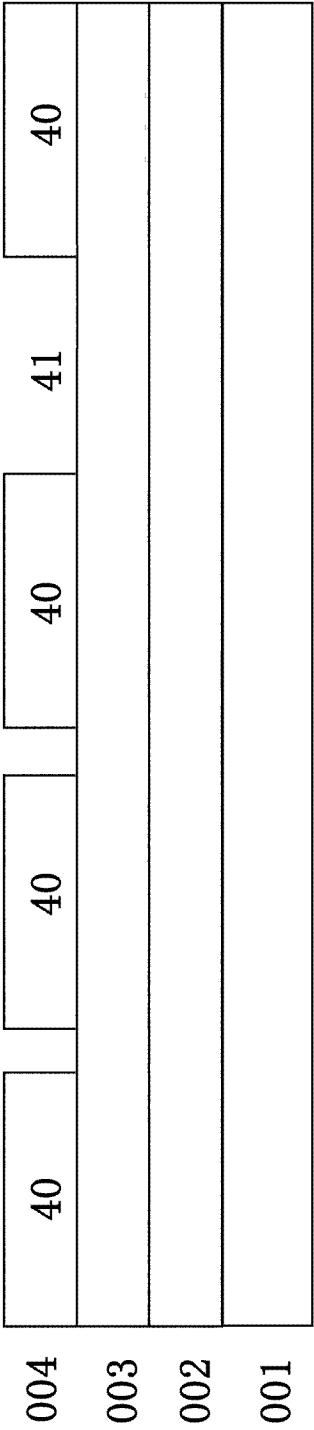


图 2

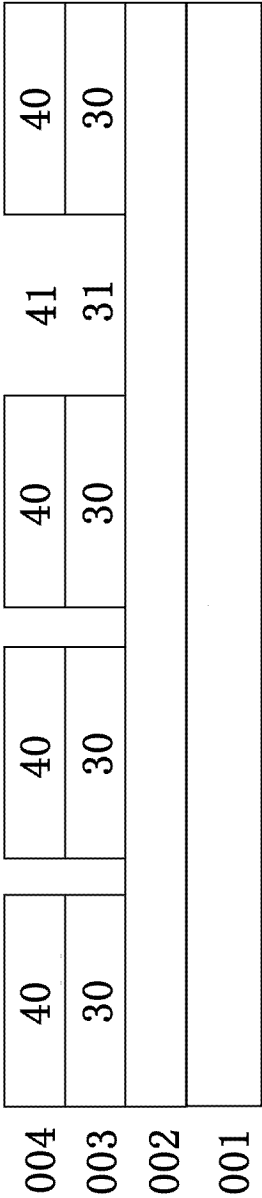


图 3a

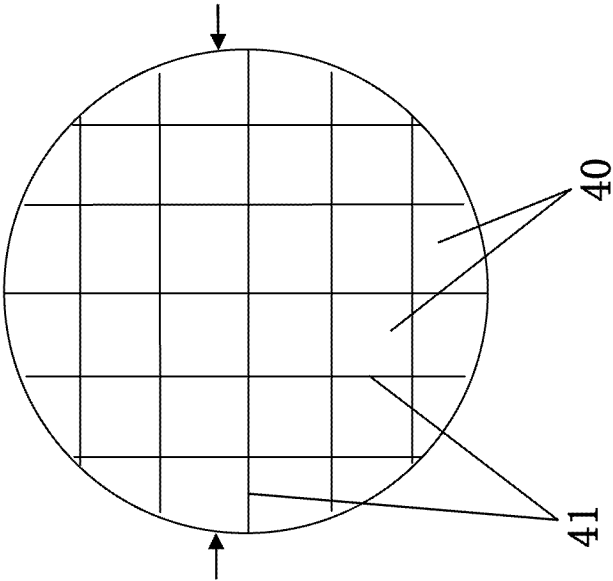


图 3b

005	50	50	51	50	50
004	40	40	41	40	40
003	30	30	31	30	30
002					
001					

图 4a

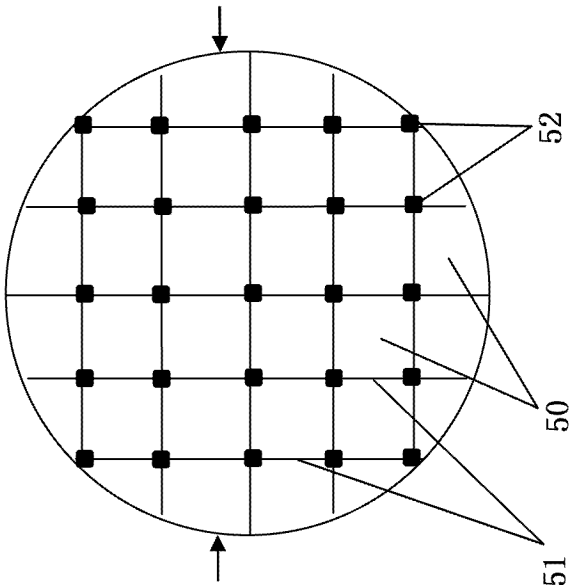


图 4b

005	50	50	50	50	50
004	40	40	40	40	40
003	30	30	30	30	30
001					

图 5a

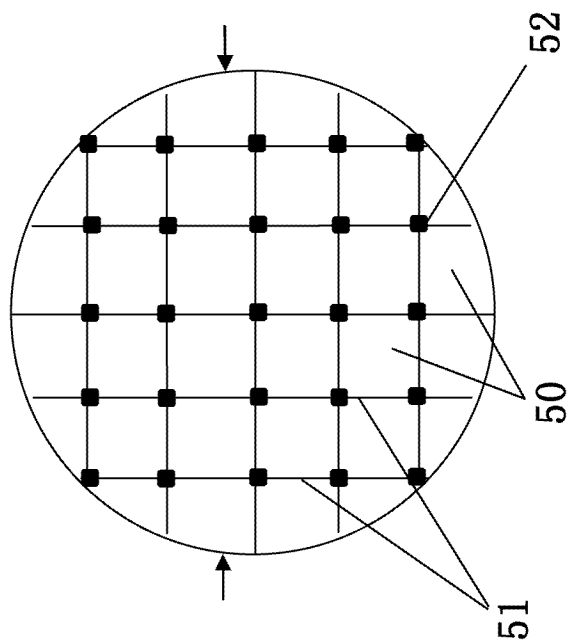
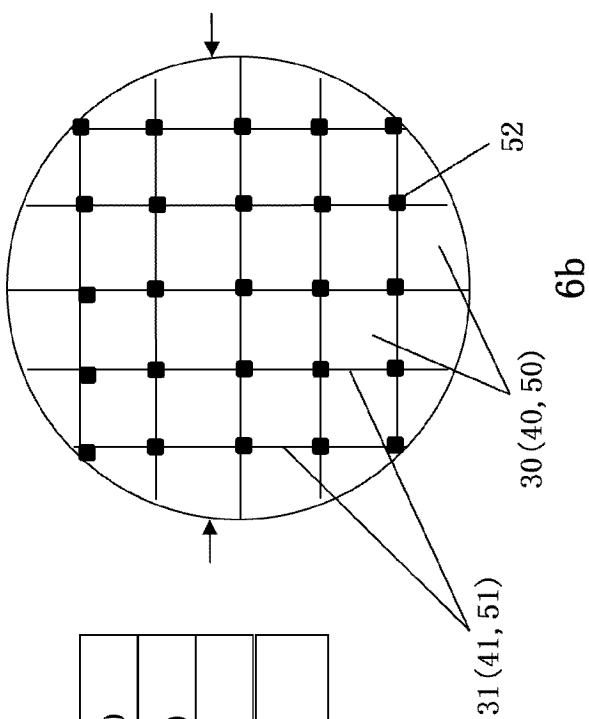


图 5b



003	30	30	31	30	30
004	40	40	41	40	40
005	50	50	51	50	
006					

图 6

6a

6b

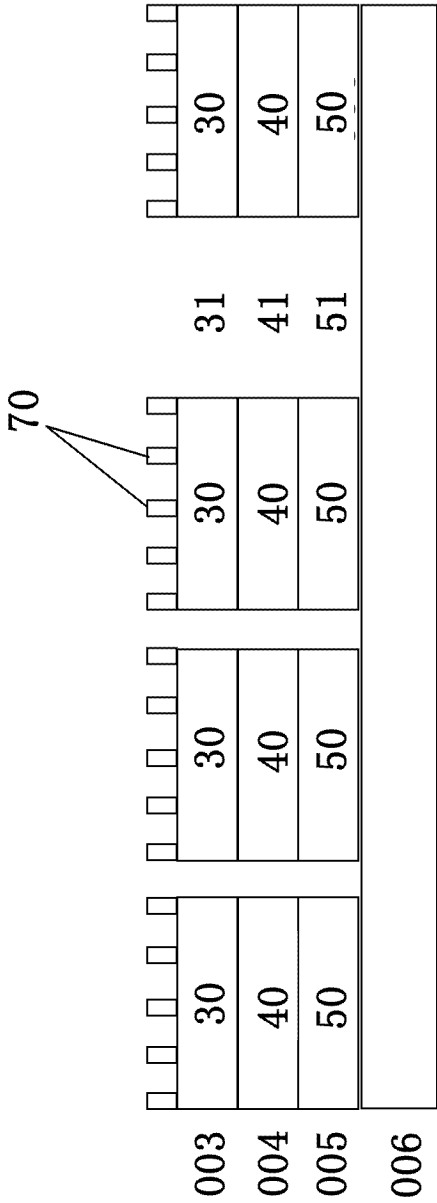


图 7

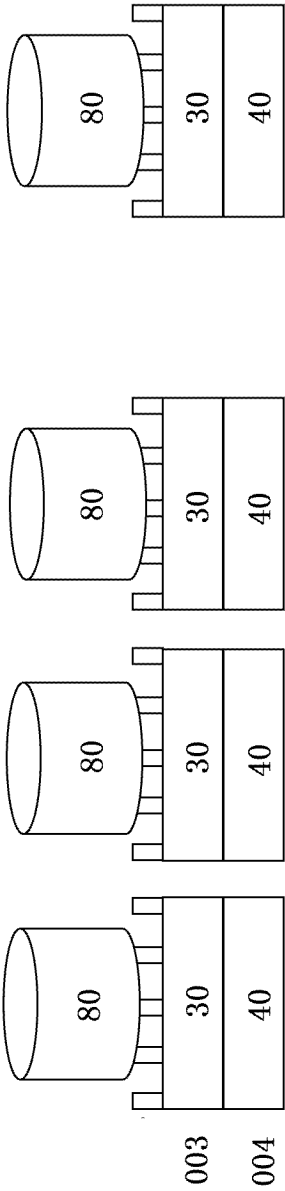


图 8a

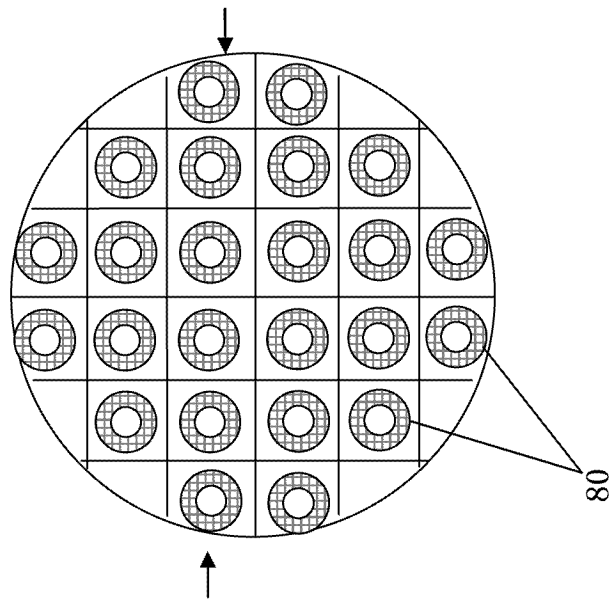


图 8b