



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104836118 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201410559573. 8

(22) 申请日 2014. 10. 20

(30) 优先权数据

61/892, 981 2013. 10. 18 US

14/480, 398 2014. 09. 08 US

(71) 申请人 天空激光二极管有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 波·山·许 迈尔文·麦克劳林

詹姆斯·W·拉林

亚历山大·斯特蔡恩 本亚明·布勒

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 余刚 张英

(51) Int. Cl.

H01S 5/343(2006. 01)

H01S 5/10(2006. 01)

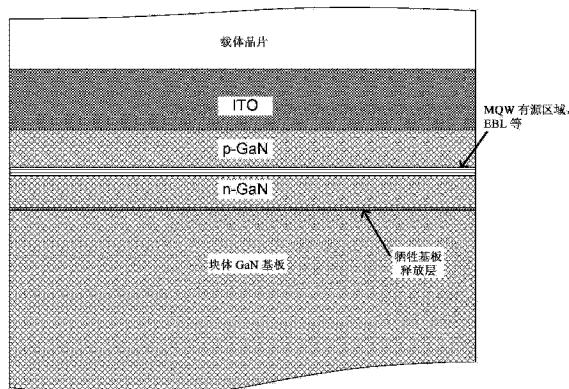
权利要求书2页 说明书8页 附图18页

(54) 发明名称

具有限制区域的含镓和氮的激光装置

(57) 摘要

本发明提供了具有限制区域的含镓和氮的激光装置。在实例中，本发明提供了一种用于制造激光二极管装置的方法。该方法包括，提供含镓和氮的基板构件，所述含镓和氮的基板构件包括表面区域、覆盖表面区域的释放材料、n型含镓和氮的材料；覆盖n型含镓和氮的材料的有源区域，p型含镓和氮的材料；以及覆盖p型含镓和氮的材料的第一透明导电氧化物材料、和覆盖第一透明导电氧化物材料的界面区域。该方法包括将界面区域与处理基板结合，并使释放材料经由能源以开始含镓和氮的基板构件的释放。



1. 一种激光二极管装置,包括:

含镓和氮的表面区域、覆盖所述表面区域的释放材料、n型含镓和氮的材料;覆盖所述n型含镓和氮的材料的有源区域、p型含镓和氮的材料;以及覆盖所述p型含镓和氮的材料的第一透明导电氧化物材料、和覆盖所述第一透明导电氧化物材料的界面区域;

结合至所述界面区域的处理基板。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述界面区域由金属、半导体和/或另一种透明导电氧化物组成;其中,能源选自光源、化学源、热源、或机械源、以及它们的组合;其中,所述界面区域包括接触材料。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述释放材料选自半导体、金属或电介质。

4. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述有源区域包括多个量子阱区域;其中,所述释放材料选自GaN、InGaN、AlInGaN、或AlGaN,并且使用PEC蚀刻释放。

5. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括,用所述n型含镓和氮的材料构造以形成n型脊部结构的脊部结构,和覆盖所述n型含镓和氮的材料的介电材料,以及覆盖所述n型含镓和氮的材料的暴露部分的第二透明导电氧化物材料,使得在所述第一透明导电氧化物材料和所述第二导电氧化物材料之间构造有源区域以在所述有源区域内引起光学引导作用。

6. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括,覆盖所述n型含镓和氮的材料的暴露部分的n型接触材料,或覆盖导电氧化物材料的n型接触材料,该导电氧化物材料覆盖所述n型含镓和氮的材料的暴露部分。

7. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括,覆盖所述n型含镓和氮的材料的暴露部分的n型接触区域;覆盖所述n型接触区域的部分的图案化的透明氧化物区域;以及一定厚度的覆盖所述图案化的透明氧化物区域的金属材料;其中,所述p型含镓和氮的材料被构造为脊部波导结构以形成p型脊部结构;并且其中,所述透明导电氧化物由氧化铟锡或氧化锌组成。

8. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括位于所述n型含镓和氮的材料中或覆盖所述n型含镓和氮的材料以形成n型脊部结构的脊部波导区域;覆盖所述n型含镓和氮的材料的第二导电氧化物区域;以及覆盖所述透明氧化物区域的金属材料;并且其中,所述透明导电氧化物由氧化铟锡或氧化锌组成;其中,所述处理基板选自半导体、金属、或电介质或它们的组合。

9. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述处理基板选自硅晶片、砷化镓晶片、磷化铟晶片、6H-SiC晶片、蓝宝石晶片、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>尖晶石晶片、MgO晶片、ZnO晶片、ScAlMgO<sub>4</sub>晶片、GaAsInP晶片、TiO<sub>2</sub>晶片、石英晶片、或LiAlO<sub>2</sub>晶片;其中,所述结合包括热结合、等离子体活化结合、阳极结合、化学结合、或它们的组合。

10. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述含镓和氮的表面区域以半极性、极性或非极性取向构造。

11. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括一对蚀刻的刻面。

12. 一种用于制造激光二极管装置的方法,包括:

提供含镓和氮的基板构件,所述含镓和氮的基板构件包括表面区域、覆盖所述表面区域的释放材料、n型含镓和氮的材料;覆盖所述n型含镓和氮的材料的有源区域、p型含镓和氮的材料;以及覆盖所述p型含镓和氮的材料的第一金属区域、和覆盖所述第一金属区

域的界面区域；

将所述界面区域与处理基板结合；以及

使所述释放材料经受能源以开始所述含镓和氮的基板构件的释放；

形成脊部结构，并形成覆盖所述 n 型含镓和氮的材料的暴露部分的第二金属区域，使得在所述第一金属区域和所述第二金属区域之间构造有源区域以在所述有源区域内引起光学引导作用。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，其中，所述能源选自光源、化学源、热源或机械源、以及它们的组合；其中，所述界面区域包括接触区域；其中，所述界面区域由金属、半导体、或透明导电氧化物组成；

其中，所述释放材料选自半导体、金属或电介质；其中，所述有源区域包括多个量子阱区域；

其中，所述处理基板选自半导体、金属、或电介质或它们的组合；

其中，所述结合包括热结合、等离子体活化结合、阳极结合、化学结合、或它们的组合。

14. 根据权利要求 12 所述的方法，其中，所述能源包括光电化学蚀刻处理。

15. 根据权利要求 12 所述的方法，进一步在所述 p 型含镓和氮的材料与所述第一金属区域之间包括透明导电氧化物。

16. 根据权利要求 12 所述的方法，进一步在所述 n 型含镓和氮的材料的暴露部分与所述第二金属区域之间包括透明导电氧化物。

## 具有限制区域的含镓和氮的激光装置

### 技术领域

[0001] 本公开内容总体上涉及光学技术。

### 背景技术

[0002] 在 1960 年, Theodore H. Maiman 在马利布的休斯研究实验室首次证明了激光。

### 发明内容

[0003] 本发明提供了一种激光二极管装置,包括:含镓和氮的表面区域、覆盖所述表面区域的释放材料、n 型含镓和氮的材料;覆盖所述 n 型含镓和氮的材料的有源区域、p 型含镓和氮的材料;以及覆盖所述 p 型含镓和氮的材料的第一透明导电氧化物材料、和覆盖所述第一透明导电氧化物材料的界面区域;结合至所述界面区域的处理基板(处理衬底)。

[0004] 本发明还提供了一种用于制造激光二极管装置的方法,包括:提供含镓和氮的基板构件,所述含镓和氮的基板构件包括表面区域、覆盖所述表面区域的释放材料、n 型含镓和氮的材料;覆盖所述 n 型含镓和氮的材料的有源区域、p 型含镓和氮的材料;以及覆盖所述 p 型含镓和氮的材料的第一金属区域、和覆盖所述第一金属区域的界面区域;将所述界面区域与处理基板结合;以及使所述释放材料经受能源以开始所述含镓和氮的基板构件的释放;形成脊部结构,并形成覆盖所述 n 型含镓和氮的材料的暴露部分的第二金属区域,使得在所述第一金属区域和所述第二金属区域之间构造有源区域以在所述有源区域内引起光学引导作用

### 附图说明

[0005] 图 1a 示出了在实例中在块体(本体, bulk)含镓和氮的基板上生长外延结构,其包括牺牲释放层、n 型含镓和氮的材料、和有源区域,以及 p 型含镓和氮的材料。

[0006] 图 1b 示出了在实例中在晶片的 p 侧(外延表面)上沉积透明导电氧化物,例如 ITO。可选地,可在 ITO 上沉积金属接触层(metal contact layer)。

[0007] 图 1c 示出了然后将 ITO+ 外延结构 +GaN 基板与可以是 InP、GaAs、硅等的手柄(处理晶片, handle)(载体晶片(carrier wafer))结合。在实例中,对此步骤可使用间接结合或直接结合。

[0008] 图 1d 示出了经由几个可能的处理中的一个去除 GaN 基板,包括 PEC 蚀刻、激光消融、CMP 等等。对于这些处理中的一些,在实例中,牺牲层可能是必须的。在基板去除之后,在 ITO 和载体晶片的顶部会留下薄 GaN 外延膜。结合之前的一些 p 侧处理可能是必须的,取决于最终所需的 LD 结构。结合的外延生长的材料将是较薄的,< 5 μm。激光器结构本身将< 1.5 μm。

[0009] 图 2a 是实例中在包括牺牲层的 GaN 基板上生长的外延结构的简化示意图。

[0010] 图 2b 是实例中在 GaN 基板上生长的外延结构的简化示意图,GaN 基板具有沉积于 p 型含镓和氮的材料的顶部上的透明导电氧化物例如 ITO 和结合至叠层顶部的载体晶片。

[0011] 图 2c 是实例中在已经去除含镓和氮的基板之后具有导电氧化物和载体晶片的外延结构的简化示意图。

[0012] 图 2d 是实例中在已经去除含镓和氮的基板之后具有导电氧化物和载体晶片的外延结构的简化示意图。已经使该结构翻转 (flip over) 使得载体晶片现在是叠层的底部。

[0013] 图 3a 是实例中具有双导电氧化物覆层的激光波导的实例示意性横截面, 表现出在 n 型含镓和氮的材料例如 GaN 中形成脊部, 其中示出了双 ITO 覆层, n 脊部。

[0014] 图 3b 是具有双导电氧化物覆层的激光波导的实例示意性横截面, 表现出在 p 型含镓和氮的材料例如 GaN 中形成脊部, 其中示出了双 ITO 覆层, p 脊部。

[0015] 图 3c 是具有双导电氧化物覆层的激光波导的实例示意性横截面, 表现出在 n 型和 p 型含镓和氮的材料例如 GaN 中形成脊部, 其中示出了双 ITO 覆层, p/n 脊部。

[0016] 图 3d 是具有导电氧化物和氧化物或介电覆层的激光波导的实例示意性横截面, 表现出在 p 型含镓和氮的材料例如 GaN 中形成脊部, 其中示出了 ITO p 覆层, SiO<sub>2</sub>n 覆层, p 脊部。

[0017] 图 4 是具有 AlGaN 覆层的传统的 III 族氮化物激光器结构的实例示意图。

[0018] 图 5 是双 ITO 覆层, 单侧脊蓝光激光器结构的实例 2D 模拟。将 GaN 波导 / 覆层从在 MQW 有源区域的任一侧上是 800nm 变成在 MQW 有源区域的任一侧上是 100nm。通过应用薄腔体设计, 可明显地改进有源区域中的限制因子 (confinement factor), 其中示出了光学限制的模拟。

[0019] 图 6a 示出了与处理晶片 (操作晶片, handle wafer) 结合的直接晶片与间接晶片的关系的示意图。在间接结合方法中, 在处理晶片和含镓和氮的外延结构之间, 使用一层例如金属, 其中示出了处理晶片辅助的裂开。

[0020] 图 6b 是示出了与处理晶片的优选裂开平面对准的优选裂开刻面平面 (cleaved facet plane) 的实例, 雕合和裂开处理晶片将帮助裂开 GaN 激光刻面 (面, facet)。在此实例中, 将 m 平面 GaN 激光晶片与 InP 结合。必须将优选裂开刻面平面与处理晶片的优选裂开平面对准。

[0021] 图 7 是允许将 GaN 外延层与载体晶片和 ITO 直接结合的工艺流程的实例。

[0022] 图 8a 是在已经形成脊部之后允许将 GaN 外延层与晶片直接 / 间接结合的工艺的实例。

[0023] 图 8b 是在已经用粘合层形成脊部之后允许将 GaN 外延层与载体晶片直接 / 间接结合的工艺的实例。

[0024] 图 9 是示出了由 TCO 形成的脊部的实例。通过 n 侧 TCO 和钝化氧化物之间的指数 (率, index) 的差异来提供横向指数对比。在 GaN 覆层薄的地方, 或在 n 侧 GaN 覆层比 p 侧 GaN 覆层薄得多的地方, 这是最佳的。

[0025] 图 10 是示出了模具扩展的实例, 其中示出了模具膨胀之前的外延晶片和模具膨胀的激光二极管。

[0026] 图 11 是示出了无脊部激光器结构的实例。

## 具体实施方式

[0027] 本公开内容总体上涉及光学技术。更具体地, 本公开内容提供对光学应用使用非

极性、半极性或极性 c 平面定向的含镓和氮的基板的方法和装置。在实例中，本公开内容描述了由低指数上下氧化物覆层组成的薄超限制因子脊激光器腔体的制造。这里，我们描述了多种制造此装置的方法，包括使用倒装晶片基板去除和非原位 (ex-situ) 沉积的 TCO 作为 p 和 n 覆层。

[0028] 在实例中，此方法在任一非极性 / 半极性 / 极性 GaN 基板上使用 LD 外延结构的传统平面生长。然后，在自由外延表面上沉积透明导电氧化物 (TCO)，以形成透明的导电接触层，其具有低于在足以限制光学模式所需的厚度下可完全张紧 (strain) 地生长的组成的 GaN 或 AlGaN 膜的折射率。两个实例 TCO 是氧化铟锡（铟锡氧化物，indium tin oxide）(ITO) 和氧化锌 (ZnO)。ITO 是 TCO 的商业标准，并在许多领域中使用，包括显示器和太阳能电池，其中，半透明电触点都是所需的。ZnO 可提供这样的优点：其是具有与 GaN 相同的晶体结构的直接间隙半导体，并且，在与 AlInGaN 合金的生长温度相比相对较低的温度下，可在 GaN 上外延生长。ZnO 的能带隙也足够大，并且与 GaN (约 3.3 eV) 相似，其将表现出可以忽略的光的可见波长的能带边缘吸收。可以许多种方式来沉积 ZnO，例如，金属有机化学气相沉积、其他气相沉积技术、以及来自一种解决方案的方式。

[0029] 然后，将晶片与手柄（处理晶片，handle）结合，其在结合界面附近具有 TCO 的自由表面。该结合可以是直接的，即，使 TCO 与手柄材料接触，或间接的，即，在 TCO 和手柄材料之间设置结合介质，以改进结合特性。例如，此结合介质可以是 Au-Sn 焊料、CVD 沉积的 SiO<sub>2</sub>、聚合物、CVD 或化学沉积的多晶半导体或金属等等。间接结合机制可以包括热压缩结合、阳极结合、玻璃粉结合、与根据结合介质的特性来选择结合机制的粘合剂结合。

[0030] 热压缩结合包括在高温和高压下用设置于 TCO 和处理晶片之间的结合介质的晶片结合。结合介质可能由许多不同的层组成，但是，典型地，包含至少一个由相对可延展的材料组成的层（结合层），该材料具有高表面扩散速度。在许多情况中，此材料是 Au、Al 或 Cu。结合叠层 (bonding stack) 还可以包括设置于结合层和 TCO 或处理晶片之间的层，其可促进粘合，或用作扩散势垒 (diffusion barrier)，TCO 或处理晶片中的物质在结合层材料中应具有高溶解度。例如，Si 晶片上的 Au 结合层可以导致 Si 扩散至结合界面，这将减小结合强度。包含扩散势垒例如氧化硅或氮化硅将限制此效果。可以在结合层的顶面上应用第二材料的相对较薄的层，以促进设置于 TCO 和手柄上的结合层之间的粘结。一些比金低的延展性的结合层材料（例如，Al、Cu 等等），或以产生粗糙膜（例如电解沉积）的方式沉积的材料，可能需要在结合之前经由化学或机械抛光，来进行平面化或减小粗糙度，并且，活性金属可能需要特殊的清洗步骤来去除可能干扰结合的氧化物或有机材料。

[0031] 金属层叠层可以是空间不均匀的。例如，可以用光刻来改变结合叠层的初始层，以提供可从透明基板的背面看到的对准或基准标记。

[0032] 可以在相对低的温度通常低于 500°C 并高于 200°C 下，实现热压缩结合。温度应足够高，以在结合界面处提高结合层之间的扩散能力，但是，并没有高到促使每个金属叠层中的各层的无意合金化。施加压力可提高结合速度，并导致金属叠层的一些弹性和塑性变形，使其更好且更均匀地接触。最佳的结合温度、时间和压力将取决于特殊的结合材料、形成结合界面的表面的粗糙度、以及在负载下处理晶片破裂或装置层损坏的易感性。

[0033] 结合界面不需要由全部晶片表面组成。例如，不使用结合金属的毯状沉积 (blanket deposition)，可用光刻处理将金属沉积在不连续的区域中，该区域由没有结合

金属的区域隔开。这在弱结合或无结合的限定区域可帮助后处理步骤的情况下,或在需要气隙的情况下,这可以是有利的。这种的一个实例将是用外延生长的牺牲层的湿法蚀刻来去除GaN基板。为了接近牺牲层,必须蚀刻通路,进入外延晶片的两个表面中的任一个,并且,如果从晶片的结合侧蚀刻通路,那么保存晶片以用于再次使用是最容易实现的。一旦结合,蚀刻的通路便产生这样的通道,其可执行从结合晶片的边缘到中心的蚀刻解决方案,因此,包括该通路的基板的区域与处理晶片不会紧密接触,使得将形成结合。

[0034] 结合介质还可以是在回流过程中结合或在阳极结合的无定形或玻璃状材料。在阳极结合中,该介质是具有高离子含量的玻璃,其中,通过施加大电场,促进批量运输材料。在回流结合中,玻璃具有低熔点,并将在适当的压力和温度下形成接触和良好结合。所有玻璃结合都是相对脆性的,并需要玻璃的热膨胀系数足够接近结合配合晶片 (bonding partner wafer) (即, GaN晶片和手柄)。在两种情况下,都可经由气相沉积或通过在玻璃上包括旋转的工艺,来沉积玻璃。在两种情况中,结合区域的长度都可以是有限的,并且,具有由光刻或丝网印刷工艺限定的几何形状。

[0035] 还可在高温和高压下进行沉积于TCO的GaN和处理晶片上的TCO与处理晶片之间的直接结合,或外延GaN膜和沉积于处理晶片上的TCO之间的直接结合。这里,通过在跨越结合界面批量运输TCO、GaN和 / 或处理晶片物质来进行结合。由于TCO的低延展性的原因,结合面必须明显比金属如金的热压缩结合所需的那些更光滑。

[0036] 本发明的实施方式典型地包括一些类型的脊部,以提供可横向地限制光学模式的横向指数对比(横向折射率对比, lateral index contrast)。一个实施方式将具有蚀刻在外延生长的GaN覆层(镀层, cladding layer)中的脊部(ridge)。在此情况下,在TCO沉积之前将脊部蚀刻在p型GaN层中,还是在结合并去除基板之后结合或蚀刻在n型层中,并不重要。在前一种情况下,TCO将必须以某种方式平面化,以对结合提供导电的表面,除非使用可回流或可塑性变形的结合介质,其可适应晶片表面上的较大的高度变化。在后一种情况下,可不进一步改变TCO层而潜在地进行结合。在任一种情况下,都应该需要平面化,TCO沉积技术产生足够粗糙的TCO层,以阻止与处理晶片的结合。

[0037] 在脊部部分地或完全地与TCO形成的情况下,可以将图案化的晶片与手柄(处理晶片)结合,在脊部的任一侧上留下气隙,从而将脊部和周围材料之间的指数对比(折射率对比)最大化。

[0038] 在p侧脊部处理之后,将ITO沉积作为p触点。在ITO沉积之后,将晶片在p侧向下结合至载体晶片,并且,经由激光剥离(laser lift-off)或光化学蚀刻(PEC)来去除基板的块体。这将在外延结构的n侧上需要一些类型的牺牲层。

[0039] 激光消融是这样一种工艺,其中通过加热并引起氮的解吸用发出高能带隙的激光器(above-band-gap emitting laser)来分解吸收牺牲(A1, In, Ga)N层。然后,用王水或HCl蚀刻掉剩余的Ga残渣。可与PEC蚀刻类似地使用此技术,其中,蚀刻掉 / 消融掉外延装置和块体基板之间的牺牲材料,导致外延结构和基板分离。然后,可研磨(1ap)并抛光外延膜(已与处理晶片结合),以实现平面表面。

[0040] PEC蚀刻是可用来蚀刻GaN及其合金的光辅助湿法蚀刻技术。该方法包括高能带隙激励源和由半导体及电解液形成的电化学电池。在此情况下,暴露的(A1, In, Ga)N材料表面用作阳极,而沉积在半导体上的金属垫(metal pad)用作阴极。高能带隙光源在半导

体中产生电子 - 空穴对。在空穴扩散至材料的表面以形成氧化物的同时,从半导体经由阴极提取电子。由于空穴扩散至表面需要能带在表面处弯曲,以利于收集空穴,所以, PEC 蚀刻典型地仅对 n 型材料起作用,尽管已经开发了一些用于蚀刻 p 型材料的方法。然后,通过导致半导体的湿法蚀刻的电解质,来溶解氧化物。已经表明,不同类型的电解质,包括 HCl、KOH 和 HNO<sub>3</sub>,在 GaN 及其合金的 PEC 蚀刻中是有效的。可通过选择有利的电解质,来优化蚀刻选择性和蚀刻速度。还可以在半导体和阴极之间产生外部偏压,以帮助进行 PEC 蚀刻处理。

[0041] 在激光剥离之后,将 ITO 沉积作为 n 触点。图 4(a) 和图 4(b) 中描述了使用激光玻璃的这种工艺流程的一种形式。使用此方法,可相继抛光并重新使用基板,以用于外延生长。用于激光剥离的牺牲层是这样的牺牲层,其可包括在发光层和基板之间的外延结构中。这些层将具有这样的特性:在发光层中不会产生明显的量的缺陷,同时,在激光剥离处理中使用的波长下具有高光吸收。一些可能的牺牲层包括:外延生长的层,其与基板完全张紧 (strain),该外延生长的层由于由生长条件而引起的能带隙、掺杂或点缺陷的原因而是吸收性的;离子注入层,其中,可很好地控制注入深度,并且,调节注入物质和能量,以将牺牲层和外来材料的图案层处的注入损坏最大化,该外来材料将用作横向外延附晶生长 (lateral epitaxial overgrowth) 的掩模。

[0042] 用于经由光化学蚀刻剥离基板的牺牲层将以最小量包含低能带隙或掺杂的层,其将吸收泵浦光,并且,相对于周围材料具有提高的蚀刻速度。可以外延地沉积牺牲层,并且,可这样选择其合金组成和这些的掺杂使得空穴载流子寿命和扩散长度较高。要必须通过在促进高材料结晶质量的生长条件下生长牺牲层,来避免缩短空穴载流子寿命和扩散长度的缺陷。牺牲层的一个实例将是是在外部光源的波长下吸收的 InGaN 层。还可包含被设计为具有非常低的蚀刻速度以在基板去除之后控制覆层材料的厚度的蚀刻停止层,以允许更好地控制蚀刻过程。可仅通过合金组成和掺杂的组合,来控制蚀刻停止层的蚀刻特性。一种可能的蚀刻停止层将是具有高于外部光源的能带隙的 AlGaN 层。另一种可能的蚀刻停止层是具有减小的少数载流子扩散长度和寿命的高度掺杂的 n 型 AlGaN 或 GaN 层,从而大幅度减小蚀刻停止材料的蚀刻速度。

[0043] 可在 TCO 的自由表面与处理材料的直接 / 间接结合之前或之后进行 PEC 蚀刻。在一种情况中,在 p 侧 TCO 与处理材料结合之后进行 PEC 蚀刻,并且,PEC 蚀刻从 GaN 基板释放 III 族氮化物外延材料。在另一种情况中,在结合之前进行牺牲层的 PEC 蚀刻,使得去除大部分牺牲层,并且,将 III 族氮化物外延材料经由小的未蚀刻区域在 GaN 基板上机械地保持稳定。由于位错或缺陷周围的蚀刻速度明显减小的原因,可使这种区域未被蚀刻。然后,将 TCO 沉积在外延材料上,并将 TCO 自由表面与可由各种材料组成的处理晶片结合。在结合之后,对处理晶片和 GaN 基板施加机械力,以完成从 GaN 基板释放 III 族氮化物外延材料。

[0044] 还可通过机械研磨和抛光或化学 - 机械研磨和抛光,来实现基板去除,在该情况下,不能恢复基板。在横向限制结构位于晶片的结合 p 侧上的情况下,仅需要使基板足够薄,以便于良好地裂开,在该情况下,研磨和抛光可能是一种理想的去除技术。

[0045] 基板去除方法可产生具有非常高的限制因子的非常薄的 LD 腔体。作为实例,图 5(a) 和图 5(b) 分别示出了标准蓝色 LD 结构和具有 ITO 覆层的 LD 结构的光学模式限制。两个 LD 的波导结构是不同的,但是,有源区域是相同的。通过使用 ITO 覆层,将限制因子从

12.04%增加至17.56%。

[0046] 除了提供超高限制有源区域以外,用于制造GaN类激光二极管的这种晶片结合技术也可导致改进的裂开刻面质量。特别地,我们描述了一种用于沿着垂直平面对生长在块体GaN基板上的NP和SP脊部激光器结构制造裂开刻面的方法。

[0047] 由于与取向在c方向或c方向的投影上的激光器条纹(laser stripe)正交的晶体学平面上的原子结合的特性的原因,对NP和SP脊部激光器实现高质量的裂开刻面会非常难。在非极性m平面中,所需的脊部取向是沿着c方向。因此,必须在与c方向(c平面)正交的晶体学平面上形成刻面。虽然这实际上可实现,但是产量趋向于较低且刻面质量通常有变化。这部分是由于c平面上的高象似性(iconicity)和结合强度,这会使得裂开困难。在一些SP取向上,可以实现与脊部方向正交的垂直裂开平面-然而,产量也趋向于较低。在其他SP取向上,与脊部方向正交的垂直裂开平面并非简单地存在。在这些SP取向上裂开通常会产生大体上成一定角度的刻面。

[0048] 在本发明的这种晶片结合过程中,生长在含镓和氮的基板的顶部上的外延激光器结构在处理晶片的顶部上在p侧向下结合。这可在顶侧处理之前/之后进行,取决于所需产生的LD结构。选择处理晶片材料和晶体取向,以得到可轻松实现的垂直裂开平面(这种材料的实例包括Si、GaAs、InP等)。可将LED晶片和处理晶片晶体学地对准,使得处理晶片的优选裂开方向与脊部LD结构的所需裂开平面重合。然后,将LD晶片和处理晶片直接或间接地结合在一起。在结合之后,可经由PEC蚀刻、激光消融或CMP去除块体GaN基板。

[0049] 由于产生的LD外延膜将较薄(<5μm),划线标记应该完全穿透外延膜并进入结合晶片中。迫使跨越所需晶体学平面清洁地裂开现在应该比较简单,因为存在有限的量的实际外延材料会破坏。这种方法还可以允许在某些之前不可能的SP取向上制造裂开刻面LD。

[0050] 处理晶片可以选自几种可能性,包括但不限于,6H-SiC、Si、蓝宝石、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>尖晶石、MgO、ZnO、ScAlMgO<sub>4</sub>、GaAsInP、TiO<sub>2</sub>、石英、LiAlO<sub>2</sub>。

[0051] 上述方法还可延伸至模具扩展(模具膨胀,die expansion)过程中。激光器腔体宽度的典型尺寸是1-30μm,而丝焊垫(wire bonding pad)是~100μm宽。这意味着,如果从GaN芯片尺寸不限制丝焊垫宽度并不考虑机械操作,那么可从一个外延含镓和氮的晶片制造大于3倍和100多倍之间的激光二极管模具。这转换成大于3倍至100倍的外延和基板成本的减小。在某些装置设计中,相对大的焊垫由外延晶片机械地支撑,虽然其不利用结构支撑上的半导体的材料特性。本发明提供一种用于将GaN激光装置的数量最大化的方法,GaN激光装置可通过使外延材料在载体晶片上伸展,而由在含镓和氮的基板上的设定外延区域制造,使得丝焊垫或其他结构元件由相对便宜的载体晶片机械地支撑,而发光区域仍由必要的外延材料制造。

[0052] 在一个实施方式中,将含镓和氮的激光二极管外延材料的台面(mesas)以密集的阵列制造在含镓和氮的基板上。这种图案间距将称为“第一间距(first pitch)”。这些台面中的每一个都是“模具(die)”。然后,将这些模具以第二间距转移至载体晶片,其中,第二间距大于第一间距。第二模具间距允许简单地进行机械处理,并为位于载体晶片中间的外延台面的区域中的丝焊垫留下空间,使得能够从设定的含镓和氮的基板和覆盖的外延材料制造更大数量的激光二极管。这叫做“模具扩展”,或其他与本领域中的普通技术人员所

理解的普通含义一致的术语。

[0053] 图 10 是示出了模具扩展过程之前的含镓和氮的外延晶片 1200 以及模具扩展过程之后的载体晶片 1206 的侧视图。此图示出了大约 5 倍的扩展，以及从而 5 倍的可由单个含镓和氮的基板和叠加的外延材料制造的激光二极管数量的提高。例如，目的是包括典型的外延和处理层，并且，是 n-GaN 和 n 侧覆层 1201、有源区域 1202、p-GaN 和 p 侧覆层 1203、绝缘层 1204 和接触 / 焊接层 (pad layer) 1205。另外，在模具扩展过程中，使用牺牲区域 1207 和结合材料 1208。

[0054] 在另一个实施方式中，可用模具扩展来制造“无脊部”激光器，其中，在激光器中使用整个或几乎整个台面带的外延材料。这与传统的脊部激光器结构不同，其中，在外延材料中蚀刻脊部以形成指数（折射率，index）引导激光器。在这种实施方式中，对于无脊部激光器，用整个台面作为增益引导激光器结构。蚀刻第一台面，并经由直接 / 间接结合将其转移至载体晶片上。去除含镓和氮的基板，以大于含镓和氮的载体晶片上的原始模具间距的模具间距在载体晶片上留下蚀刻的台面。在台面的侧壁上沉积介电材料，以使 p 触点和 n 触点绝缘（隔离）。介电材料不覆盖整个含镓和氮的 p 触点表面。在含镓和氮的 p 触点表面上沉积金属或 TCO，以形成 p 触点。这是一个代表性的过程，其中，可以通过本专利申请中描述的发明来形成无脊部 LD 结构。

[0055] 图 11 是使用本发明制造的无脊部激光器结构的横截面示意图。用本发明中讨论的技术，将外延材料 1306 转移至载体晶片 1301 上。可经由间接的金属 1302 与金属 1302 的热压缩结合，这样进行外延材料 1306 与载体晶片 1301 的结合。用 TCO 1304 将外延材料覆盖在 p 侧和 n 侧上，以在 MQW 有源区域 1307 中提供高模式限制。将绝缘材料 1303 沉积在台面的侧壁上，以使 p 触点和 n 触点绝缘。在顶侧 TCO 1304 的顶部上形成顶侧金属焊点 (pad contact) 1305。

[0056] 在实例中，本技术提供一种用于制造激光二极管装置的方法。该方法包括，提供含镓和氮的基板构件，其包括表面区域、覆盖表面区域的释放材料、n 型含镓和氮的材料；覆盖 n 型含镓和氮的材料的有源区域、p 型含镓和氮的材料；以及覆盖 p 型含镓和氮的材料的界面区域。该方法包括，将界面区域与处理基板结合；并至少使用 PEC 蚀刻使释放材料经受能源，以开始含镓和氮的基板构件的释放，同时，经由界面区域保持处理基板的连接。该方法还包括对 n 型含镓和氮的材料或 p 型含镓和氮的材料或其两者形成接触区域。

[0057] 现在，返回参考图 6a，可以将外延 LD 结构和 GaN 基板与处理晶片直接或间接地结合。直接晶片结合是不施加中间层的结合（即，GaN 直接施加在 GaAs 上）。间接晶片结合是施加中间粘合层的结合。当粘合层材料由金属合金组成时，该过程通常称为共晶结合。

[0058] 图 7- 晶片结合对表面粗糙度和形状敏感。典型地，对高产量直接晶片结合，需要平滑表面。因此，使处理晶片在 LD 结构的脊部侧上直接晶片结合，将可能需要预蚀刻的处理晶片。预蚀刻的处理晶片将允许仅在暴露的 GaN 脊部上出现晶片结合，而不在接触垫上出现。这在图 3a 中的横截面示意图中示出。使用预蚀刻的处理晶片还将可应用在使用间接结合的情况下（图 3b）。注意，这种预蚀刻的处理晶片仅当存在可以降低晶片结合产量的粗糙表面形状时是必要的。如果希望两个平面晶片之间结合，那么可以使用未蚀刻的处理晶片。

[0059] 如在本文中使用的，将术语 GaN 基板与基于 III 族氮化物的材料，包括 GaN、InGaN、

AlGaN, 或用作起始材料的其他包含 III 族的合金或成分相关。这种起始材料包括极性的 GaN 基板 (即, 最大面积表面名义上是  $(h \ k \ l)$  平面的基板, 其中,  $h = k = 0$ , 并且,  $l$  不是 0), 非极性 GaN 基板 (即, 使最大面积表面从上述极性取向朝着  $(h \ k \ l)$  平面, 以范围从大约 80 到 100 度的角度取向的基板材料, 其中,  $l = 0$ , 并且,  $h$  和  $k$  中的至少一个不是 0) 或半极性 GaN 基板 (即, 使最大面积表面从上述极性取向朝着  $(h \ k \ l)$  平面, 以范围从大约 +0.1 到 80 度或 110 到 179.9 度的角度取向的基板材料, 其中,  $l = 0$ , 并且,  $h$  和  $k$  中的至少一个不是 0)。

[0060] 如所示出的, 可将本装置封入适当的封装中。这种封装可包括那些例如 T0-38 和 T0-56 标题 (集管, header) 中的那些。也可存在其他适当的封装设计和方法, 例如, 需要光纤耦合的 T0-9 或扁平封装, 甚至非标准的封装。在特定的实施方式中, 可在共封装结构中实施本装置, 例如, 美国公开第 2010/0302464 号中描述的那些, 将其整体结合于此以供参考。

[0061] 在其他实施方式中, 可在各种应用中配置本发明的激光装置。这种应用包括激光显示器、计量学、通信、保健和手术、信息技术等等。作为实例, 可在激光显示器中设置本发明的激光装置, 例如, 在美国公开第 2010/0302464 号中描述的那些, 将其整体结合于此以供参考。另外, 本发明激光装置还可包括在 2013 年 10 月 11 日提交的共同待决的美国临时申请第 61/889,955 号的元件, 将其整体结合于此以供参考。

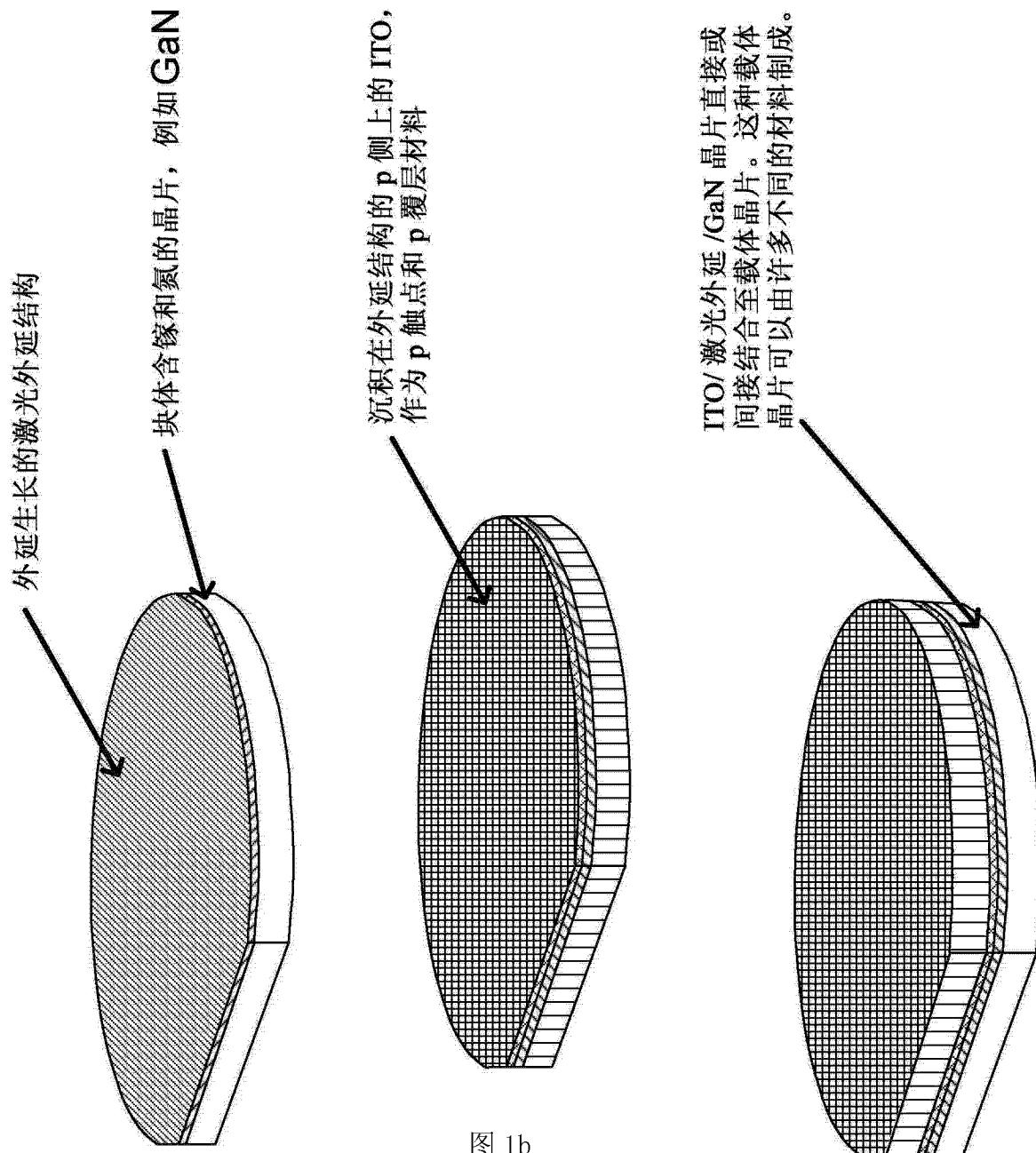


图 1a

图 1b

图 1c

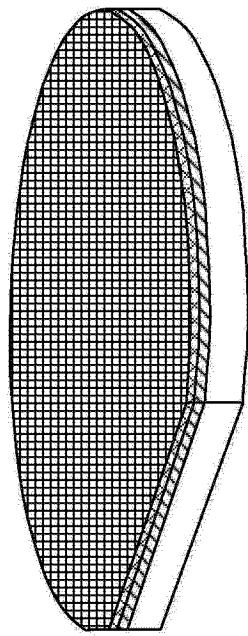


图 1d

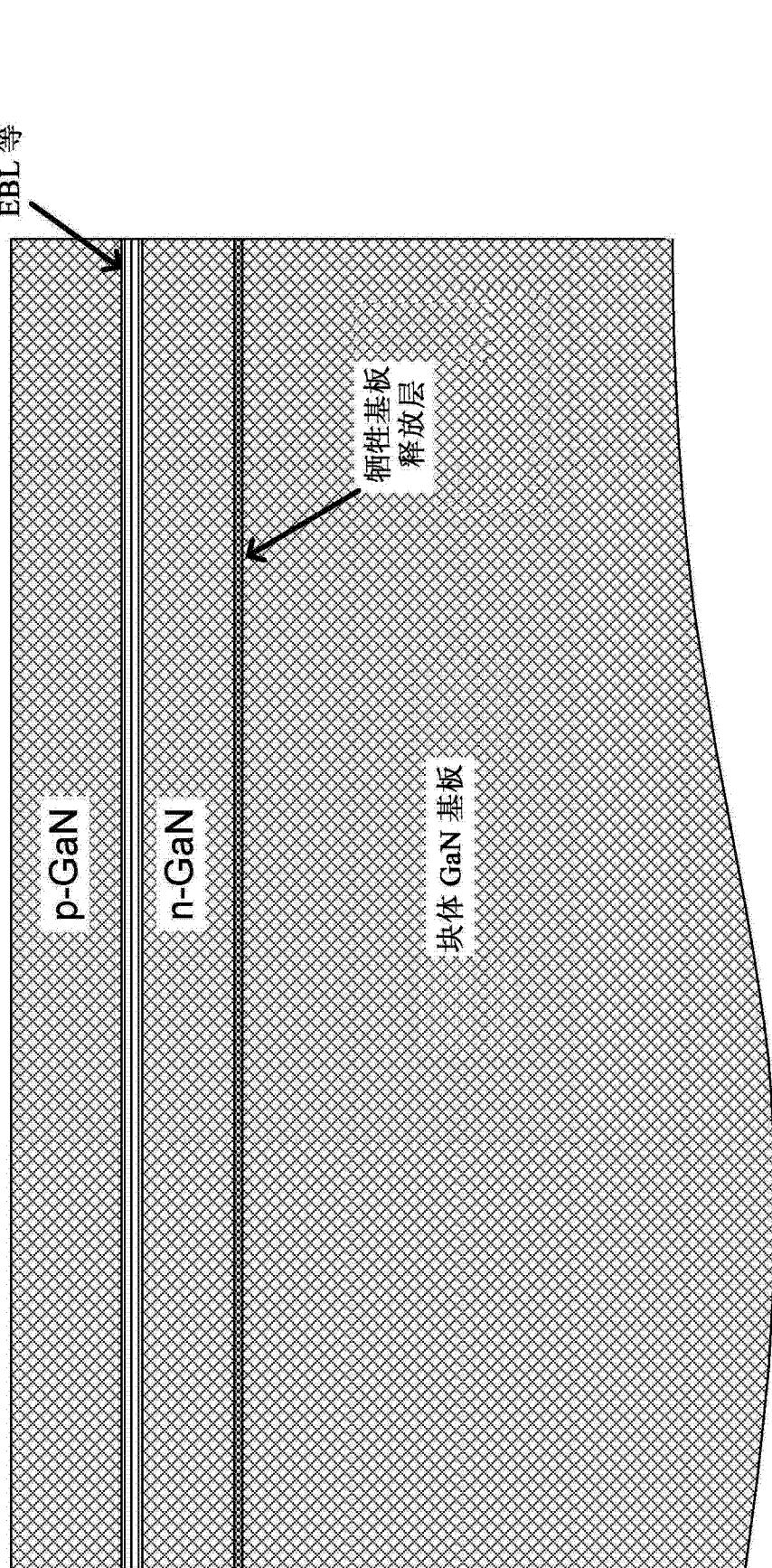


图 2a

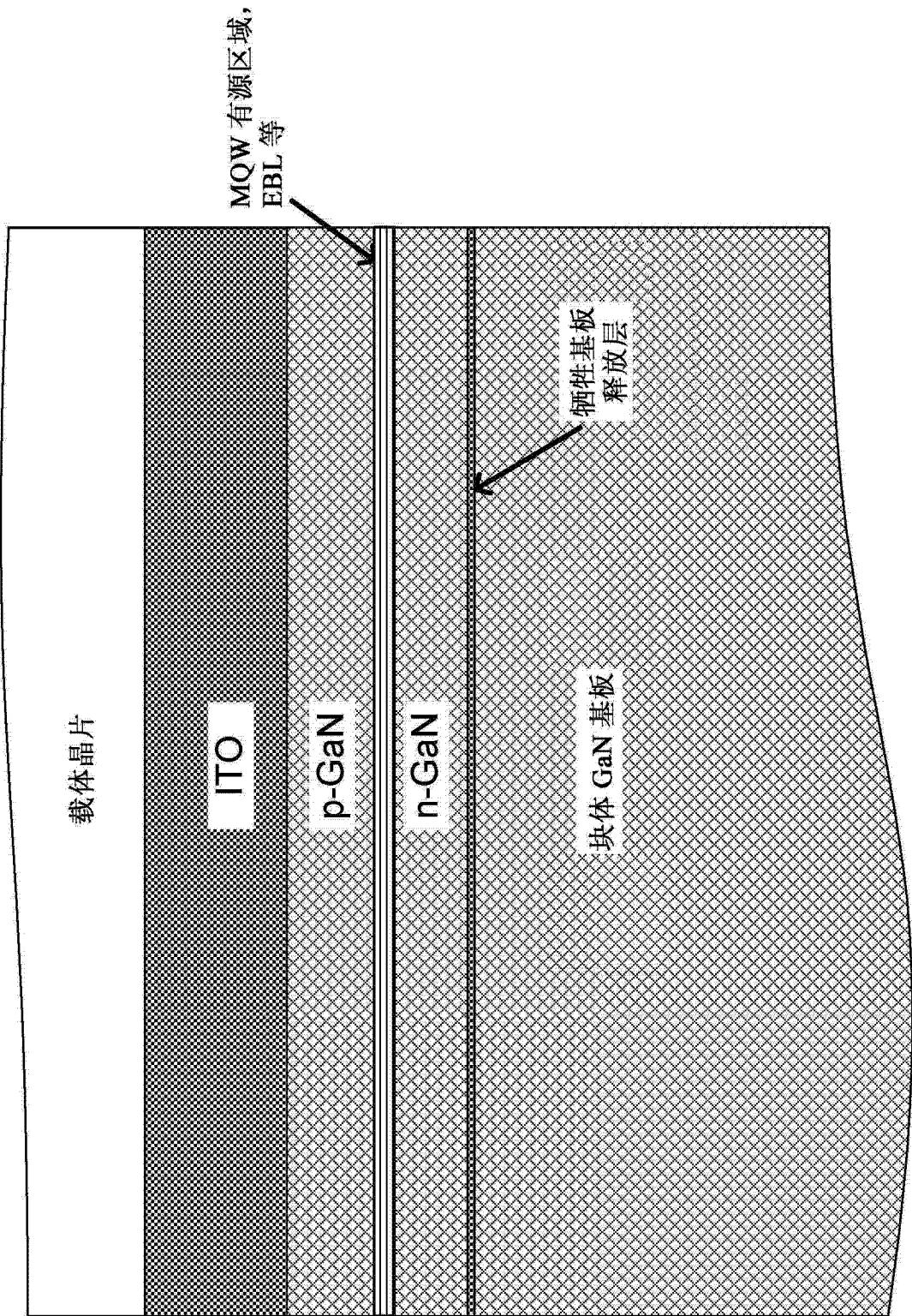


图 2b

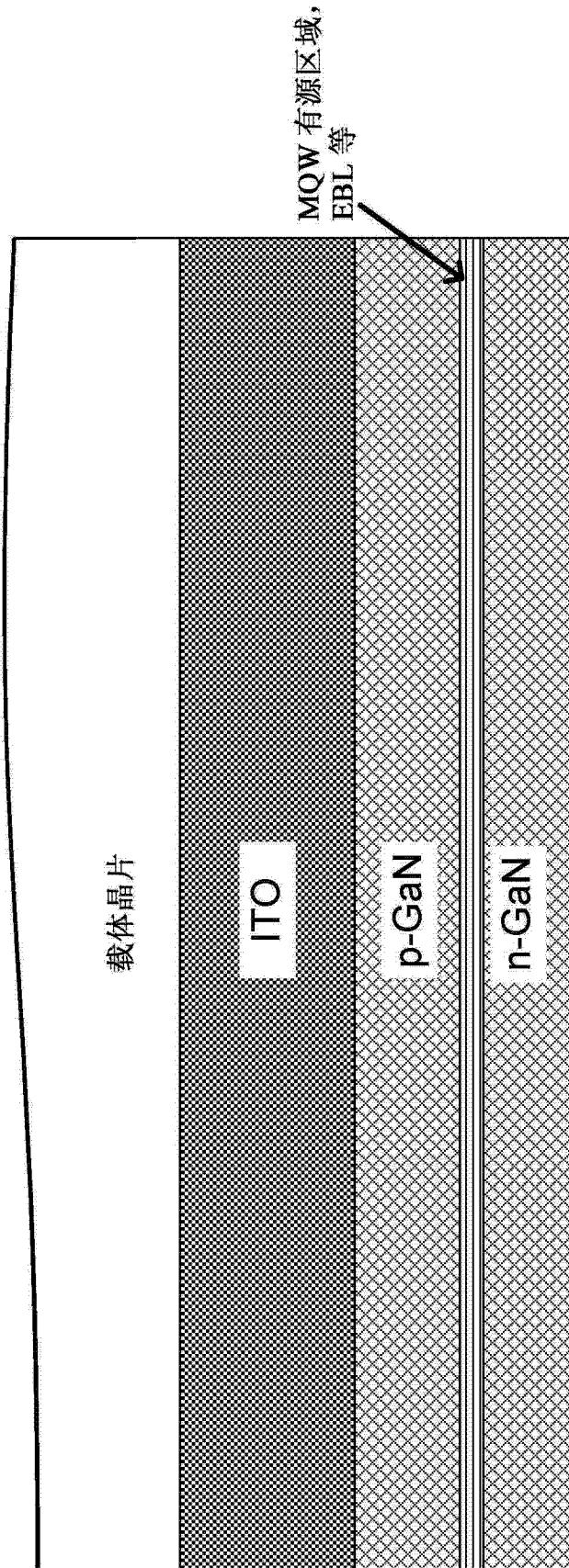


图 2c

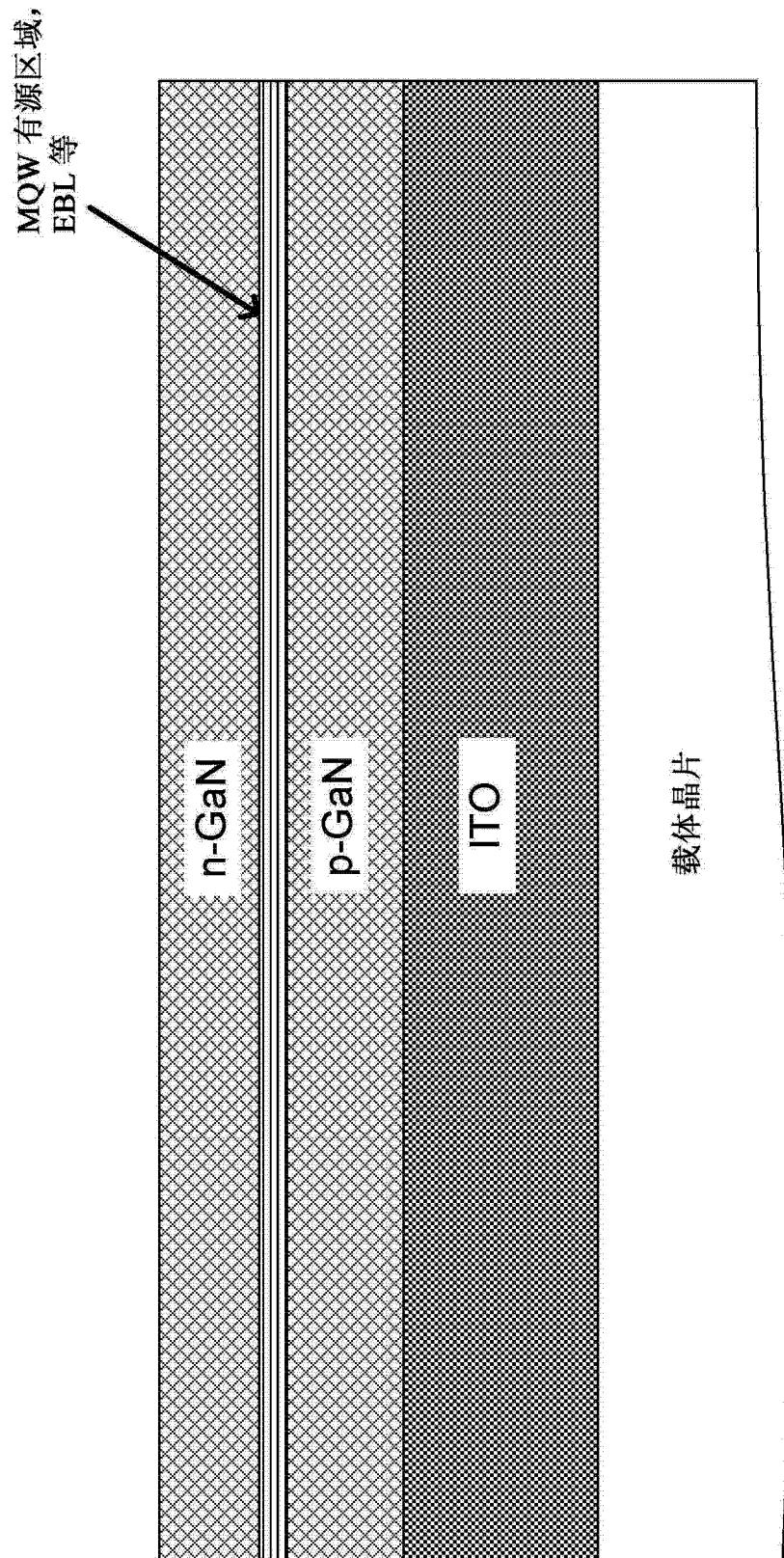


图 2d

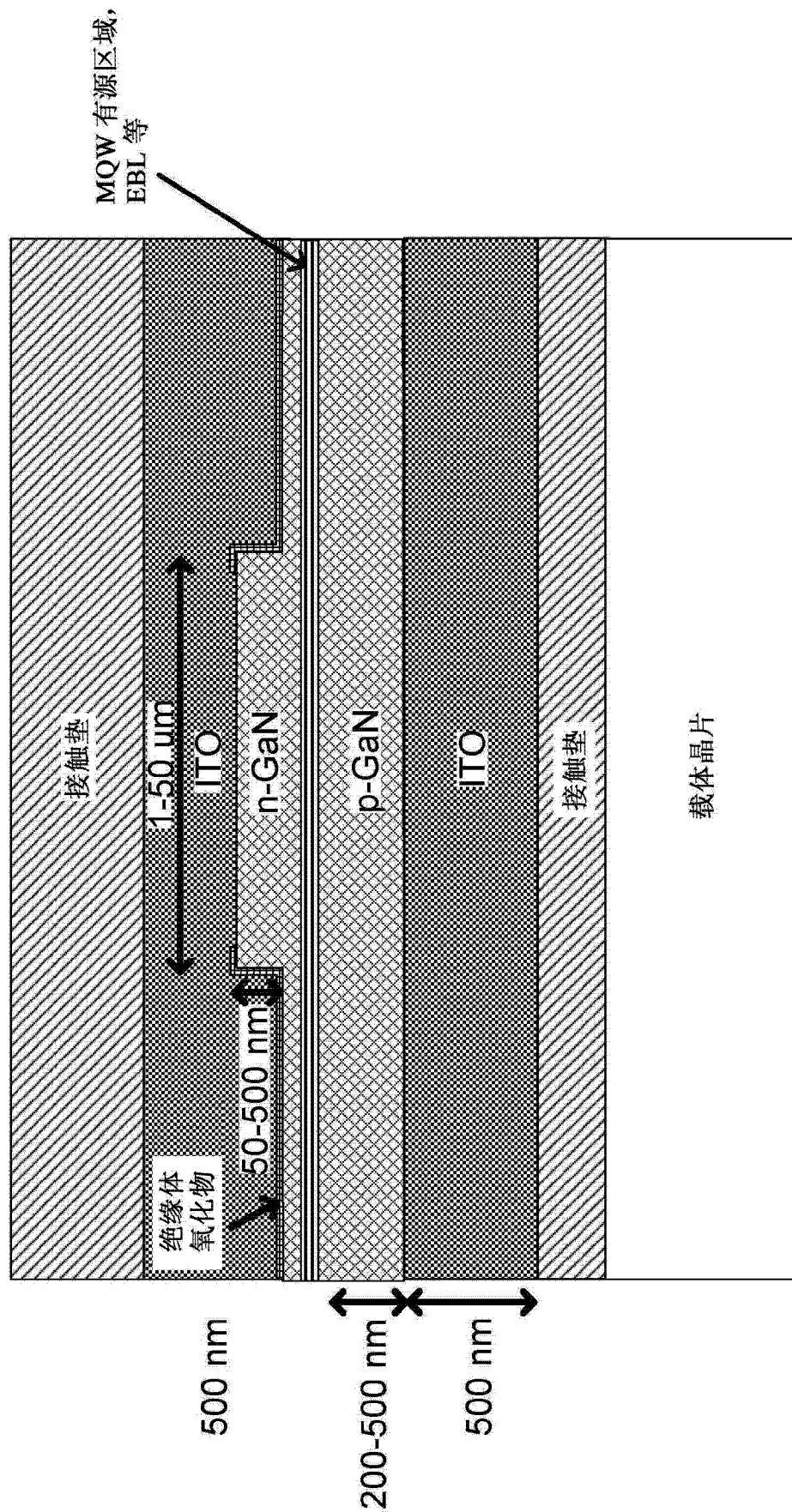


图 3a

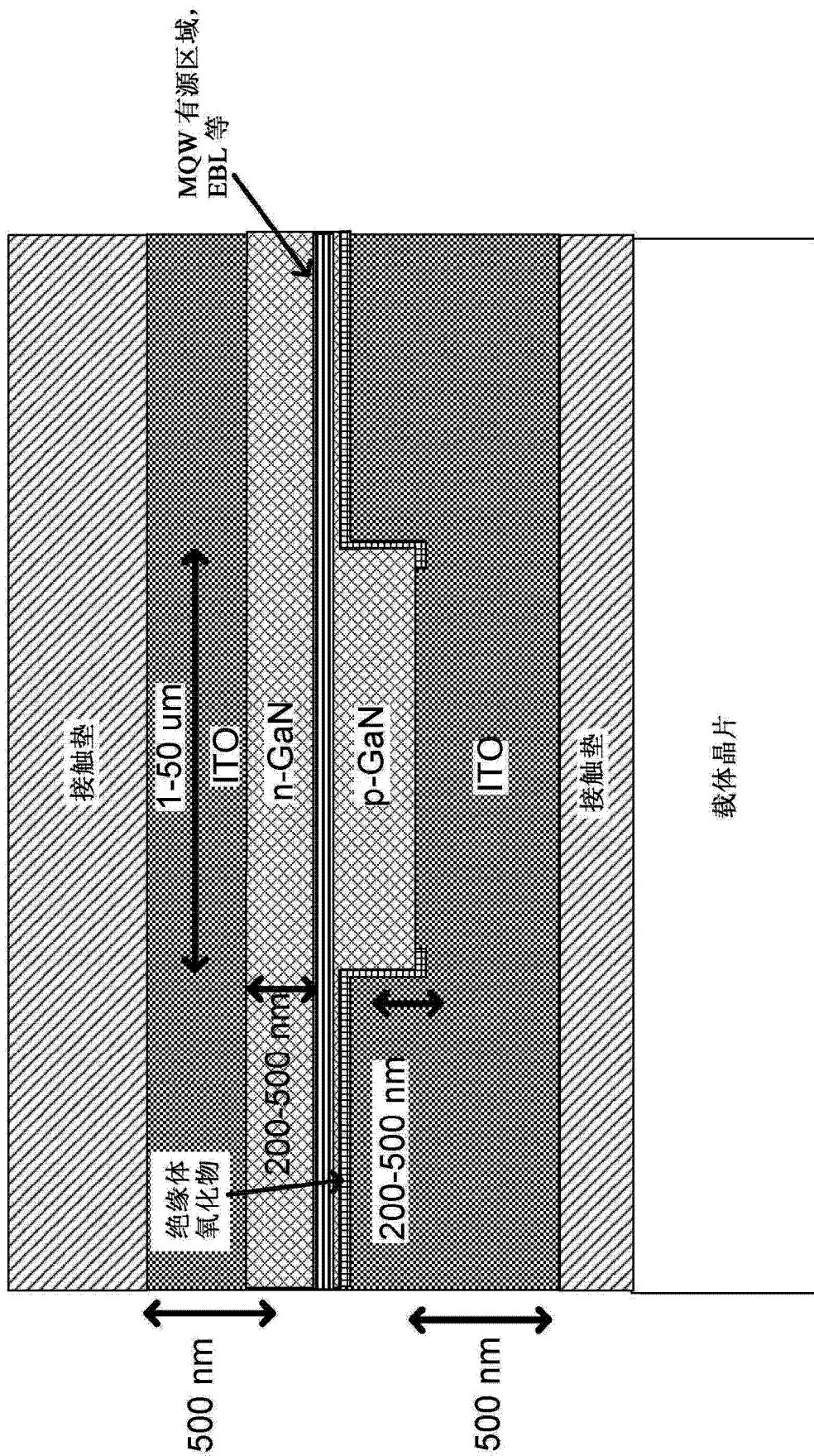


图 3b

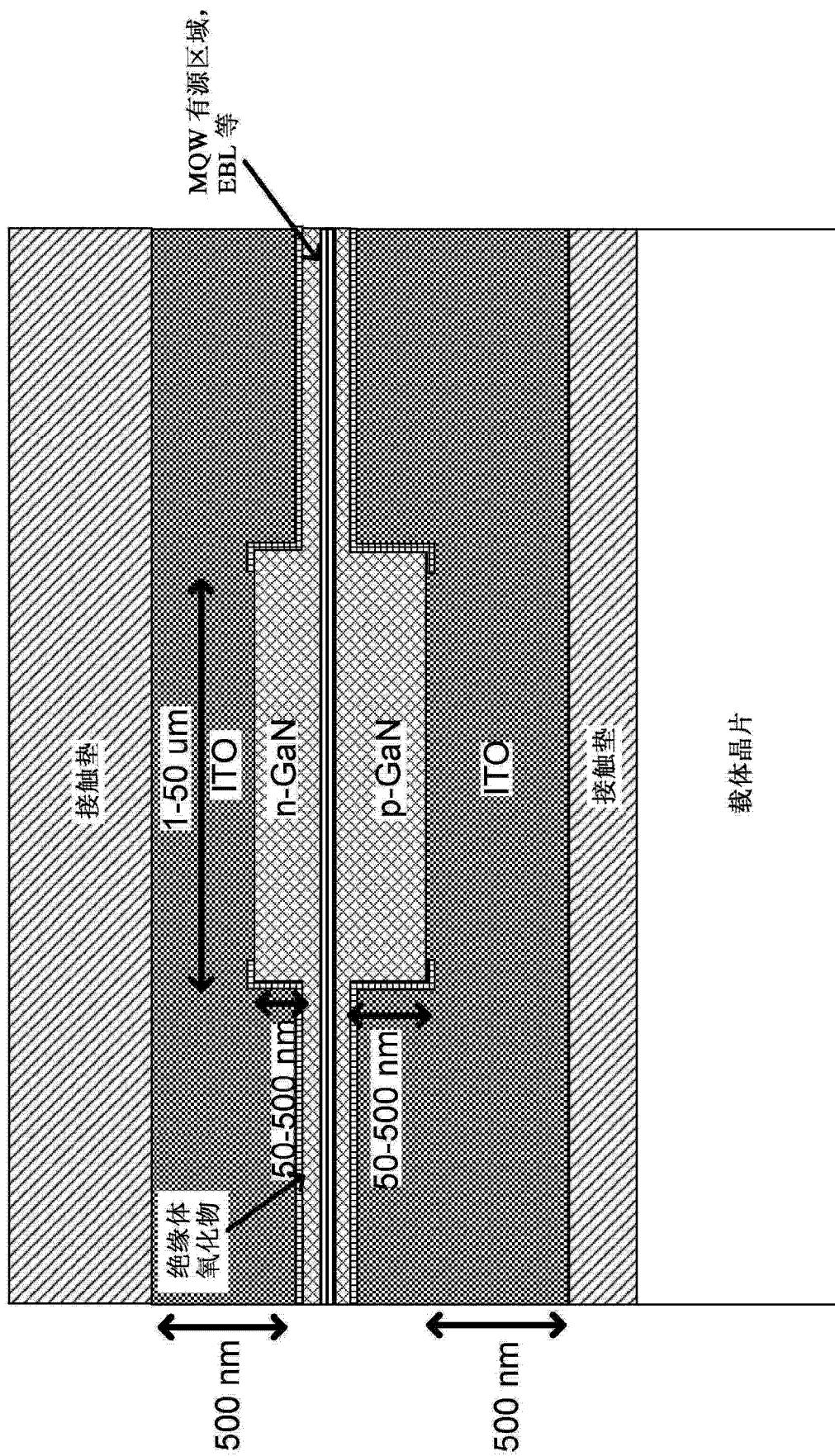


图 3c

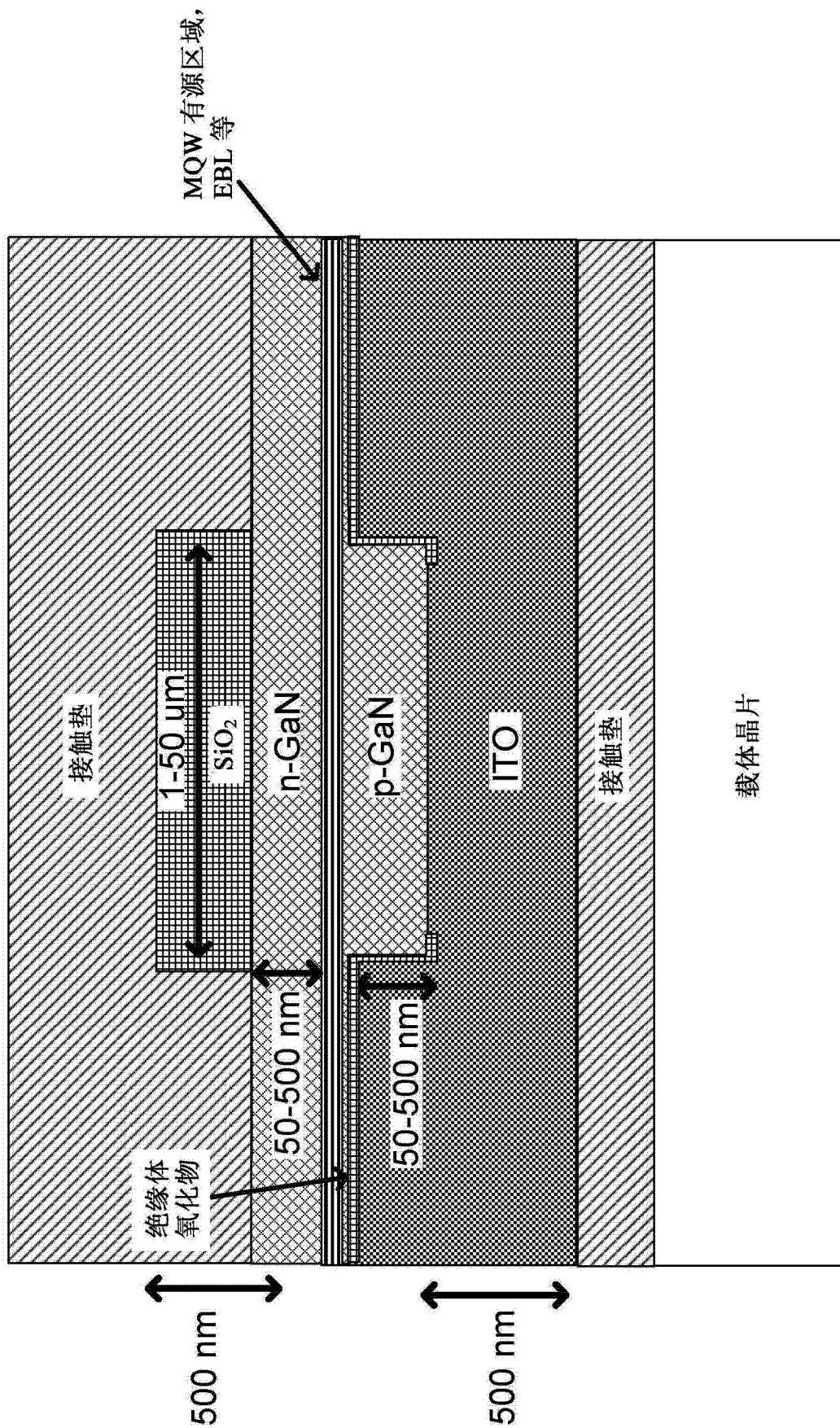


图 3d

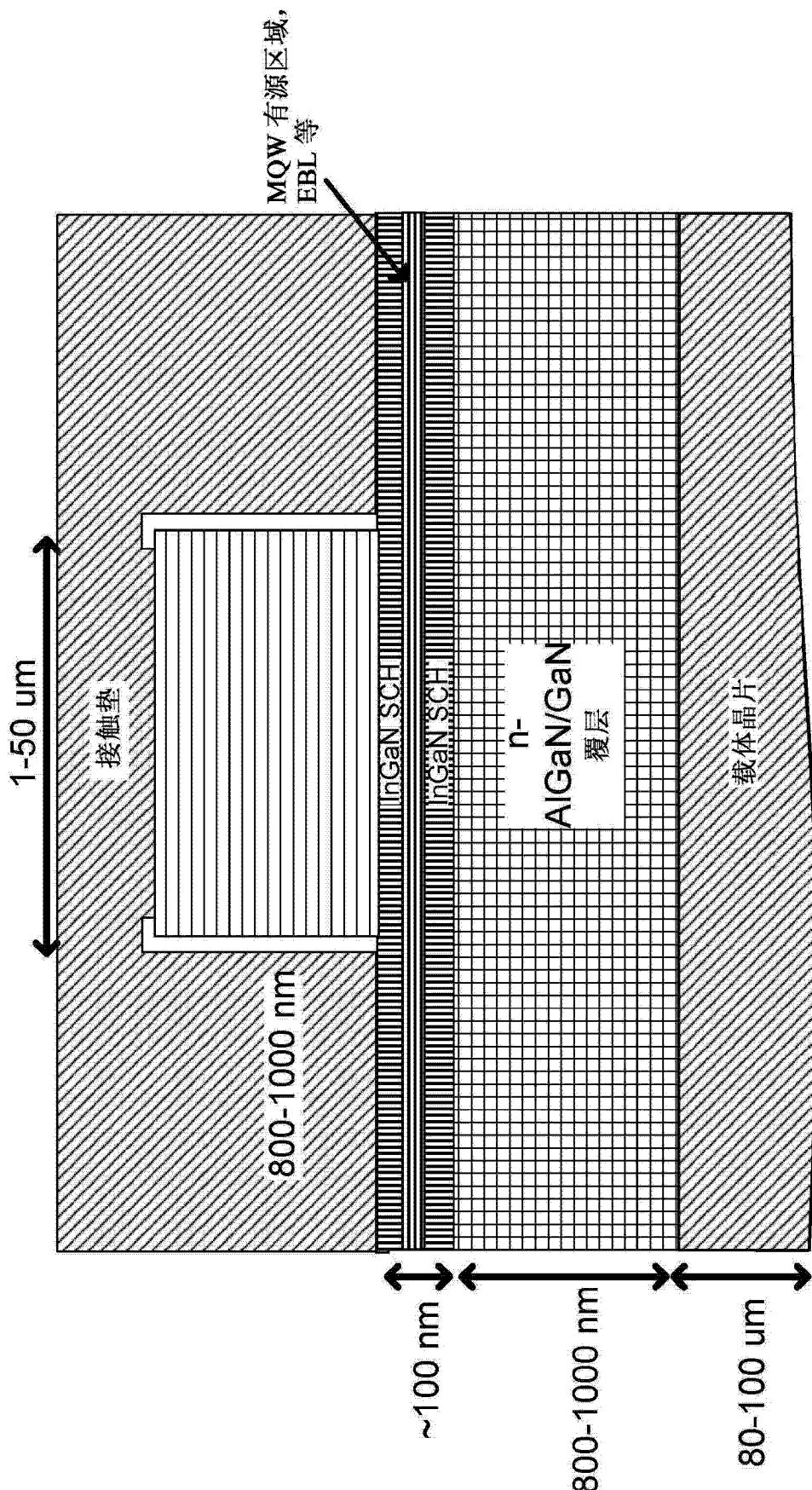


图 4

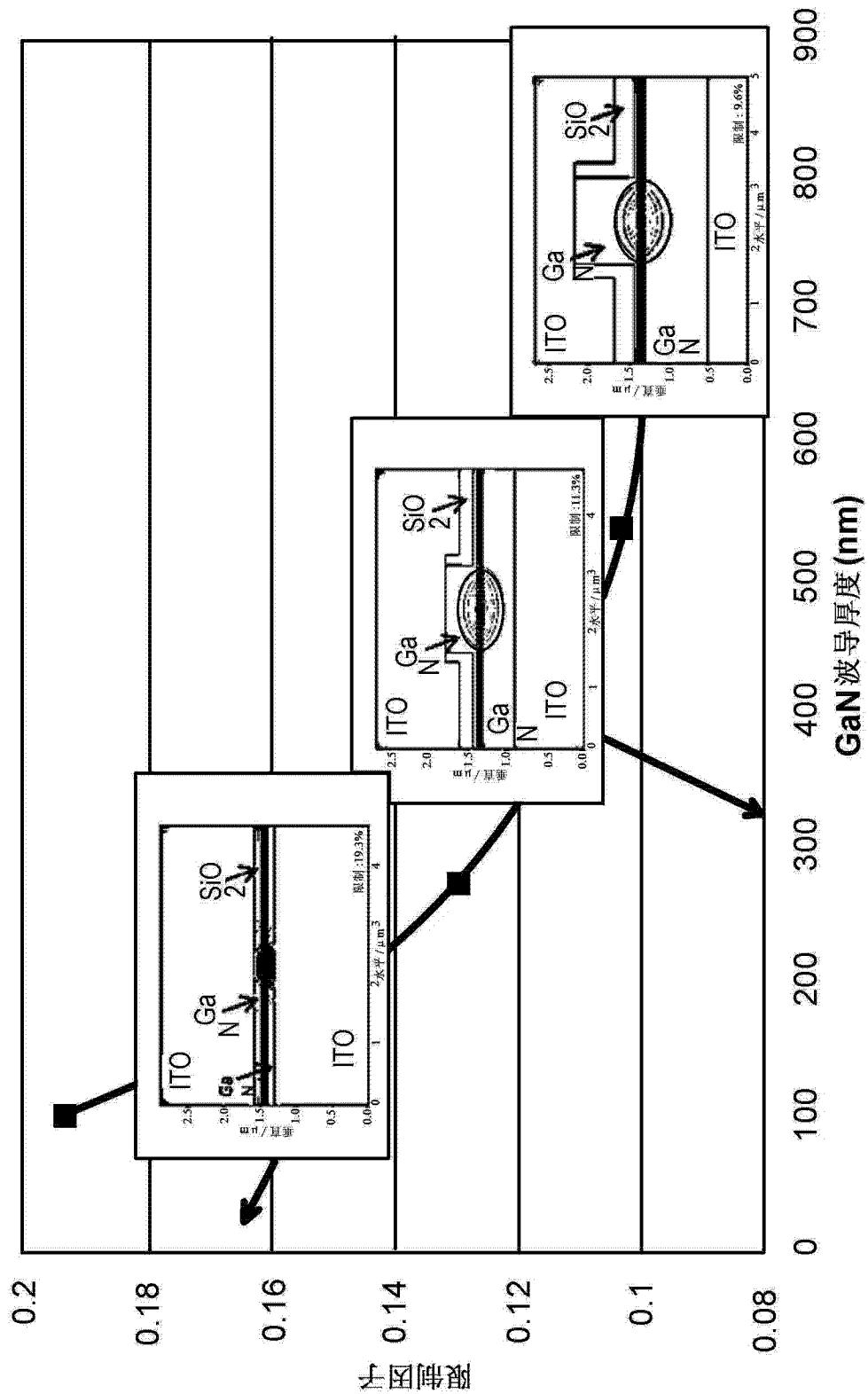


图 5

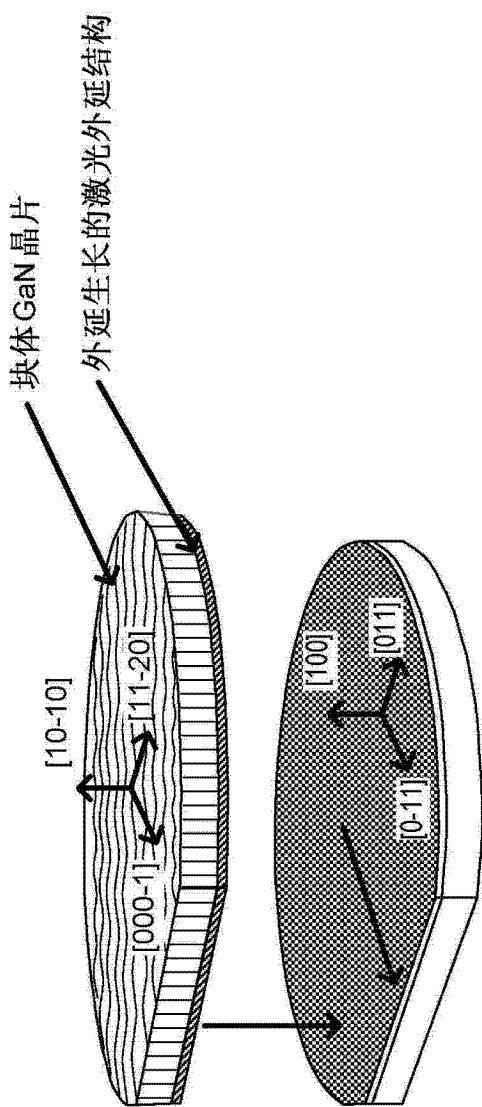


图 6a

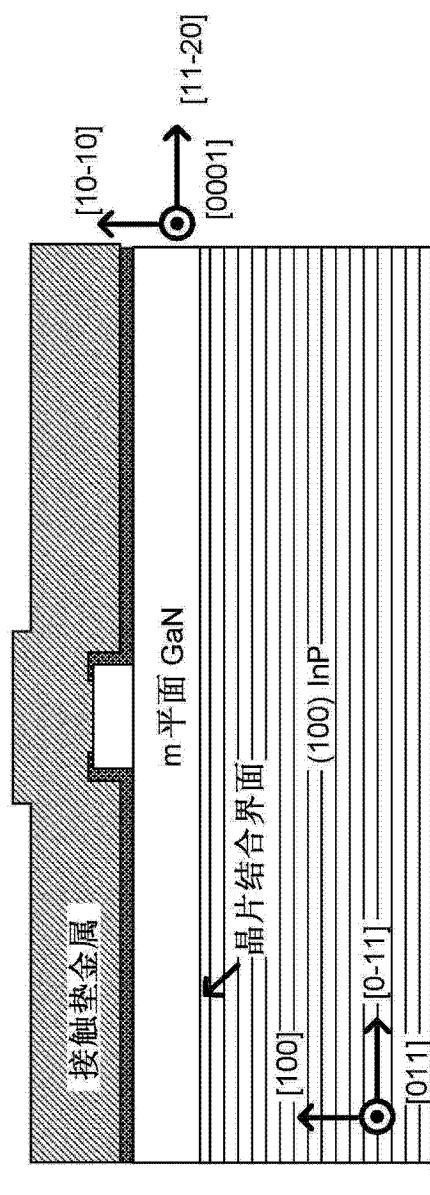
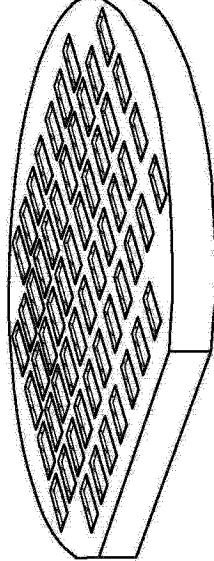
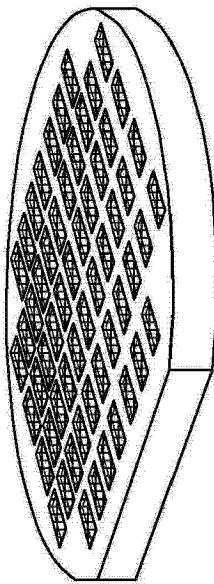


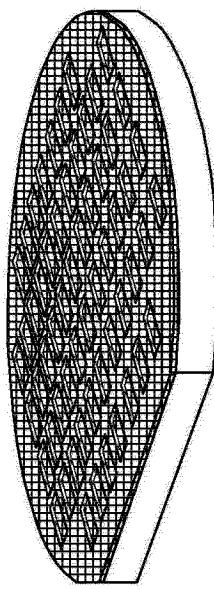
图 6b



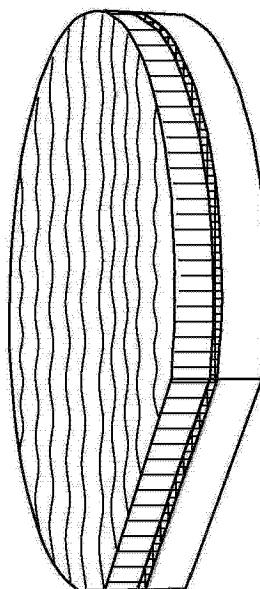
a. 具有蚀刻掉的区域的载体晶片



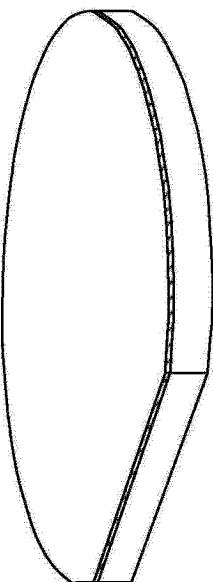
c. 进行 CMP 以使晶片平面化



b. ITO是沉积在载体晶片上的毯状物



d. 将具有外延结构的GaN基板向下在外延侧结合在ITO/载体晶片上



e. 去除块体GaN基板以便结合至  
ITO和载体晶片的薄外延结构离开

图 7

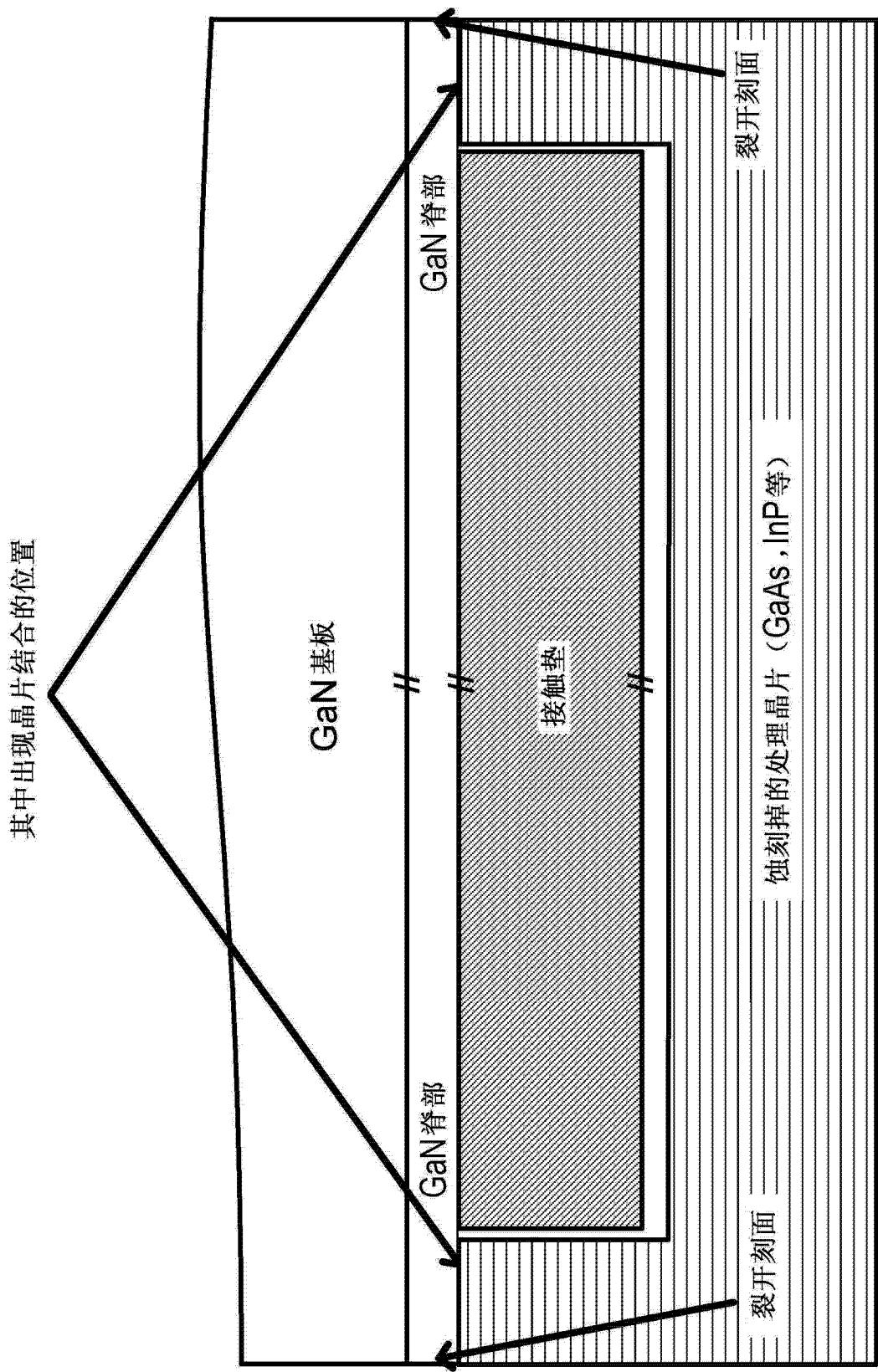


图 8a

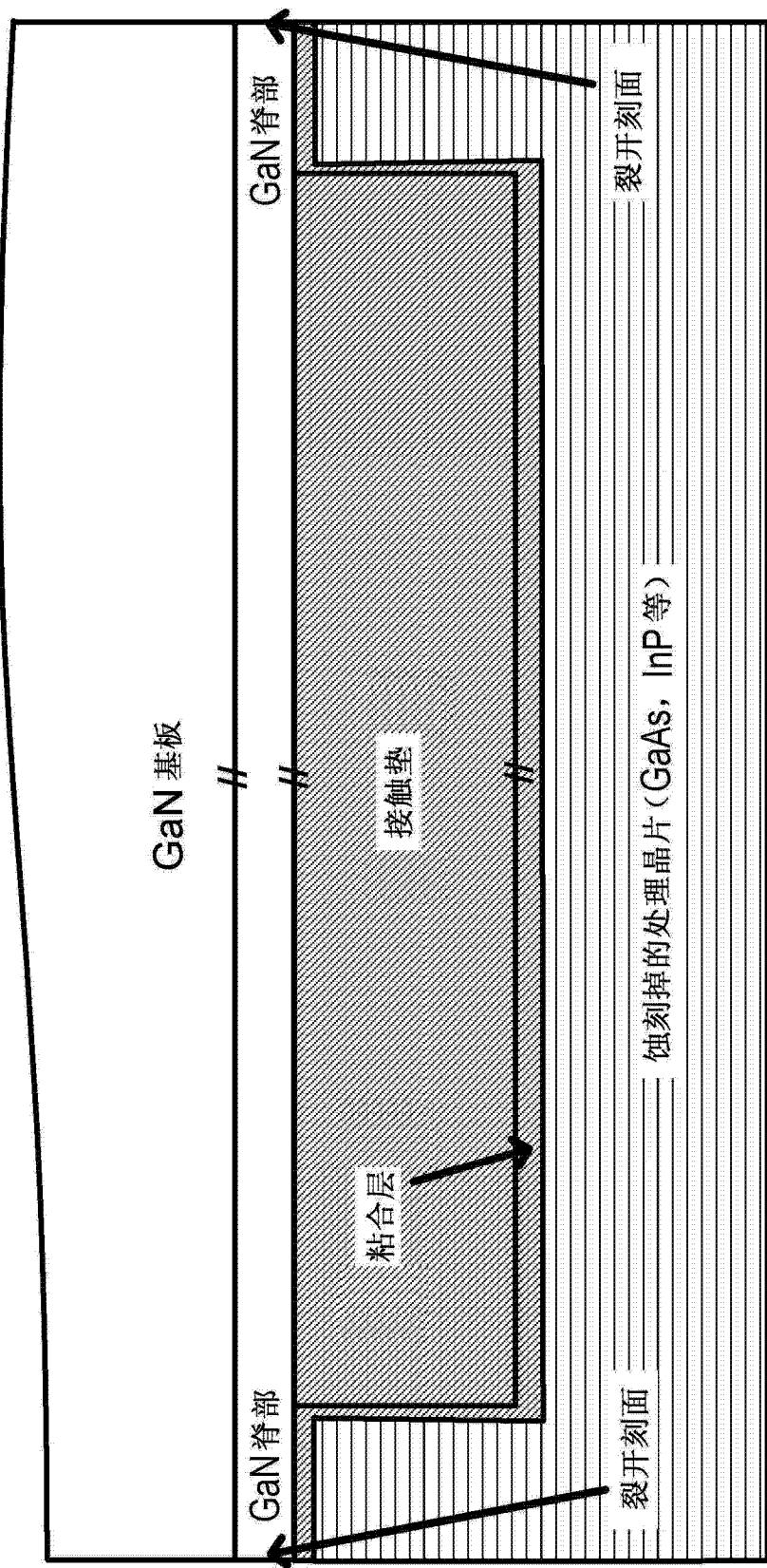


图 8b

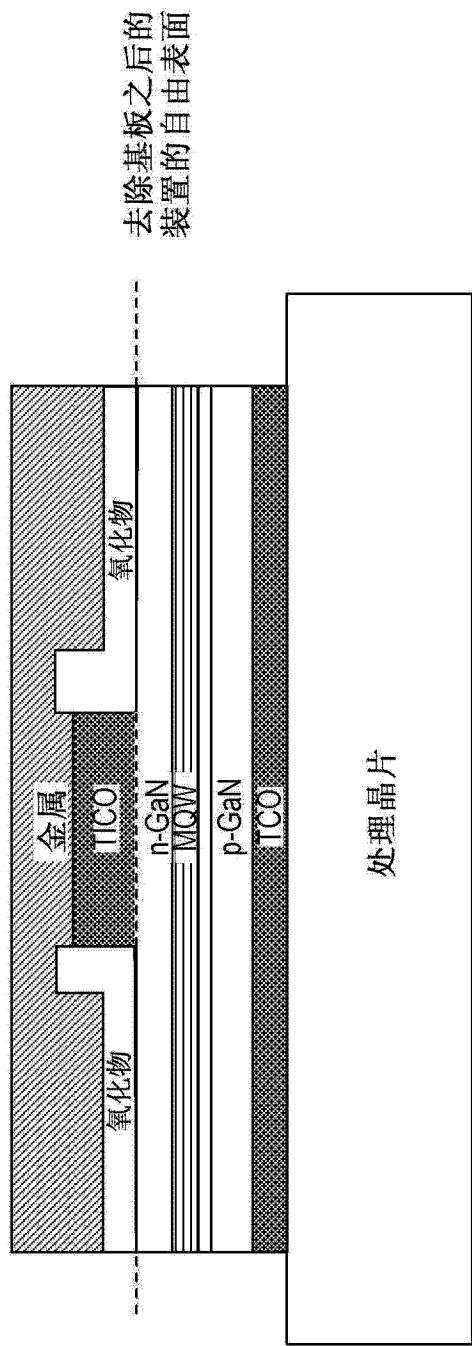


图 9

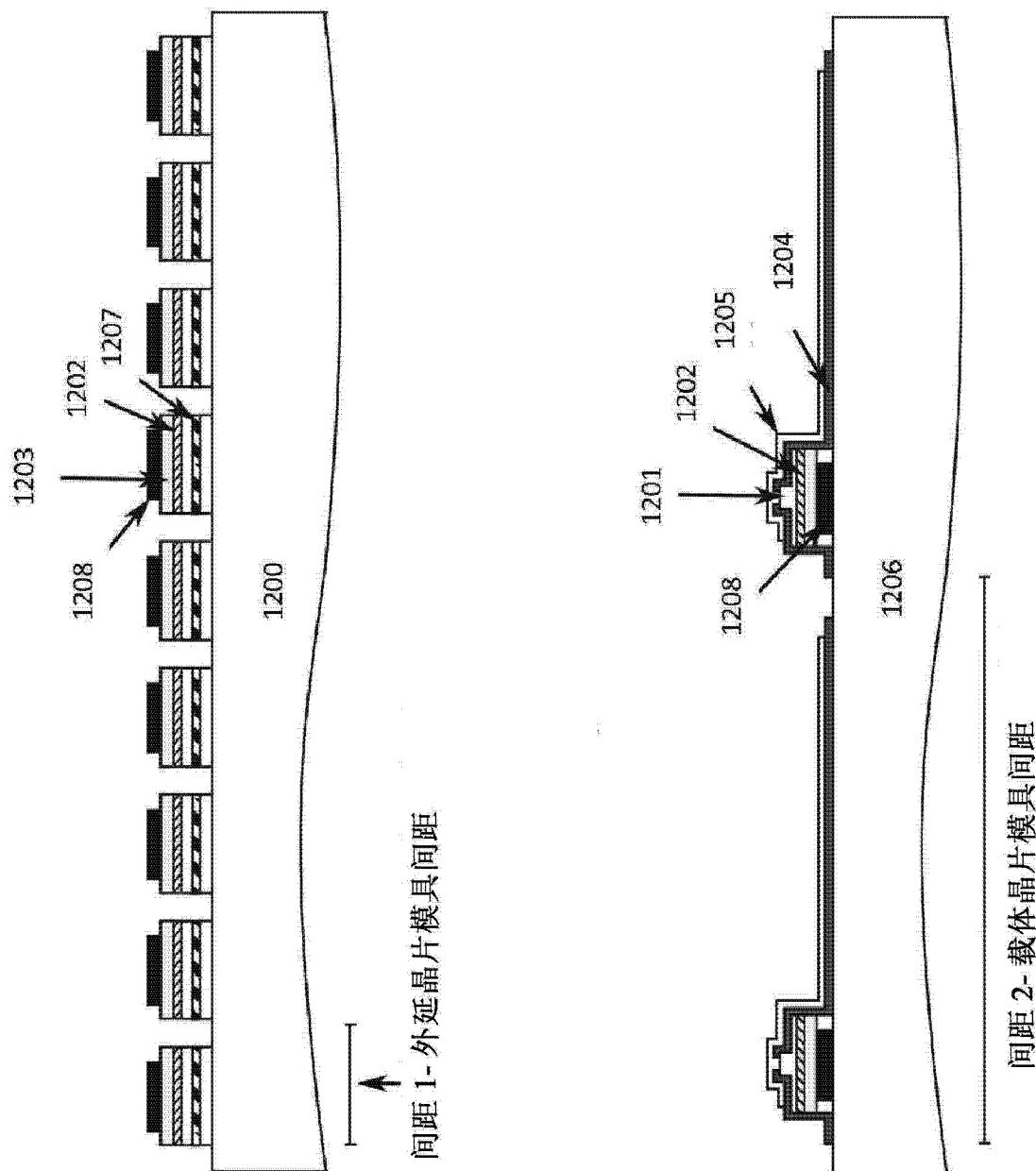


图 10

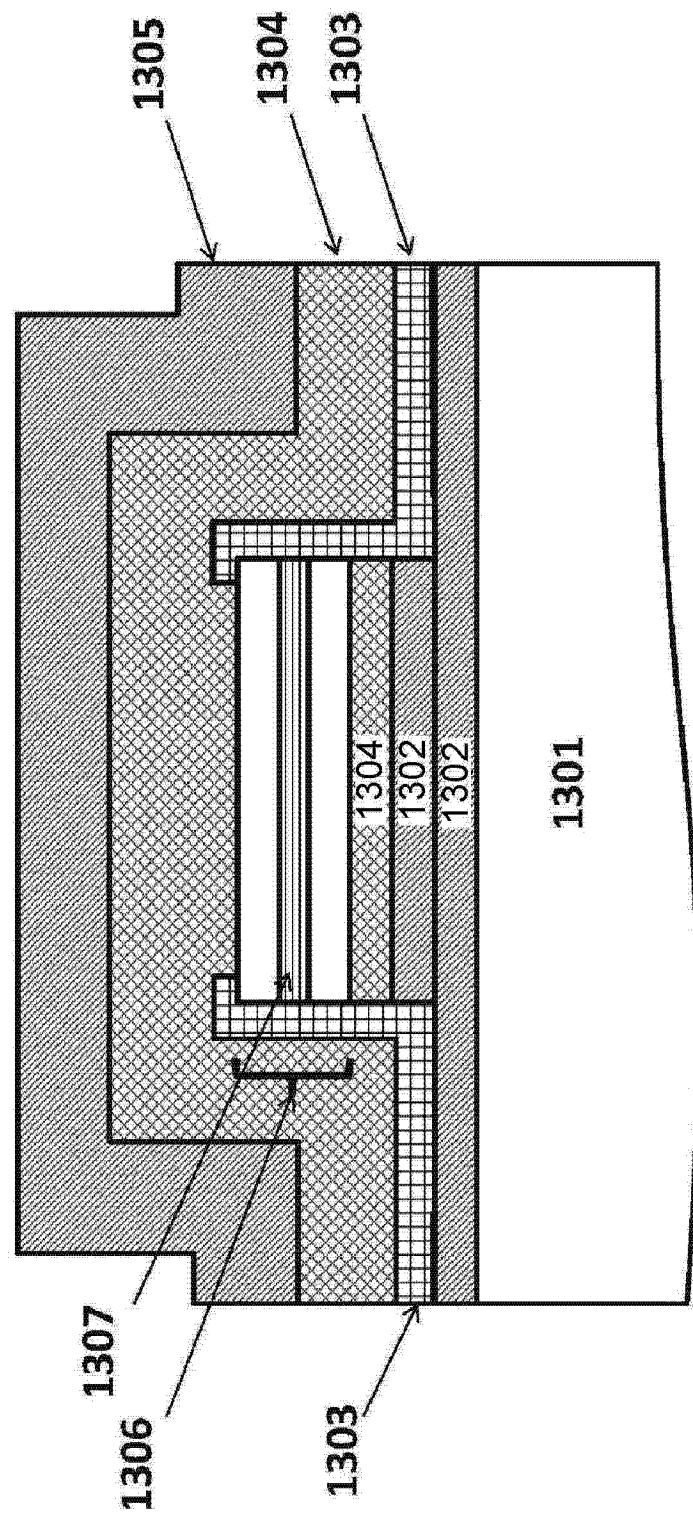


图 11