



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105097960 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201510249636. 4

(22) 申请日 2015. 05. 15

(30) 优先权数据

14/280, 404 2014. 05. 16 US

(71) 申请人 特里奎恩特半导体公司

地址 美国俄勒冈州

(72) 发明人 陶更明

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王萍 陈炜

(51) Int. Cl.

H01L 29/93(2006. 01)

H01L 29/08(2006. 01)

H01L 21/329(2006. 01)

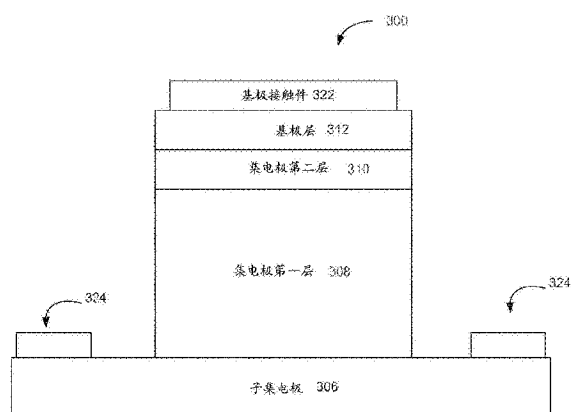
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

具有异质结构的变容二极管

(57) 摘要

本公开的实施方式描述了一种诸如变容二极管的集成电路 (IC) 器件的设备、方法和系统。IC 器件包括组合集电极和异质结构。包括较宽带隙材料的层作为集电极 / 基极界面处的集电极的一部分。宽带隙材料的存在可以增加击穿电压并且允许在集电极的较窄带隙部分中增加超突变掺杂分布。这可以允许增加的调谐范围和改进的互调 (IMD) 性能, 而不降低与单质结器件相关联的击穿性能。还可以描述和 / 或请求保护其他实施方式。



1. 一种半导体器件,包括:
集电极,所述集电极包括:
第一材料的第一层;以及
第二材料的第二层,所述第二层形成在所述第一层上;以及
基极,所述基极包括形成在所述第二层上的第三层,
其中,所述第二材料的带隙比所述第一材料的带隙大,并且
其中,所述第二层具有至少 300 埃的厚度。
2. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第二材料是砷化铝镓 (AlGaAs)。
3. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第二材料是磷化铟镓 (InGaP)。
4. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第二层的厚度近似等于 0 偏置时的所述集电极中的耗尽区域的厚度。
5. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第二层的厚度小于 0 偏置时的所述集电极中的耗尽区域的厚度。
6. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第二层的厚度在大约 300 埃到 1500 埃之间。
7. 根据权利要求 6 所述的半导体器件,其中,所述第二层的厚度在大约 300 埃到 1000 埃之间。
8. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第一材料是砷化镓 (GaAs)。
9. 根据权利要求 8 所述的半导体器件,其中,所述第三层也是砷化镓 (GaAs)。
10. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第一层和第二层彼此晶格匹配。
11. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第一层被掺杂使得在朝向所述第一层和第二层之间的界面的方向上掺杂水平增加。
12. 根据权利要求 1 所述的半导体器件,其中,所述第一层的厚度至少是所述第二层厚度的四倍。
13. 一种形成半导体器件的方法,包括:
形成由砷化镓 (GaAs) 制成的第一层;
在所述第一层上形成由第二材料制成的第二层;以及
在所述第二层上形成由 GaAs 制成的第三层,
其中,所述第二材料是磷化铟镓 (InGaP) 或砷化铝镓 (AlGaAs) 之一,并且
其中,所述第一层的厚度至少是所述第二层的厚度的四倍。
14. 根据权利要求 13 所述的形成半导体器件的方法,其中,所述第二层的厚度小于或等于 0 偏置时的所述半导体器件的集电极中的耗尽区域的厚度。
15. 根据权利要求 13 所述的形成半导体器件的方法,其中,形成所述第一层还包括掺杂所述第一层使得在朝向所述第一层和第二层之间的界面的方向上掺杂水平增加。
16. 根据权利要求 13 所述的形成半导体器件的方法,其中,形成所述第一层还包括掺杂所述第一层,使得掺杂水平经由所述第一层的厚度以至少一个量级增加,以在所述第一层和第二层之间的界面处增加到最大值。
17. 根据权利要求 13 所述的形成半导体器件的方法,其中,所述第二层的厚度在大约 300 埃到 1500 埃之间。

18. 根据权利要求 13 所述的形成半导体器件的方法,还包括在 GaAs 的第三层上形成接触件。

19. 一种系统,包括:

收发器,用于发射和接收射频 (RF) 信号;以及

变容二极管,其被并入所述收发器内部或者与所述收发器耦接,所述变容二极管包括:

集电极,所述集电极包括:

第一材料的第一层;以及

第二材料的第二层,所述第二层形成在所述第一层上;以及

基极,所述基极包括形成在所述第二层上的第三层,

其中,所述第二材料的带隙比第一材料的带隙大。

20. 根据权利要求 19 所述的系统,其中,所述变容二极管是阻抗调谐电路或天线调谐电路的一部分。

具有异质结构的变容二极管

技术领域

[0001] 本公开的实施方式一般涉及集成电路和变容二极管领域,并且更具体地,涉及用于变容二极管的组合集电极 (composite collector) 结构。

背景技术

[0002] 变容二极管通常包括在 n 型区域具有超突变掺杂分布的 pn 结,使得结电容可以随偏置变化。典型地,变容二极管使用双极型晶体管中的基极-集电极结,其中 pn 结是诸如硅 (Si) 或砷化镓 (GaAs) 的材料的单质结。可以通过增加掺杂水平来增加变容二极管的调谐范围和互调失真 (IMD) 性能两者。虽然增加的调谐范围和改进的 IMD 性能是期望的,但增加传统 pn 单质结变容二极管中的掺杂水平不利地影响击穿性能并且可能降低器件的击穿电压。

发明内容

[0003] 实施方式公开了一种半导体器件,包括:集电极,集电极包括:第一材料的第一层,以及第二材料的第二层,第二层形成在第一层上;以及

[0004] 基极,基极包括形成在第二层上的第三层;其中,第二材料的带隙比第一材料的带隙大,并且其中,第二层具有至少 300 埃的厚度。

[0005] 实施方式还公开了一种形成半导体器件的方法,包括:形成砷化镓 (GaAs) 的第一层;在第一层上形成第二材料的第二层;以及在第二层上形成 GaAs 的第三层,其中,第二材料是磷化铟镓 (InGaP) 或砷化铝镓 (AlGaAs) 中之一,并且其中,第一层的厚度至少是第二层厚度的四倍。

[0006] 实施方式还公开了一种系统,包括:收发器,用于发射和接收射频 (RF) 信号;以及变容二极管,其被并入收发器内部或者与收发器耦接,变容二极管包括:集电极和基极,集电极包括:第一材料的第一层以及第二材料的第二层,第二层形成在第一层上;基极包括形成在第二层上的第三层,其中,第二材料的带隙比第一材料的带隙大。

附图说明

[0007] 通过以下结合附图的详细描述,将容易理解实施方式。为了便于这些描述,相同的附图标记表示相同的结构元件。在附图中作为示例而非限制示出了实施方式。

[0008] 图 1 示意性地说明了根据一些实施方式的包括 pn 异质结的变容二极管。

[0009] 图 2 是说明了与图 3 一致的变容二极管的 IMD 性能的图表。

[0010] 图 3 是用于制造根据各种实施方式的变容二极管的方法的流程图。

[0011] 图 4 示意性地说明了根据各种实施方式的包括 IC 器件的示例系统。

[0012] 图 5 示意性地说明了根据一些实施方式的包括 pn 异质结的变容二极管。

具体实施方式

[0013] 本公开的实施方式提供具有异质结的变容二极管、制造方法和系统。

[0014] 在以下的详细描述中,参考了形成描述的一部分的附图,其中,相同的标记始终表示相同的部分,并且在附图中作为示例示出了可实践本公开的主题的实施方式。应当理解,在不脱离本公开的范围的情况下,可以使用其他实施方式,并且可以作出结构上的或逻辑上的改变。因此,以下详细描述不应从限制意义上来理解,实施方式的范围由所附权利要求及其等同方案来限定。

[0015] 为了本公开的目的,短语“A 和 / 或 B”表示 (A), (B), 或 (A 和 B)。为了本公开的目的,短语“A, B, 和 / 或 C”表示 (A), (B), (C), (A 和 B), (A 和 C), (B 和 C), 或 (A, B 和 C)。

[0016] 本描述会使用短语“在一个实施方式中”或“在实施方式中”,分别可以指相同或不同实施方式中的一个或更多个。此外,本发明的实施方式所使用的术语“包含”、“包括”、“具有”等是同义的。

[0017] 术语“与...耦接”,与其派生词一起,可以在本文中使用。“耦接”可以表示以下中的一个或更多个。“耦接”可以表示两个或更多个元件直接的物理接触或电接触。然而,“耦接”还可以表示两个或更多个元件彼此间接地接触,但仍彼此配合或交互,并且可以表示一个或更多个其他元件被耦接或连接在被描述为彼此耦接的元件之间。

[0018] 在各种实施方式中,短语“第二层上形成的第一层”可以表示第一层形成在第二层之上,并且第一层的至少一部分可以与第二层的至少一部分直接接触(例如,直接的物理接触和 / 或电接触)或间接接触(例如,在第一层和第二层之间具有一个或更多个其他层)。

[0019] 传统的变容二极管可以包括呈现出某些挑战的 p-n 单质结。为了改进 IMD 性能和 / 或调谐范围,必须增加器件的掺杂水平。然而,增加基于 p-n 单质结的器件中的掺杂水平,可能导致降低的击穿性能。因此,具有增加的掺杂水平的器件可以具有降低的工作范围,因为随着工作电压接近击穿电压,在升高的电压处性能可能下降。因此,基于 p-n 单质结的器件的 IMD 性能和调谐范围会被限制,因为产生期望的 IMD 性能和调谐范围所需的增加的掺杂水平可能导致器件的击穿性能无法接受的降低。

[0020] 下文中详细讨论的各种实施方式允许在不牺牲击穿性能的情况下增加掺杂水平。特别地,使用组合集电极结构和异质结可以提供改进的调谐范围和 IMD 性能以及改进的击穿性能。

[0021] 图 1 示意性地示出了根据各种实施方式的包括 pn 异质结的 IC 器件 300。IC 器件 300 可以是例如变容二极管。

[0022] IC 器件 300 可以包括子集电极 306, 异质结构形成在子集电极 306 上。IC 器件 300 可以包括具有至少两层的组合集电极。组合集电极可以包括集电极第一层 308 和集电极第二层 310。集电极第一层 308 可以由相对窄的带隙材料形成。在一些实例中,集电极第一层 308 可以由砷化镓 (GaAs) 形成。集电极第一层 308 可以包括超突变掺杂分布。通常,掺杂是指将杂质加入到材料用于形成各种层以修改它们的电性质。这能够产生过多的电子 (n 型掺杂) 或电子空穴 (p 型掺杂)。字母“n”和“p”用于指示适度掺杂的材料,而“n+”和“p+”用于指示重掺杂的材料。在一些实施方式中,基极层可以是 p 型或 p+ 型,而集电极层可以是 n 型。

[0023] 超突变掺杂分布是一种掺杂水平经由层的厚度变化的掺杂分布,使得在一个界面

的掺杂水平显著高于其他界面。集电极第一层 308 可以包括超突变掺杂分布,使得掺杂浓度在集电极第一层 308/子集电极 306 界面附近最小,而在集电极第一层 308/集电极第二层 310 界面附近最大。超突变掺杂分布的存在可以允许电容随偏置变化。增加超突变掺杂水平可以增加器件的调谐范围和互调 (IMD) 性能的一个或两者。在传统器件中,增加超突变掺杂水平还可以降低击穿电压,但包含集电极第二层 310 可以允许在维持或改进击穿性能的同时增加掺杂水平。

[0024] 集电极第二层 310 可以由较宽带隙材料形成,特别地,形成集电极第二层 310 所使用的材料可以具有比形成集电极第一层 308 所使用的材料更宽的带隙。在一些实施方式中,集电极第二层 310 可以由磷化铟镓 (InGaP) 或砷化铝镓 (AlGaAs) 形成。在一些实施方式中,集电极第二层 310 可以包括多个层。例如,在集电极第二层 310 中可以使用 InGaP 和 AlGaAs 两者的层。集电极第二层 310 的存在可以增加击穿电压,而不引起调谐范围或 IMD 性能的不需要的改变。此外,集电极第二层 310 的存在可以允许在集电极第一层 308 中使用增加的超突变掺杂分布。由于击穿电压的不需要的降低,这样增加的超突变掺杂分布对传统单质结器件而言可能是不可能的。因此,包含集电极第二层 310 可以在增加击穿电压的同时便于增加的调谐范围和改进的 IMD 性能。在一些实施方式中,集电极第一层 308 可以包括其中掺杂浓度经由集电极第一层 308 的厚度增加至少一个量级的超突变掺杂分布。

[0025] 集电极第二层 310 的厚度对在未对调谐范围或 IMD 性能造成不利影响的情况下实现改进的击穿性能而言可以是至关重要的。在一些实施方式中,集电极第二层 310 可以近似地等于或小于 0 偏置时的集电极中的耗尽区域的厚度。在工作期间,随着偏置的增加,峰值电场将驻留在集电极第二层 310 中。与形成集电极第一层 308 的较窄带隙材料相比,用于形成集电极第二层 310 的较宽带隙材料可以具有更大的雪崩击穿阈值。因此,包含具有足够的厚度使得在施加较高偏置值时的峰值电场驻留在集电极第二层 310 中的集电极第二层 310 可以增加器件的整体击穿电压。在一些实施方式中,集电极第二层 310 可以具有大约 300 埃到 1500 埃之间的厚度。在一些实施方式中,集电极第二层 310 可以具有大约 300 埃到 1000 埃之间的厚度。在一些实施方式中,集电极第二层 310 可以与集电极第一层 308 晶格匹配。

[0026] 在一些实施方式中,超突变掺杂分布可以通过集电极第二层 310 继续。在其他实施方式中,集电极第二层 310 可以具有恒定的掺杂分布或一些其他掺杂分布。

[0027] 集电极第一层 308 可以显著地厚于集电极第二层 310。在一些实施方式中,集电极第一层 308 可以是集电极第二层 310 的厚度的至少 4 倍。

[0028] IC 器件 300 还可以包括形成在集电极第二层 310 上的基极层 312。在一些实施方式中,基极层 312 可以由与集电极第一层 308 相同的材料形成。可以对基极层 312 进行不同于集电极第一层 308 和集电极第二层 310 的掺杂,使得 pn 结形成在集电极第二层 310 和基极层 312 之间的界面处。

[0029] IC 器件 300 还可以包括基极接触件 322 和集电极接触件 324。基极接触件 322 和集电极接触件 324 可以由导电材料形成,以便将 IC 器件 300 连接到系统中的其他组件。在一些实例中,基极接触件 322 和集电极接触件 324 可以通过金属喷镀 (metallization) 方案形成,其中,一个或更多个不同金属 (例如,金、银、钛、铜、铂) 的层被沉积。

[0030] 图 2 是示出与图 1 的 IC 器件 300 一致的 IC 器件 (例如,变容二极管) 的 IMD 性

能的图表 400。图表 400 包括两条线 402 和 404。线 404 示出了根据标准化电容 (C/C_0) 关于电压 (V) 的导数 $d(C/C_0)/dv$ 的变化的理想 IMD 性能, 其中, C_0 是 0 电压时的电容。线 402 示出了 IC 器件 300 的性能。与传统的单质结器件相比, IC 器件 300 可以展示出改进的 IMD 性能。特别地, IC 器件 300 (参见线 402) 可以紧密地跟踪理想性能曲线 404, 并且即使在较高电压值时也不偏离太多。这是由包含集电极第二层 310 而产生的改进的击穿性能的结果。根据图表 400 可以看出, 包括集电极第二层 310 可以提供器件的宽的工作电压范围 (在升高的电压电平时与理想电压曲线 404 没有显著偏离) 以及改进 IMD 性能 (线 402 与理想性能曲线 404 的紧密跟踪)。

[0031] 图 3 示出了根据各种实施方式的、用于制造诸如 IC 器件 300 的 IC 器件的方法 500 的流程图。

[0032] 在 504 中, 方法 500 以 GaAs 的第一层的形成开始。这可以包括形成图 1 的层 308。可以通过外延生长或其他适当的技术形成该层。形成 GaAs 的第一层可以包括在第一层内产生超突变掺杂分布。掺杂水平可以从集电极 / 子集电极界面处的最小值增加到集电极第一层和集电极第二层之间界面处的最大水平。

[0033] 在 508 中, 方法 500 可以以第一层上的第二材料的第二层的形成继续。这可以包括形成图 1 的集电极第二层 310。可以通过外延生长或其他适当的技术形成该层。该层可以由具有比形成第一层的材料 (例如, GaAs) 更宽的带隙的材料形成。如先前讨论, 在集电极 / 基极界面处更宽带隙层的存在可以在有助于在集电极第一层中使用增加的掺杂水平的同时增加击穿电压。在一些实施方式中, 该层可以由 InGaP 或 AlGaAs 形成。如关于上文的各种实施方式的讨论, 第二层的厚度可以基本上小于第一层的厚度。第二层可以具有近似等于或小于 0 偏置时的集电极中的耗尽区域的厚度的厚度。可以选择第二层的材料使得第二层与第一层晶格匹配。如上文讨论, 第二层可以包括多于一层并且可以包括不同材料诸如 InGaP 或 AlGaAs 的层。

[0034] 在 512 中, 方法 500 还可以包括在第二层上形成 GaAs 的第三层。这可以包括形成图 1 的基基层 312。第三层可以通过外延生长或其他适当的技术形成。

[0035] 在 516 中, 方法 500 还可以包括在 GaAs 的第三层上形成接触件。这可以包括形成图 1 的基极接触件 322。这可以包括进行金属喷镀处理以形成接触件。在一些实施方式中, 这可以包括通过溅射或其他适当的技术形成一个或更多个金属层。

[0036] 各种操作以最有助于理解要求保护的主题的方式被依次描述为多个分离的操作。然而, 描述的顺序不应被解释为暗示这些操作是必须按顺序的。特别地, 这些操作可以不按描述的顺序执行。描述的操作可以按与描述的实施方式不同的顺序执行。可以执行各种附加的操作和 / 或在附加实施方式中可以省略描述的操作。

[0037] IC 器件, 例如 IC 器件 300, 可以被并入到各种设备和系统中。尽管在图 4 中示出为 300, 但任何与本文中描述的技术一致的 IC 器件可以替代 IC 器件 300。图 4 中说明了示例系统 600 的框图。如所说明, 系统 600 包括功率放大器 (PA) 模块 602, 在一些实施方式中, 其可以是射频 (RF) PA 模块。如所说明, 系统 600 可以包括与功率放大器模块 602 耦接的收发器 604。功率放大器模块 602 可以包括 IC 器件, 例如, 本文中描述的 IC 器件 300。

[0038] 功率放大器模块 602 可以从收发器 604 接收 RF 输入信号 RFin。功率放大器模块 602 可以放大 RF 输入信号 RFin, 以提供 RF 输出信号 RFout。RF 输入信号 RFin 和 RF 输出

信号 RFout 两者可以是发射链路的一部分,在图 4 中分别用 Tx-RFin 和 Tx-RFout 表示。

[0039] 可以向天线开关模块 (ASM) 606 提供经放大的 RF 输出信号 RFout, 天线开关模块 (ASM) 606 经由天线结构 608 实现 RF 输出信号 RFout 的空中下载 (OTA) 传输。ASM 606 还可以经由天线结构 608 接收 RF 信号并且将接收到的 RF 信号 Rx 沿接收链耦接到收发器 604。在一些实施方式中,收发器 604 可以在例如阻抗调谐电路中附加地 / 备选地包括 IC 器件 300。在一些实施方式中,ASM 606 可以在例如天线调谐电路中附加地 / 备选地包括 IC 器件 300。

[0040] 在各种实施方式中,天线结构 608 可以包括一个或更多个定向和 / 或全方向天线,包括,例如,偶极天线、单极天线、贴片天线、环形天线、微带天线或任何其他类型的适于 RF 信号的 OTA 传输 / 接收的天线。

[0041] 在一些实施方式中,系统 600 可以包括功率调节器 610。功率调节器 610 可以与系统 600 的各种组件耦接并且向它们提供功率,这些组件诸如但不限于 PA 模块 602 和收发器 604。

[0042] 在各种实施方式中,系统 600 可以尤其用于高功率射频时的阻抗或天线调谐。例如,系统 600 可以适用于陆地和卫星通信、雷达系统以及可能在各种工业和医疗应用中的任何一个或更多个。更具体地,在各种实施方式中,系统 600 可以是来自雷达设备、卫星通信装置、移动手机、蜂窝电话基站、无线广播或电视放大器系统中选出的一个。

[0043] 图 5 示出了根据一些实施方式的包括 pn 异质结的变容二极管。因为变容二极管可以被形成为晶体管,所以前面的附图和讨论已经使用了与晶体管相关联的术语集电极和基极。尽管在一些实施方式中,变容二极管可以形成为 p-n 二极管,而不一定被分类为晶体管。图 5 示出了形成为 p-n 二极管的变容二极管 700。变容二极管 700 可以包括衬底 702。衬底可以是 GaAs、硅或者其他适合的材料。变容二极管 700 还可以包括 n+ 层 704。可以在 n+ 层 704 上形成 n- 接触件 720。变容二极管 700 还可以包括 n 层 706。N 层 706 可以具有各种掺杂分布并且可以包括如先前所讨论的超突变掺杂分布。n 层 706 的掺杂分布可以影响变容二极管 700 的调谐范围和 IMD 性能。

[0044] 可以在 n 层 706 上形成宽带隙 n 层 708。宽带隙 n 层 708 可以具有比 n 层 706 的材料更宽的带隙。如先前就其他实施方式所讨论的,宽带隙 n 层 708 的存在可以增加器件的击穿电压并且允许在 n 层 706 内更加强烈的掺杂分布。在一些实施方式中,宽带隙 n 层 708 可以近似等于或小于 0 偏置时 n 层中的耗尽区域的厚度。在一些实施方式中,宽带隙 n 层 708 可以具有大约 300 埃到 1500 埃之间的厚度。在一些实施方式中,宽带隙 n 层 708 可以具有大约 300 埃到 1000 埃之间的厚度。在一些实施方式中,宽带隙 n 层 708 可以与 n 层 704 晶格匹配。宽带隙 n 层 708 可以类似于上文参考图 1 所讨论的集电极第二层 310。

[0045] 变容二极管 700 还可以包括布置在宽带隙 n 层 708 上的 p+ 层 710。可以在这两层之间的界面处形成 p-n 结。最后,变容二极管 700 可以包括形成在 p+ 层 710 上的 p 接触件 730。

[0046] 尽管为了说明的目的,已经在本文中说明和描述了某些实施方式,但更广泛的各种备选和 / 或等同实施方式或者旨在于实现相同目的的实施可以在不脱离本公开的范围的情况下替代示出并描述的实施方式。本申请旨在覆盖本文中讨论的实施方式的任何修改或变型。因此,显然旨在仅由其中的权利要求和等同方案来限定本文中描述的实施方式。

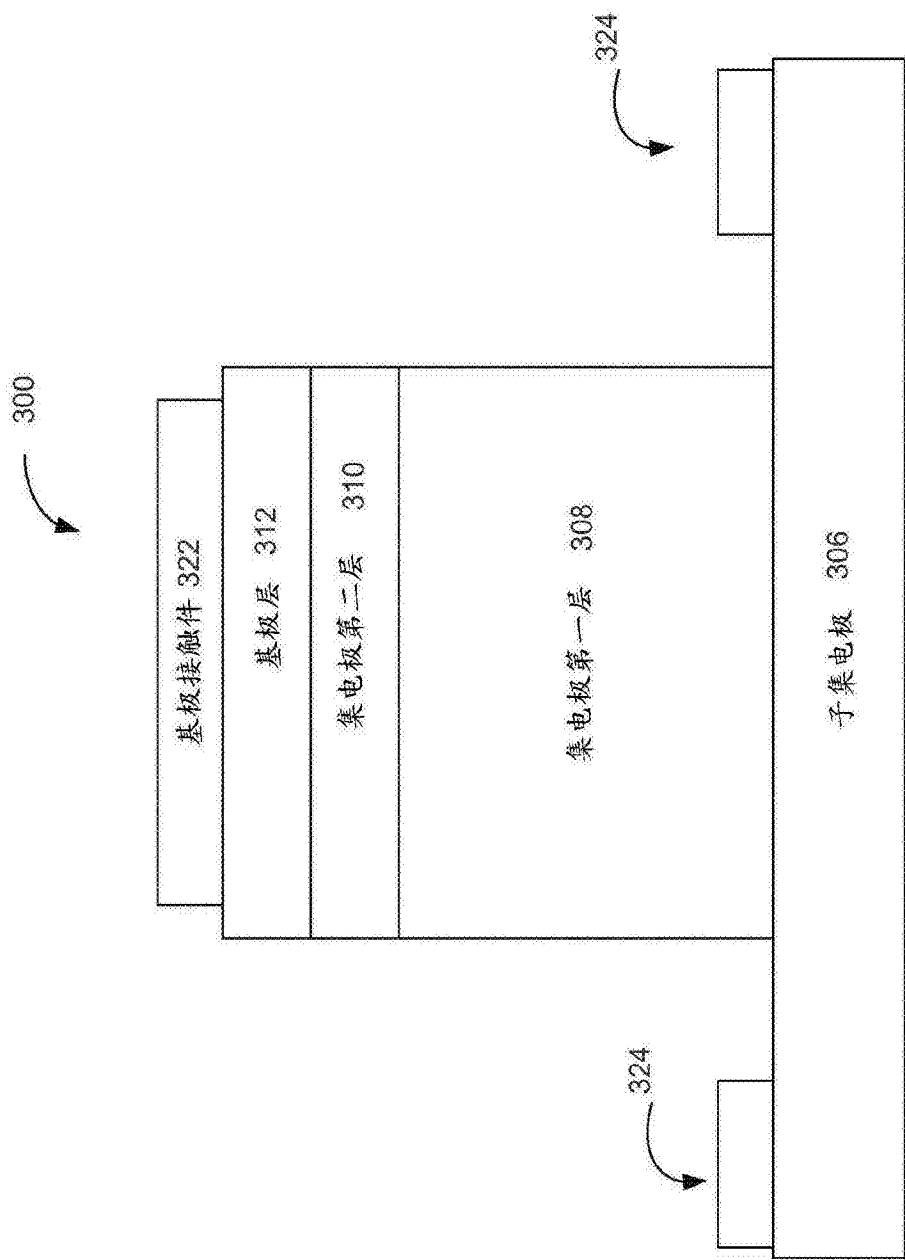


图 1

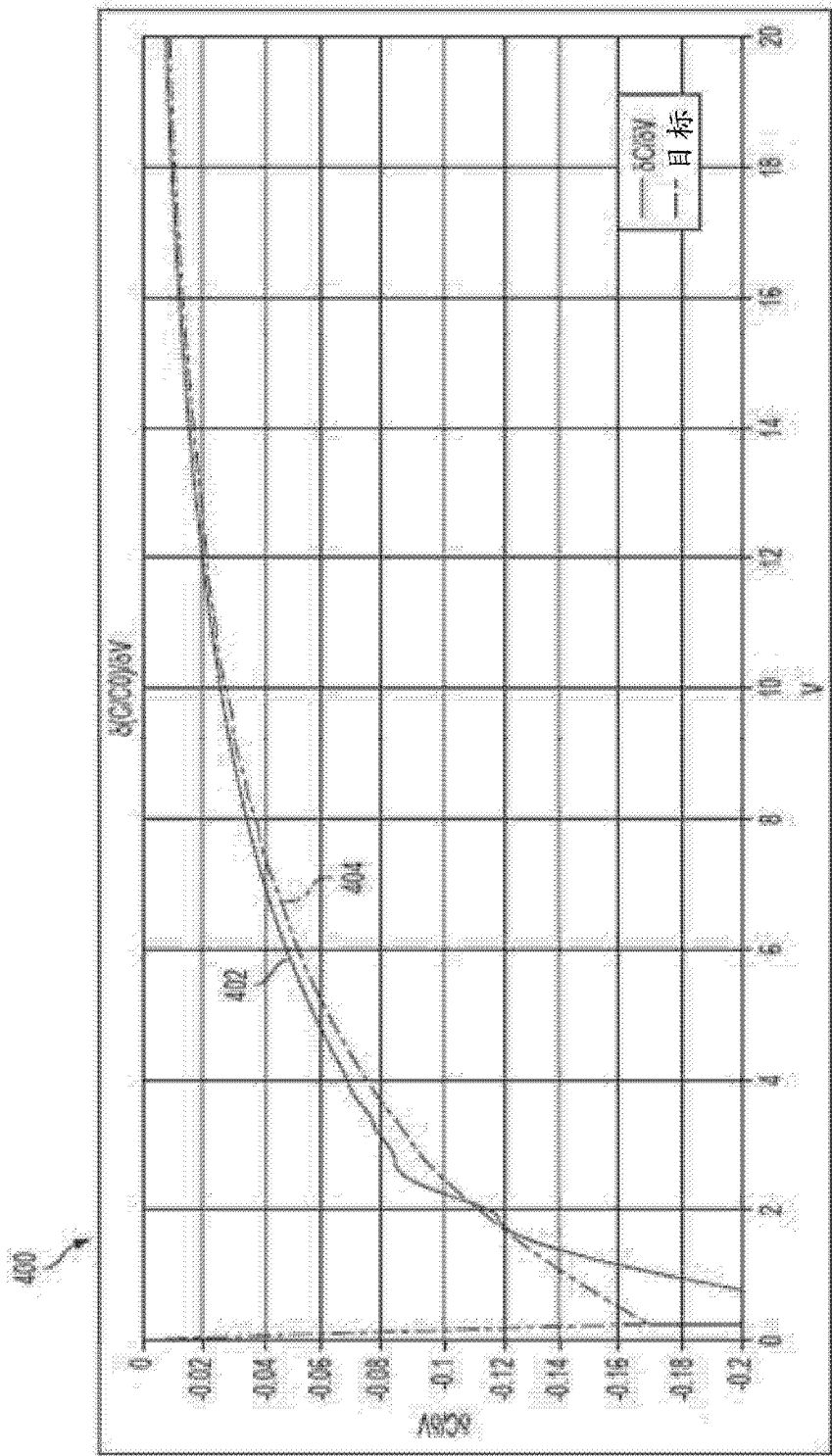


图 2

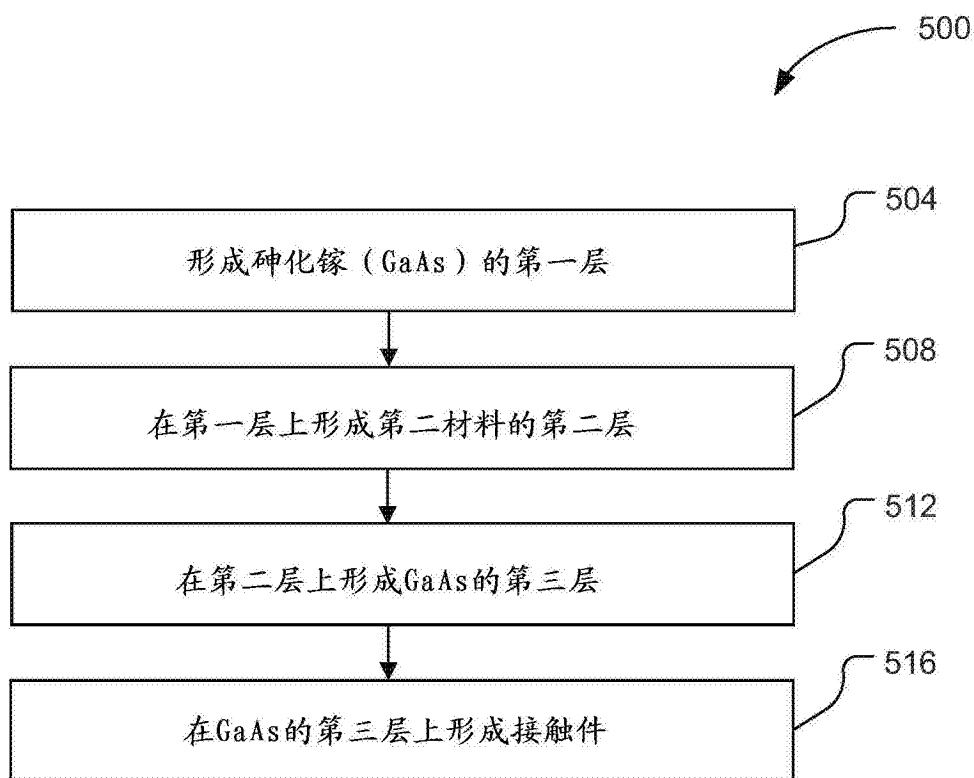


图 3

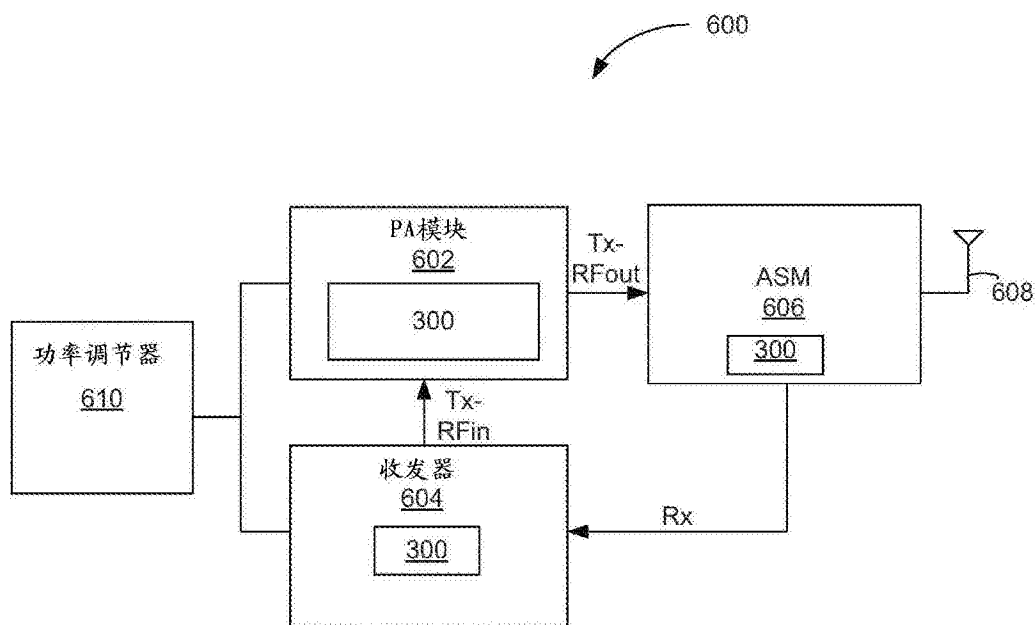


图 4

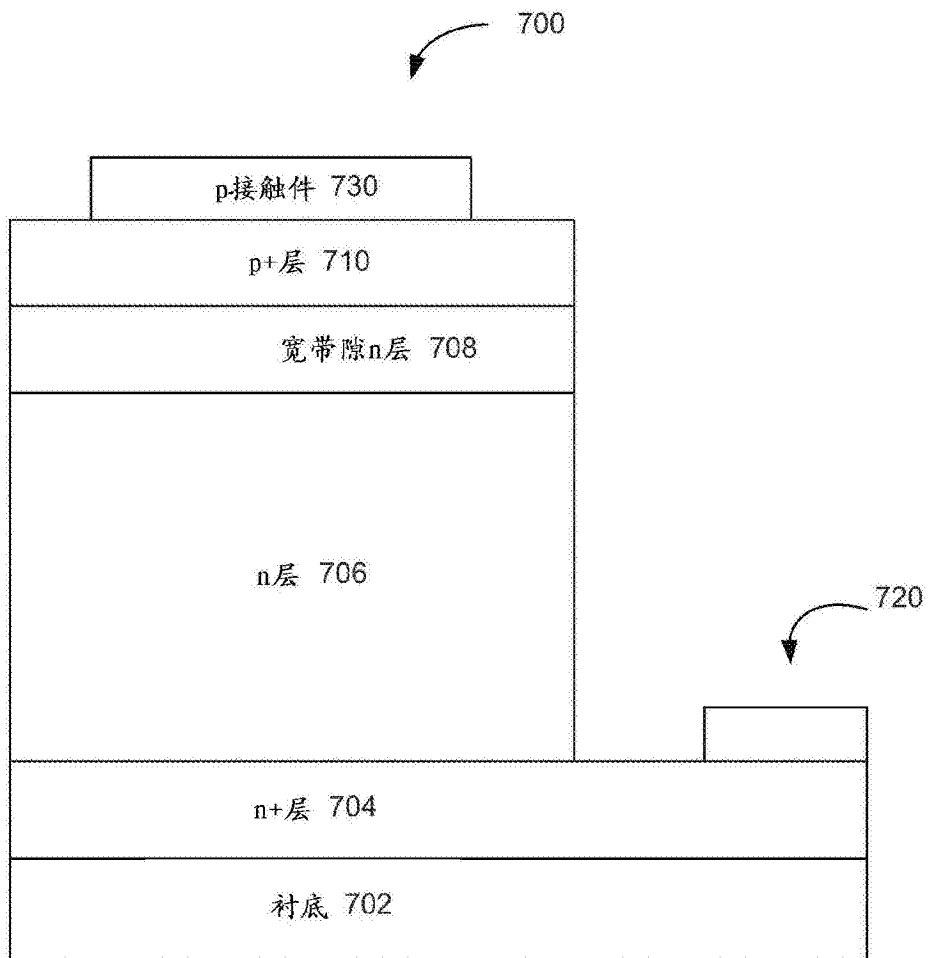


图 5