



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105097956 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201510226390. 9

(22) 申请日 2015. 05. 06

(30) 优先权数据

14/273, 316 2014. 05. 08 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 彼得·V·赖特 蒂莫西·S·亨德森

(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 杜诚 李春晖

(51) Int. Cl.

H01L 29/861(2006. 01)

H01L 23/31(2006. 01)

H01L 21/328(2006. 01)

H01L 21/56(2006. 01)

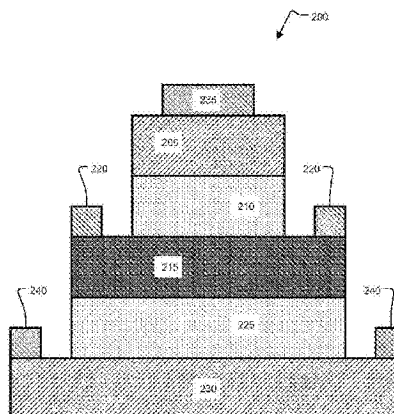
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

双重堆叠变容二极管

(57) 摘要

公开了一种双重堆叠变容二极管。实施方式包括与垂直堆叠的变容二极管有关的装置和方法。具体地,可以由包括阳极层、接触层和变容二极管层的垂直堆叠的层构成两个变容二极管。两个变容二极管可以共享一个或更多个公共层。在一些实施方式中两个变容二极管可以共享公共的阳极层,而在其它实施方式中两个变容二极管可以共享公共的接触层。



1. 一种封装,包括:

第一变容二极管,其包括第一接触层、阳极层和位于所述第一接触层和所述阳极层之间的第一变容二极管层;以及

第二变容二极管,其包括第二接触层、所述阳极层和位于所述第二接触层和所述阳极层之间的第二变容二极管层;

其中所述阳极层位于所述第一变容二极管层和所述第二变容二极管层之间。

2. 根据权利要求1所述的封装,还包括与所述阳极层耦接的欧姆接触,所述欧姆接触被配置成接收负直流 DC 电压。

3. 根据权利要求1所述的封装,还包括与所述第一接触层耦接的第一欧姆接触,以及与所述第二接触层耦接的第二欧姆接触。

4. 根据权利要求3所述的封装,其中所述第一欧姆接触是信号输入,所述第二欧姆接触是信号输出。

5. 根据权利要求1所述的封装,其中所述第一接触层或所述第二接触层是 n^+ 掺杂,所述第一变容二极管层或所述第二变容二极管层是 n^- 掺杂,所述阳极层是 p^+ 掺杂。

6. 根据权利要求1所述的封装,其中所述第一接触层、第二接触层、第一变容二极管层、第二变容二极管层或阳极层包含镓、砷、硅、锗或磷。

7. 根据权利要求1所述的封装,其中所述阳极层包括与所述第一变容二极管层直接耦接的第一阳极层,与所述第二变容二极管层直接耦接的第二阳极层,以及位于所述第一阳极层和所述第二阳极层之间并且与所述第一阳极层和所述第二阳极层直接耦接的蚀刻阻挡层。

8. 根据权利要求1所述的封装,其中所述第二接触层包括与所述第二变容二极管层直接耦接的顶层,底层,以及与所述顶层和所述底层直接耦接并且位于所述顶层和所述底层之间的蚀刻阻挡层。

9. 一种封装,包括:

第一变容二极管,其包括接触层、第一阳极层和位于所述接触层和所述第一阳极层之间的第一变容二极管层;以及

第二变容二极管,其包括所述接触层、第二阳极层和位于所述接触层和所述第二阳极层之间的第二变容二极管层;

其中所述接触层位于所述第一变容二极管层和所述第二变容二极管层之间。

10. 根据权利要求9所述的封装,还包括与所述接触层耦接欧姆接触,所述欧姆接触被配置成接收正直流 DC 电压。

11. 根据权利要求9所述的封装,还包括与所述第一阳极层耦接的第一欧姆接触,以及与所述第二阳极层耦接的第二欧姆接触。

12. 根据权利要求11所述的封装,其中所述第一欧姆接触是信号输入,所述第二欧姆接触是信号输出。

13. 根据权利要求9所述的封装,其中所述接触层是 n^+ 掺杂,所述第一变容二极管层或所述第二变容二极管层是 n^- 掺杂,所述第一阳极层或所述第二阳极层是 p^+ 掺杂。

14. 根据权利要求9所述的封装,其中所述接触层、第一变容二极管层、第二变容二极管层、第一阳极层或第二阳极层包含镓、砷、硅、锗或磷。

15. 根据权利要求 9 所述的封装,其中所述接触层包括与所述第一变容二极管层直接耦接的第一接触层,与所述第二变容二极管层直接耦接的第二接触层,以及位于所述第一接触层和所述第二接触层之间并且与所述第一接触层和所述第二接触层直接耦接的蚀刻阻挡层。

16. 根据权利要求 9 所述的封装,其中所述第二阳极层包括与所述第二变容二极管层直接耦接的顶层,底层,以及与所述顶层和所述底层直接耦接并且位于所述顶层和所述底层之间的蚀刻阻挡层。

17. 一种方法,包括:

沉积第一变容二极管的第一接触层;

在所述第一接触层上沉积所述第一变容二极管的第一变容二极管层;

在所述第一变容二极管层上沉积所述第一变容二极管和第二变容二极管的公共接触层;

在所述公共接触层上沉积所述第二变容二极管的第二变容二极管层;以及

在所述第二变容二极管层上沉积所述第二变容二极管的第二接触层。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述公共接触层是 p^+ 掺杂阳极接触层;以及其中所述第一接触层和所述第二接触层是 n^+ 掺杂接触层。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述公共接触层是 n^+ 掺杂接触层;以及其中所述第一接触层和第二接触层是 p^+ 掺杂阳极接触层。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,还包括:

将第一信号输入/输出耦接至所述第一接触层;

将第二信号输入/输出耦接至所述第二接触层;以及

将直流电压输入耦接至所述公共接触层。

双重堆叠变容二极管

技术领域

[0001] 本公开内容的实施方式总体上涉及电路领域,尤其涉及变容二极管。

背景技术

[0002] 变容二极管可以是充当压控电容器的二极管。当跨越变容二极管的层的控制电压变化时,变容二极管的电容也可以变化。该变化可以被称为“调谐”。一般来说,相比于在诸如钛酸锶钡(BST)的材料上实现的电介质变容二极管,半导体变容二极管可以具有更宽的调谐范围(即电容变化)和更低的控制电压要求。然而,半导体变容二极管通常获得比电介质变容二极管更低的每单位面积电容,从而需要更大的裸片(die)面积以实现给定的电容。

[0003] 一般来说,可以认为变容二极管是二端口器件,即具有两个输入端子和两个输出端子。这样,变容二极管可能易于发生由所施加的射频(RF)电压导致的自调制失真。该自调制失真可能把非线性引入使用变容二极管的电路中。为了将这种非线性减小至可接受的水平,可以串联耦接一些单独的变容二极管以划分它们上的RF电压。如果串联的变容二极管的数量是 n ,那么如果变容二极管互相共面,则为了实现期望的净电容所需要的电路板上的裸片面积可能增加因子 n^2 。如果使用相对大数量的变容二极管,那么该电路可能使所需的裸片面积对于当今器件中的使用来说大得惊人。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面,提供了一种封装,包括:第一变容二极管,其包括第一接触层、阳极层和位于所述第一接触层和所述阳极层之间的第一变容二极管层;以及第二变容二极管,其包括第二接触层、所述阳极层和位于所述第二接触层和所述阳极层之间的第二变容二极管层;其中所述阳极层位于所述第一变容二极管层和所述第二变容二极管层之间。

[0005] 根据本发明的另一个方面,提供了一种封装,包括:第一变容二极管,其包括接触层、第一阳极层和位于所述接触层和所述第一阳极层之间的第一变容二极管层;以及第二变容二极管,其包括所述接触层、第二阳极层和位于所述接触层和所述第二阳极层之间的第二变容二极管层;其中所述接触层位于所述第一变容二极管层和所述第二变容二极管层之间。

[0006] 根据本发明的另一个方面,提供了一种方法,包括:沉积第一变容二极管的第一接触层;在所述第一接触层上沉积所述第一变容二极管的第一变容二极管层;在所述第一变容二极管层上沉积所述第一变容二极管和第二变容二极管的公共接触层;在所述公共接触层上沉积所述第二变容二极管的第二变容二极管层;以及在所述第二变容二极管层上沉积所述第二变容二极管的第二接触层。

附图说明

[0007] 在附图中的图中通过示例方式而不是限制方式来图示了实施方式,在附图中相同的附图标记指示相似的元件,并且在附图中:

[0008] 图 1 图示了根据各种实施方式的示例复合变容二极管电路。

[0009] 图 2 图示了根据各种实施方式的双重变容二极管堆叠的一般示例。

[0010] 图 3 图示了根据各种实施方式的双重变容二极管堆叠的替代性一般示例。

[0011] 图 4 图示了根据各种实施方式的双重变容二极管堆叠的特定示例。

[0012] 图 5 图示了根据各种实施方式的双重变容二极管堆叠的替代性特定示例。

[0013] 图 6 图示了根据各种实施方式的用于构造双重变容二极管堆叠的过程。

[0014] 图 7 是根据各种实施方式的示例性无线通信装置的框图。

具体实施方式

[0015] 实施方式包括与垂直堆叠 (stack) 的变容二极管有关的装置和方法。具体地可以由垂直堆叠的层构建两个变容二极管,所述层包括阳极层、接触层和变容二极管层。两个变容二极管可以共享公共的一个或更多个层。在一些实施方式中两个变容二极管可以共享公共的阳极层,而在其它实施方式中两个变容二极管可以共享公共的接触层。

[0016] 将使用本领域技术人员通常采用的术语来描述示例性实施方式的各个方面,以向本领域的其他技术人员传达本领域技术人员的工作的实质。然而,本领域技术人员将明白可以仅使用所描述的诸方面中的一些方面来实践替选实施方式。为了说明的目的,阐述了具体装置和配置以提供示例性实施方式的充分理解。然而,本领域技术人员将明白可以实践替选实施方式而无需具体细节。在其它实例中,省略或简化了公知的特征以免模糊示例性实施方式。

[0017] 进一步地,将以理解本公开内容最有帮助的方式,将各个操作依次描述为多个分立的操作;然而,描述的顺序不应被解读为表明这些操作必须是与顺序有关的。特别地,不需要以陈述的顺序来执行这些操作。

[0018] 反复使用短语“在一个实施方式中”。该短语一般来说不指代同一实施方式;然而,它也可以指代同一实施方式。除非上下文另有所指,否则术语“包括”、“具有”和“包含”是同义的。

[0019] 在对结合各实施方式所使用的语言提供一些澄清性上下文时,短语“A/B”和“A 和 / 或 B”是指 (A)、(B) 或 (A 和 B);并且短语“A、B 和 / 或 C”是指 (A)、(B)、(C)、(A 和 B)、(A 和 C)、(B 和 C) 或 (A、B 和 C)。

[0020] 术语“与……耦接”以及它的派生词可以在本文中使用。“耦接”可以是指以下中的一个或多个。“耦接”可以是指两个或更多元件直接物理接触或电接触。然而,“耦接”也可以是指两个或更多元件彼此间接接触,但还仍彼此协作或交互,并且可以是指一个或更多个其它元件在所说的彼此耦接的元件之间耦接或连接。

[0021] 图 2-5 描绘了可以外延沉积 (epitaxially deposit) 的层的各种垂直堆叠。各层的尺寸、宽度或高度不是按比例绘制,并且不应认为被限于相互相同或相互不同,除非在当前的说明书中明确地指示是这样。

[0022] 图 1 图示了根据各种实施方式的复合变容二极管 100 的示例电路图。复合变容二极管 100 可以包括一般位于输入端 110 和输出端 115 之间的多个变容二极管,诸如变容二

极管 105a、105b、105c、105d、105e 或 105f (统称为变容二极管 105)。在一些实施方式中,输入端 110 可以被配置成接收射频 (RF) 信号,该射频信号然后传播通过复合变容二极管 100 达到输出端 115。在一些实施方式中,一个或更多个变容二极管 105 可以与输入端 110 和输出端 115 并联连接,在这种情况下 RF 信号可以不传播通过变容二极管达到输出端 115。

[0023] 在一些实施方式中,变容二极管 105 中的每个变容二极管可以具有“前”侧和“后”侧。图 1 描绘了变容二极管 105a 的前侧 107 和后侧 109。在实施方式中变容二极管 105a 的前侧 107 可以被称为变容二极管 105a 的“阴极”,并且变容二极管 105a 的后侧 109 可以被称为变容二极管 105a 的“阳极”。在图 1 中,变容二极管 105 中的每个变容二极管可以具有前侧和后侧 (或阴极和阳极),然而为了清楚起见对于每个变容二极管在图 1 中省略了具体标号。

[0024] 在一些实施方式中,变容二极管 105 中的两个或更多个可以采用“后对后”配置互相耦接。具体地,变容二极管的阳极可以互相直接耦接。例如,如图 1 中示出的,可以认为变容二极管 105b 和 105c 是“后对后”配置。在其它实施方式中,变容二极管 105 可以采用如图 1 中示出的“前对前”配置互相耦接。具体地,变容二极管的阴极可以互相直接耦接。例如,如图 1 中示出的,可以认为变容二极管 105a 和 105b 是“前对前”配置。

[0025] 在实施方式中,一个或更多个变容二极管 105 的前侧可以耦接至地 120。另外,一个或更多个变容二极管 105 的后侧可以耦接至直流电源 125。直流电源 125 可以被配置成提供负控制电压 (V_{CTRL}) 以反向偏置变容二极管 105,这将在下面进一步详细说明。在一些实施方式中, V_{CTRL} 可以在近似 2 伏 (V) 和近似 18V 之间,而在其它实施方式中 V_{CTRL} 可以在近似 -1.2V 和近似 3V 之间。

[0026] 在实施方式中诸如电阻器 135a、135b、135c、135d 和 135e (统称为电阻器 135) 的一个或更多个电阻器可以位于变容二极管 105 和地 120 或直流电源 125 之间。在一些实施方式中,诸如电阻器 135a 和 / 或 135e 的外部电阻器可以具有是电阻器 135b、135c 或 135d 的电阻的两倍的电阻。可以选择增加的电阻以均衡堆叠中的所有电容器的充电时间常数。

[0027] 在实施方式中,电阻器 135a 和 / 或 135e 的电阻可以为近似 60k Ω ,而在其它实施方式中电阻器 135a 和 / 或 135e 的电阻可以在近似 20k Ω 和近似 60k Ω 之间。类似地,在一些实施方式中电阻器 135b、135c 或 135d 的电阻可以为近似 30k Ω ,而在其它实施方式中电阻器 135b、135c 或 135d 的电阻可以在近似 10k Ω 和近似 30k Ω 之间。

[0028] 如上面示出的,复合变容二极管 100 可以包括多个变容二极管 105 和电阻器 135。虽然在图 1 中仅示出六个变容二极管 105 和五个电阻器 135,但在其它实施方式中复合变容二极管 100 可以包括更多或更少数量的变容二极管 105 或电阻器 135。在一些实施方式中,可以期望复合变容二极管至少包括电阻器 135a 和 135e。在一些实施方式中,可以替代于电阻器 135 而使用电感器,或与电阻器 135 组合地使用电感器。如上面所讨论的,随着复合变容二极管 100 中的变容二极管 105 的数量增加,如果所有的变容二极管 105 互相共面,那么在裸片上复合变容二极管 100 需要的面积可能指数性地增加。在一些实施方式中,直流电源 125 可以被配置成提供正的 V_{CTRL} ,并且耦接至每个变容二极管的前侧或阴极,同时地 120 可以耦接至每个变容二极管的后侧或阳极,这将在下面进一步详细讨论。可以设想其它更复杂的电路,该电路具有多个直流电源或多个接地连接,该多个直流电源中的每个可以提供不同的或相似的正电压或负电压。

[0029] 通常,可以在砷化镓异质结双极晶体管(HBT)的共用外延层中实现遗留复合变容二极管。通常,仅是下部外延层可以被用于变容二极管 105,该下部外延层通常用来实现 HBT 的集电极-基极结。这是因为可以通过用于实现发射极-基极双极结的层的特定掺杂来优化 HBT 的上部外延层。该掺杂可以使 HBT 的上部外延层对于实现有用的变容二极管而言成为不期望的或不适合的。

[0030] 然而,如果使用不同的工艺,并且去除针对双极器件的要求,那么可以得到更有益的外延结构。具体地,如果外延结构的上层不被掺杂以实现发射极-基极双极结,那么可以在外延结构的上层中另外地实现有用的变容二极管。

[0031] 图 2 图示了根据各种实施方式的双重变容二极管堆叠 200 的一般示例。一般来说,如本文所讨论的,可以认为变容二极由三层构成。具体地,可以认为变容二极管由接触层、变容二极管层和阳极层构成。在一些实施方式中,阳极层可以另外被称为变容二极管的“接触”层,但为了本文的描述的目的,阳极层将一般被称为“阳极层”,除非明确地另有所指。在本实施方式中,可以认为接触层是变容二极管的阴极。在一些实施方式中,可以仅认为变容二极管包括变容二极管层和阳极层,其中认为变容二极管层是阴极;然而如本文所讨论的,为了一致性,变容二极管将被描述为具有三层。将在下面进一步详细地讨论变容二极管的这三层。

[0032] 在实施方式中,堆叠 200 可以包括多个外延层,其中采用垂直而不是共面的方式实现两个变容二极管。具体地,如上面所描述的,堆叠 200 可以包含第一变容二极管,该第一变容二极管包括接触层 205、变容二极管层 210 和阳极层 215。阳极层 215 可以是 p+ 阳极层。标号“p+”可以指示用带正电的杂质(诸如碳、锌、铍或其它一些适当的带正电的掺杂剂)来重掺杂阳极层 215。例如,阳极层 215 可以由诸如砷化镓、硅、锗、磷化铝、砷化铝、磷化镓、氮化镓、它们的组合或合金的半导体材料中的一种或更多种或者其它一些半导体材料构成,并且其中混入一定量的带正电的掺杂剂材料。p+ 层可以包括每一万个半导体材料的原子有一个带正电掺杂剂的原子的量级。在其它实施方式中,p+ 阳极层可以具有比近似 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 更高的掺杂。在一些实施方式中,阳极层 215 可以具有近似 0.05 微米(μm)和近似 0.5 μm 之间的垂直高度或 z 高度。

[0033] 类似地,接触层 205 可以被称为 n+ 接触层。标号“n+”可以指示用带负电的杂质(诸如硅或其它一些适当的带负电的掺杂剂)来重掺杂接触层 205。例如,接触层 205 可以由诸如上述半导体材料的半导体材料构成,并且其中混入一定量的带负电的掺杂剂材料。n+ 层可以包括每一万个半导体材料的原子有一个带负电掺杂剂的原子的量级。在其它实施方式中,n+ 接触层可以具有比近似 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 更高的掺杂。在一些实施方式中,接触层 205 可以具有近似 0.05 μm 和 1.0 μm 之间的垂直高度或 z 高度。

[0034] 变容二极管层 210 可以被称为 n- 变容二极管层。标号“n-”可以指示用诸如上述带负电的掺杂剂的带负电的杂质来相对轻地掺杂变容二极管层 210。具体地,n- 层可以包括每一亿个半导体材料的原子有一个带负电掺杂剂的原子的量级。在其它实施方式中,n- 变容二极管层可以具有近似 1×10^{14} 和近似 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 之间的掺杂。在一些实施方式中,变容二极管层 210 可以具有近似 0.2 μm 和 3 μm 之间的垂直高度或 z 高度。

[0035] 堆叠 200 也可以包括诸如欧姆接触(ohmic contact) 220 的一个或更多个 p+ 欧姆接触。在实施方式中,欧姆接触 220 可以包括钛(Ti)、铂(Pt)、金(Au)、锌(Zn)、镍(Ni)、铍

(Be)、或者它们的组合或合金（诸如 Ti/Pt/Au、Pt/Au、Ti/Au、Pt/Ti/Pt/Au、AuZn/Ni/Au、AuBe/Ni/Au）、或其它 p 型接触。欧姆接触 220 可以直接耦接至阳极层 215，并且还耦接至诸如图 1 的直流电源 125 的直流电源。在实施方式中，欧姆接触 220 可以被配置成接收负直流电压，该负直流电压将反向偏置变容二极管。具体地，施加到阳极层 215 的负直流电压可以使阴极（即接触层 205）处的电压高于阳极层 215 处的电压。变容二极管的阴极处的这种较高电压可以导致没有电流流过变容二极管直到变容二极管击穿。

[0036] 堆叠 200 可以还包含第二变容二极管，该第二变容二极管可以包括阳极层 215、变容二极管层 225 和接触层 230。变容二极管层 225 可以是与变容二极管层 210 类似的 n- 变容二极管层。在一些实施方式中，变容二极管层 225 和变容二极管层 210 可以包括彼此相同的材料，而在其它实施方式中，变容二极管层 225 和 210 可以包括不同的材料。类似地，接触层 230 可以是与接触层 205 类似的 n+ 接触层。在一些实施方式中，接触层 230 和接触层 205 可以包括彼此相同的材料，而在其它实施方式中，接触层可以包括不同的材料。

[0037] 堆叠可以还包括诸如欧姆接触 235 或 240 的一个或更多个 n+ 欧姆接触。具体地，如图 2 中示出的，n+ 欧姆接触 235 和 240 可以与 n+ 接触层 205 或 230 耦接。在一些实施方式中，n+ 欧姆接触 235 和 240 可以包含以下各项中的一个或更多个：Au、锗 (Ge)、Ni、Au、Ti、Pt、钨 (W)、硅 (Si)、或它们的组合或合金（诸如 AuGe/Ni/Au、Ti/Pt/Au、Pt/Au、Ti/Au、TiW/Ti/Pt/Au、WSi/Ti/Pt/Au）、或其它欧姆接触。在一些实施方式中，n+ 欧姆接触 235 和 240 可以由彼此相同的材料或不同的材料来形成。在一些实施方式中，欧姆接触 235 或 240 可以用不同金属来形成顶部，该不同金属用于与另一器件、端子或芯片接触。

[0038] 在实施方式中，可以认为 n+ 欧姆接触 235 和 240 是堆叠 200 的输入和输出端子。例如，n+ 欧姆接触 235 或 240 中的一个或另一个可以被配置成接收例如来自输入端子 110、另一变容二极管或某其它源的 RF 信号。n+ 欧姆接触 235 或 240 中的另一个可以被配置成将 RF 信号输出例如至输出端子 115、另一变容二极管或某其它源。

[0039] 能够看到，堆叠 200 的第一变容二极管和第二变容二极管可以共享阳极层 215。具体地，如上面所描述的，可以认为堆叠 200 的两个变容二极管是垂直堆叠的“后对后”配置。如上面所讨论的，与变容二极管层 210 或 225 的 z 高度，或接触层 205 或 230 的 z 高度相比，阳极层 215 的 z 高度可以相对小。这可以是因为层 215 的薄层电阻 (sheet resistance) 不明显地改变堆叠 200 的性能。

[0040] 因为堆叠 200 的两个变容二极管具有相同或相似的调谐特性（例如相对于电压的改变经历相似相等的电容改变）是重要的，所以相对于下部 n- 变容二极管层 225 的掺杂，顶部 n- 变容二极管层 210 的外延掺杂可以被选择为一致的，但是相反的。关于 n- 变容二极管层 210 和 225 所共享的 p+ 阳极层 215 对称的这两个 n- 变容二极管层 210 和 225 可以形成两个变容二极管的耗尽层。两个 n- 变容二极管层 210 和 225 也可以用作变容二极管电容器电介质，并且可以用突变 (abrupt)、超突变 (hyper abrupt) 或线性掺杂分布 (linear doping profile) 来产生 n- 变容二极管层 210 和 225。在其它实施方式中，也可以采用适合于本申请的一个或更多个其它掺杂分布。

[0041] 堆叠 200 可以表现出相对于之前存在的复合变容二极管的若干个清楚的优点。例如，与之前存在的复合变容二极管架构相比，堆叠 200 可以使能够实现的每单位裸片面积的有效电容几乎加倍。有效电容的这种增加可以导致实现在高堆叠程度下的更高性能，所

述高堆叠程度是满足具有挑战性的互调性能要求所需要的。可以在下面关于图 4 和 5 来描述与砷化镓晶格匹配的变容二极管的具体实现方式。然而,在其它实施方式中,堆叠 200 中的一个或更多个层可以包括硅、磷化铟或其它合适的材料。在实施方式中,如下面关于图 4 和 5 进一步详细描述,可以插入蚀刻阻挡层 (etch stoplayer) 以便于堆叠 200 的构建。

[0042] 堆叠 200 可以提供另外的优点。在常规的二极管堆叠中,如关于图 1 所讨论的,RF 信号可以经由底部 n+ 接触层在“后对后”配置的两个变容二极管之间流动。然而,该 n+ 接触层通常可以具有显著的电阻率,在 5 欧姆或更高欧姆的量级。该电阻率可以助于变容二极管中的传导性损失,从而降低变容二极管的品质因数。然而,在堆叠 200 中,RF 能量可以直接通过两个变容二极管的相对薄的共享 p+ 阳极层,从而将经受明显减小的传导性损失。

[0043] 图 3 描绘了可以包括“前对前”配置的两个变容二极管的变容二极管堆叠 300 的替代性实施方式。第一变容二极管可以包括 n- 变容二极管层 310、p+ 阳极层 345 和 n+ 接触层 350。n- 变容二极管层 310 可以与图 2 的 n- 变容二极管层 210 相似。p+ 阳极层 345 可以与 p+ 阳极层 215 相似。n+ 接触层 350 可以与 n+ 接触层 205 相似。然而,在堆叠 300 中,在一些实施方式中 p+ 阳极层 345 可以具有近似 $0.05\ \mu\text{m}$ 和近似 $1.0\ \mu\text{m}$ 之间的 z 高度,而 n+ 接触层 350 可以具有近似 $0.05\ \mu\text{m}$ 和近似 $0.5\ \mu\text{m}$ 之间的 z 高度。在特定实施方式中,p+ 阳极层 345 的 z 高度可以为近似 $0.3\ \mu\text{m}$,而 n+ 接触层 350 的 z 高度可以为近似 $0.3\ \mu\text{m}$ 。

[0044] 堆叠 300 可以还包括第二变容二极管,该第二变容二极管可以包括 n+ 接触层 350、n- 变容二极管层 325 和 p+ 阳极层 355。n- 变容二极管层 325 可以与上面所讨论的 n- 变容二极管层 310 相似。p+ 阳极层 355 可以与上述 p+ 阳极层 345 相似。如上面关于图 2 的堆叠 200 所讨论的,替代于堆叠的两个变容二极管共享阳极层,堆叠 300 的两个变容二极管可以共享 n+ 接触层,从而产生上述“面对面”配置。在一些实施方式中,n+ 接触层 350 的 z 高度可以小于 p+ 阳极层 345 或 355 的 z 高度。这可以是因为,如上面所讨论的,层 350 的薄层电阻不明显地改变堆叠 300 的性能。

[0045] 堆叠 300 可以还包括 n+ 欧姆接触 360,其可以与上面所讨论的 n+ 欧姆接触 235 或 240 相似。在堆叠 300 中,欧姆接触 360 可以与 n+ 接触层 350 耦接,并且被配置成接收来自直流电源 125 的电力。在堆叠 300 中,直流电源 125 可以向欧姆接触 360 提供正电压,以及通过欧姆接触 360 向 n+ 接触层 350 提供正电压。该正电压可以导致比 p+ 阳极层 345 和 / 或 355 的电压高的 n+ 接触层 350 的电压。如上面所描述的, n+ 接触层 350 处的这种较高电压可以导致堆叠 300 的变容二极管被反向偏置。

[0046] 最后,堆叠 300 可以另外包括诸如欧姆接触 365 和 370 的一个或更多个 p+ 欧姆接触。具体地, p+ 欧姆接触 370 或 365 可以与图 2 中的 p+ 欧姆接触 220 类似。

[0047] 图 4 描绘了堆叠 400 的具体示例,其可以与图 2 的堆叠 200 相似。具体地,堆叠 400 可以包括 n+ 接触层 405 和 n- 变容二极管层 410 及 425,其可以分别与图 2 的元件 205、210 和 225 相似。类似地,堆叠 400 可以包括诸如欧姆接触 435 和 440 的一个或更多个 n+ 欧姆接触,以及诸如欧姆接触 420 的一个或更多个 p+ 欧姆接触,其可以分别与欧姆接触 235、240 和 220 相似。

[0048] 在堆叠 400 中可以用位于 p+ 阳极接触层的两个层之间的一个或更多个蚀刻阻挡层来分割 p+ 阳极接触层。如图 4 中示出的,作为 p+ 蚀刻阻挡层的蚀刻阻挡层 475 可以位于顶部 p+ 阳极接触层 415 和底部 p+ 阳极接触层 417 之间。类似地,可以用诸如 n+ 蚀刻阻

挡层的一个或更多个蚀刻阻挡层来将底部 n+ 接触层分割成两个单独的层,所述 n+ 蚀刻阻挡层位于所述两个单独的层之间。例如,在堆叠 400 中 n+ 接触层可以被分成上部 n+ 接触层 430 和下部 n+ 接触层 432。蚀刻阻挡层 480 可以位于 n+ 接触层的两个层之间。

[0049] 在实施方式中,一个或更多个接触层 405、430 和 432,变容二极管层 410 和 425,以及阳极接触层 415 和 417 可以包括掺杂的砷化镓。在实施方式中,蚀刻阻挡层 475 和 480 可以包括掺杂的砷化铝镓 (aluminum galliumarsenide) 或磷化铟镓 (indium gallium phosphide)。

[0050] 图 5 描绘了堆叠 500 的特定示例,其可以与图 3 的堆叠 300 相似。具体地,堆叠 500 可以包括 p+ 阳极层 545 和 n- 变容二极管层 510 及 525,其可以分别与图 3 的元件 345、310 及 325 相似。类似地,堆叠 500 可以包括一个或更多个 n+ 欧姆接触 560,以及 p+ 欧姆接触 565 或 570,其可以分别与图 3 的欧姆接触 360、365 和 370 相似。

[0051] 可以用诸如 n+ 蚀刻阻挡层的蚀刻阻挡层将 n+ 接触层分成两个单独的层,所述 n+ 蚀刻阻挡层位于所述两个单独的层之间。如图 5 中示出的,堆叠 500 可以包括顶部 n+ 接触层 550 和底部 n+ 接触层 552,蚀刻阻挡层 575 位于它们之间。蚀刻阻挡层 575 可以与图 4 的蚀刻阻挡层 475 相似。

[0052] 类似地,可以用诸如 p+ 蚀刻阻挡层的蚀刻阻挡层将堆叠 500 的底部 p+ 阳极层分成两个单独的层,所述 p+ 蚀刻阻挡层位于所述两个单独的层之间。具体地,可以用蚀刻阻挡层 580 将 p+ 阳极层分成顶部 p+ 阳极层 555 和底部 p+ 阳极层 557,所述蚀刻阻挡层 580 位于顶部 p+ 阳极层 555 和底部 p+ 阳极层 557 之间。蚀刻阻挡层 580 可以与图 4 的蚀刻阻挡层 480 相似。

[0053] 在实施方式中,一个或更多个接触层 550 及 552,变容二极管层 525 及 510,和阳极层 545、555 及 557 可以包括砷化镓。

[0054] 图 6 描绘了用于形成诸如堆叠 200、300、400 或 500 的堆叠的示例方法。具体地,可以在 600 处沉积第一变容二极管的接触层。接触层例如可以是 p+ 阳极层 355、555、557。替选地,接触层例如可以是 n+ 接触层 230、430 或 432。具体地,可以基于是否正在构建堆叠 200、300、400 或 500 来选择接触层的类型。在一些实施方式中,接触层的沉积可以包括诸如蚀刻阻挡层 480 或 580 的蚀刻阻挡层的沉积。

[0055] 接下来,在 605 处可以沉积第一变容二极管的变容二极管层。具体地,变容二极管层可以是诸如层 225、325、425 或 525 的 n- 变容二极管层。在沉积变容二极管层之后,该过程可以包括在 610 处沉积第一变容二极管和第二变容二极管的公共接触层。公共接触层例如可以是 p+ 阳极层 215、415 或 417。替选地,公共接触层可以是 n+ 接触层 350、550 或 552。具体地,可以基于是否正在构建堆叠 200、300、400 或 500 来选择公共接触层。在一些实施方式中,公共接触层的沉积可以包括诸如蚀刻阻挡层 475 或 575 的蚀刻阻挡层的沉积。

[0056] 在 610 处沉积公共接触层之后,该过程接下来包括在 615 处沉积第二变容二极管的变容二极管层。具体地,第二变容二极管层可以是诸如层 210、310、410 或 510 的 n- 变容二极管层。最后,该过程可以包括在 620 处沉积第二变容二极管的接触层。具体地,接触层可以是诸如层 205 或 405 的 n+ 接触层。在其它实施方式中,第二接触层可以是诸如层 345 或 545 的 p+ 阳极层。具体地,可以基于是否正在构建堆叠 200、300、400 或 500 来选择接触层的类型。

[0057] 在一些实施方式中,该过程可以包括另外的或替代的步骤。例如,在一些实施方式中,欧姆接触可以被沉积到堆叠上。在其它实施方式中,可以按照与图 6 中图示的顺序的不同顺序来沉积一个或更多个层。例如,在一些实施方式中可以互相平行地沉积两个层。

[0058] 堆叠 200、300、400 或 500 可以被结合进多种系统。在图 7 中图示了示例系统 700 的框图。如示出的,系统 700 包括电源放大器 (PA) 模块 702,在一些实施方式中该电源放大器模块 702 可以是射频 (RF) PA 模块。如图示的,系统 700 可以包括与 PA 模块 702 耦接的收发器 704。PA 模块 702 可以包括一个或更多个堆叠 200、300、400 或 500。在各种实施方式中,堆叠 200、300、400 或 500 可以被另外地 / 替代地包括在收发器 704 中以提供例如上转换,或被包括在天线开关模块 (ASM) 706 中以提供各种切换功能。

[0059] PA 模块 702 可以接收来自收发器 704 的 RF 输入信号 RFin。PA 模块 702 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 两者可以是发送链的一部分,在图 7 中分别用 Tx-RFin 和 Tx-RFout 来表示。

[0060] 可以向 ASM 706 提供放大的 RF 输出信号 RFout,这实现了经由天线结构 708 的 RF 输出信号 RFout 的空中下载 (over-the-air) (OTA) 发送。ASM 706 也可以经由天线结构 708 接收 RF 信号,并且沿着接收链将接收的 RF 信号 Rx 耦合至收发器 704。

[0061] 在各种实施方式中,天线结构 708 可以包括一个或更多个定向和 / 或全向天线,包括例如偶极天线、单极天线、贴片天线,环形天线,微带天线或适合 RF 信号的 OTA 发送 / 接收的任何其它类型的天线。

[0062] 系统 700 可以适合于地面和卫星通信、雷达系统中的任何一个或更多个,并且可能地适合于各种工业和医疗应用。更具体地,在各种实施方式中,系统 700 可以是雷达设备、卫星通信设备、移动计算设备 (例如电话、平板电脑、膝上型计算机等)、基站、广播电台或电视放大器系统中所选择的一种。

[0063] 虽然已经关于上述图示的实施方式描述了本公开内容,但本领域普通技术人员将明白,在不偏离本公开内容的范围的情况下,设计用以实现相同目的的广泛种类的替代和 / 或等效实现方式也可以用来代替所示出和描述的特定实施方式。本领域技术人员将容易明白可以采用广泛种类的实施方式来实现本公开内容的教导。本说明意在被视为示例性的而不是限制性的。

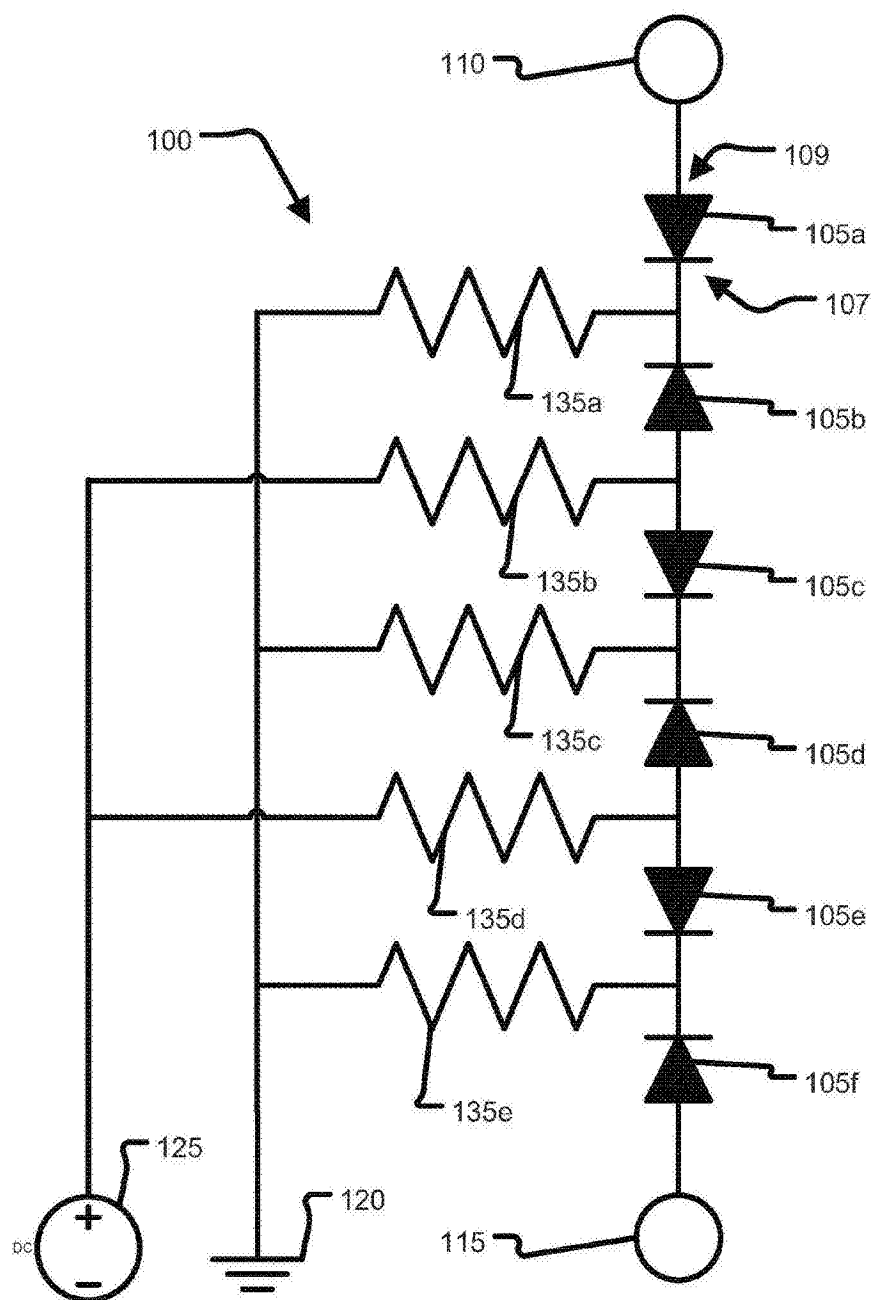


图 1

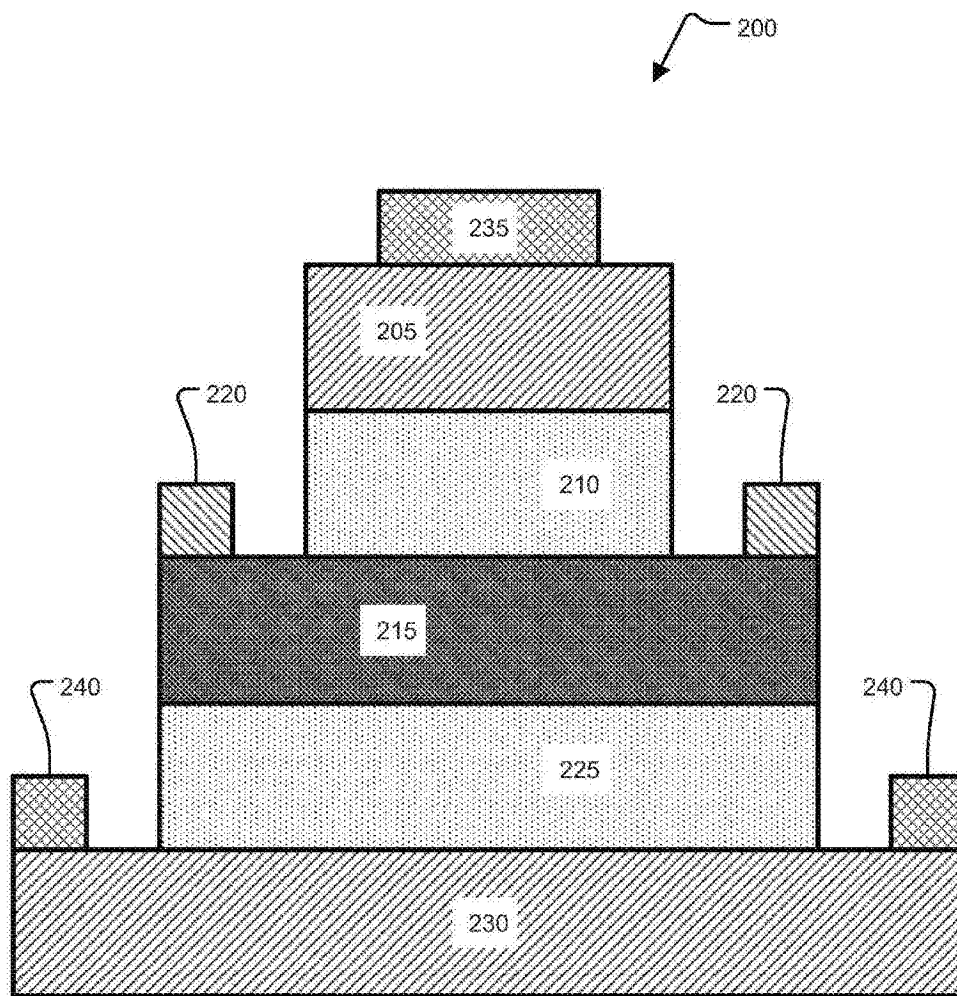


图 2

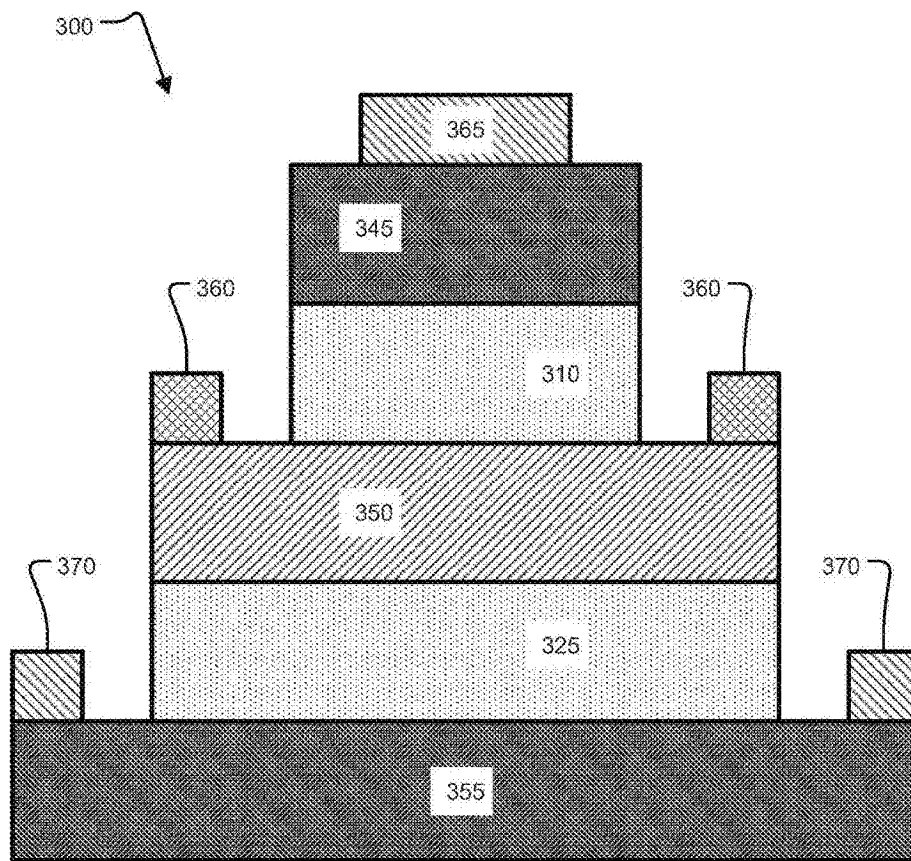


图 3

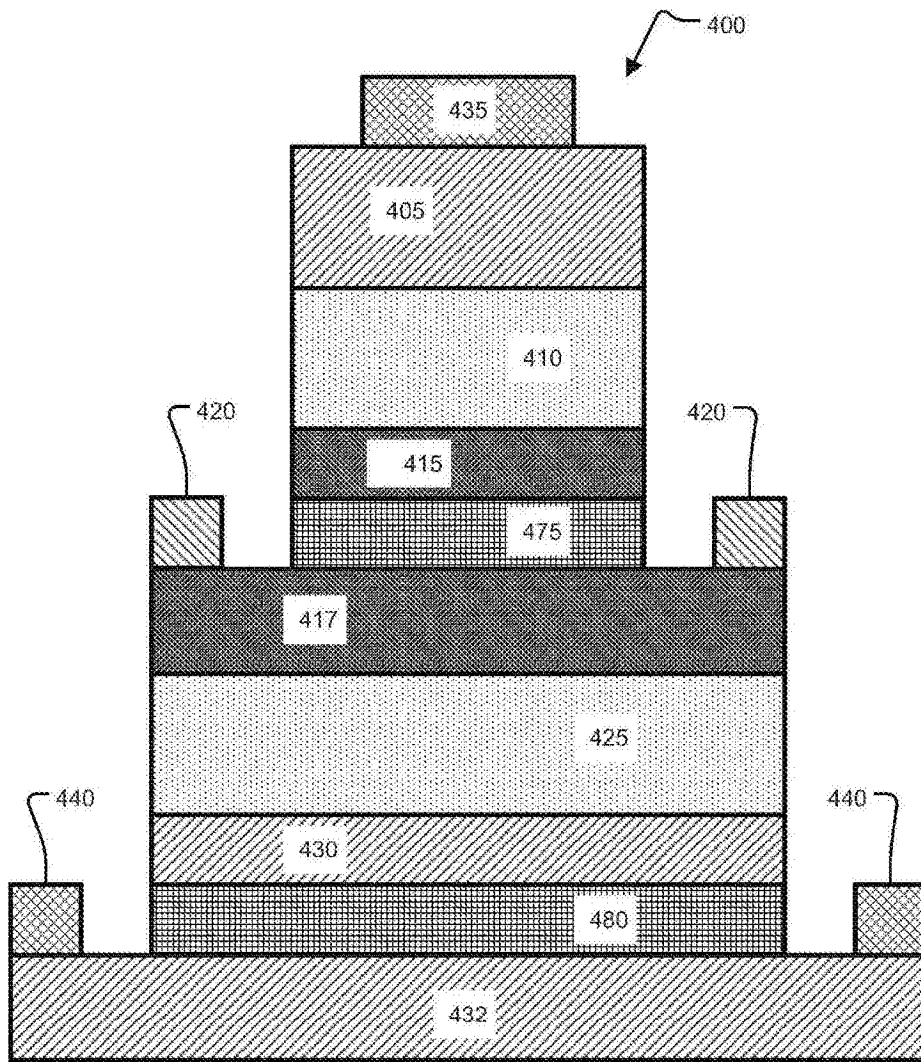


图 4

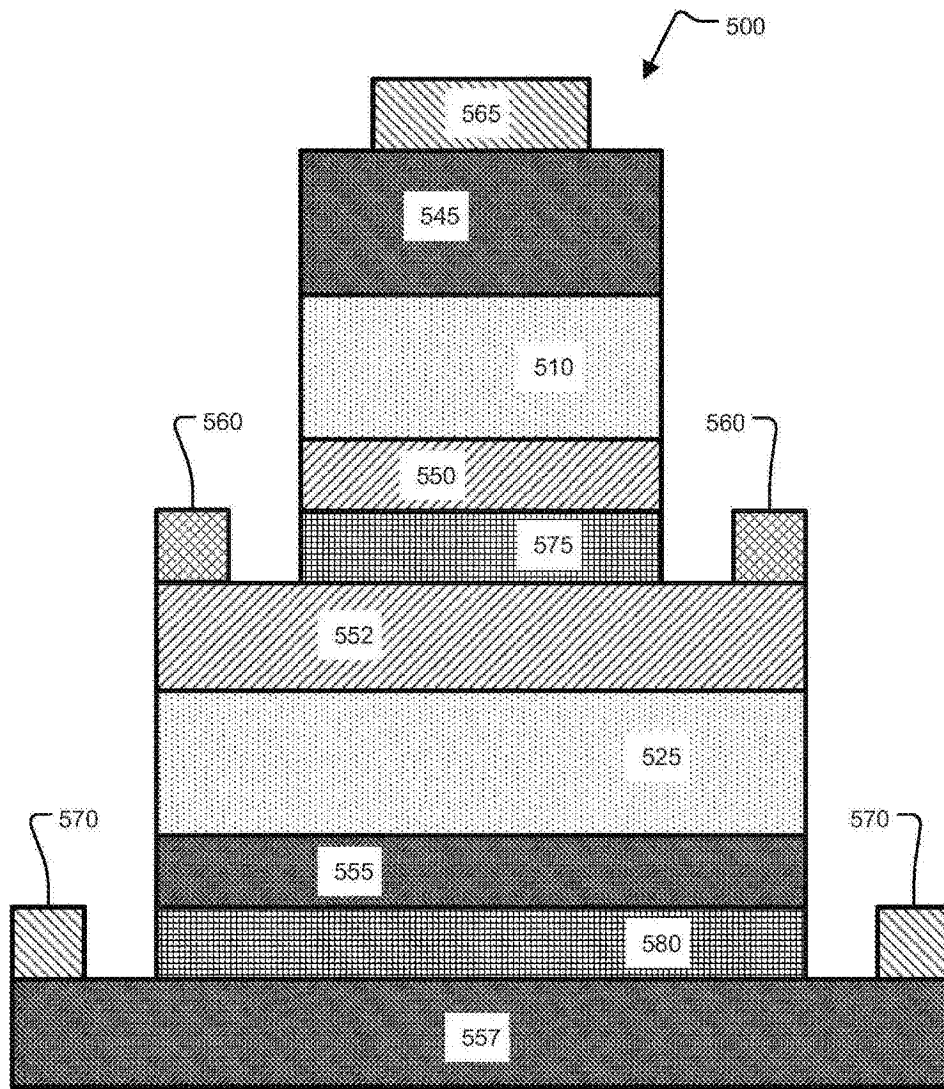


图 5

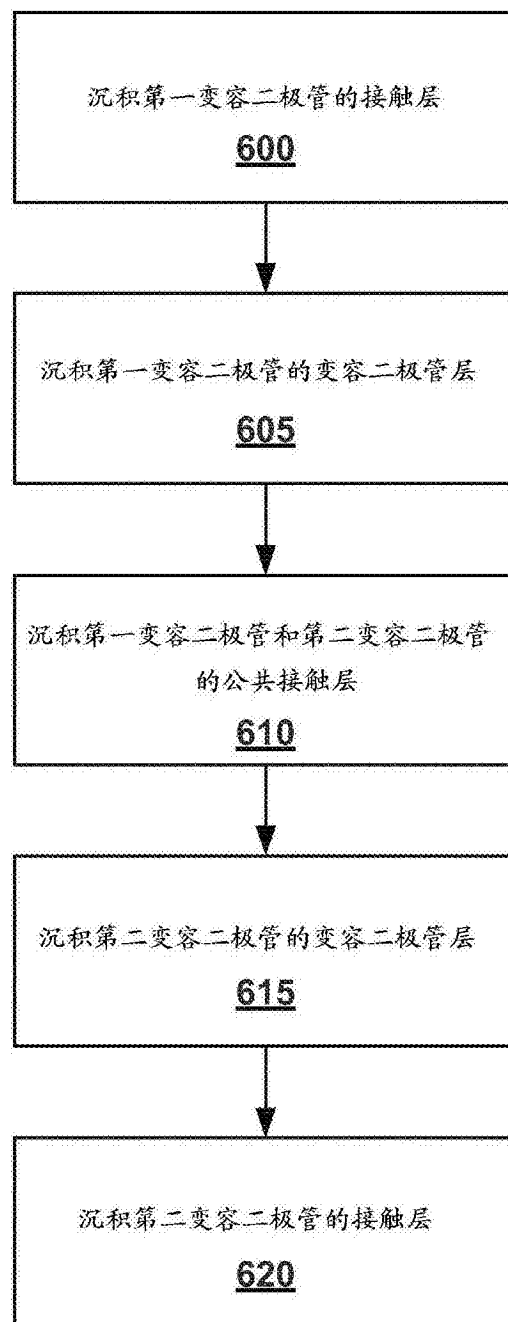


图 6

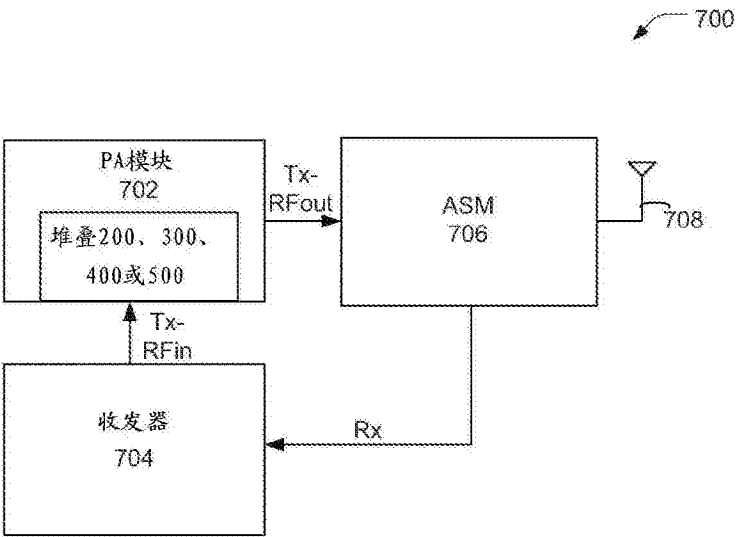


图 7