



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114070279 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 18

(21) 申请号 202110446171.7

(22) 申请日 2021.04.25

(30) 优先权数据

10-2020-0096227 2020.07.31 KR

(71) 申请人 三星电机株式会社

地址 韩国京畿道水原市

(72) 发明人 林锺模 黄圆善 赵炳学 罗裕森

许荣植

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

公司 11286

代理人 赵晓旋 钱海洋

(51) Int. Cl.

H03K 17/081 (2006.01)

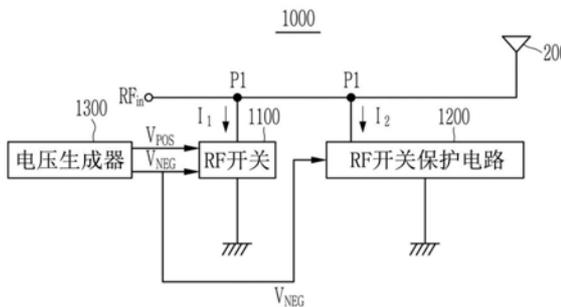
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

射频开关系统、射频开关保护电路及其保护方法

(57) 摘要

提供了一种射频 (RF) 开关系统、RF 开关保护电路及其保护方法。所述 RF 开关系统可包括第一 RF 开关和保护电路。所述第一 RF 开关可连接在接收 RF 信号的端口与地之间。所述保护电路可检测作为在所述第一 RF 开关断开时生成的电压的第一电压，并且可为所述端口供应基于所述第一电压而变化的阻抗值。



1. 一种射频开关系统,包括:  
第一射频开关,连接在接收射频信号的端口与地之间;以及  
保护电路,被配置为检测在所述第一射频开关断开时生成的第一电压,并且为所述端口供应阻抗值,  
其中,所述阻抗值基于检测到的所述第一电压而变化。
2. 根据权利要求1所述的射频开关系统,其中,所述保护电路连接在所述端口与所述地之间。
3. 根据权利要求1所述的射频开关系统,其中,当检测到的所述第一电压升高时,所述阻抗值降低。
4. 根据权利要求1所述的射频开关系统,其中:  
所述第一射频开关包括至少一个晶体管,并且  
所述第一电压被施加到所述至少一个晶体管中的每个晶体管的栅极和基体中的至少一个。
5. 根据权利要求4所述的射频开关系统,所述射频开关系统还包括:  
电压生成器,被配置为生成所述第一电压,并且将生成的所述第一电压施加到所述至少一个晶体管中的每个晶体管的栅极和基体中的至少一个,  
其中,所述第一电压是负电压。
6. 根据权利要求1所述的射频开关系统,所述射频开关系统还包括:  
第二射频开关,连接在所述端口与天线之间,并且被配置为对所述射频信号到所述天线的传输进行开关,  
其中,所述第二射频开关被配置为在所述第一射频开关接通时断开。
7. 根据权利要求1所述的射频开关系统,其中:  
所述第一射频开关的第一端连接到所述端口,  
所述第一射频开关的第二端与所述地之间连接有阻抗组件,并且  
所述第一射频开关被配置为接通或断开所述阻抗组件的连接路径,以调谐天线。
8. 根据权利要求1所述的射频开关系统,其中:  
所述第一射频开关包括第二射频开关和第三射频开关,  
所述第二射频开关的第一端连接到所述端口,  
所述第二射频开关的第二端与所述地之间连接有阻抗组件,  
所述第三射频开关连接在所述第二射频开关的所述第二端与所述地之间,并且  
当所述第二射频开关和所述第三射频开关中的至少一个断开时,生成所述第一电压。
9. 根据权利要求1所述的射频开关系统,其中:  
所述保护电路包括:  
电压检测器,被配置为接收所述第一电压,并且生成对应于所述第一电压的第二电压;  
以及  
阻抗变化单元,被配置为为所述端口供应根据所述第二电压而变化的阻抗值。
10. 根据权利要求9所述的射频开关系统,其中:  
所述阻抗变化单元包括:  
至少一个晶体管,所述至少一个晶体管的第一端连接到所述端口;以及

阻抗组件,连接在所述至少一个晶体管与所述地之间,并且  
所述至少一个晶体管的阻抗值基于所述第二电压的控制来改变。

11. 根据权利要求10所述的射频开关系统,其中,所述阻抗变化单元还包括电压限制器,所述电压限制器连接在所述端口与所述至少一个晶体管之间。

12. 根据权利要求9所述的射频开关系统,其中:

所述阻抗变化单元包括:

电压限制器,所述电压限制器的第一端连接到所述端口;

可变电容器,所述可变电容器的第一端连接到所述电压限制器的第二端;以及

阻抗组件,连接在所述可变电容器的第二端与所述地之间,并且

所述可变电容器的阻抗值基于所述第二电压的控制来改变。

13. 根据权利要求10所述的射频开关系统,其中:

所述阻抗变化单元还包括可变电容器,所述可变电容器连接在所述端口与所述至少一个晶体管的所述第一端之间,并且

所述可变电容器的阻抗值基于所述第二电压的控制来改变。

14. 一种射频开关保护电路,所述射频开关保护电路保护连接在接收射频信号的端口与地之间的射频开关,所述射频开关保护电路包括:

电压检测器,被配置为检测施加到所述射频开关以使所述射频开关断开的第一电压;以及

阻抗变化单元,被配置为在所述端口与所述地之间供应根据所述第一电压而变化的阻抗值。

15. 根据权利要求14所述的射频开关保护电路,其中,当所述第一电压升高时,所述阻抗值降低。

16. 根据权利要求15所述的射频开关保护电路,其中:

所述射频开关包括多个晶体管,

所述第一电压被施加到所述多个晶体管中的每个晶体管的基体,

所述第一电压预定为负电压,并且

当所述射频开关的两端处的电压增大时,所述第一电压升高到比所述负电压高的水平。

17. 根据权利要求16所述的射频开关保护电路,其中,所述阻抗变化单元包括晶体管和可变电容器中的至少一者,所述晶体管具有基于所述第一电压而变化的阻抗值。

18. 根据权利要求17所述的射频开关保护电路,其中,所述阻抗变化单元还包括电压限制器,所述电压限制器包括至少一个二极管,并且连接在所述端口与至少一个元件之间。

19. 一种用于保护连接在接收射频信号的端口与地之间的射频开关的方法,所述方法包括:

检测施加到所述射频开关以使所述射频开关断开的第一电压;

当所述第一电压等于第二电压时,在所述端口与所述地之间供应第一阻抗值;以及

当所述第一电压是比所述第二电压高的第三电压时,在所述端口与所述地之间供应比所述第一阻抗值低的第二阻抗值。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中:

所述第二电压是负电压,并且  
当所述射频开关的两端处的电压增大时,所述第一电压升高到所述第三电压。

## 射频开关系统、射频开关保护电路及其保护方法

### 技术领域

[0001] 以下描述涉及一种射频开关系统、射频开关保护电路及其保护方法。

### 背景技术

[0002] 射频 (RF) 开关表示在通信模块的发射端和接收端中通常使用的元件,并且用于使得 RF 信号通过或者将 RF 信号旁路到地。RF 开关还可用于改变天线的使用频率,并且 RF 开关可连接在天线与阻抗组件之间,以对阻抗组件到天线的连接进行开关。

[0003] 承受高功率的 RF 信号的耐受电压特性是 RF 开关中的重要方面。当 RF 开关断开时,施加高电压,因此 RF 开关的线性度可能受到影响并且 RF 开关可能被损坏。断开的开关应承受的电压受到限制,因此 RF 开关通过用于串联连接多级晶体管的方法来实现,以防止 RF 开关击穿。当通过实施串联的多级晶体管来实现 RF 开关时,可减小分配给一个晶体管的电压,以防止 RF 开关击穿。

[0004] 当向来自多级晶体管之中的特定级分配高电压时,RF 开关可能被击穿。为了解决这种问题,可串联连接更多的晶体管。然而,当使用很多晶体管时,RF 开关的导通阶段的特性可能劣化。为了应对这种情况,可增加晶体管的总宽度,然而,这会增大集成电路的尺寸。

[0005] 以上信息仅作为背景信息来呈现,以帮助理解本公开。上述记载不应被解释为这些内容属于本公开的现有技术。

### 发明内容

[0006] 提供本发明内容以按照简化的形式对选择的构思进行介绍,下面在具体实施方式中进一步描述所述构思。本发明内容既不意在确定所要求保护的的主题的关键特征或必要特征,也不意在用作帮助确定所要求保护的的主题的范围。

[0007] 在一个总体方面,一种射频 (RF) 开关系统包括:第一 RF 开关,连接在接收 RF 信号的端口与地之间;以及保护电路,被配置为检测在所述第一 RF 开关断开时生成的第一电压,并且为所述端口供应阻抗值,其中,所述阻抗值基于检测到的所述第一电压而变化。

[0008] 所述保护电路可连接在所述端口与所述地之间。

[0009] 当检测到的第一电压升高时,所述阻抗值可降低。

[0010] 所述第一 RF 开关可包括至少一个晶体管,并且所述第一电压可被施加到所述至少一个晶体管中的每个晶体管的栅极和基体中的至少一个。

[0011] 所述 RF 开关系统还可包括电压生成器,所述电压生成器被配置为生成所述第一电压,并且将生成的所述第一电压施加到所述至少一个晶体管中的每个晶体管的栅极和基体中的至少一个,其中,所述第一电压是负电压。

[0012] 所述 RF 开关系统还可包括第二 RF 开关,所述第二 RF 开关连接在所述端口与天线之间,并且可被配置为对所述 RF 信号到所述天线的传输进行开关,其中,所述第二 RF 开关可被配置为在所述第一 RF 开关接通时断开。

[0013] 所述第一 RF 开关的第一端可连接到所述端口,所述第一 RF 开关的第二端与所述地

之间可连接有阻抗组件,并且所述第一RF开关可被配置为接通或断开所述阻抗组件的连接路径,以调谐天线。

[0014] 所述第一RF开关可包括第二RF开关和第三RF开关,所述第二RF开关的第一端可连接到所述端口,所述第二RF开关的第二端与所述地之间可连接有阻抗组件,所述第三RF开关可连接在所述第二RF开关的所述第二端与所述地之间,并且当所述第二RF开关和所述第三RF开关中的至少一个断开时,生成所述第一电压。

[0015] 所述保护电路可包括:电压检测器,被配置为接收所述第一电压,并且生成对应于所述第一电压的第二电压;以及阻抗变化单元,被配置为为所述端口供应可根据所述第二电压而变化的阻抗值。

[0016] 所述阻抗变化单元可包括:至少一个晶体管,所述至少一个晶体管的第一端连接到所述端口;以及阻抗组件,连接在所述至少一个晶体管与所述地之间,并且所述至少一个晶体管的阻抗值基于所述第二电压的控制来改变。

[0017] 所述阻抗变化单元还可包括电压限制器,所述电压限制器连接在所述端口与所述至少一个晶体管之间。

[0018] 所述阻抗变化单元可包括:电压限制器,所述电压限制器的第一端连接到所述端口;可变电容器,所述可变电容器的第一端连接到所述电压限制器的第二端;以及阻抗组件,连接在所述可变电容器的第二端与所述地之间,并且所述可变电容器的阻抗值基于所述第二电压的控制来改变。

[0019] 所述阻抗变化单元还可包括可变电容器,所述可变电容器连接在所述端口与所述至少一个晶体管的所述第一端之间,并且所述可变电容器的阻抗值基于所述第二电压的控制来改变。

[0020] 在一个总体方面,一种保护连接在接收RF信号的端口与地之间的RF开关的射频(RF)开关保护电路包括:电压检测器,被配置为检测施加到所述RF开关以使所述RF开关断开的第一电压;以及阻抗变化单元,被配置为在所述端口与所述地之间供应根据所述第一电压而变化的阻抗值。

[0021] 当所述第一电压升高时,所述阻抗值可降低。

[0022] 所述RF开关可包括多个晶体管,所述第一电压可被施加到所述多个晶体管中的每个晶体管的基体,所述第一电压可预定为负电压,并且当所述RF开关的两端处的电压增大时,所述第一电压可升高到比所述负电压高的水平。

[0023] 所述阻抗变化单元可包括晶体管和可变电容器中的至少一者,所述晶体管具有基于所述第一电压而变化的阻抗值。

[0024] 所述阻抗变化单元还可包括电压限制器,所述电压限制器包括至少一个二极管,并且连接在所述端口与至少一个元件之间。

[0025] 在一个总体方面,一种用于保护连接在接收RF信号的端口与地之间的射频(RF)开关的方法包括:检测施加到所述RF开关以使所述RF开关断开的第一电压;当所述第一电压等于第二电压时,在所述端口与所述地之间供应第一阻抗值;以及当所述第一电压是比所述第二电压高的第三电压时,在所述端口与所述地之间供应比所述第一阻抗值低的第二阻抗值。

[0026] 所述第二电压可以是负电压,并且当所述RF开关的两端处的电压增大时,所述第

一电压可升高到所述第三电压。

[0027] 通过以下具体实施方式、附图和权利要求,其他特征和方面将是显而易见的。

### 附图说明

[0028] 图1示出了根据一个或多个实施例的示例RF开关。

[0029] 图2示出了根据一个或多个实施例的示例RF开关。

[0030] 图3示出了根据一个或多个实施例的示例RF开关系统。

[0031] 图4示出了图3的示例RF开关。

[0032] 图5示出了根据一个或多个实施例的示例RF开关保护电路的框图。

[0033] 图6示出了根据一个或多个实施例的RF开关系统的操作的概念图。

[0034] 图7A至图7D示出了根据一个或多个实施例的示例RF开关保护电路。

[0035] 图8示出了根据示例性实施例的电压限制器。

[0036] 在整个附图和具体实施方式中,相同的附图标记指示相同的元件。附图可不按照比例绘制,为了清楚、说明及便利起见,可夸大附图中的元件的相对尺寸、比例和描绘。

### 具体实施方式

[0037] 提供下面的具体实施方式以帮助读者获得对在此描述的方法、设备和/或系统的全面理解。然而,在理解本公开之后,在此描述的方法、设备和/或系统的各种改变、修改和等同方案将是显而易见的。例如,在此描述的操作的顺序仅仅是示例,并且不限于在此阐述的顺序,而是除了必须以特定顺序发生的操作之外,可做出在理解本公开之后将是显而易见的改变。此外,为了更加清楚和简洁,可省略对本领域已知的特征的描述。

[0038] 在此描述的特征可以以不同的形式实施,并且将不被解释为限于在此描述的示例。更确切地说,已经提供在此描述的示例,仅是为了示出在理解本公开之后将是显而易见的实现在此描述的方法、设备和/或系统的许多可行方式中的一些可行方式。

[0039] 在整个说明书中,当诸如层、区域或基板的元件被描述为“在”另一元件“上”、“连接到”另一元件或“结合到”另一元件时,该元件可直接“在”所述另一元件“上”、直接“连接到”所述另一元件或直接“结合到”所述另一元件,或者可存在介于它们之间的一个或多个其他元件。相比之下,当元件被描述为“直接在”另一元件“上”、“直接连接到”另一元件或“直接结合到”另一元件时,可不存在介于它们之间的其他元件。如在此使用的,元件的“部分”可包括整个元件或少于整个元件。

[0040] 如在此使用的,术语“和/或”包括相关所列项中的任意一项以及任意两项或更多项的任意组合;同样地,“……中的至少一个”包括相关所列项中的任意一项以及任意两项或更多项的任意组合。

[0041] 尽管可在此使用诸如“第一”、“第二”和“第三”的术语来描述各种构件、组件、区域、层或部分,但是这些构件、组件、区域、层或部分将不受这些术语的限制。更确切地说,这些术语仅用来将一个构件、组件、区域、层或部分与另一构件、组件、区域、层或部分区分开。因此,在不脱离示例的教导的情况下,在此描述的示例中所提及的第一构件、第一组件、第一区域、第一层或第一部分也可被称作第二构件、第二组件、第二区域、第二层或第二部分。

[0042] 为了易于描述,在此可使用诸如“上方”、“上面”、“下方”、“下面”等的空间相对术

语来描述如附图中示出的一个元件与另一元件的关系。这样的空间相对术语意在除了包含附图中描绘的方位之外还包含装置在使用或操作中的不同方位。例如,如果附图中的装置被翻转,则描述为相对于另一元件位于“上方”或“上面”的元件则将相对于另一元件位于“下方”或“下面”。因此,术语“上方”根据装置的空间方位包括“上方”和“下方”两种方位。装置还可以以其他方式被定位(旋转90度或者处于其他方位),并且将相应地解释在此使用的空间相对术语。

[0043] 在此使用的术语仅用于描述各种示例且不用于限制本公开。除非上下文另外清楚地指出,否则单数形式也意在包括复数形式。描述中的术语“包括”、“包含”、“被配置为”、“具有”等列举存在所陈述的特征、数量、步骤、操作、构件、元件、部分和/或它们的组合,但是不排除存在或添加一个或更多个其他特征、数量、步骤、操作、构件、元件、部分和/或它们的组合。

[0044] 在此描述的示例的特征可按照在理解本公开之后将是显而易见的各种方式进行组合。此外,尽管在此描述的示例具有各种构造,但是在理解本公开之后将是显而易见的其他构造是可行的。

[0045] 由于制造技术和/或公差,可发生附图中所示的形状的变化。因此,在此描述的示例不限于附图中所示的具体形状,而是包括制造期间发生的形状的改变。

[0046] 在整个说明书中,RF信号可具有根据以下协议的格式:由Wi-Fi (IEEE 802.11族等)、WiMAX (IEEE 802.16族等)、IEEE 802.20、LTE (长期演进)、Ev-DO、HSPA+、HSDPA+、HSUPA+、EDGE、GSM、GPS、GPRS、CDMA、TDMA、DECT、蓝牙、3G、4G、5G以及后续标准指定的其他随机无线和有线协议。

[0047] 图1示出了根据一个或更多个实施例的示例RF开关。

[0048] 参照图1,RF开关100a可位于RF信号线上,以将RF信号传输到天线200。RF开关100a可连接在接收RF信号的端子 $RF_{in}$ 与天线200之间,并且可对RF信号在接收RF信号的端子( $RF_{in}$ )与天线200之间的传输进行开关。

[0049] RF开关100b可连接在接收RF信号的端子( $RF_{in}$ )与地之间,以允许RF信号被旁路到地。当RF开关100b接通时,RF开关100b可使得RF信号被旁路到地。在示例中,当RF开关100a断开时,RF开关100b可接通,以使得RF信号被旁路到地。当RF开关100a接通时,RF开关100b可断开,并且RF信号可被传输到天线200。在图1中,RF开关100a与RF开关100b接触的节点被标记为N1,并且在示例中,节点N1可以是接收RF信号的端子( $RF_{in}$ )。

[0050] 图2示出了根据一个或更多个实施例的示例RF开关。

[0051] 参照图2,RF开关100c可连接在天线200与阻抗组件300之间,以改变天线200的阻抗。也就是说,RF开关100c的第一端可连接到天线200和接收RF信号的端子( $RF_{in}$ ),并且阻抗组件300可连接在RF开关100c的第二端与地之间。作为非限制性示例,阻抗组件300可包括电阻器、电容器和电感器中的至少一种。当RF开关100c接通时,天线200的阻抗可通过阻抗组件300改变。因此,天线200可支持各种频带。也就是说,根据RF开关100c是接通还是断开,可改变天线200可支持的频带。

[0052] 参照图2,RF开关100d可位于RF开关100c的第二端与地之间。当RF开关100c接通时,RF开关100d可断开,并且当RF开关100c断开时,RF开关100d可接通。具体地,可通过交替开关RF开关100c和RF开关100d来调谐天线200。在图2中,RF开关100c与天线200接触的节点

被标记为N2,并且RF开关100c与RF开关100d接触的节点被标记为N3。

[0053] 为了更好地理解和易于描述,在图2中设置了一个RF开关100c、一个RF开关100d和一个阻抗组件300。然而,RF开关100c和100d以及阻抗组件300的数量可以是多个,以支持各种频带。

[0054] 在参照图1和图2描述的开关之中,连接在预定端口与地之间的开关可在其断开时接收RF信号的高电压,因此可能产生击穿。也就是说,RF开关100b、RF开关100c和RF开关100d可分别连接在预定端口与地之间,并且当它们断开时,可被施加RF信号的高电压,因此保护功能会是有益的。RF开关100b、RF开关100c和RF开关100d可通过电压驻波比(VSWR)以及由RF信号引起的电压而接收进一步更高的电压。天线200的天线阻抗可根据各种使用条件而变化50欧姆,由此电压驻波比(VSWR)增大。通过在高电压驻波比(VSWR)条件下产生的反射波,可将更高的电压施加到断开的RF开关100b、RF开关100c和RF开关100d,由此可能产生击穿。现在将描述用于保护开关免于这种击穿的电路以及包括该电路的RF开关系统。

[0055] 图3示出了根据一个或更多个实施例的RF开关系统1000。

[0056] 参照图3,RF开关系统1000可包括RF开关1100、RF开关保护电路1200和电压生成器1300。

[0057] RF开关1100可连接在预定端口P1与地之间。在示例中,RF开关1100可以是参照图1和图2描述的RF开关100b、RF开关100c和RF开关100d中的一个。参照图3,预定端口P1可以是参照图1和图2描述的节点N1、N2和N3中的一个,并且可以是RF电路中的RF公共端口。RF开关1100从电压生成器1300接收接通电压或断开电压,并且被开关。

[0058] 电压生成器1300生成RF开关1100的接通电压和断开电压,并将生成的接通电压和断开电压供应给RF开关1100。参照图3,RF开关1100的接通电压被示出为 $V_{POS}$ ,并且RF开关1100的断开电压被示出为 $V_{NEG}$ 。接通电压( $V_{POS}$ )可以是正(+)电压,并且断开电压( $V_{NEG}$ )可以是负(-)电压。在示例中,电压生成器1300可利用电荷泵来实现,以将断开电压( $V_{NEG}$ )供应给RF开关1100。在此将不描述电压生成器1300生成接通电压( $V_{POS}$ )和断开电压( $V_{NEG}$ )的方法。

[0059] 图4示出了图3的示例RF开关1100。

[0060] 参照图4,根据一个或更多个实施例的RF开关1100可包括多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ ),并且晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )可彼此串联连接。也就是说,RF开关1100具有其中堆叠有多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )的结构。晶体管 $M_1$ 的漏极可连接到端口P1,晶体管 $M_2$ 的漏极可连接到晶体管 $M_1$ 的源极,并且晶体管 $M_n$ 的漏极可连接到晶体管 $M_{n-1}$ 的源极。这里,多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )可以是FET(场效应晶体管)、MOSFET(金属氧化物半导体场效应晶体管)或BJT(双极结型晶体管)。

[0061] 接通电压( $V_{POS}$ )或断开电压( $V_{NEG}$ )可施加到多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )的栅极G。

[0062] 当接通电压( $V_{POS}$ )被施加到栅极(G)时,多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )接通,并且当断开电压( $V_{NEG}$ )被施加到栅极(G)时,多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )断开。当开关1100断开时,断开电压( $V_{NEG}$ )被施加到多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )的基极B。

[0063] 当开关1100断开并且高电压被施加到开关1100的两端时,由电压生成器1300供应的断开电压( $V_{NEG}$ )可变为大于预定值。也就是说,作为负(-)电压的断开电压( $V_{NEG}$ )变得大于预定值。当开关1100断开时,多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )中的每个晶体管的漏极与源

极之间的电位差增大。当漏极的电位增大时,高的漏电流流到基体,并且产生比由电压生成器1300(电压生成器1300为基体(B)和栅极(G)供应负的断开电压( $V_{NEG}$ ))驱动的电流大的漏电流。因此,由电压生成器1300供应的负的断开电压( $V_{NEG}$ )变为大于预定值。在示例中,当断开电压( $V_{NEG}$ )被设置为-5V时,断开电压( $V_{NEG}$ )可能增大到大约0V的水平。这种现象将被称为栅极诱导漏极泄漏(GIDL)。当负的断开电压( $V_{NEG}$ )施加到多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )的栅极(G)和基体(B)时,可在多个晶体管( $M_1$ 、 $M_2$ 、……、 $M_{n-1}$ 、 $M_n$ )的栅极和漏极彼此重叠的部分中形成耗尽区。在这种情况下,当高电位被施加到漏极时,电子和空穴进入耗尽区。也就是说,电子由于漏极处的高电位而通过隧穿朝向漏极进入,这表示到基体的漏电流。负的断开电压( $V_{NEG}$ )使漏电流增大。换句话说,当RF开关1100断开并且RF开关1100的两端处的电压增大时,从电压生成器1300供应给RF开关1100的负的断开电压( $V_{NEG}$ )变为高于预定值。将要描述的RF开关保护电路1200检测负的断开电压( $V_{NEG}$ ),并且它可通过检测到的断开电压( $V_{NEG}$ )间接地检测在RF开关1100的两端处的高电压的施加。也就是说,RF开关保护电路1200根据检测到的断开电压( $V_{NEG}$ )执行保护操作。

[0064] RF开关保护电路1200接收由电压生成器1300供应的断开电压( $V_{NEG}$ ),检测接收到的断开电压( $V_{NEG}$ ),并且基于检测到的断开电压( $V_{NEG}$ )改变阻抗值。RF开关保护电路1200连接在端口P1与地之间,并且保护RF开关1100。RF开关保护电路1200可包括具有内部改变的阻抗值的元件,并且基于检测到的断开电压( $V_{NEG}$ )来改变阻抗值。在示例中,当检测到的断开电压( $V_{NEG}$ )增大时,RF开关保护电路1200可降低内部阻抗值,以允许RF开关1100处的电压(信号)旁路。因此,RF开关保护电路1200可保护可能发生击穿的RF开关1100。

[0065] 图5示出了根据一个或更多个实施例的示例RF开关保护电路1200的框图。

[0066] 如图5所示,RF开关保护电路1200可包括电压检测器1210和阻抗变化单元1220。

[0067] 电压检测器1210可检测从电压生成器1300供应给RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )。为了断开RF开关1100,电压生成器1300向RF开关1100的栅极和基体供应负的断开电压( $V_{NEG}$ )。电压检测器1210可接收施加到RF开关1100的栅极和基体中的至少一个端子的负的断开电压( $V_{NEG}$ ),并且可对其进行检测。将在本说明书的后面部分中详细地描述电压检测器1210检测负的断开电压( $V_{NEG}$ )的方法。电压检测器1210可检测负的断开电压( $V_{NEG}$ ),并且将与检测值相对应的检测电压 $V_{DET}$ 输出到阻抗变化单元1220。

[0068] 阻抗变化单元1220从电压检测器1210接收检测电压( $V_{DET}$ ),并且根据检测电压( $V_{DET}$ )改变内部阻抗值。当检测电压( $V_{DET}$ )增大(或升高)时,阻抗变化单元1220降低内部阻抗值。以这种方式降低的阻抗可被施加到RF开关1100的两端,因此可通过具有低阻抗值的RF开关保护电路1200来旁路RF开关1100的两端处的电压(信号)。

[0069] 图6示出了根据一个或更多个实施例的示例RF开关系统1000的操作的概念图。

[0070] 参照图6,水平轴表示RF开关1100的两端处的RF信号大小。RF信号大小可能因内部设计因素或外部环境因素(例如,VSWR的升高)而增大。S610指示根据RF信号大小的断开电压( $V_{NEG}$ )(当RF开关1100断开时施加到栅极或基体的电压)。S620指示根据RF信号大小的RF开关保护电路1200的阻抗值。

[0071] 参照图6的S610,当RF信号大小增大时,RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )增大。RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )的升高可由于栅极诱导漏极泄漏(GIDL)而产生。当RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )升高到等于或大于预定阈值 $V_{th}$ 时,RF开关保护电路1200减小内部阻抗值。当RF

开关保护电路1200的阻抗值减小时,从端口P1流过RF开关保护电路1200的电流 $I_2$ 增大。当RF开关保护电路1200的阻抗值减小时,从端口P1流到RF开关1100的电流 $I_1$ 减小。因此,可使施加到断开的RF开关1100的RF功率减小,并且可防止RF开关1100的击穿。

[0072] 现在将参照图7A至图7D描述RF开关保护电路1200的各种示例。

[0073] 图7A示出了根据一个或多个实施例的示例RF开关保护电路1200a。

[0074] 如图7A所示,RF开关保护电路1200a包括电压检测器1210和阻抗变化单元1220a。

[0075] 电压检测器1210可包括多个电阻器R1和R2。电阻器R1的第一端连接到电源电压 $V_{DD}$ ,并且电阻器R2的第一端连接到电阻器R1的第二端。电阻器R2的第二端连接到RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )。具体地,RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )被施加到电阻器R2的第二端。电阻器R1和电阻器R2彼此串联连接以形成电阻器列,并且电阻器R1与电阻器R2之间的节点处的电压对应于检测电压( $V_{DET}$ )。图7A示出了配置有两个电阻器R1和R2的电压检测器1210,并且电压检测器1210可配置有更多的电阻器列。

[0076] 检测电压( $V_{DET}$ )满足下面的式1。

[0077] 式1:

$$[0078] \quad V_{DET} = \frac{R2 \times V_{DD}}{R1 + R2} + \frac{R1 \times V_{NEG}}{R1 + R2}$$

[0079] 在式1中,电阻器R1和R2的电阻以及电源电压 $V_{DD}$ 可以是固定值,因此检测电压( $V_{DET}$ )根据RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )而改变。也就是说,电压检测器1210可产生随RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )而改变的检测电压( $V_{DET}$ )。

[0080] 阻抗变化单元1220a可包括缓冲器1221、晶体管单元1222和阻抗组件1223。

[0081] 缓冲器1221接收检测电压( $V_{DET}$ ),并且基于检测电压( $V_{DET}$ )驱动晶体管单元1222。

[0082] 晶体管单元1222可包括彼此串联连接的至少一个晶体管( $T_1$ 至 $T_N$ )。图7A示出了包括多个晶体管( $T_1$ 至 $T_N$ )的晶体管单元1222。然而,在示例中,晶体管单元1222可包括单个晶体管 $T_1$ 。

[0083] 多个晶体管( $T_1$ 至 $T_N$ )可分别通过栅极电阻器 $R_g$ 接收缓冲器1221的输出。晶体管 $T_1$ 的漏极可连接到端口P1,晶体管 $T_2$ 的漏极可连接到晶体管 $T_1$ 的源极,并且晶体管 $T_N$ 的漏极可连接到晶体管 $T_{N-1}$ 的源极。晶体管 $T_N$ 的源极连接到阻抗组件1223。作为非限制性示例,多个晶体管( $T_1$ 至 $T_N$ )可以是场效应晶体管(FET)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)或双极结型晶体管(BJT)。

[0084] 阻抗组件1223连接在晶体管单元1222与地之间。也就是说,阻抗组件1223可连接在晶体管 $T_N$ 的源极与地之间。作为非限制性示例,阻抗组件1223可包括电阻器、电容器和电感器中的至少一种,并且根据RF信号的频率提供预定阻抗值。

[0085] 当检测电压( $V_{DET}$ )增大(升高)时,缓冲器1221以高电压驱动(接通)晶体管单元1222。当晶体管单元1222接通时,阻抗变化单元1220a的总阻抗值( $Z_{SUM-ON}$ )对应于以下阻抗值之和:晶体管单元1222的与接通相对应的阻抗值及阻抗组件1223的阻抗值。当为了方便起见将晶体管单元1222的与接通相对应的阻抗值定为“ $R_{ON}$ ”时,阻抗变化单元1220a的总阻抗值( $Z_{SUM-ON}$ )表示为下面的式2。

[0086] 式2:

$$[0087] \quad Z_{SUM-ON} = R_{ON} + Z$$

[0088] 在式2中,  $Z$ 表示阻抗组件1223的阻抗值。

[0089] 当检测电压 ( $V_{DET}$ ) 下降 (或减小) 时, 缓冲器1221可不使晶体管单元1222接通。当晶体管单元1222断开时, 阻抗变化单元1220a的总阻抗值 ( $Z_{SUM\_OFF}$ ) 可对应于以下阻抗值之和: 晶体管单元1222的与断开相对应的阻抗值及阻抗组件1223的阻抗值。当将晶体管单元1222的与断开相对应的阻抗值定为“ $Z_{Coff}$ ”时, 阻抗变化单元1220a的总阻抗值 ( $Z_{SUM\_OFF}$ ) 表示为下面的式3。

[0090] 式3:

$$[0091] \quad Z_{SUM\_OFF} = Z_{Coff} + Z$$

[0092] 晶体管单元1222的与接通相对应的阻抗值 ( $R_{ON}$ ) 的值显著低于晶体管单元1222的与断开相对应的阻抗值 ( $Z_{Coff}$ )。因此, 当RF开关1100的断开电压 ( $V_{NEG}$ ) 增大 (或升高) 时, 阻抗变化单元1220a可在端口P1与地之间供应低的阻抗值。

[0093] 图7B示出了根据一个或更多个实施例的示例RF开关保护电路1200b。

[0094] 参照图7B, RF开关保护电路1200b可包括电压检测器1210和阻抗变化单元1220b。

[0095] 参照图7B和图7A, 除了阻抗变化单元1220b还包括电压限制器1224之外, 阻抗变化单元1220b相当于阻抗变化单元1220a。

[0096] 电压限制器1224连接在端口P1与晶体管单元1222之间。电压限制器1224可通过至少一个二极管实现。在示例中, 电压限制器1224可包括彼此串联连接的多个二极管。此外, RF信号可以是AC信号, 因此电压限制器1224可包括背对背连接的二极管。将参照图8描述电压限制器1224的详细配置。当在电压限制器1224的两端处施加等于或大于阈值电压的电压时, 电压限制器1224接通, 并且在两端处施加预定的限制器电压。也就是说, 电压限制器1224在等于或大于阈值电压的电压下具有低的阻抗值。电压限制器1224在小于阈值电压的电压下断开并且具有高的阻抗值。

[0097] 如参照图7A所描述的, 当检测电压 ( $V_{DET}$ ) 增大 (或升高) 时, 晶体管单元1222接通, 并且晶体管单元1222具有低的阻抗值。当晶体管单元1222的阻抗值减小时, 等于或大于阈值电压的电压被施加到电压限制器1224, 并且电压限制器1224因此而接通。电压限制器1224接通, 因此电压限制器1224具有低的阻抗值。也就是说, 当检测电压 ( $V_{DET}$ ) 增大 (或升高) 时, 电压限制器1224和晶体管单元1222具有低的阻抗值。

[0098] 如参照图7A所描述的, 当检测电压 ( $V_{DET}$ ) 为低时, 晶体管单元1222断开, 并且晶体管单元1222具有高的阻抗值。当晶体管单元1222的阻抗值增大时, 比阈值电压小的电压施加到电压限制器1224, 并且电压限制器1224因此而断开。电压限制器1224断开, 因此电压限制器1224具有高的阻抗值。也就是说, 当检测电压 ( $V_{DET}$ ) 减小 (或降低) 时, 电压限制器1224和晶体管单元1222具有高的阻抗值。

[0099] 当RF开关1100的断开电压 ( $V_{NEG}$ ) 增大 (或升高) 时, 根据如上所述的示例的阻抗变化单元1220b可在端口P1与地之间供应低的阻抗值。

[0100] 图7C示出了根据一个或更多个实施例的示例RF开关保护电路1200c。

[0101] 参照图7C, RF开关保护电路1200c可包括电压检测器1210和阻抗变化单元1220c。

[0102] 参照图7C和图7B, 除了利用可变电容器1225代替阻抗变化单元1220b的晶体管单元1222之外, 阻抗变化单元1220c相当于阻抗变化单元1220b。

[0103] 可变电容器1225的第一端连接到电压限制器1224, 并且可变电容器1225的第二端

连接到阻抗组件1223。也就是说,可变电容器1225连接在电压限制器1224与阻抗组件1223之间。可变电容器1225的控制端子连接到缓冲器1221的输出端。可变电容器1225的电容可根据输入到控制端子的电压而改变。也就是说,当输入到控制端子的电压增大时,可变电容器1225的电容增大,并且阻抗值因此而减小。可变电容器1225可利用变容二极管来实现,变容二极管可控制可变电容器1225的电容。

[0104] 当检测电压( $V_{DET}$ )增大时,缓冲器1221的输出电压增大。缓冲器1221的输出电压输入到可变电容器1225的控制端子,因此当检测电压( $V_{DET}$ )增大时,可变电容器1225的阻抗值减小。当可变电容器1225的阻抗值减小时,等于或大于阈值电压的电压被施加到电压限制器1224,并且电压限制器1224接通。当电压限制器1224接通时,电压限制器1224可具有低的阻抗值。也就是说,当检测电压( $V_{DET}$ )增大时,电压限制器1224和可变电容器1225可具有低的阻抗值。

[0105] 当检测电压( $V_{DET}$ )降低时,缓冲器1221的输出电压降低。缓冲器1221的输出电压输入到可变电容器1225的控制端子,因此当检测电压( $V_{DET}$ )减小时,可变电容器1225的阻抗值增大。当可变电容器1225的阻抗值增大时,比阈值电压小的电压被施加到电压限制器1224,于是电压限制器1224断开。当电压限制器1224断开时,电压限制器1224具有高的阻抗值。也就是说,当检测电压( $V_{DET}$ )减小(或下降)时,电压限制器1224和可变电容器1225具有高的阻抗值。

[0106] 当RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )增大(或升高)时,根据示例的阻抗变化单元1220c可在端口P1与地之间供应低的阻抗值。

[0107] 图7D示出了根据一个或更多个实施例的示例RF开关保护电路1200d。

[0108] 参照图7D,RF开关保护电路1200d可包括电压检测器1210和阻抗变化单元1220d。

[0109] 参照图7D和图7B,除了利用可变电容器1226代替阻抗变化单元1220b的电压限制器1224之外,阻抗变化单元1220d相当于阻抗变化单元1220b。

[0110] 可变电容器1226的第一端连接到端口P1,可变电容器1226的第二端连接到晶体管单元1222。也就是说,可变电容器1226连接在端口P1与晶体管单元1222之间。可变电容器1226的控制端子连接到缓冲器1221的输出端。可变电容器1226的电容根据输入到控制端子的电压而改变。也就是说,当输入到控制端子的电压增大时,可变电容器1226的电容增大,并且阻抗值因此而减小。

[0111] 如参照图7A和图7B所描述的,当检测电压( $V_{DET}$ )增大(或升高)时,晶体管单元1222接通,因此晶体管单元1222具有低的阻抗值。当检测电压( $V_{DET}$ )增大(或升高)时,可变电容器1226的阻抗值减小。也就是说,当检测电压( $V_{DET}$ )增大(或升高)时,晶体管单元1222和可变电容器1226具有低的阻抗值。

[0112] 如参照图7A和图7B所描述的,当检测电压( $V_{DET}$ )减小(或下降)时,晶体管单元1222断开,因此晶体管单元1222具有高的阻抗值。当检测电压( $V_{DET}$ )降低时,可变电容器1226的阻抗值增大。也就是说,当检测电压( $V_{DET}$ )降低(或下降)时,晶体管单元1222和可变电容器1226具有高的阻抗值。

[0113] 根据一个或更多个实施例,当RF开关1100的断开电压( $V_{NEG}$ )增大(或升高)时,阻抗变化单元1220d可在预定端口P1与地之间供应低的阻抗值。

[0114] 图8示出了根据一个或更多个实施例的示例电压限制器1224。也就是说,图8示出

了参照图7B和图7C描述的示例电压限制器1224。

[0115] 参照图8的元件810,电压限制器1224可包括至少一个二极管。参照图8的元件810,电压限制器1224可配置有彼此串联连接的多个二极管,并且电压限制器1224可利用单个二极管实现。

[0116] 参照图8的元件820,电压限制器1224可包括背对背连接的二极管821和822。二极管821可包括彼此串联连接的多个二极管。二极管822可包括在与二极管821相反的方向上设置并且彼此串联连接的多个二极管。也就是说,二极管821和二极管822也可背对背地彼此连接。当RF信号具有正(+)值时,二极管821用作电压限制器,并且当RF信号具有负(-)值时,二极管822用作电压限制器。二极管821和二极管821被示出为分别包括多个二极管,但是可分别包括至少一个二极管。

[0117] 尽管本公开包括具体示例,但在理解本申请的公开内容之后将显而易见的是,在不脱离权利要求及其等同方案的精神和范围的情况下,可在这些示例中做出形式上和细节上的各种改变。在此描述的示例将仅被认为是描述性的意义,而不是出于限制的目的。每个示例中的特征或方面的描述将被认为是可适用于其他示例中的类似的特征或方面。如果以不同的顺序执行描述的技术,和/或如果以不同的方式组合描述的系统、架构、装置或电路中的组件和/或用其他组件或它们的等同组件替换或补充描述的系统、架构、装置或电路中的组件,则可获得合适的结果。因此,本公开的范围不由具体实施方式限定,而是由权利要求及其等同方案来限定,并且在权利要求及其等同方案的范围内的所有变型将被解释为包括在本公开中。

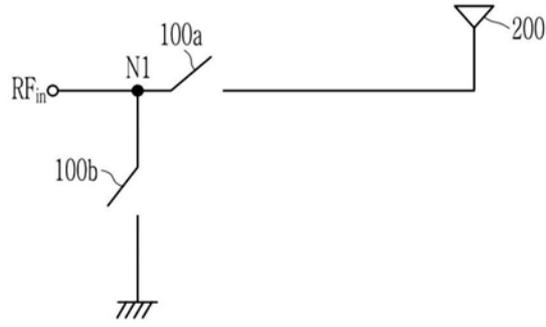


图1

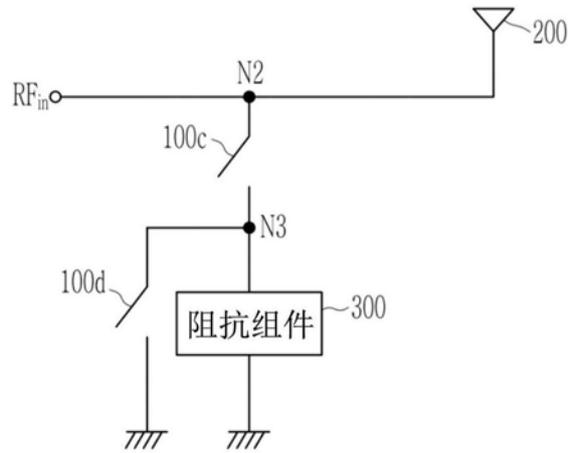


图2

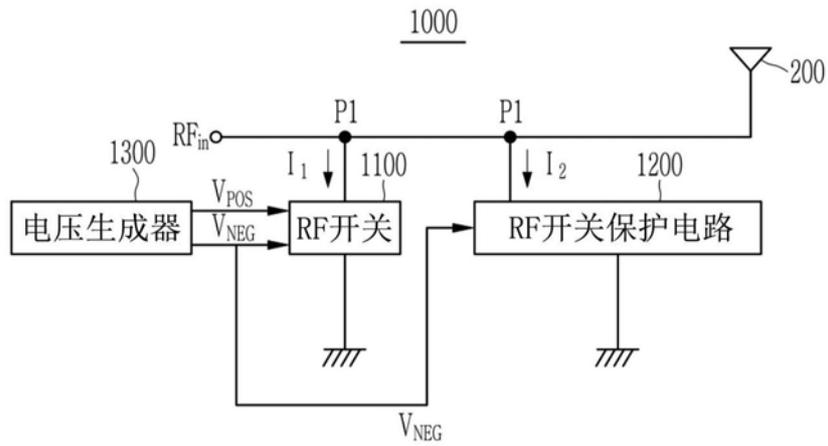


图3

1100

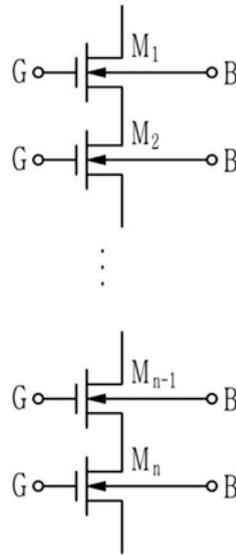


图4

1200

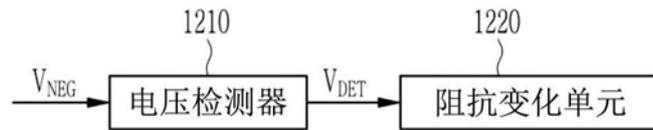


图5

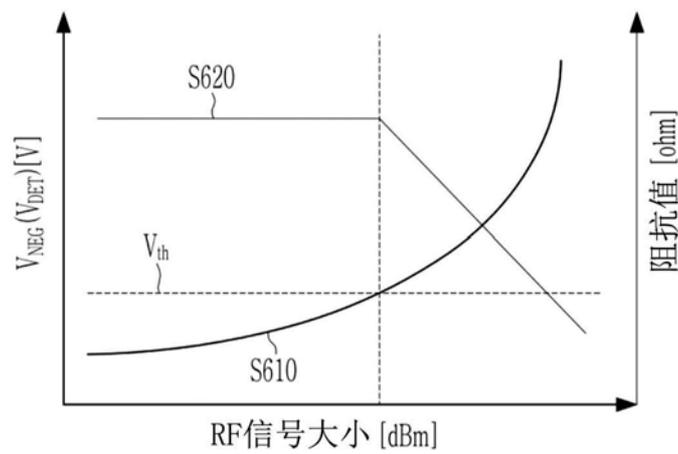


图6

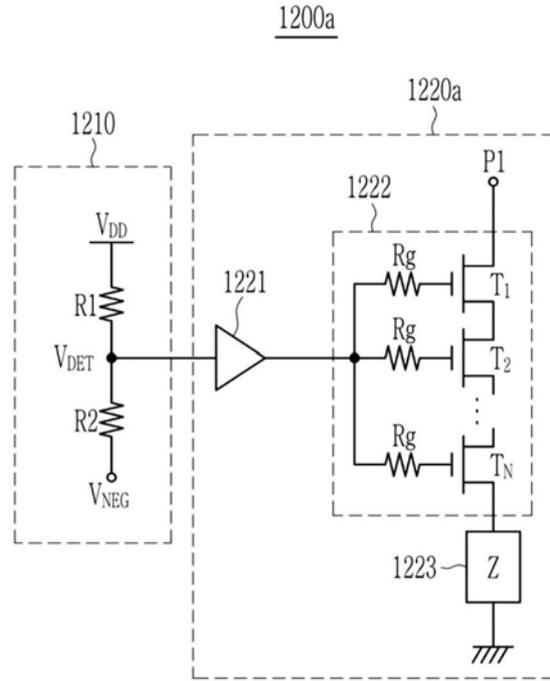


图7A

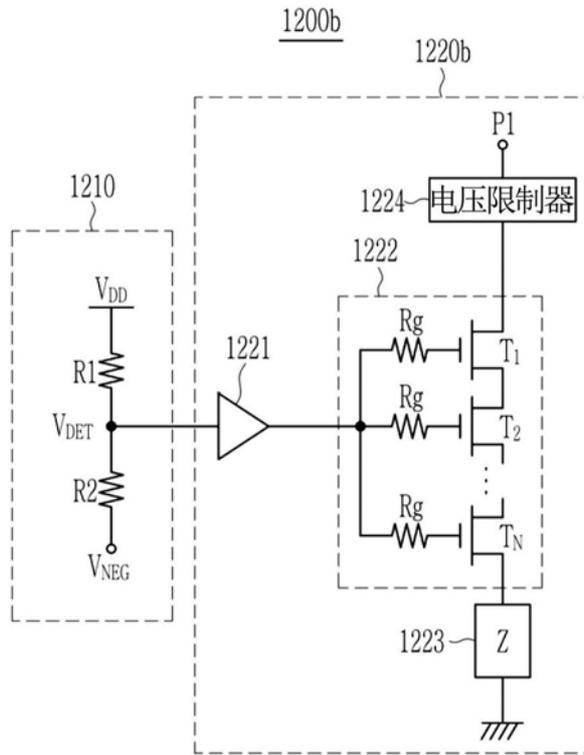


图7B

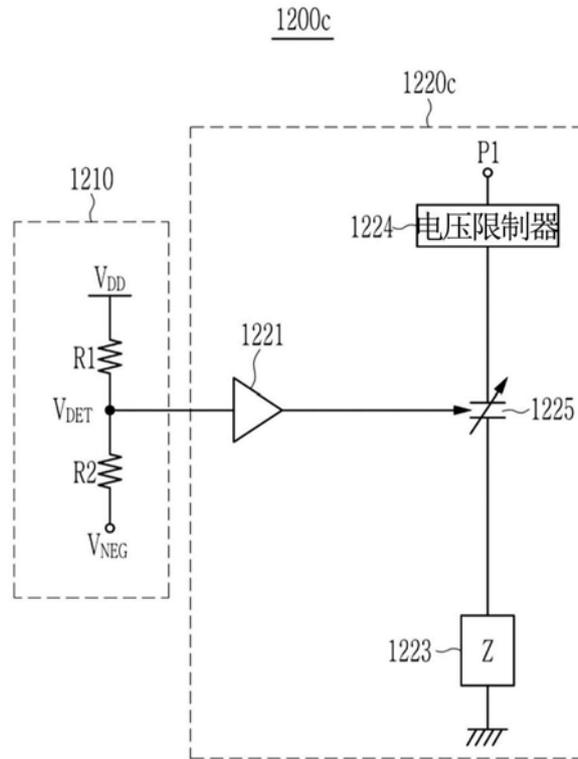


图7C

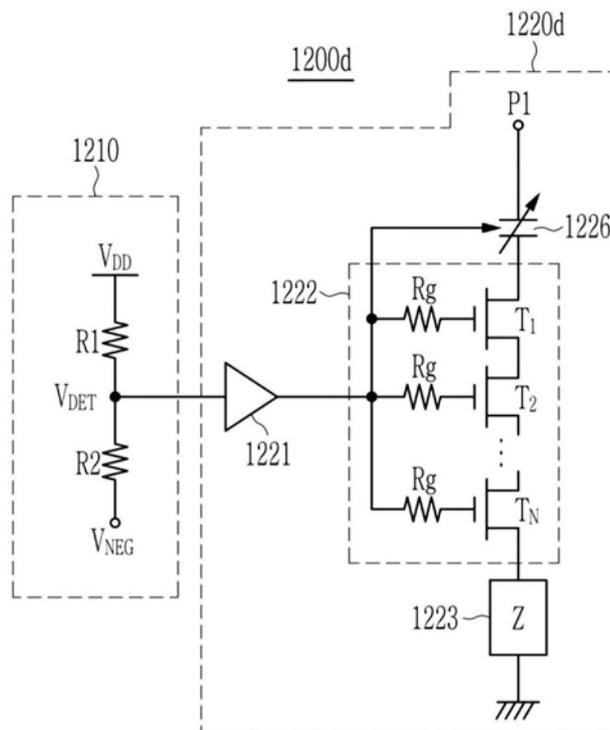


图7D

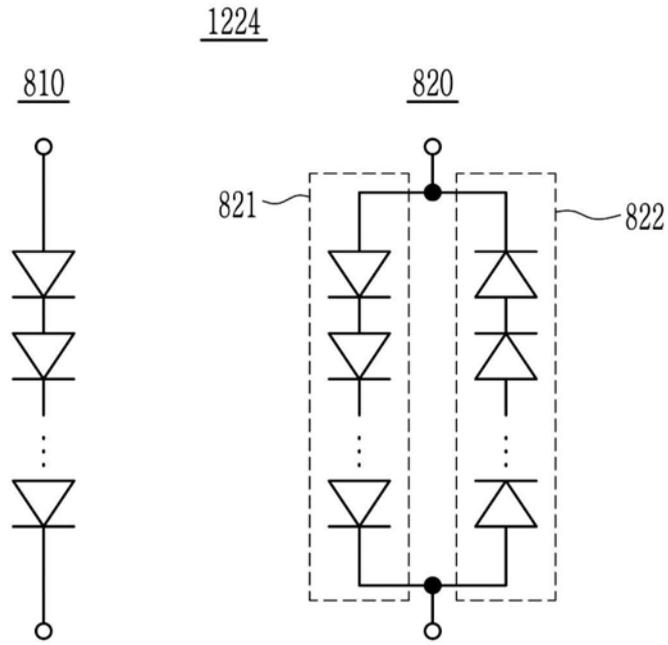


图8