

J·格拉泽 斯蒂芬·L·克林诺

审查员 韩笑

1. 一种可调电流驱动器电路,包括:

包括电流镜的电路,用于基于外部提供的参考电流使用来自第一电源电压的充电电流 I_{CHG} 为存储电容器充电,所述电路基于参考电流 I_{REF} 汲取来自电源的充电电流 I_{CHG} ,借此所述参考电流 I_{REF} 的值的变化导致所述充电电流 I_{CHG} 的值和所述存储电容器中存储的电荷的相应变化;以及

脉冲控制器电路,用于响应于控制信号,将所述存储电容器连接到栅极驱动器FET的栅极,以驱动并允许驱动电流 I_{DRV} 流过栅极驱动器FET,或者用于将所述存储电容器与所述栅极驱动器FET的所述栅极断开并将所述栅极驱动器FET的所述栅极接地,以防止电流流过所述栅极驱动器FET;

借此所述参考电流 I_{REF} 的变化响应于温度,电源电压,电路阻抗和工艺变化,导致所述参考电流 I_{REF} 的变化,导致所述存储电容器中存储的所述电荷的相应变化,导致当所述存储电容器连接到所述栅极驱动器FET的所述栅极时流过所述栅极驱动器FET的所述驱动电流 I_{DRV} 的成比例的变化。

2. 根据权利要求1所述的可调电流驱动器电路,其中,所述栅极驱动器FET包括连接到第二电源电压的第一氮化镓GaN FET,其中所述第二电源电压大于所述第一电源电压。

3. 根据权利要求2所述的可调电流驱动器电路,其中,所述电流镜包括多个GaN FET晶体管,并且所述脉冲控制器电路包括多个GaN FET晶体管,所述电流镜和所述脉冲控制器电路的所有GaN FET晶体管的尺寸实质上小于由所述驱动器电路控制的GaN栅极驱动器FET。

4. 根据权利要求1所述的可调电流驱动器电路,其中,所述存储电容器具有大于所述栅极驱动器FET的输入电容的电容。

5. 根据权利要求1所述的可调电流驱动器电路,还包括连接到所述脉冲控制器电路和所述栅极驱动器FET的电阻器,用于在保持所述控制信号接通的情况下使所述存储电容器上的电荷放电并切断流过所述栅极驱动器FET的电流。

基于GaN的可调电流驱动器电路

背景技术

[0001] 1、发明领域

[0002] 本发明总体上涉及电流驱动器电路,并且更具体地,涉及基于氮化镓(GaN)场效应晶体管(FET)的电流驱动器电路,其具有如下能力:即使温度,电路阻抗,电源电压等发生变化,该电流驱动器电路也可以基于参考电流调整输出电流,并针对给定的参考电流保持恒定的输出电流。

[0003] 2、背景技术描述

[0004] 典型的电流驱动器电路包括电流镜,驱动器和控制晶体管。输入到电流镜的参考电流会复制到输出驱动电流中。驱动器接收指示用于驱动电流的脉冲的控制信号,并驱动控制晶体管。控制晶体管基于控制信号来关闭或导通电流镜,以防止或使电流镜产生驱动电流。

[0005] 图1是常规电流驱动器电路100的示意图,其包括电流镜120,控制信号驱动器140及其对应的控制晶体管135。电流镜120包括晶体管125和130。晶体管130的漏极端子和栅极端子连接在一起并接收参考电流 I_{REF} 。晶体管130的源极端子连接到地110。晶体管125的栅极端子连接到晶体管130的栅极和漏极端子,并且还接收 I_{REF} 。晶体管125的源极端子接地110。

[0006] 晶体管125的漏极端子连接到提供高驱动电源电压 V_{HV} 的电源电压节点115。晶体管125通过从高驱动电源电压 V_{HV} 汲取来产生电流镜120的输出电流,驱动器电流 I_{DRV} 。晶体管125用作驱动晶体管,使得当负载(例如,激光二极管)与电源电压节点115和晶体管125串联连接时,驱动电流 I_{DRV} 流过激光二极管并使其输出激光束。

[0007] 控制信号驱动器140接收控制信号CTL 105并驱动控制晶体管135的栅极端子,该控制晶体管135用作控制电流镜120和驱动电流 I_{DRV} 的开关。晶体管135的漏极端子连接到晶体管125的栅极端子以及晶体管130的栅极和漏极端子。晶体管135的源极端子接地110。响应于控制晶体管135用作闭合开关,驱动晶体管125和晶体管130的栅极端子连接到地110,使它们用作断开开关,并防止参考电流 I_{REF} 和驱动电流 I_{DRV} 流过电流镜120。响应于控制晶体管135用作断开开关,晶体管130和驱动晶体管125的栅极端子上的电压可以增加至阈值电压 V_{TH} 以上,将它们导通并允许电流镜120基于参考电流 I_{REF} 产生驱动电流 I_{DRV} 。

[0008] 诸如光检测和测距(激光)系统之类的电流驱动器电路100的某些实现必须生成特定的驱动电流 I_{DRV} 值或恒定的驱动电流 I_{DRV} 值,该值在反馈系统中被控制。例如,在激光雷达系统中,非常大的驱动电流 I_{DRV} 和非常高的脉冲频率用于驱动激光二极管并对环境成像。为了实现非常高的脉冲频率,参考电流 I_{REF} 必须非常大,并迅速为驱动晶体管125的输入电容 C_{ISS} 充电。例如,具有600皮法拉(pF)的 C_{ISS} 的驱动晶体管125必须在一纳秒(ns)内充电到5伏(V),导致 I_{REF} 为3安培(A)。从电源电压迅速汲取的大电流由于布线阻抗(例如电感,电阻等)而迅速产生了很大的电源电压纹波。例如,仅具有单个欧姆(Ω)阻抗的走线在3A电流通过时导致3V压降。

[0009] 此外,对驱动电流 I_{DRV} 的值进行更精细的控制可对激光二极管发出的光的强度进

行更精细的控制,这使激光雷达系统可以根据激光雷达系统正在成像的距离范围来调整光强度。然而,如果在电流驱动器电路100中,向驱动晶体管125的栅极端子施加固定电压并且省略了 I_{REF} 和晶体管130,尽管基于温度,电路阻抗,如上所述的电源电压以及晶体管技术中的工艺变化而发生变化,则栅极-源极电压 V_{GS} 必须导通驱动晶体管125并产生期望的驱动电流。这样,实际驱动电流 I_{DRV} 随温度,电路阻抗,电源电压和工艺变化而变化很大。这样的电流驱动器电路不能用于在所有环境或系统条件下实现激光雷达系统所需的期望距离或距离分辨率。

发明内容

[0010] 本发明通过提供一种电流驱动器电路来解决上述常规驱动器电路的缺点,尽管温度,电路阻抗,电源电压等发生了变化,该电流驱动器仍基于参考电流并为给定的参考电流保持恒定的输出电流。

[0011] 如本文所述,本发明是一种可调电流驱动器电路,其包括:电路,用于基于外部提供的参考电流从第一电源电压为存储电容器充电,以及脉冲控制器电路,用于响应于控制信号,将存储电容器连接到功率晶体管的栅极,以驱动并允许电流流过功率晶体管,或者用于将存储电容器与功率晶体管的栅极断开并将功率晶体管的栅极接地,以防止电流流过功率晶体管。

[0012] 用于给电容器充电的电路优选地包括电流镜。

[0013] 功率晶体管优选地是连接到第二电源电压的高电流,高摆率的氮化镓(GaN)场效应晶体管(FET),第二电源电压大于第一电源电压。电流镜和脉冲发生器电路包括多个GaN FET晶体管,所有这些GaN FET晶体管的尺寸实质上小于GaN FET功率晶体管。

[0014] 电阻器可以连接到脉冲发生器电路和功率晶体管,以在控制信号被接通的情况下使存储电容器上的电荷放电并切断流过功率晶体管的电流。

[0015] 现在将参考附图并在权利要求中指出,在此描述的上述和其他优选特征,包括实施方式的各种新颖细节和元件的组合。应当理解,仅通过说明的方式示出了特定的方法和装置,而不是作为权利要求的限制。如本领域技术人员将理解的,在不脱离权利要求的范围的情况下,本文的教导的原理和特征可以在各种和众多的实施例中采用。

附图说明

[0016] 当结合附图时,根据下面阐述的详细描述,本公开的特征,目的和优点将变得更加明显,在附图中,相同的附图标记在全文中相应地标识,并且其中:

[0017] 图1示出了常规电流驱动器电路的示意图。

[0018] 图2示出了根据本发明的可调电流驱动器电路。

具体实施方式

[0019] 在下面的详细描述中,参考某些实施例。对这些实施例进行了足够详细的描述,以使本领域技术人员能够实践它们。应当理解,可以采用其他实施例,并且可以进行各种结构,逻辑和电气改变。在下面的详细描述中公开的特征的组合对于实践最广义的教导可能不是必需的,而是仅被教导为描述本教导的特别代表性的示例。

[0020] 图2示出了根据本发明的可调电流驱动器电路200。如以下详细描述,可以被实现为低功率集成电路的本发明的电路提供了可调节的输出驱动器电流,以用于LiDAR或其他类似的GaN驱动器应用中。该电路为高电流GaN驱动器FET 295创建适当的栅极-源极电压 V_{GS} ,以获得所需的高摆率输出电流(通常为数十Gaga-Amps/秒)。外部提供的参考电流 I_{REF} 用于创建驱动器FET 295需要的所需 V_{GS} 。由电路创建的 V_{GS} 调整工艺特性,温度或电源电压的变化。 V_{GS} 电压存储在外部电容器250上。电容器250的值远远超过大型GaN驱动器FET 295的寄生电容 C_{ISS} ,但鉴于GaN FET的输入电容值低,其尺寸仍然实用。

[0021] 当需要期望值的脉冲电流时(即,当需要激活驱动器FET 295时),通过将电容器250连接到驱动器FET 295的栅极的脉冲控制器270,将电容器250上的电压施加到驱动器FET 295的栅极上,从而产生期望的并且按比例放大的驱动器电流。当要关闭驱动器FET 295时,脉冲控制器270断开与电容器250的连接,并使驱动器FET 295的栅极接地。

[0022] 由于电荷转移到驱动器FET 295而在电容器250上丢失的任何电荷都由参考充电电路 I_{CHG} 补充,因此该充电电路与参考电流 I_{REF} 处于相同的幅度,使得可以在下一个命令脉冲上获得相同的所需快速且较大的驱动器电流,以产生下一个快速且较大的摆率脉冲。有利地,由于在生成输出电流脉冲之前已经将电荷预先存储在电容器中,因此从电源瞬时汲取电流以对驱动器FET 295的栅极充电的电流被大大降低。这样可以减少电源电压峰值。

[0023] 该电路优选地包括在命令信号被接通的情况下的安全的驱动器关闭,如下面进一步详细描述的。

[0024] 现在转到图2所示的本发明的优选实施例的细节,可调电流驱动器电路200包括电流镜220,电容器250,脉冲控制器270和驱动晶体管295。电流镜220在该示例中从外部电流源245接收参考电流 I_{REF} ,并且从电源电压 V_{dd} 215B输出充电电流 I_{CHG} 以给电容器250充电。如图2所示,电流镜220包括晶体管225、230、235和240,以常规布置连接在一起。脉冲控制器270包括晶体管280和285。电流镜220中的晶体管225、230、235和240,脉冲控制器270中的晶体管280和285以及驱动晶体管295优选都是增强模式GaN FET半导体器件,它们优选地都是单片集成到单个半导体裸片上。

[0025] 电流镜220具有常规拓扑,在该示例中,晶体管225的栅极和漏极端子连接在一起并从电流源245接收 I_{REF} 。晶体管225的源极端子连接到晶体管235的漏极端子。晶体管235的栅极端子在节点255处连接到晶体管240的栅极和漏极端子,并连接到晶体管230的源极端子。晶体管230的栅极端子连接到晶体管225的栅极和漏极端子。晶体管230的漏极端子连接到电源电压源215B。

[0026] 在电路的操作中,基于参考电流 I_{REF} ,电流镜220从电源电压源215B汲取充电电流 I_{CHG} ,并将电容器250充电至将要施加到驱动晶体管295的栅极端子的期望电压。 I_{REF} 的值的改变导致充电电流 I_{CHG} 的值和电容器250中存储的电荷的变化。 I_{REF} 的变化提供了电容器250两端的电压的动态控制,从而电容器250可以响应于温度,电源电压,电路阻抗和工艺变化而向驱动晶体管295的栅极端子施加不同的电压。通过扩展, I_{REF} 的变化使得能够通过控制施加到其栅极端子的电压来动态控制通过驱动晶体管295的驱动电流 I_{DRV} 。

[0027] 电容器250的电容比驱动晶体管295的输入电容 C_{ISS} 大得多,以确保它可以存储来自 I_{CHG} 的电荷,从而电容器250两端的电压是驱动晶体管295所需的 V_{GS} 。在图2所示的本发明的优选实施例中,电流镜220接收参考电流 I_{REF} 并从电源电压源215B产生充电电流 I_{CHG} ,以控

制可用于可调电流驱动器电路200的电源电压 V_{dd} 。在其他实现中,参考电流 I_{REF} 直接施加到节点255并直接对电容器250充电。

[0028] 根据本发明,驱动晶体管295所需的近瞬时能量主要是从电容器250上存储的电荷中汲取的,而不是从电源电压源汲取的,这极大地降低了由来自电源电压源的近瞬时电流汲取的尖峰的电源电压。降低的电源电压尖峰也减少了其他预驱动器电路中的电阻性和电感性噪声尖峰。从电容器250汲取的电荷由 I_{CHG} 补充,同时驱动晶体管295用作断开开关。 I_{CHG} 具有与 I_{REF} 相似的幅度,并且尽管其幅度小得多,但足以在晶体管295的脉冲之间为电容器250再充电。为了举例说明,驱动电流 I_{DRV} 每微秒(μs)脉冲一次,并且驱动晶体管295作为闭合开关持续5ns。 I_{CHG} 在驱动电流 I_{DRV} 的下一个脉冲之前的995ns内为电容器250充电。

[0029] 脉冲控制器270在其输入处连接到节点255,并且在其输出处连接到节点290处的驱动晶体管295的栅极端子,并接收控制信号CTL 205。控制器270包括驱动器275以及晶体管280和285。驱动器275接收CTL205,并连接到晶体管280和285的栅极端子。晶体管280的漏极端子连接到节点255,并且晶体管280的源极端子在节点290处连接到驱动晶体管295的栅极端子。晶体管285的漏极端子在节点290处连接到驱动晶体管295的栅极端子和晶体管280的源极端子。

[0030] 当CTL 205指示驱动晶体管295应该导通并且生成驱动电流 I_{DRV} 时,晶体管285用作断开开关,将驱动晶体管295的栅极端子与接地210断开。晶体管280充当闭合开关,在节点255处将晶体管295的栅极端子连接到电容器250。存储在电容器250中的电荷将驱动晶体管295的栅极端子上的电压增加到其阈值电压 V_{TH} 以上,从而使其导通并生成与 I_{REF} 成比例的驱动电流 I_{DRV} 。当CTL 205指示应关闭驱动晶体管295时,晶体管280用作断开开关,将驱动晶体管295的栅极端子与电容器250断开。晶体管285用作闭合开关,将驱动晶体管295的栅极端子接地210,并导致驱动晶体管295的栅极电压迅速降低到地。

[0031] 驱动晶体管295的漏极端子连接到第二电源电压源215A,第二电源电压源215A提供的电源电压 V_{HV} 远高于来自电源电压源215B的电源电压 V_{dd} 。驱动晶体管295的源极端子接地210。从第二电源电压源215A汲取驱动电流 I_{DRV} 。

[0032] 在一些实施方式中,在脉冲控制器270发生故障并使驱动晶体管295导通超过预定的安全阈值时间长度的情况下,电阻器260作为安全特征连接到节点290和地210。响应于CTL 205或脉冲控制器270指示驱动晶体管295将导通超过安全阈值时间长度以上,电阻器260在一段时间内将电容器250放电至零。通过随着时间对电容器250放电,电阻器260将驱动晶体管295的栅极电压降低到其阈值电压 V_{TH} 以下,从而关断驱动晶体管295并停止驱动电流 I_{DRV} 的流动。选择电阻器260的电阻以实现在驱动晶体管295截止之前的期望的安全阈值时间长度。

[0033] 如本文先前所讨论的,与输入到图1中所示的电流驱动器电路100的 I_{REF} 相比,参考电流 I_{REF} 被高度缩小。从大得多的电源电压源215A提取大得多的驱动电流 I_{DRV} ,并且基于电流镜220中的晶体管相对于驱动晶体管295的相对大小来实现。例如,晶体管235和240的尺寸基本相同,并且驱动晶体管295的尺寸约为晶体管235和240的尺寸的30,000倍。在仅1mA的参考电流 I_{REF} 的情况下,获得了等于30A的驱动电流 I_{DRV} 。因此,小的参考电流 I_{REF} 足以产生大几个数量级的驱动电流 I_{DRV} ,该驱动电流以数十个GA/秒的速率摆动,而对集成电路中可用的电源电压的影响减小。改变 I_{REF} 的幅度会成比例地改变 I_{DRV} 的幅度。

[0034] 返回到作为激光雷达系统一部分的可调电流驱动器电路的示例实现,改变 I_{REF} 的幅度会成比例地改变 I_{DRV} 的幅度和由 I_{DRV} 驱动的激光二极管发出的光的相应强度。因此,激光雷达系统可以根据成像距离的范围和环境条件来仔细控制光强度。当激光雷达系统对环境成像时,可以动态调整 I_{DRV} ,以适应环境条件的变化。 I_{DRV} 的动态调整使激光雷达系统可以调整不同的距离,在不同的环境和过程条件下保持恒定的光强度,和/或随时间调节光强度以实现渡越时间成像过程。

[0035] 以上描述和附图仅被认为是实现本文所述的特征和优点的特定实施例的说明。可以对特定的工艺条件进行修改和替换。因此,本发明的实施例不被视为由前述描述和附图限制。

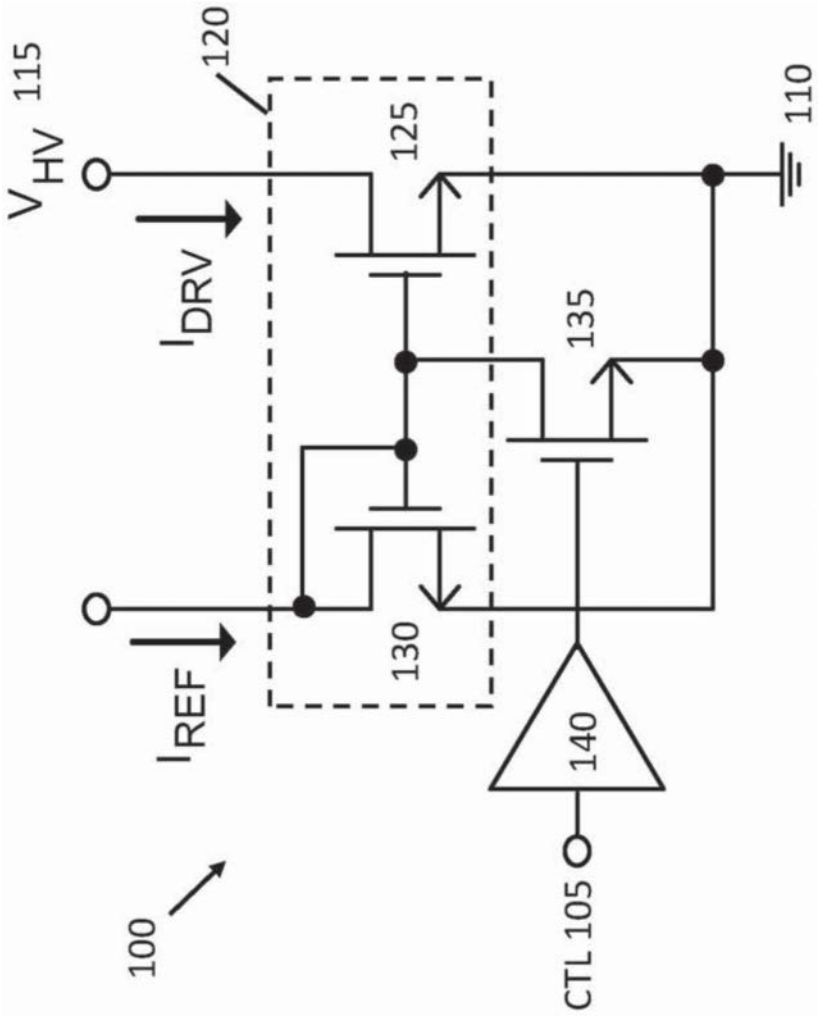


图1

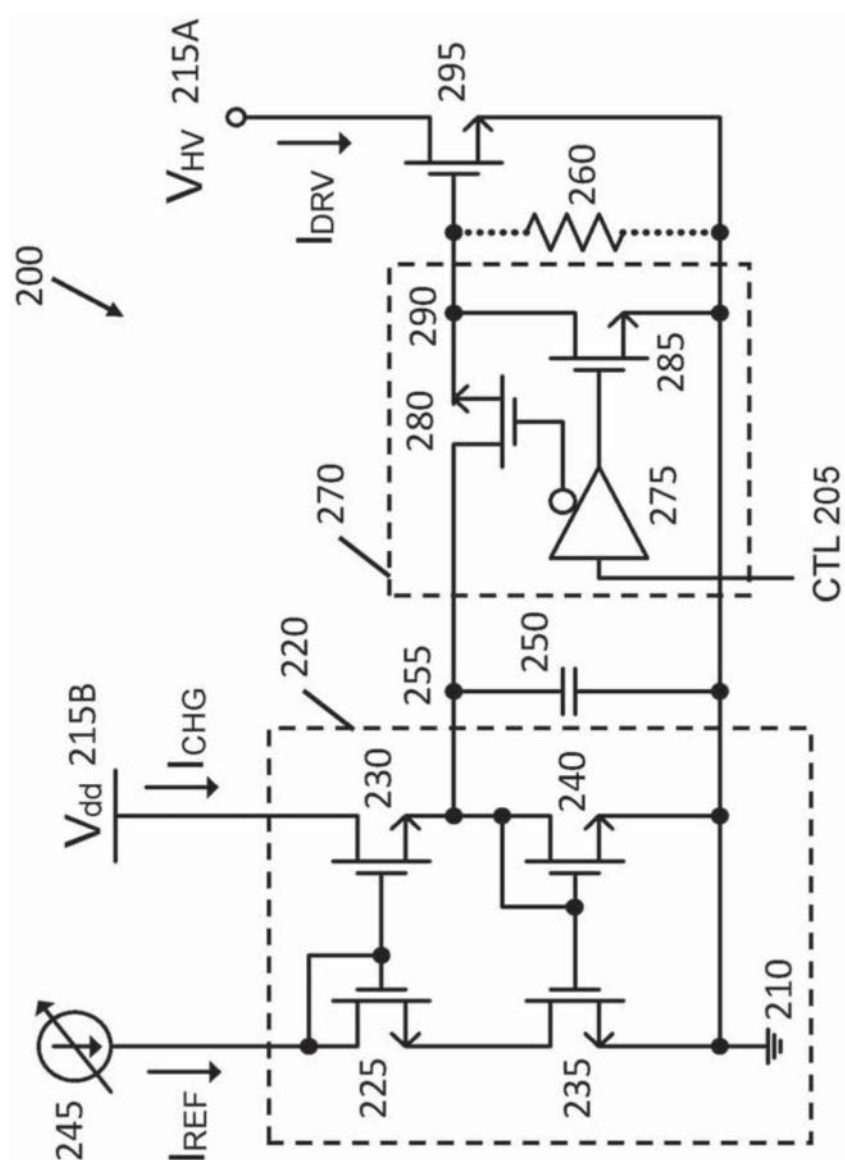


图2