



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113614548 B

(45) 授权公告日 2024.02.20

(21) 申请号 202080023762.7  
 (22) 申请日 2020.03.06  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 113614548 A  
 (43) 申请公布日 2021.11.05  
 (30) 优先权数据  
 102019108192.0 2019.03.29 DE  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2021.09.23  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/EP2020/056031 2020.03.06  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02020/200644 DE 2020.10.08  
 (73) 专利权人 英福康有限责任公司  
 地址 德国科隆  
 (72) 发明人 诺伯特·罗夫  
 (74) 专利代理机构 深圳中一联合知识产权代理  
 有限公司 44414  
 专利代理师 刘聪

(51) Int.Cl.  
 G01R 15/08 (2006.01)  
 G01R 19/00 (2006.01)  
 H03F 3/45 (2006.01)  
 H03F 3/72 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 103592498 A, 2014.02.19  
 CN 103558445 A, 2014.02.05  
 CN 107370340 A, 2017.11.21  
 CN 105372525 A, 2016.03.02  
 CN 101556169 A, 2009.10.14  
 CN 101236404 A, 2008.08.06  
 CN 108663672 A, 2018.10.16  
 CN 103777054 A, 2014.05.07  
 CN 203759112 U, 2014.08.06  
 CN 106936423 A, 2017.07.07  
 CN 107171650 A, 2017.09.15  
 CN 203708590 U, 2014.07.09  
 WO 2009000236 A2, 2008.12.31  
 US 2011012588 A1, 2011.01.20  
 JP 2010085384 A, 2010.04.15

审查员 杨绍源

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

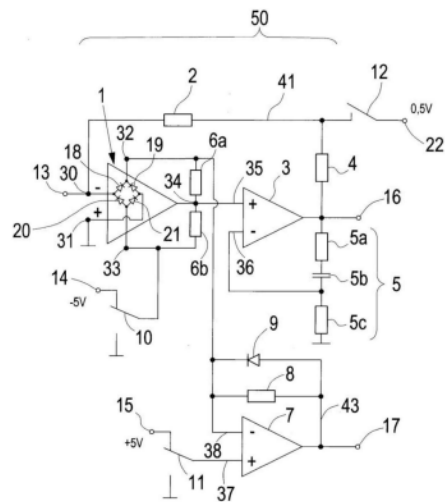
(54) 发明名称

用于放大小电流的放大器装置

(57) 摘要

一种用于接收电流的放大器装置,其包括用于测量小于100皮安的较小电流的第一电流路径、包括在第一电流路径中的输入放大器装置(50),该放大器装置(50)具有至少一个第一放大器(1)、输出端、反相输入端(30)、将输出端连接到反相输入端(30)的第一反馈路径(41)、以及包括在第一反馈路径(41)中的反馈元件(2),其中第一放大器(1)具有在至少一个保护元件(18、19、20、21),第二电流路径,其用于测量最大电流为第一电流路径中接收的电流的至少10倍的较大电流,其特征在于,至少一个放大器(1)的保护

元件(18、19、20、21)是第二电流路径的一部分。



CN 113614548 B

1. 一种用于接收电流的放大器装置,包括:  
第一电流路径,所述第一电流路径用于测量小于100皮安的小电流;  
包括在所述第一电流路径中的输入放大器装置(50),所述输入放大器装置(50)包括:  
至少一个第一放大器(1);  
输出端;  
反相输入端(30);  
第一反馈路径(41),所述第一反馈路径(41)将输出端连接到反相输入端(30);以及  
包括在所述第一反馈路径(41)中的反馈元件(2);  
其中所述第一放大器(1)具有至少一个保护元件(18、19、20、21),  
第二电流路径,所述第二电流路径用于测量最大电流至少为所述第一电流路径中接收的电流的10倍的较大电流,  
其特征在于,  
所述输入放大器装置(50)的保护元件(18、19、20、21)中的至少一个是所述第二电流路径的一部分。
2. 根据权利要求1所述的放大器装置,其特征在于,所述第一放大器(1)的电源电压被施加到所述保护元件(18、19、20、21)中的至少一个。
3. 根据权利要求1所述的放大器装置,其特征在于,所述保护元件(18、19、20、21)中的至少一个布置在所述第一放大器(1)的两个输入端(30、31)之间并与之相连。
4. 根据权利要求1所述的放大器装置,其特征在于,所述第一反馈路径(41)中的所述反馈元件(2)是电阻。
5. 根据权利要求1所述的放大器装置,其特征在于,所述第一反馈路径(41)中的所述反馈元件(2)是电容。
6. 根据权利要求1所述的放大器装置,其特征在于,所述输入放大器装置(50)包括与所述第一放大器(1)形成控制回路的至少一个另外的放大器(3)。
7. 根据权利要求1所述的放大器装置,其特征在于,所述第一放大器(1)的正电源连接端和负电源连接端(32、33)中的至少一个经由电阻(6a、6b)连接到所述第一放大器(1)的所述输出端。
8. 根据权利要求6所述的放大器装置,其特征在于,所述第一反馈路径(41)将由所述第一放大器(1)和所述至少一个另外的放大器(3)组成的所述输入放大器装置(50)中最后一个放大器的所述输出端连接到所述输入放大器装置(50)的所述反相输入端(30)。
9. 根据权利要求7所述的放大器装置,其特征在于,所述第一放大器(1)的所述负电源连接端(33)经由第一开关(10)选择性地连接到负电源电压(14)或接地,而所述第一放大器(1)的所述正电源连接端(32)导电连接到第三放大器(7)的反相连接端(38),第三放大器(7)的同相输入端(37)通过经由第二开关(11)选择性地连接连接到正电源电压(15)或接地。
10. 根据权利要求9所述的放大器装置,其特征在于,所述第三放大器(7)包括具有电阻(8)和二极管(9)的第二反馈路径(43),所述二极管(9)与所述电阻(8)并联布置,并且在从所述第三放大器的输出端(17)到所述第一放大器(1)的正电源连接端(32)的方向上导通并在相反方向上截止。

11. 根据权利要求1所述的放大器装置,其特征在于,所述第一反馈路径(41)经由第三开关(12),基于开关位置选择性地连接到避免或允许电流在所述反馈元件(2)中流动的电压。

12. 根据权利要求9所述的放大器装置,其特征在于,所述第一开关和所述第二开关(10、11)的接地参考和参考电压通过所述保护元件(18)的正向电压改变。

13. 根据权利要求10所述的放大器装置,其特征在于,所述第二反馈路径(43)包括两个二极管(9a、9b),电阻(39)相对于所述第二开关(11)在所述两个二极管(9a、9b)之间引出。

14. 一种气体检测器,包括:质谱传感器或总压力传感器;和根据前述权利要求中任一项所述的放大器装置。

15. 一种使用根据权利要求1-13中任一项的所述的放大器装置测量电流的方法,其特征在于,通过将所述第一放大器(1)的负电源连接端(33)接地,将所述第一电流路径切换到所述第二电流路径。

16. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,为了切换电流路径,第三放大器(7)的反相输入端连接到所述第一放大器(1)的正电源连接端(32),所述第三放大器(7)的同相输入端另外接地。

## 用于放大小电流的放大器装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种放大小电流的装置及方法。

### 背景技术

[0002] 在许多测量设备中,例如在质谱仪或真空测量设备中,基于带正电或负电粒子撞击电极产生的电流来形成测量值。要测量的发生离子或电子电流强度的动态范围非常大。动态范围通常从几百安培到几个微安培不等,因此跨越了若干个十倍程。

[0003] 特别地,小电流要在真空测量设备、低压范围和泄漏检测器中测量。质谱仪通常用于此目的。对于低于10fA(飞安)的非常小的电流,当需要从测量小电流到测量较大电流的范围切换时,设置一个可以同时测量较大电流的放大器,会出现电路困难。对于非常小的电流,使用电阻的电流放大器必须包括一个高阻抗电阻,因为电阻的电流噪声随着阻值的增加而降低。但是,对于大于10pA(皮安)的电流,不能使用高阻抗电阻,因为电阻上的压降变得太大。使用电容作为参考元件,会出现与使用电阻类似的困难。在现有的放大器中,半导体开关或继电器用于切换电阻或电流路径,以能够从用于测量小电流的操作状态切换到用于测量较大电流的操作状态。在所有情况下,都需要额外的组件用于此目的,这些组件连接到最小电流流动且必须测量的敏感输入节点。

[0004] 为了测量这种粒子电流,需要使用测量装置,其从粒子电流(即,离子电流或电子电流)产生可测量的测量电位。为此,测量装置通常具有电流放大器,典型地具有运算放大器。例如布置在运算放大器的反馈路径中的电测量电阻用于从放大的电流产生可测量的电势。

[0005] 为了用相同的测量电路覆盖出现的粒子电流的整个动态范围,传统放大器和根据本发明的放大器都提供在用于测量小于100pA(例如1pA)的小电流的灵敏操作以及测量至少1pA(例如100pA)的较大电流的操作之间的切换。在传统的电流放大器中,使用继电器完成切换,例如,在扇形场质谱仪中。在基于电阻的电流放大器覆盖大电流范围的情况下,不能免除量程切换,因为小电流只能考虑高阻抗电阻,而对于大电流,只有低阻抗元件才能承载大电流。对于小电流,电阻噪声限制了应用范围。

[0006] EP 0615669 B1描述了一种通过二极管传输电流信号的放大器。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种用于放大小电流的放大器装置,利用其改进了放大较大电流的切换,并提供相应的方法。

[0008] 根据本发明,放大器装置具有用于放大小电流的第一电流路径。第一电流路径包括输入放大器装置,该输入放大器装置具有至少一个第一放大器,该至少一个第一放大器具有至少一个保护元件(例如,保护二极管)以及反馈元件,该反馈元件在反馈路径中将输入放大器装置的输出连接到反相输入。为了测量较大电流,提供并形成至少部分不同于第一电流路径的第二电流路径。第一放大器的保护元件中的至少一个被包括在第二电流路径

中。

[0009] 因此,根据本发明,提供了一种放大器装置,在该装置的输入端测量较大电流,除了那些用于测量最小电流的操作(即,电流输入端、反馈元件形式的测量电阻和至少具有第一放大器的输入放大器装置)之外,不需要其他组件。传统使用的输入放大器在输入级中已经具有保护元件,例如保护二极管,在集成电路中需要这些保护元件用于保护输入电路。根据本发明,所述保护元件用于范围切换。因此,用于测量电路最小电流的最灵敏范围就像没有其他范围用于测量其他电流量一样稳定。当测量范围从敏感范围变为测量较大电流的范围时,输入电流流过一个或多个保护元件,使得输入范围降低阻抗甚至可以用于测量更大的输入电流。由于保护元件必须存在于第一放大器的集成电路中,因此并非每个放大器模块都可以使用。可以使用带有电源电压保护元件的放大器模块和在输入线路之间带有保护元件的放大器模块。

[0010] 输入放大器装置可以有 $n$ 个放大器,其中 $n \geq 1$ 。在 $n=1$ 的最简单情况下,输入放大器装置仅包括第一放大器。在 $n \geq 2$ 的情况下,输入放大器装置可以由至少两个放大器形成的放大器组合构成。

[0011] 输入放大器装置具有反相输入端和输出端。输出端通过反馈路径连接到输入放大器装置的反相输入端。反馈元件包含在反馈路径中。

[0012] 放大器是运算放大器和/或保护元件是保护二极管。

#### 附图说明

[0013] 在下文中,参考附图更详细地解释本发明的示例性实施例,其中

[0014] 图1示出了处于第一操作状态的示例性实施例;

[0015] 图2示出了图1的细节;

[0016] 图3示出了处于第二操作状态的示例性实施例;以及

[0017] 图4示出了根据第二示例性实施例的图1或图3的细节。

#### 具体实施方式

[0018] 所示示例性实施例的放大器装置包括第一运算放大器1,第一运算放大器1具有反相输入端30、同相输入端31、输出端34、正电源连接端32和负电源连接端33。

[0019] 运算放大器包括保护元件18、19、20、21,在这种情况下,这些保护元件是二极管,它们以桥式整流器电路的方式布置在反相输入端30和同相输入端31以及两个电源连接端32、33之间并将它们互连。二极管18、19、20、21被布置成使得其在从负电源连接端33到正电源连接端32的方向上导通并且在相反方向上阻挡。

[0020] 表述“以桥式整流器电路的方式”表示桥支路包括运算放大器1的两个输入端30、31。这是基于在理想运算放大器中两个输入端30、31之间没有电压降的理想情况。桥支路的一端连接到反相输入端30,另一端连接到同相输入端31。两个输入端之间出现的差分电压,在理想运算放大器中为零,因此是桥的部分分支。

[0021] 第一运算放大器1的输出端34连接到第二运算放大器3的同相输入端35,第二运算放大器3的输出端通过反馈支路41连接到第一运算放大器1的反相输入端30。反馈路径41包括两个电阻2、4,在这两个电阻2、4之间,反馈路径41通过第三开关12连接到输入端22,在该

输入端22施加约0.5伏的二极管正向电压。

[0022] 第二运算放大器3的输出端16还通过控制元件5接地。控制元件5包括电阻5a、电容5b和另外的电阻5c。第二运算放大器3的反相输入端36被电连接用于其在电容5b和另外的电阻5c之间的反馈。

[0023] 第一运算放大器1的输出端34通过第一电阻6a连接到第一运算放大器1的正电源连接端32并通过第二电阻6b连接到负电源连接端33。负连接端33通过第一开关10可交替地连接到施加-5伏电源电压的电压源14或接地10。

[0024] 第一运算放大器1的正电源连接端32电连接到第三运算放大器7的反相输入端38,其输出端17通过电阻8反馈。电阻8由二极管9桥接,二极管9在从第三运算放大器7的输出端17到第一运算放大器1的正电源连接端32的方向上导通并在相反方向上阻挡。

[0025] 第一放大器1和第二放大器3形成输入放大器装置50,其中两个放大器1、3形成放大器组合。反馈路径41将输入放大器组合50的输出端连接到其反相输入端30。

[0026] 第三运算放大器7的同相输入端37可通过第二电开关11选择性地连接到电压源15(在这种情况下电压为5伏),或连接到地。

[0027] 根据本发明的放大器装置的所示示例性实施例中,第一运算放大器1用作输入放大器,其中的保护元件18、19、20、21被提供作为电源电压的输入保护二极管。如果放大器装置用于测量在最灵敏范围内的小电流,例如小于100pA,则输入电流信号通过输入端13到达第一运算放大器1。第一运算放大器1经由第一开关10(在图1所示开关位置)接收来自电压源14的负电源电压。运算放大器1通过的在第三运算放大器7的同相输入端37处第二开关11(在图1所示的开关位置)接收来自电压源15的正电源电压,在这种情况下总计为+5伏。

[0028] 第三运算放大器7的输出端17处的输出电压将自身通过二极管9的二极管正向电压增加调节到一个值。结果,到达第一运算放大器1的电压变得与第三运算放大器7的同相输入端37的电压一样大。

[0029] 放大器7不是输入放大器装置50的一部分。放大器7用于在输入放大器装置50的输入端13接收较大的电流。输入电流流过二极管18通过放大器1直接流向放大器7的输入端38。然而,较小的电流在输入端13首先由输入放大器装置50放大。

[0030] 第三电开关12在该操作状态下打开(如图1所示)用于测量小电流。反馈电阻4、2一起形成反馈元件,在这种情况下反馈元件是电阻的形式。

[0031] 在这种情况下,第一运算放大器1的反相输入端30处的输入13表示虚拟零点,这意味着输入13上不存在显着电压。

[0032] 与第一运算放大器1的输入电流成正比的反相电压施加到第二运算放大器3的输出端16。现在,输入放大器的保护二极管18、19、20、21中的每一个工作在反向截止状态,因此不携带任何明显的电流。

[0033] 来自第一运算放大器1和第二运算放大器3的输入放大器装置50形成控制电路。控制元件5的尺寸取决于所用元件5a、5b、5c的截止频率,以便电路保持稳定,例如电阻5a处为120k $\Omega$ (千欧姆),电容5b处为1纳法(nF),电阻5c处为10k $\Omega$ (千欧姆)。

[0034] 图1示出了整个放大器装置,而图2详细示出了第一运算放大器1和布置在其中的保护元件18、19、20、21以及它们与第一运算放大器1的连接端之间的电气连接关系。

[0035] 图3示出了处于工作状态的放大器装置,用于通过第二电流路径测量较大电流。为

此目的,放大器装置在扩展的电流范围内工作,其中第一电开关10被切换到接地电位。因此,在输入放大器的负电源连接端33施加约0伏的电压。输入保护元件20、21继续反向截止。

[0036] 第二开关11也被切换到接地电位。由于第三运算放大器7用其反馈电阻8调节自身,使得在第三运算放大器7的反相输入端38和同相输入端37之间没有明显的差分电压,第一运算放大器在正电源连接端321的正电源电压也将接近0伏。现在,当输入电流施加到输入连接端13时,它将流过保护二极管18到正电源连接端32。

[0037] 在该操作条件下,第三电开关12闭合,从而根据保护二极管18的二极管正向电压将施加到连接22的电压(在这种情况下为0.5伏)施加到反馈电阻2,从而使流经反馈电阻2的电流尽可能小。

[0038] 第二电流路径用于输入端13处较大电流的测量,该较大电流现经由保护二极管18通向第三运算放大器7的反馈电阻8。与输入电流成正比的反相电压施加在反馈电阻8两端,该电压可以在第三运算放大器7的输出端17测出。在这种情况下,二极管9反向截止。然后,用于测量较大电流的第二电流路径从第一运算放大器1的反相输入端30通过保护二极管18、19、20、21中的保护二极管18通向第一运算放大器1的正电源连接端32并从那里通过第三运算放大器7的反馈电阻8连接到其输出连接端17。

[0039] 在所描述的电路布置中,当工作在用于较大电流的电流路径中时,输入电压13增加了保护元件18的正向电压。为了避免这种特性,开关10和11上的接地点可以通过保护元件18的正向电压降低。在这种情况下,当输入端施加220伏的电压时,反馈元件2是无电流的。

[0040] 当根据图4对二极管9进行分压时,第二电流路径得到进一步改进。在第二电流路径已被激活的情况下,将负电压施加到输出端17。二极管的反向电流会使测量结果错误。如果根据图4对电路进行补充,则二极管9b处的负电压下降。然后向二极管9a的两侧施加大约零伏的电压,这显着降低了反向电流。

[0041] 此处描述了正输入电流的电路。原理上,用于负电流方向或两个电流方向的电路变体是可能的。

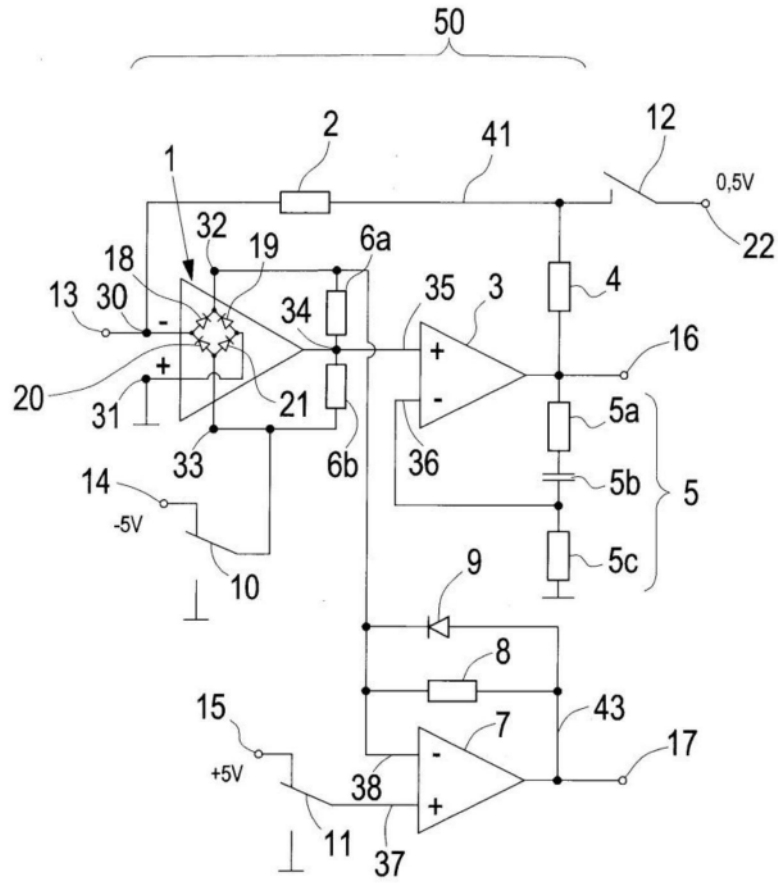


图1

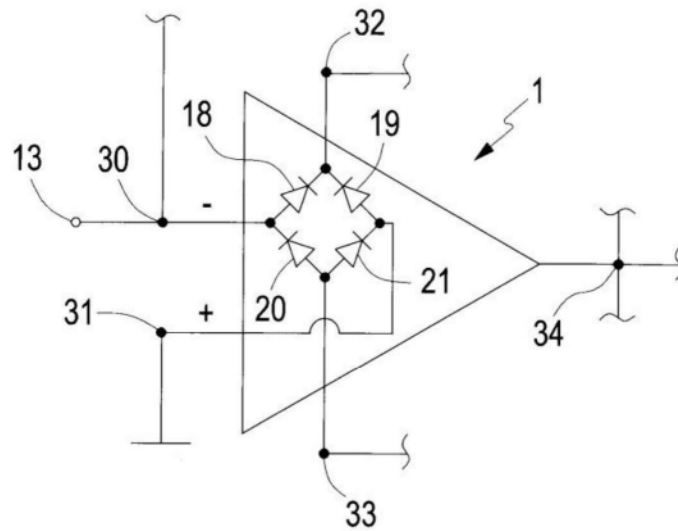


图2

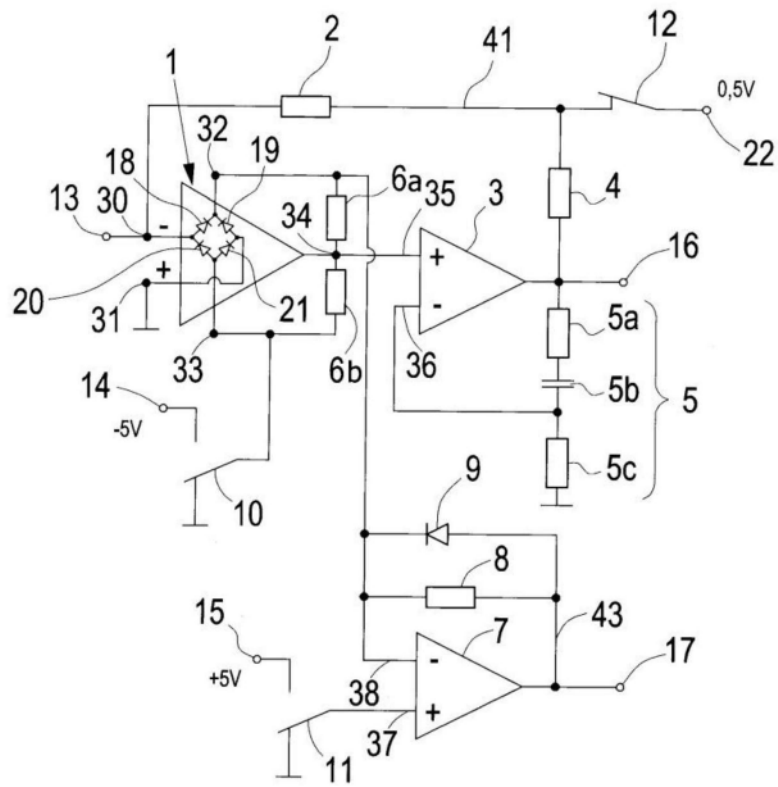


图3

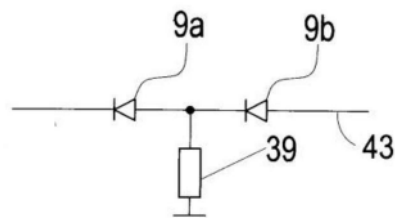


图4