



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102196197 A

(43) 申请公布日 2011. 09. 21

(21) 申请号 201110050795. 3

(22) 申请日 2011. 03. 03

(30) 优先权数据

2010-050767 2010. 03. 08 JP

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 小林秀央

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

H04N 5/341 (2011. 01)

H04N 5/3745 (2011. 01)

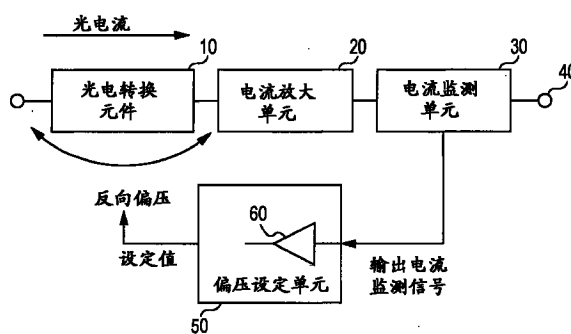
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 8 页

(54) 发明名称

光电转换装置

(57) 摘要

本发明公开了一种光电转换装置,该光电转换装置包括被配置用于通过光电转换将光转换成电流的第一光电转换元件;被配置用于放大电流的第一电流放大单元;被配置用于监测经放大的电流并且输出监测信号的第一电流监测单元,以及第一偏压设定单元,被配置用于以小于1的因子来对该监测信号施加增益,并且根据被施加增益的监测信号向第一光电转换元件施加反向偏压。



1. 一种光电转换装置,包括:

第一光电转换元件,被配置用于通过光电转换将光转换成第一电流;

第一电流放大单元,被配置用于放大第一电流;

第一电流监测单元,被配置用于监测放大的第一电流,并且输出第一监测信号;以及

第一偏压设定单元,被配置用于对第一监测信号以小于 1 的因子施加增益,并且根据被施加增益的第一监测信号向第一光电转换元件施加反向偏压。

2. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,其中:

第一电流放大单元包括第一双极性晶体管,所述第一双极性晶体管被配置成所述第一双极性晶体管的基极电连接到所述第一光电转换元件的阳极,所述第一双极性晶体管的集电极电连接到电源端子,并且从所述第一双极性晶体管的发射极输出放大的第一电流;

第一电流监测单元包括第一场效应晶体管,所述第一场效应晶体管被配置成所述第一场效应晶体管的源极电连接到所述第一双极性晶体管的发射极,所述第一场效应晶体管的漏极电连接到输出端子,并且所述第一场效应晶体管的栅极的电位被作为第一监测信号输出;以及

第一偏压设定单元包括第一增益单元、第二场效应晶体管 and 第一电流源。

3. 根据权利要求 2 所述的光电转换装置,其中,所述第一增益单元被配置用于对第一监测信号以小于 1 的因子施加增益,所述第二场效应晶体管被配置为所述第二场效应晶体管的极性与所述第一场效应晶体管相同,所述第二场效应晶体管的源极电连接到所述电源端子,所述第二场效应晶体管的栅极电连接到所述第一双极性晶体管的基极,并且所述第二场效应晶体管的漏极接收经所述第一增益单元施加增益的第一监测信号,所述第一电流源电连接在所述第二场效应晶体管的漏极与基准电位端子之间。

4. 根据权利要求 3 所述的光电转换装置,其中,第一增益单元包括第三场效应晶体管,所述第三场效应晶体管被配置为所述第三场效应晶体管的栅极电连接到恒定电位偏压端子,所述第三场效应晶体管的源极电连接到所述第二场效应晶体管的漏极,并且所述第三场效应晶体管的漏极电连接到所述第一场效应晶体管的栅极。

5. 根据权利要求 3 所述的光电转换装置,其中,所述第一增益单元包括:

第三场效应晶体管,被配置为所述第三场效应晶体管的源极电连接到所述第二场效应晶体管的漏极,并且所述第三场效应晶体管的漏极电连接到所述第一场效应晶体管的栅极;以及

反相放大器,被配置为所述反相放大器的输入端子电连接到所述第二场效应晶体管的漏极,并且所述反相放大器的输出端子电连接到所述第三场效应晶体管的栅极。

6. 根据权利要求 3 所述的光电转换装置,其中,所述第一增益单元包括:

运算放大器,被配置为所述运算放大器的非反相输入端电连接到所述第二场效应晶体管的漏极,并且所述运算放大器的输出端电连接到所述第一场效应晶体管的栅极;

第一电阻器元件,所述第一电阻器元件连接在所述第一场效应晶体管的栅极和所述运算放大器的反相输入端之间;以及

第二电阻器元件,所述第二电阻器元件电连接在所述运算放大器的反相输入端与恒压端子之间。

7. 根据权利要求 4 所述的光电转换装置,进一步包括第四场效应晶体管,所述第四场

效应晶体管被配置为所述第四场效应晶体管的漏极电连接到所述第一双极性晶体管的基极,所述第四场效应晶体管的源极电连接到所述第三场效应晶体管的栅极,并且所述第四场效应晶体管的栅极电连接到复位信号输入端子。

8. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,进一步包括:

第二光电转换元件,被配置用于将光转换成第二电流;

第二电流放大单元,被配置用于放大通过转换得到的第二电流;

第二电流监测单元,被配置用于监测放大的第二电流,并且输出第二监测信号;以及

第二偏压设定单元,被配置用于根据第二监测信号向第二光电转换元件施加反向偏压。

9. 根据权利要求 8 所述的光电转换装置,进一步包括:

以多层结构形成的区域,包括第一 N 型区域、第一 P 型区域、第二 N 型区域、第二 P 型区域和第三 N 型区域,

其中,所述第一光电转换元件包括所述第一 N 型区域、所述第一 P 型区域和所述第二 N 型区域,以及

所述第二光电转换元件包括所述第二 N 型区域、所述第二 P 型区域和所述第三 N 型区域。

10. 根据权利要求 9 所述的光电转换装置,其中,所述第一偏压设定单元包括第一增益单元,所述第一增益单元被配置用于对所述第一监测信号以小于 1 的因子施加增益。

11. 根据权利要求 10 所述的光电转换装置,其中,所述第二偏压设定单元包括第二增益单元,所述第二增益单元被配置用于对所述第二监测信号以小于 1 的因子施加增益,并且所述第二偏压设定单元根据被施加增益的第二监测信号向所述第二光电转换元件施加反向偏压。

12. 一种光电转换装置,包括:

用作光电晶体管的双极性晶体管;

第一场效应晶体管;以及

第二场效应晶体管,所述第二场效应晶体管的极性与所述第一场效应晶体管的极性相同,

所述双极性晶体管被配置为所述双极性晶体管的发射极电连接到所述第一场效应晶体管的源极,并且所述双极性晶体管的基极电连接到所述第二场效应晶体管的栅极,

所述光电转换装置进一步包括:

增益单元,所述增益单元被配置为使得所述第一场效应晶体管的栅极经由所述增益单元电连接到所述第二场效应晶体管的漏极;以及

电流源,所述电流源被配置用于向所述增益单元提供电流。

光电转换装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光电转换装置。

背景技术

[0002] 在日本专利特开 No. 2000-77644 中, 图 1 示出了使用光电晶体管的常规光电转换装置。如此图中所示, 光电转换装置包括共源极电路, 该共源极电路包括恒流源和由恒流源驱动的场效应晶体管。此 MOSFET 的栅极和源极之间的电压确定了光电晶体管的基极电位。在此图所示的光电转换装置中, 当入射到光电晶体管的基极上的光量改变时, 光电晶体管的集电极电流发生相应的改变, 并且其基极和发射极之间的电压改变。基极和发射极之间的电压的此改变主要不是由于光电晶体管的基极电位的改变, 而是由于光电晶体管的发射极电位的改变。

[0003] 但是, 在光电晶体管的发射极与基极之间存在反馈环路, 并且此反馈环路使得基极电位具有小的改变。也就是说, 当发射极电位改变时, MOSFET 的连接到发射极的栅极电位改变, 从而形成共源极电路的 MOSFET 的漏极和源极之间的电压发生改变。从恒流源提供的恒定电流流过 MOSFET。为了补偿由于漏极 - 源极电压的改变导致的电流改变, 栅极 - 源极电压改变, 尽管该改变是轻微的。结果, 光电晶体管的基极电位发生改变。包括光电晶体管的基极的 PN 结用作光电转换元件, 并且施加到此光电转换元件上的反向偏压改变。此电压改变通过由光电流对与基极相关联的寄生电容的充电而发生。此充电操作中所需的时间确定了光响应特性, 即端子 Iout 输出的电流响应于光量的改变而改变的速度。

[0004] 鉴于上文, 本发明提供了一种光电转换装置, 该光电转换装置具有受抑制的由于光量的改变而导致的施加到光电转换元件上的反向偏压的改变, 因此具有良好的光响应特性。

发明内容

[0005] 根据一个方面, 本发明提供了一种装置, 该装置包括: 第一光电转换元件, 被配置用于通过光电转换将光转换成电流; 第一电流放大单元, 被配置用于放大该电流; 第一电流监测单元, 被配置用于监测放大的电流, 并且输出监测信号; 以及第一偏压设定单元, 被配置用于对监测信号以小于 1 的因子施加增益, 并且根据被施加增益的监测信号向第一光电转换元件施加反向偏压。

[0006] 从下文参考附图对示例性实施例的描述, 本发明的其它特征将变得清晰。

附图说明

[0007] 图 1 是示出根据本发明的一个实施例的光电转换装置的配置的示例的图。

[0008] 图 2 是示出根据本发明的一个实施例的光电转换装置的配置的示例的图。

[0009] 图 3 是示出根据本发明的一个实施例的光电转换装置的配置的示例的图。

[0010] 图 4 是示出根据本发明的一个实施例的光电转换装置的配置的示例的图。

- [0011] 图 5 是示出根据本发明的一个实施例的光电转换装置的配置的示例的图。
- [0012] 图 6 是示出根据本发明的一个实施例的光电转换装置的配置的示例的图。
- [0013] 图 7 是示出根据本发明的一个实施例的光电转换装置的配置的示例的图。
- [0014] 图 8 是示出图 7 所示的光电转换装置的光谱特性的模拟结果的图。

具体实施方式

[0015] 第一实施例

[0016] 图 1 是示出根据本发明的第一实施例的光电转换装置的配置的示例的示意图。在图 1 中,光电转换装置包括光电转换元件 10、电流放大单元 20、电流监测单元 30、电流输出端子 40、以及偏压设定单元 50。偏压设定单元 50 包括增益单元 (gain unit) 60。光电转换元件 10 通过光电转换将入射光转换成电流。电流放大单元 20 将由光电转换元件 10 产生的经转换的电流放大。电流监测单元 30 监测由电流放大单元 20 放大的电流,并且输出结果作为监测信号。电流输出端子 40 输出由电流监测单元 30 监测的输出电流。增益单元 60 以小于 1 的因子 (factor) 对由电流监测单元 30 提供的监测信号施加增益。增益单元 60 的信号增益被设定为 $1/A$ ($A > 1$)。偏压设定单元 50 根据由增益单元 60 施加增益的监测信号向光电转换元件 10 施加反向偏压。如果光电转换元件 10 中生成的光电流发生改变,则电流放大单元 20 输出的电流发生相应改变,从而流过电流监测单元 30 的电流发生改变。作为响应,向偏压设定单元 50 施加输出电流监测信号以调节施加到光电转换元件 10 的反向偏压。偏压设定单元 50 包括具有 $1/A$ ($A > 1$) 的信号增益的增益单元 60,由此抑制反向偏压的改变。也就是说,可抑制施加到光电转换元件 10 的反向偏压的依赖于光强度的改变,因此可提供具有良好光响应特性的光电转换装置。

[0017] 图 2 是示出图 1 中所示的光电转换装置的配置的示例的电路图。图 2 如下地对应于图 1。在图 2 中, NPN 双极性晶体管 110 用作电流放大单元 20, 并且 P- 沟道 MOSFET (第一场效应晶体管) 140 用作电流监测单元 30。偏压设定单元 50 包括增益单元 60、P- 沟道 MOSFET (第二场效应晶体管) 120、以及恒流源 130。MOSFET 120 和 MOSFET 140 的极性相同 (例如, P- 沟道)。电流源 130 电连接在 MOSFET 120 的漏极和基准电位 (地电位) 端子之间。接下来,下文描述图 2 所示的光电转换装置的配置和操作。光电转换单元 10 可例如通过光电晶体管实现。光电转换单元 10 的阴极电连接到电源端子 160。电源端子 160 接收电源电压 V_{cc} 。双极性晶体管 110 被电连接,从而其基极连接到光电转换元件 10 的阳极,其集电极连接到电源端子 160, 以及其发射极连接到 MOSFET 140 的源极,从而流过光电转换元件 10 的电流被放大并且从双极性晶体管 110 的发射极输出。MOSFET 120 被电连接,从而其栅极连接到双极性晶体管 110 的基极,其源极连接到电源端子 160, 并且其漏极连接到增益单元 60 的输出端子。MOSFET 120 的漏极接收由增益单元 60 施加增益的监测信号。恒流源 130 电连接在增益单元 60 的输入端子与基准电位端子之间,从而 MOSFET 120 由恒流源 130 驱动。MOSFET 120 与恒流源 130 形成共源极电路。第一 MOSFET 140 被电连接,从而其栅极连接到恒流源 130, 其源极连接到双极性晶体管 110 的发射极, 并且其漏极连接到电流输出端子 40, 从而在第一 MOSFET 140 的栅极处的电位被输出作为监测信号。由双极性晶体管 110 放大的光电流从电流输出端子 40 输出。增益单元 60 的电压增益被设定为等于 $1/A$ ($A > 1$), 并且其输入端子电连接到 MOSFET 140 的栅极, 并且其输出端子电连接到 MOSFET 120

的漏极,从而与 MOSFET 140 相关联的监测信号被以小于 1 的因子施加增益。在图 2 中,流过恒流源 130 的、并且还流过 MOSFET 120 的电流 I_{pix} 与 MOSFET 120 的栅极-源极电压 V_{gs1} 具有如下列等式 (1) 所示的关系。

$$[0018] \quad I_{pix} = \frac{\beta}{2}(V_{gs1} - V_{th})^2(1 + \lambda V_{ds1}) \quad \dots(1)$$

[0019] 在等式 (1) 中, V_{ds1} 是 MOSFET 120 的漏极和源极之间的电压, V_{th} 是 MOSFET 120 的阈值电压,并且 λ 是沟道长度调制系数。 β 由以下示出的等式 (2) 给出。

$$[0020] \quad \beta = \mu_0 C_{ox} \frac{W}{L} \quad \dots(2)$$

[0021] 在等式 (2) 中, μ_0 是载流子迁移率, C_{ox} 是 MOSFET 120 的每单位面积的栅极电容, W 是 MOSFET 120 的栅极宽度,并且 L 是 MOSFET 120 的栅极长度。从等式 (1) 获得以下示出的表述 V_{gs1} 的等式 (3)。

$$[0022] \quad V_{gs1} = V_{th} + \sqrt{\frac{2I_{pix}}{\beta(1 + \lambda V_{ds1})}} \quad \dots(3)$$

[0023] 等式 (3) 给出的值被作为反向偏压施加到光电转换元件 10。当双极性晶体管 110 的集电极电流由 I_{out} 指示时, I_{out} 由以下示出的作为基极-发射极电压 V_{be} 的函数的等式 (4) 给出。

$$[0024] \quad I_{out} = I_s \times \exp(qV_{be}/kT) \dots (4)$$

[0025] 在等式 (4) 中, I_s 指示饱和电流, q 指示元电荷, k 指示 Boltzman 常数,并且 T 指示绝对温度。 I_{out} 还作为第一 MOSFET 140 的栅极-源极电压 V_{gs2} 的函数,并且由以下所示的等式 (5) 给出,在等式 (5) 中 V_{ds2} 指示 MOSFET 140 的漏极-源极电压。

$$[0026] \quad I_{out} = \frac{\beta}{2}(V_{gs2} - V_{th})^2(1 + \lambda V_{ds2}) \quad \dots(5)$$

[0027] 以下描述提供增益单元 60 所实现的益处。当光电转换元件 10 中生成的光电流改变时,该改变使得双极性晶体管 110 的集电极电流 I_{out} 改变,从而 V_{be} 和 V_{gs2} 发生改变,如从等式 (4) 和 (5) 可见。也就是说,第一 MOSFET 140 的栅极电位发生改变。如果第一 MOSFET 140 的栅极电位的此改变由 ΔV_g 指示,则 MOSFET 120 的漏极-源极电压的改变由 $\Delta V_{ds1} = -\Delta V_g/A$ 给出。通过对等式 (3) 求微分,得到如下所示的等式 (6)。

$$[0028] \quad \Delta V_{gs1} = -\lambda \sqrt{\frac{I_{pix}}{2\beta}} (1 + \lambda V_{ds})^{\frac{3}{2}} \Delta V_{ds1} \quad \dots(6)$$

[0029] 将 $\Delta V_{ds1} = -\Delta V_g/A$ 代入等式 (6) 产生如下所示的等式 (7)。

$$[0030] \quad \Delta V_{gs1} = \lambda \sqrt{\frac{I_{pix}}{2\beta}} (1 + \lambda V_{ds})^{\frac{3}{2}} \frac{\Delta V_g}{A} \quad \dots(7)$$

[0031] 从等式 (7),可见增益单元 60 的设置导致光电转换元件 10 的反向偏压的改变以 $1/A$ 的因子减少。如上所述,本实施例使得能够抑制由于光量的改变而导致的施加到光电转换元件上的反向偏压的改变,因此可在该光电转换装置中实现良好的光响应特性。

[0032] 第二实施例

[0033] 图 3 是示出根据本发明的第二实施例的光电转换装置的配置的示例的电路图。在以下描述中,仅解释与第一实施例的不同之处。图 3 所示的配置与图 2 所示的配置的不同之处在于,增益单元 60 被使用 P- 沟道 MOSFET (第三场效应晶体管) 170 实现。MOSFET 170 被电连接,从而其栅极连接到被提供恒定电位的偏压端子 180,其源极连接到 MOSFET 120 的漏极,并且其漏极连接到 MOSFET 140 的栅极以及恒流源 130。这里,假设 MOSFET 170 的跨导和输出电阻分别由 g_m 和 r_o 指示。如果第一 MOSFET 140 的栅极电位发生改变 ΔV_g ,则 MOSFET 120 的漏极电位发生相应的改变 ΔV_d 。利用共栅极电路的特性,改变 ΔV_d 由以下所示的等式 (8) 给出。

$$[0034] \quad \Delta V_d \approx \frac{\Delta V_g}{g_m r_o} \quad \dots(8)$$

[0035] 因此,以类似于等式 (7) 的方式,得到指示反向偏压的改变 ΔV_{gs1} 的等式 (9)。

$$[0036] \quad \Delta V_{gs1} = \lambda \sqrt{\frac{I_{pix}}{2\beta}} (1 + \lambda V_{ds})^{-\frac{3}{2}} \frac{\Delta V_g}{g_m r_o} \quad \dots(9)$$

[0037] 如上所述,本实施例提供了使得能够抑制由于光量的改变而导致的施加到光电转换元件上的反向偏压的改变的简单配置,因此可在该光电转换装置中实现良好的光响应特性。

[0038] 第三实施例

[0039] 图 4 是示出根据本发明的第三实施例的光电转换装置的配置的示例的电路图。在以下描述中,仅解释与上述第二实施例的不同之处。图 4 所示的配置与图 3 所示的配置的不同之处在于,增益单元 60 使用 MOSFET 170 与反相放大器 190 的组合实现。反相放大器 190 被电连接,使得其输入端子连接到 MOSFET 120 的漏极,并且其输出端子连接到 MOSFET 170 的栅极,从而输入信号被反相并放大,并且作为结果的信号被输出。此配置允许进一步抑制反向偏压的改变,这样导致光响应特性进一步改进。这里,假设 $-B$ ($B > 1$) 指示反相放大器 190 的电压增益。如果第一 MOSFET 140 的栅极电位改变 ΔV_g 的量,则 MOSFET 120 的漏极电位发生相应的改变 ΔV_d 。利用具有附加的反相放大器 190 的共栅极电路的特性,改变 ΔV_d 由以下所示的等式 (10) 给出。

$$[0040] \quad \Delta V_d \approx \frac{\Delta V_g}{g_m r_o \times B} \quad \dots(10)$$

[0041] 因此,以类似于等式 (7) 的方式,得到指示反向偏压的改变 ΔV_{gs1} 的等式 (11)。

$$[0042] \quad \Delta V_{gs1} = \lambda \sqrt{\frac{I_{pix}}{2\beta}} (1 + \lambda V_{ds})^{-\frac{3}{2}} \frac{\Delta V_g}{g_m r_o \times B} \quad \dots(11)$$

[0043] 如从等式 (11) 与 (9) 之间的比较可见,实现了反相偏压的改变的进一步压缩。如上所述,本实施例使得能够进一步抑制由于光量的改变而导致的施加到光电转换元件 10 上的反向偏压的改变,因此可在该光电转换装置中实现良好的光响应特性。

[0044] 第四实施例

[0045] 图 5 是示出根据本发明的第四实施例的光电转换装置的配置的示例的电路图。在以下描述中,仅解释与上述第二实施例的不同之处。图 5 所示的配置与图 3 所示的配置的

不同之处在于,增益单元 60 使用运算放大器 200、第一电阻器元件 210 和第二电阻器元件 220 的组合实现。MOSFET 120 的漏极经由恒流源 130 电连接到基准电位端子。运算放大器 200 被电连接,从而其非反相输入端连接到 MOSFET 120 的漏极,其反相输入端经由第二电阻器元件 220 连接到恒压端子 230,并且其输出端子连接到 MOSFET 140 的栅极。第一电阻器元件 210 电连接在 MOSFET 140 的栅极与运算放大器 200 的反相输入端之间。第二电阻器元件 220 电连接到运算放大器 200 的反相输入端和恒压端子 230。第一电阻器元件 210 具有电阻 R_1 , 并且第二电阻器元件 220 具有电阻 R_2 。此配置不仅允许抑制反向偏压的改变,而且还允许抑制工艺变化的影响。在图 5 中,第二电阻器元件 220 的一端电连接到恒压端子 230。在图 5 中,第一 MOSFET 140 的栅极电位的改变 ΔV_g 作为 MOSFET 120 的漏极电位的改变 ΔV_d 的函数由如下所示的等式 (12) 给出。

$$[0046] \quad \Delta V_g = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \Delta V_d \quad \dots(12)$$

[0047] 因此,当第一 MOSFET 140 的栅极电位改变 ΔV_g 的量时,如果假设 $R_1/R_2 \gg 1$, 则获得如下所示的等式 (13)。

$$[0048] \quad \Delta V_d = \frac{R_2}{R_1} \Delta V_g \quad \dots(13)$$

[0049] 因此,以类似于等式 (7) 的方式,得到指示反向偏压的改变 ΔV_{gs1} 的等式 (14)。

$$[0050] \quad \Delta V_{gs1} = \lambda \sqrt{\frac{I_{pix}}{2\beta}} (1 + \lambda V_{ds})^{-\frac{3}{2}} \frac{\Delta V_g}{\frac{R_1}{R_2}} \quad \dots(14)$$

[0051] 如从等式 (14) 与等式 (9) 的比较可见,等式 (9) 中的分母中的 $g_m \cdot r_o$ 在等式 (14) 中由 R_1/R_2 替代。在上述第二和第三实施例中,由工艺变化导致的电流源 130 的电流或者 MOSFET 170 的特性的变化可导致 g_m 或 r_o 变化。也就是说,在第二和第三实施例中,如从等式 (9) 可见,工艺变化影响反相偏压的改变,因此光响应特性趋向于对工艺变化敏感。相反,在本实施例中,如从等式 (14) 可见,工艺变化可导致 R_1 和 R_2 两者改变相同的比率,因此预期 R_1 和 R_2 中的改变的影响被抵消。在本实施例中,如上所述,不仅抑制了由于光量的改变而导致的施加到光电转换元件上的反向偏压的改变,而且还抑制了工艺变化的影响。因此,可提供具有良好的光响应特性而不受工艺变化影响的光电转换装置。

[0052] 第五实施例

[0053] 图 6 是示出根据本发明的第五实施例的光电转换装置的配置的示例的电路图。在下文描述中,仅解释与上述第二实施例的不同之处。图 6 所示的配置与图 3 所示的配置的不同之处在于存在附加的 P- 沟道 MOSFET (第四场效应晶体管) 240, 其源极与 MOSFET 170 的栅极一起电连接到偏压端子 180, 从而偏压端子 180 被共用以提供 MOSFET 240 的源极偏压和 MOSFET 170 的栅极偏压两者。MOSFET 240 被电连接,从而其漏极连接到双极性晶体管 110 的基极,其栅极连接到复位信号输入端子 250, 并且其源极连接到 MOSFET 170 的栅极以及偏压端子 180。在此配置中,抑制了由于光量的改变而导致的光电转换元件 10 的反向偏压的改变,从而实现光响应特性的改进。此外,在此配置中,与偏压端子 180 相关联的偏压控制线的共用允许减小空间。提供 MOSFET 240 的原因在于,例如,当电源被开通时,即当电

源电压被施加并因此双极性晶体管 110 的基极电位被从 0V 升高到该电源电压时, MOSFET 240 的提供允许双极性晶体管 110 的基极电位迅速上升。在不存在 MOSFET 240 的情况下, 通过在光电转换元件 10 中生成的光电流对与双极性晶体管 110 相关联的寄生电容充电, 基极电位升高到特定恒定值。但是, 在黑暗环境中, 光电流低, 因此花费非常长的时间来使基极电位升高。在本实施例中, 为了避免上述情况, 向复位信号输入端子 250 输入低电平信号以使基极电位迅速升高。基极电位复位电压可被设定为等于基极电位的特定恒定值 (即, V_{cc}) 减去由等式 (3) 给出的 V_{gs1} 。在图 6 中, 施加到偏压端子 180 的电压 V_{bias} 被设定为满足由以下所示的等式 (15) 表示的条件。

$$[0054] \quad V_{bias} \approx V_{cc} - \left\{ V_{th1} + \sqrt{\frac{2I_{pix}}{\beta_1(1+\lambda V_{ds1})}} \right\} \quad \dots(15)$$

[0055] 在等式 (15) 中, V_{th1} 和 β_1 分别指示 MOSFET 120 的 V_{th} 和 β 。形成共源极电路的 MOSFET 120 将在饱和区域中操作。为了满足此要求, MOSFET 170 的栅极偏压 V_{bias} 被设定为满足如下所示的等式 (16)。

$$[0056] \quad V_{bias} \leq V_{cc} - \left\{ V_{th3} + \sqrt{\frac{2I_{pix}}{\beta_1(1+\lambda V_{ds1})}} + \sqrt{\frac{2I_{pix}}{\beta_3(1+\lambda V_{ds3})}} \right\} \quad \dots(16)$$

[0057] 在等式 (16) 中, V_{th3} 和 β_3 分别指示 MOSFET 170 的 V_{th} 和 β 。从等式 (15) 和 (16), 获得如下所示的等式 (17)。因此, 如图 6 所示, 可对于 MOSFET 240 的源极偏压和 MOSFET 170 的栅极偏压两者共用该偏压。

$$[0058] \quad V_{th3} + \sqrt{\frac{2I_{pix}}{\beta_3(1+\lambda V_{ds3})}} \leq V_{th1} \quad \dots(17)$$

[0059] 在本实施例中, 如上所述, 抑制了由于光量的改变而导致的光电转换元件 10 的反向偏压的改变, 并且实现光响应特性的改进。此外, 在此配置中, 可通过共用偏压控制线来在小的空间中实现缩短当电源开通时出现的过渡时段的功能。

[0060] 第六实施例

[0061] 图 7 是示出根据本发明的第六实施例的光电转换装置的配置的示例的电路图。在下文描述中, 仅解释与上述第一实施例的不同之处。光电转换单元 255 包括 N 型区域 270、P 型区域 280、N 型区域 271、P 型区域 281、以及表面 N^+ 区域 272, 它们在 P 型硅基板 260 上形成, 从而 N 型区域和 P 型区域被以一个在另一个之上的方式交替形成。应注意, P 型区域 280 和 281 位于不同的深度处。入射到硅半导体层上的光穿入硅半导体层, 从而具有较大波长的光到达较大深度, 并且因而 P 型区域 280 和 281 提供对于光的不同波长带的信号。第一光电转换元件 10 包括 N 型区域 270、P 型区域 280 和 N 型区域 271, 而第二光电转换元件 11 包括 N 型区域 271、P 型区域 281 和表面 N^+ 区域 272。光电转换元件 10 和 11 在深度方向上彼此相邻地定位。N 型区域 270、P 型区域 280、N 型区域 271、P 型区域 281 和 N 型区域 272 分别用作第一 N 型区域、第一 P 型区域、第二 N 型区域、第二 P 型区域和第三 N 型区域, 它们被以一个在另一个之上的方式布置。因此, 第一光电转换元件 10 包括第一 N 型区域 270、第一 P 型区域 280 和第二 N 型区域 271, 而第二光电转换元件 11 包括第二 N 型区域 271、第二 P 型区域 281 和第三 N 型区域 272。

[0062] 在图 7 所示的电路中,分别在 P 型区域 280 和 281 上提供接触部分 290 和 291,并且分别经由接触部分 290 和 291 读出在各光电转换元件 10 和 11 中生成的光电流。分别对于第一光电转换元件 10 和第二光电转换元件 11 提供第一读取电路 300 和第二读取电路 301。第一读取电路 300 和第二读取电路 301 分别包括分别用作第一电流放大单元 20 和第二电流放大单元 21 的第一双极性晶体管 110 和第二双极性晶体管 111。还提供了分别用作第一电流监测单元 30 和第二电流监测单元 31 的 P 沟道 MOSFET 140 和 141。此外,提供了第一偏压设定单元 50、第二偏压设定单元 51、第一电流输出端子 40 和第二电流输出端子 41。第一偏压设定单元 50 包括 P 沟道 MOSFET 120、第一增益单元 60 和第一恒流源 130。第二偏压设定单元 51 包括 P 沟道 MOSFET 121、第二增益单元 61 和第二恒流源 131。在图 7 中,N 型接触部分 292 在 N 型区域 271 和表面 N⁺ 型区域 272 中形成,并且电连接到电源端子 160。在图 7 中,如上所述,分别对于光电转换元件 10 和 11 提供读取电路 300 和 301,并且读取电路 300 和 301 分别具有增益单元 60 和 61。在图 7 中,增益单元 60 和 61 分别被配置为对于相应的光电转换元件 10 和 11 是最优的,从而由于光量的改变导致的施加到相应光电转换元件 10 和 11 上的反向偏压的改变被抑制,以改进光响应特性,且同时实现空间减小。第二光电转换元件 11 被以与第一光电转换元件 10 类似的方式配置,以通过光电转换将光转换成电流。第二电流放大单元 21 被以与第一电流放大单元 20 类似的方式配置,以放大由第二光电转换元件 11 通过转换产生的电流。第二电流监测单元 31 被以与第一电流监测单元 30 类似的方式配置,以监测由第二电流放大单元 21 放大的电流并且输出结果作为监测信号。第二偏压设定单元 51 被以与第一偏压设定单元 50 类似的方式配置,以根据由第二电流监测单元 31 提供的监测信号向第二光电转换元件 11 施加反向偏压。

[0063] 在图 7 中,H 指示在该处 N 型区域 270 具有杂质分布图的峰值的深度,并且 I 指示在 P 型基板 260 上形成的半导体层的总厚度。在图 7 中,光电转换元件 10 和 11 的光谱特性主要由这两个因素 H 和 I 确定。图 8 示出对于 H 和 I 分别被作为示例设定为 $0.4\mu\text{m}$ 和 $4.5\mu\text{m}$ 的情况的模拟光谱特性。在图 8 中,水平轴表示入射光的波长,而垂直轴表示从光电转换元件 10 和 11 获得的光电流。在大约 400nm 的波长处具有峰值的曲线指示光电转换元件 11 的特性,而在大约 600nm 的波长处具有峰值的曲线指示光电转换元件 10 的特性。当光电转换元件 10 和 11 具有图 8 所示的光谱特性或者类似的光谱特性时,光电转换元件 10 对于具有各种光谱特性的大多数光源提供了比光电转换元件 11 可提供的光电流更大的光电流。这意味着光电转换元件 10 具有大的抑制对与双极性晶体管 110 的基极相关联的寄生电容充电所花费的时间的能力,因此光电转换元件 10 具有良好的光响应特性。因此,从等式 (7) 可推定,即使光电转换元件 10 的增益单元 60 的电压增益被设定为小于光电转换元件 11 的增益单元 61 的电压增益,光电转换元件 10 仍可具有与光电转换元件 11 类似的光响应特性。因此,在图 7 中,增益单元 61 可被与根据上述第三实施例的配置类似地配置,而增益单元 60 可被与根据上述第二实施例的配置类似地配置。此外,在图 7 中,可除去增益单元 60 而同时保留增益单元 61。第一偏压设定单元 50 包括第一增益单元 60,该第一增益单元 60 对由第一电流监测单元 30 提供的监测信号以小于 1 的因子施加增益。第二偏压设定单元 51 包括第二增益单元 61,该第二增益单元 61 对由第二电流监测单元 31 提供的监测信号以小于 1 的因子施加增益。第二偏压设定单元 51 根据由第二增益单元 61 施加增益的监测信号向第二光电转换元件 11 施加反向偏压。应注意,光电转换装置可包括增益单

元 60 和 61 两者,或者仅包括这些增益单元中的一个。在本实施例中,如上所述,由于光量的改变导致的施加到各光电转换元件 10 和 11 上的反向偏压的改变被抑制,以改进光响应特性,且同时实现空间减小。

[0064] 在上文所述的第一到第六实施例中,作为示例假设光电转换元件 10 和 11 为积聚空穴的类型,并且 NPN 双极性晶体管被用作电流放大单元 20 和 21。但是,该元件或单元并不局限于上文所述的实施例中所采用的那些类型。例如,光电转换元件 10 和 11 可以是积聚电子的类型,并且 PNP 双极性晶体管可被用作电流放大单元 20 和 21。这些元件可用于实现类似的配置以获得类似的效果。

[0065] 在上文所述的第一到第六实施例中,还作为示例假设光电转换装置包括单个增益单元 60。但是,不对增益单元的数量做出特别限制,并且光电转换装置可包括多个增益单元。例如,光电转换装置可包括类似于根据第二实施例的增益单元 60 的增益单元以及类似于根据第四实施例的增益单元 60 的增益单元两者。

[0066] 在上述的第二、第三和第五实施例中,作为示例假设采用共栅极 P 沟道 MOSFET 170 作为增益单元 60。但是,可使用其他类型的器件作为增益单元 60。例如,可使用共基极 PNP 双极性晶体管以实现类似效果。

[0067] 在上述第六实施例中,作为示例假设光电转换装置包括被形成为在深度方向上彼此相邻地定位的两个光电转换元件。但是,光电转换元件的数量不局限于两个。尽管还假设相对于表面位于较大深度处的光电转换元件提供了与另一光电转换元件可提供的光电流相比更大的光电流,但是,光电转换元件可被不同地配置。

[0068] 应注意,已经作为示例但不作为限制地描述了本发明的实施例。将清楚,可在不背离本发明的精神或特性的情况下做出各种改变。在本说明书中,术语“电连接”被用于描述“直接连接或通过开关间接连接到某物”。开关可被另一类型的电气元件替代,只要实现与上文公开的电路操作基本相同的电路操作即可。

[0069] 虽然已经参考示例实施例描述了本发明,应当理解,本发明不限于公开的示例实施例。下面的权利要求的范围将被给予最宽泛的解释,以便包含所有这些修改以及等同结构和功能。

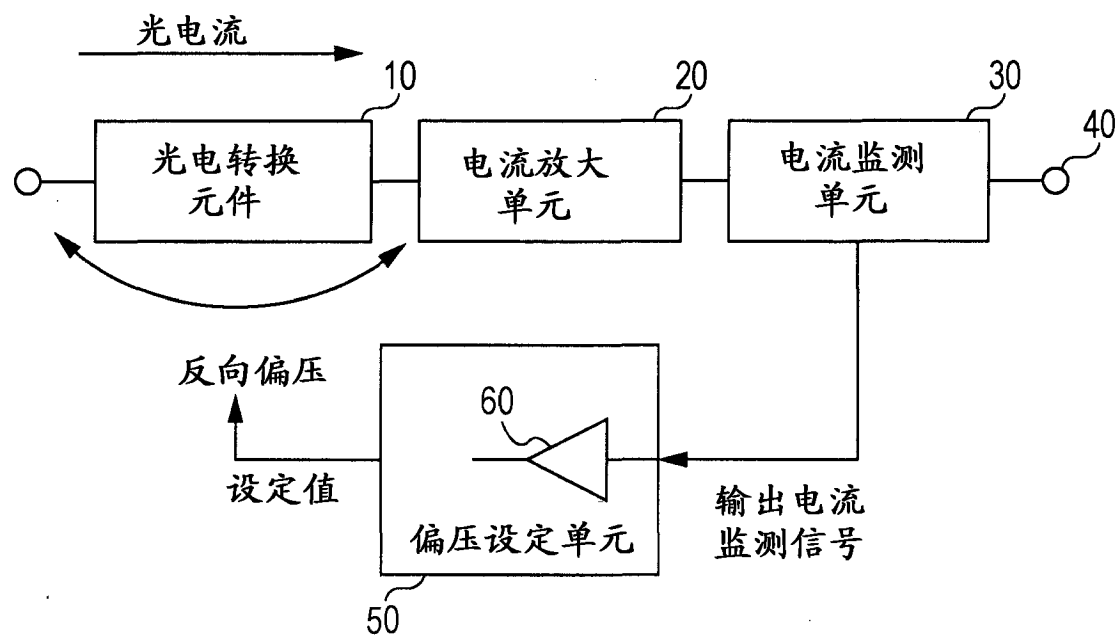


图 1

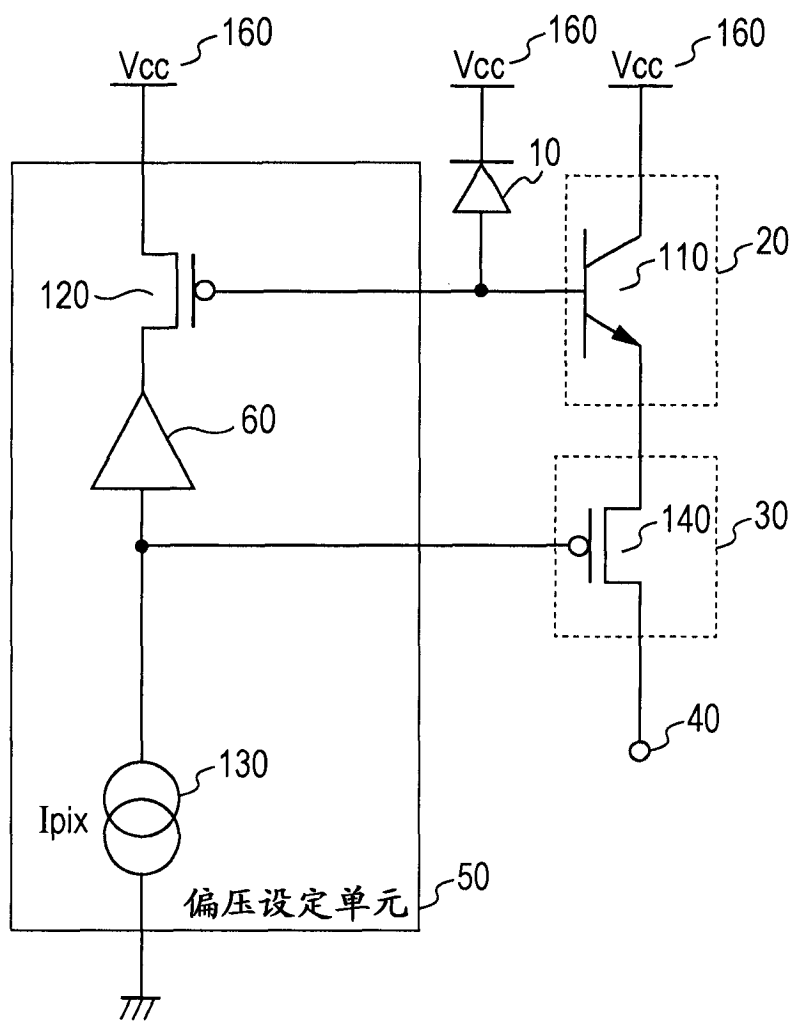


图 2

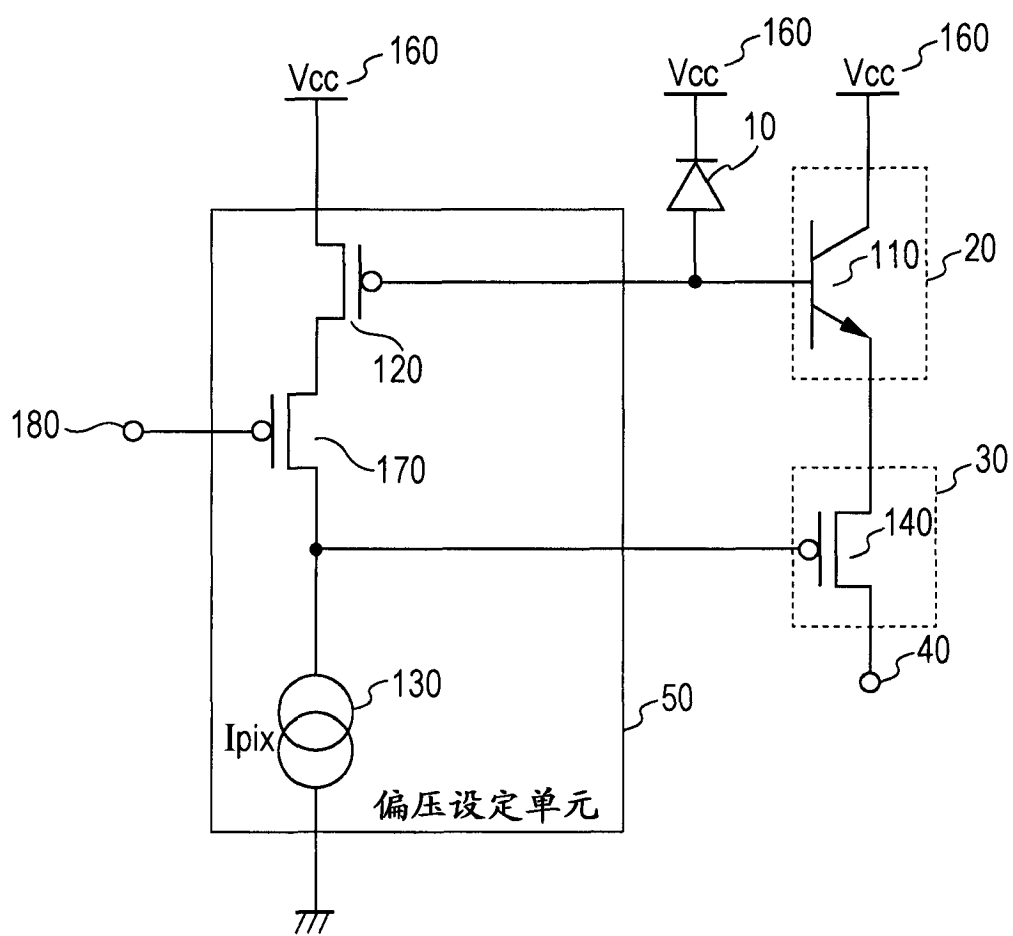


图 3

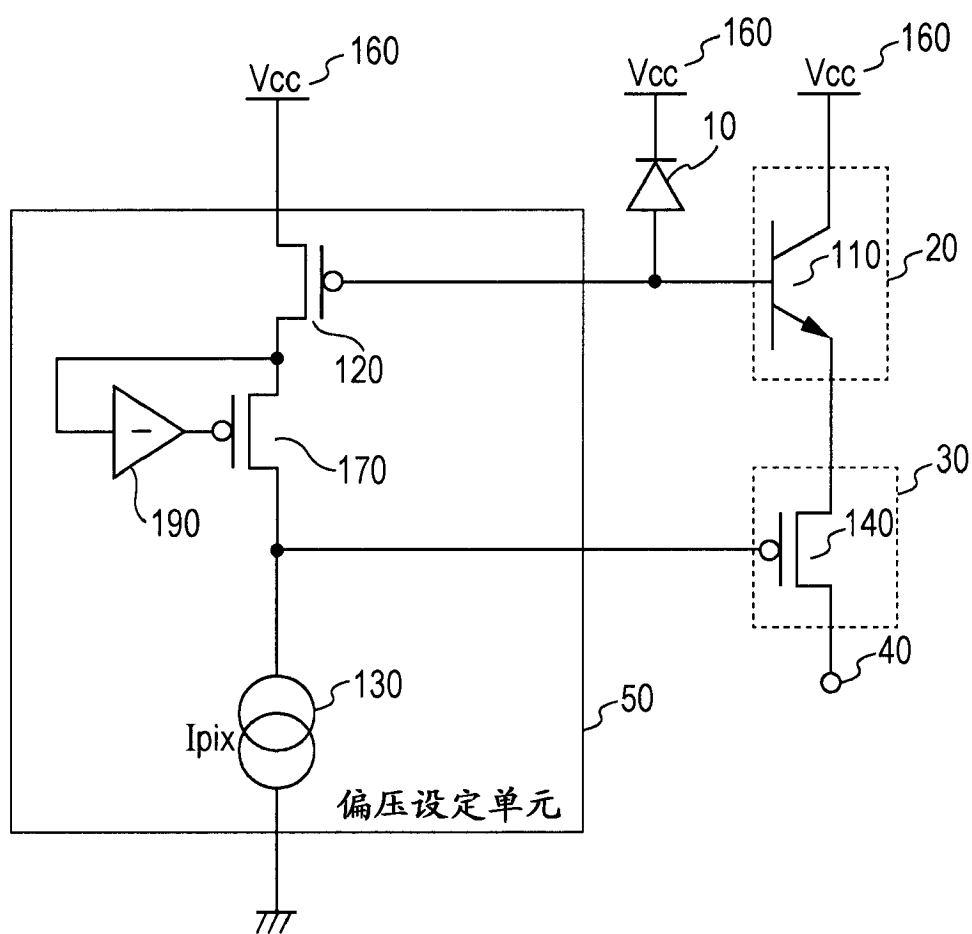


图 4

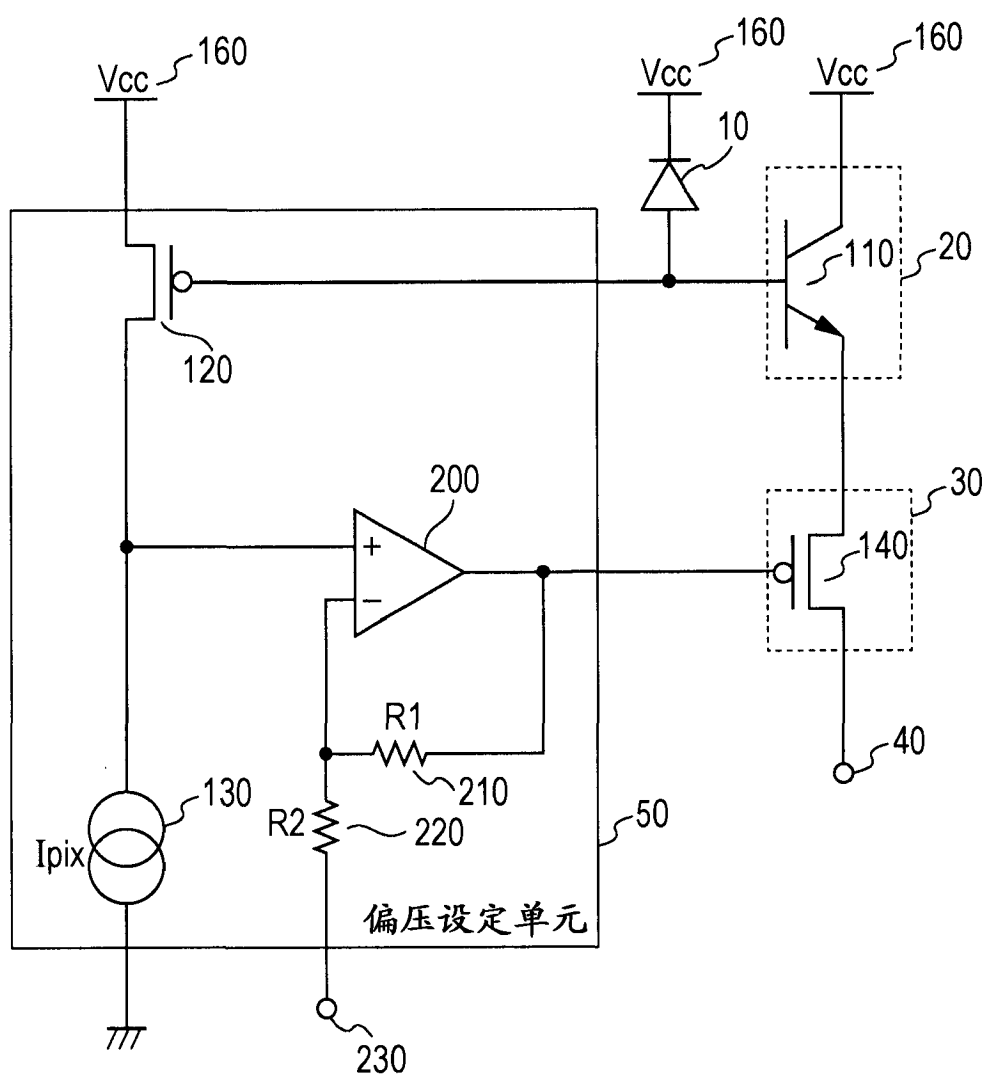


图 5

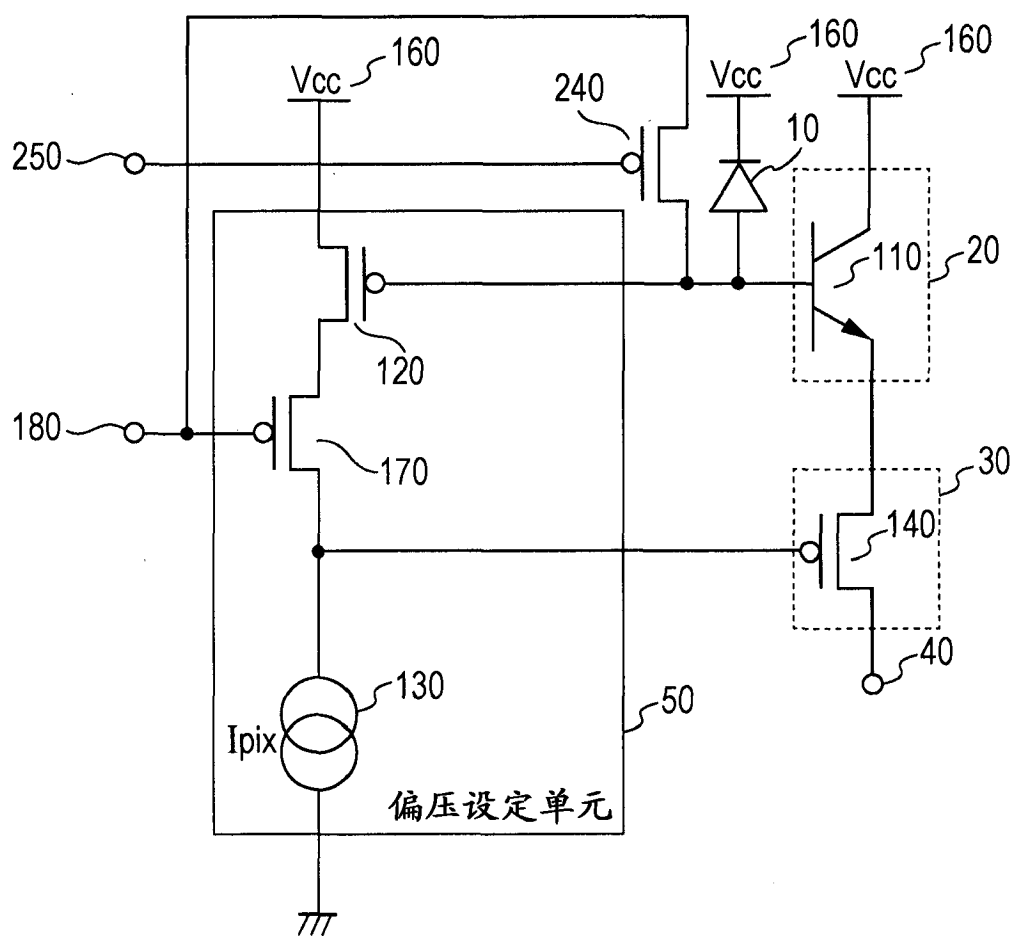


图 6

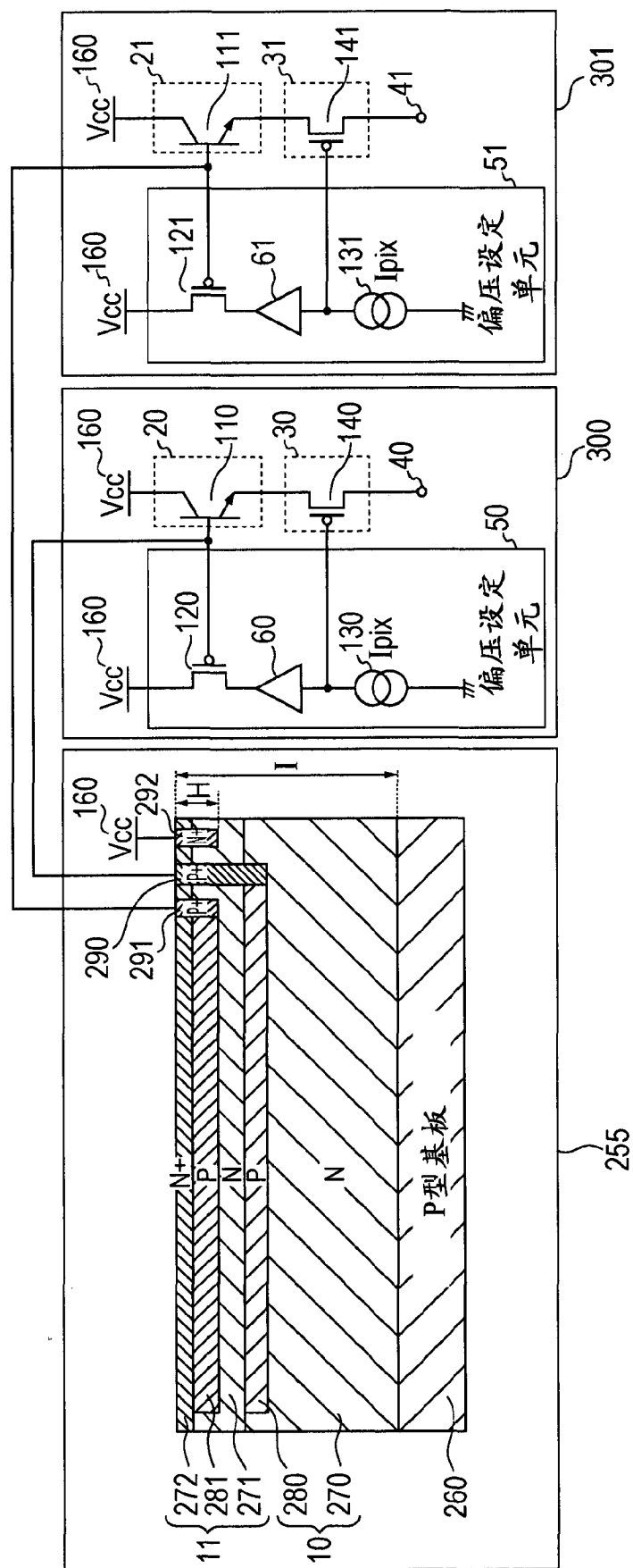


图 7

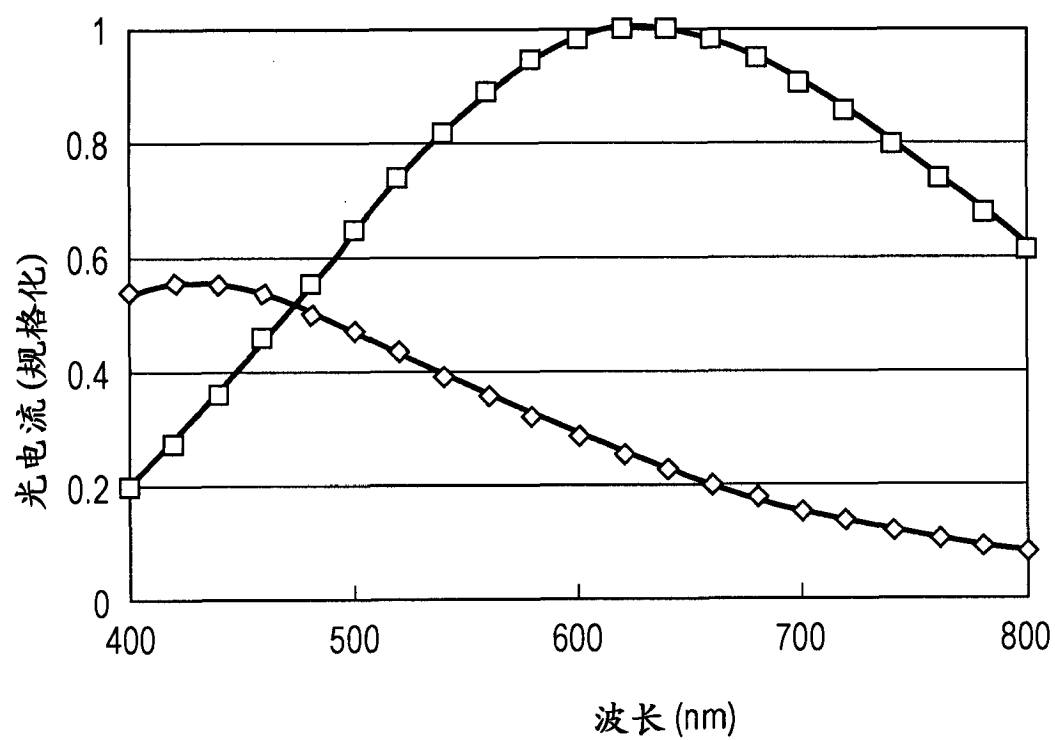


图 8