

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 31/10 (2006.01)

G01J 1/44 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380107783.3

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100407444C

[22] 申请日 2003.12.25

[21] 申请号 200380107783.3

[30] 优先权

[32] 2002.12.25 [33] JP [31] 375130/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/016801 2003.12.25

[87] 国际公布 WO2004/059748 日 2004.7.15

[85] 进入国家阶段日期 2005.6.27

[73] 专利权人 浜松光子学株式会社

地址 日本国静岡県

[72] 发明人 铃木保博 水野诚一郎

[56] 参考文献

JP2000-101060A 2000.4.7

CN1138752A 1996.12.25

审查员 罗崇举

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳

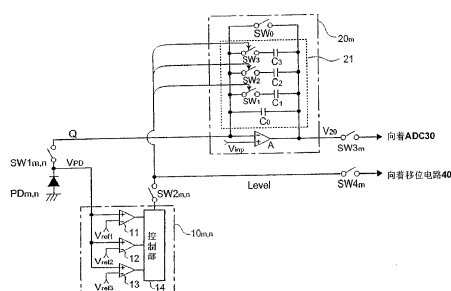
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 10 页

[54] 发明名称

光检测装置

[57] 摘要

本发明的目的在于提供一种使光检测的动态范围、S/N 比以及速度任何一者都能够得到提高的光检测装置。光电二极管($PD_{m,n}$)发生对应于入射光强度的量的电荷,并存储在结电容部中。电荷量电平判断电路($10_{m,n}$)判断在光电二极管($PD_{m,n}$)中发生并蓄积在结电容部中的电荷量的电平。积分电路(20_m)根据该电荷量电平判断结果,设定积分电容部(21)的电容值,将从光电二极管($PD_{m,n}$)经过开关($SW1_{m,n}$)输入的电荷蓄积在积分电容部(21)中,输出对应于该蓄积电荷量的电压值(V_{20})。输入到积分电路(20_m)的放大器 A 的非反相输入端子中的电压值(V_{inp})被设定得积分电路(20_m)的积分电容部(21)蓄积电荷的第二期间的电压值比光电二极管($PD_{m,n}$)的结电容部蓄积电荷的第一期间的大。



1. 一种光检测装置，其特征在于，包括：

反偏压施加在阳极端子和阴极端子之间，发生对应于入射光强度的量的电荷，并蓄积在结电容部中的光电二极管；

输入端通过开关与所述光电二极管连接，将蓄积在所述光电二极管的所述结电容部中的电荷输入到所述输入端中，将该电荷蓄积在积分电容部中，输出对应于该蓄积的电荷量的电压值的积分电路；以及

使所述积分电路的所述积分电容部蓄积电荷的第二期间内施加在所述光电二极管上的反偏压的值，比所述光电二极管的所述结电容部蓄积电荷的第一期间内施加在所述光电二极管上的反偏压的值大的反偏压变更单元。

2. 如权利要求 1 所述的光检测装置，其特征在于：

所述积分电路包括具有第一输入端子、第二输入端子以及输出端子的放大器，在所述第一输入端子和所述输出端子之间具有所述积分电容部，

所述反偏压变更单元在所述第一期间和所述第二期间，变更输入到所述放大器的所述第二输入端子中的电压值，从而变更施加在所述光电二极管上的反偏压值。

3. 如权利要求 1 所述的光检测装置，其特征在于：

所述光电二极管在第一导电型的第一半导体区域上具有第二导电型的第二半导体区域，在该第二半导体区域上具有第一导电型的第三半导体区域，所述第一半导体区域和所述第二半导体区域形成 pn 结合，所述第二半导体区域和所述第三半导体区域形成 pn 结合的埋入型的结构。

4. 如权利要求 3 所述的光检测装置，其特征在于：

所述光电二极管具有接触所述第二半导体区域且杂质浓度比所述第二半导体区域高的第二导电型的第四半导体区域，从所述第四半导

体区域输出对应于入射光强度的量的电荷。

5. 如权利要求 1 所述的光检测装置，其特征在于：

还包括判断在所述光电二极管中发生的电荷量的电平的电荷量电平判断电路，

所述积分电容部的电容值是可变的，基于由所述电荷量电平判断电路判断的电平来设定该电容值。

6. 如权利要求 1 所述的光检测装置，其特征在于：

对 N 个所述光电二极管，设置一个所述积分电路，其中，所述 N 为 2 以上的整数。

7. 如权利要求 1 所述的光检测装置，其特征在于：

在第一基板上设置所述光电二极管，在第二基板上设置所述积分电路，所述第一基板和所述第二基板互相以凸点连接。

光检测装置

技术领域

本发明涉及包括光电二极管的光检测装置。

背景技术

光检测装置是一种备有一个或者多个光电二极管、以及包括放大器和积分电容部的积分电路的装置，另外，有时还备有此后的信号处理电路（例如，参照国际公开第 02/12845 号小册子）。在该光检测装置中，在光电二极管和积分电路的输入端之间设有开关，在该开关打开期间，对应于光入射到二极管中而发生的电荷被蓄积在光电二极管的结电容部中，该开关一旦闭合，到此为止蓄积在光电二极管的结电容部中的电荷便经过开关输入到积分电路的输入端，被蓄积在积分电路的积分电容部中。然后，从积分电路输出对应于蓄积在积分电容部中的电荷量的电压值。根据对应于多个光电二极管分别发生的电荷量而从积分电路输出的电压值，检测入射到排列了多个光电二极管的光检测面上的光。另外，光检测装置有时还备有将从积分电路输出的电压值（模拟值）变换成数字值的 A/D 变换电路，在此情况下，作为数字值获得入射光强度，还能用计算机等进行处理。

发明内容

上述这样的光检测装置中的光检测的动态范围、S/N 比以及速度分别依赖于光电二极管的结电容值，因此，难以将它们共同提高。

本发明就是为了解决上述问题而完成的，其目的在于提供一种能够使光检测的动态范围、S/N（信噪）比以及速度的任何一个都得到提高的光检测装置。

本发明的光检测装置的特征在于包括：（1）反偏压施加在阳极端子和阴极端子之间，发生对应于入射光强度的量的电荷，并蓄积在结电容部中的光电二极管；（2）输入端通过开关与光电二极管连接，将

蓄积在光电二极管的结电容部中的电荷输入到输入端中，将该电荷蓄积在积分电容部中，输出对应于该蓄积的电荷量的电压值的积分电路；以及（3）使积分电路的积分电容部蓄积电荷的第二期间内施加在光电二极管上的反偏压的值，比光电二极管的结电容部蓄积电荷的第一期间内施加在光电二极管上的反偏压的值大的反偏压变更单元。

如果采用本发明的光检测装置，则在设置于光电二极管和积分电路的输入端之间的开关打开期间，对应于光入射到二极管中而发生的电荷被蓄积在该光电二极管的结电容部中。然后，开关一旦闭合，到此为止蓄积在光电二极管的结电容部中的电荷便经过开关输入到积分电路中，被蓄积在积分电路的积分电容部中，对应于该积分电容部中蓄积的电荷量的电压值被从积分电路输出。特别是在本发明中，施加在光电二极管上的反偏压值设定得在积分电路的积分电容部蓄积电荷的第二期间比光电二极管的结电容部蓄积电荷的第一期间大。因此，该光检测装置能使光检测的动态范围、S/N 比以及速度任何一者都提高。

本发明的光检测装置优选这样构成：（1）积分电路包括有第一输入端子、第二输入端子以及输出端子的放大器，在第一输入端子和输出端子之间有积分电容部，（2）反偏压变更单元在第一期间和第二期间变更输入到放大器的第二输入端子中的电压值，适合变更施加在光电二极管上的反偏压值。在此情况下，放大器的第一输入端子和第二输入端子呈虚短路关系，各自的电位彼此相等。因此，变更输入到放大器的第二输入端子中的电压值，能变更施加在光电二极管上的反偏压值。

本发明的光检测装置优选这样构成：光电二极管在第一导电型的第一半导体区域上有第二导电型的第二半导体区域，在该第二半导体区域上有第一导电型的第三半导体区域，第一半导体区域和第二半导体区域形成 pn 结合，第二半导体区域和第三半导体区域形成 pn 结合的埋入型的结构。另外，光电二极管优选这样构成：接触第二半导体区域，有杂质浓度比第二半导体区域高的第二导电型的第四半导体区域，从第四半导体区域输出对应于入射光强度的数量的电荷。这样在光电二极管是埋入型的情况下，由于能抑制泄漏电流的发生，所以即

使在该点提高光检测的 S/N 比也有效。另外，由于在积分电路的积分电容部蓄积电荷的第二期间，增大光电二极管的反偏压，能完全耗尽化，所以能使光电二极管的结电容值几乎为零，因此，即使在该点，提高光检测的 S/N 比以及高速化也有效。其中，第一导电型以及第二导电型中的一者为 n 型，另一者为 p 型。

本发明的光检测装置优选这样构成：还包括判断在光电二极管中发生的电荷量的电平的电荷量电平判断电路，积分电容部的电容值是可变的，根据由电荷量电平判断电路所判断的电平来设定该电容值。在此情况下，由电荷量电平判断电路判断在光电二极管中发生并蓄积在结电容部中的电荷的电平。然后，根据该判断的电荷量电平，设定积分电路的积分电容部的电容值。此后，在积分电路中，在光电二极管中发生的电荷被蓄积在积分电容部中，输出对应于该蓄积的电荷量的值的电压信号。在入射光强度大的情况下，积分电路的可变电容部的电容值被设定为比较大的值，即使入射光强度大，也不会饱和，能检测入射光强度。另一方面，在入射光强度小的情况下，积分电路的可变电容部的电容值被设定为比较小的值，即使入射光强度小，灵敏度也好，能检测入射光强度。另外，在该光检测装置中，如果对各光电二极管一一相对地设置电荷量电平判断电路，则能迅速设定积分电路的积分电容部的电容值，能够高速检测入射光强度。

本发明的光检测装置优选这样构成：最好对 N 个（ N 为 2 以上的整数）光电二极管，设置一个积分电路。另外，在第一基板上设置光电二极管，在第二基板上设置积分电路，第一基板和第二基板互相以凸点连接。在此情况下，第一基板以及第二基板分别能用最佳的制造工艺制造，有利于提高集成度。

附图说明

图 1 是本实施方式的光检测装置 1 的总体结构图。

图 2 是本实施方式的光检测装置 1 的局部结构图。

图 3 是本实施方式的光检测装置 1 所包括的电荷量电平判断电路 10_m 以及积分电路 20_m 的电路图。

图 4 是说明本实施方式的光检测装置 1 的工作的时序图。

图5是更详细地说明本实施方式的光检测装置1的工作的时序图。

图6是表示光电二极管的反偏压值和结电容值的关系的曲线图。

图7是表示本实施方式的光检测装置1中的第一基板100以及第二基板200的配置关系的立体图。

图8是表示本实施方式的光检测装置1中的第一基板100以及第二基板200的截面的一个例子的图。

图9是表示本实施方式的光检测装置1中的第一基板100以及第二基板200的截面的另一例的图。

图10A是埋入型光电二极管的第一例的说明图。

图10B是埋入型光电二极管的第二例的说明图。

具体实施方式

以下,参照附图详细说明本发明的实施方式。其中,在附图的说明中对同一要素标以同一标记,并省略重复的说明。

图1是本实施方式的光检测装置1的总体结构图。图2是本实施方式的光检测装置1的局部结构图。图1中用虚线表示的范围Y内的块 $X_1 \sim X_M$ 各自的详细结构显示在图2中。这些图中所示的光检测装置1包括:M组单元 $U_1 \sim U_M$ 、A/D变换电路30、移位电路40以及控制电路50。各单元 U_m 有互相相同的结构,包括:N个光电二极管 $PD_{m,1} \sim PD_{m,N}$ 、N个电荷量电平判断电路 $10_{m,1} \sim 10_{m,N}$ 、N个第一开关 $SW1_{m,1} \sim SW1_{m,N}$ 、N个第二开关 $SW2_{m,1} \sim SW2_{m,N}$ 、积分电路 20_m 、开关 $SW3_m$ 以及开关 $SW4_m$ 。这里,M是1以上的整数,N是2以上的整数,m是1以上M以下的各整数,另外,以下出现的n是1以上N以下的各整数。

各光电二极管 $PD_{m,n}$ 在阳极端子和阴极端子之间被施加反偏压,发生对应于入射光强度的数量的电荷Q,并蓄积在结电容部中。开关 $SW1_{m,n}$ 对应于光电二极管 $PD_{m,n}$ 而被设置在该光电二极管 $PD_{m,n}$ 和积分电路 20_m 的输入端之间,能够电气开闭。

电荷量电平判断电路 $10_{m,n}$ 对应于光电二极管 $PD_{m,n}$ 来设置,判断在该光电二极管 $PD_{m,n}$ 中发生并蓄积在结电容部中的电荷Q的量的电平,输出表示该电平判断结果的电平信号Level。开关 $SW2_{m,n}$ 对应于

电荷量电平判断电路 10m, n 而设置在该电荷量电平判断电路 10m, n 和积分电路 20m 之间, 能够进行电气开闭。其中, 电平信号 Level 是一位或者多位的数字信号, 开关 SW2 m, n 包括该位数的开关。

积分电路 20m 具有电容值可变的积分电容部, 输入端通过开关 SW1 m, n 与光电二极管 PDm, n 连接。而且, 积分电路 20m 伴随这些开关 SW1 m, 1~SW1m, N 的依次开闭, 分别从 N 个光电二极管 PDm, 1~PDm, N 依次输出, 将输入到该输入端的电荷 Q 蓄积在积分电容部中, 从输出端输出对应于该蓄积的电荷 Q 的量的电压值 V20。另外, 积分电容部通过开关 SW2 m, n 与电荷量电平判断电路 10m, n 连接, 伴随这些开关 SW2 m, 1~SW2m, N 的依次开闭, 分别从 N 个电荷量电平判断电路 10m, 1~10m, N 依次输出, 根据输入的电平信号 Level 设定电容值。

A/D 变换电路 30 输入从积分电路 20m 的输出端经过开关 SW3 m 依次输出的电压值 V20, 对该电压值 V20 进行 A/D 变换, 输出对应于该电压值 V20 的数字值。移位电路 40 输入从 A/D 变换电路 30 输出的数字值, 同时依次输入分别从电荷量电平判断电路 10m, 1~10m, N 经过开关 SW2 m, n 及开关 SW4 m 输出的电平信号 Level, 根据该电平信号 Level, 使数字值的位移位, 输出使该位移位了的数字值。

控制电路 50 是控制光检测装置 1 的总体工作的电路。特别是控制电路 50 控制各开关 SW1 m, n 以及各开关 SW2 m, n 各自的开闭。具体地说, 控制电路 50 就各光电二极管 PDm, n 而言, 关闭对应的开关 SW2 m, n, 基于由对应的电荷量电平判断电路 10m, n 输出的电平信号 Level 来设定积分电路 20m 的积分电容部的电容值, 然后, 关闭对应的开关 SW1 m, n, 使积分电路 20m 的积分工作开始。另外, 控制电路 50 也控制积分电路 20m、开关 SW3 m、开关 SW4 m、A/D 变换电路 30 以及移位电路 40 各自的工作时序。该工作时序将会在后面详细说明。其中, 在图 1 中, 省略了从控制电路 50 发送给其他要素电路的控制信号。

图 3 是本实施方式的光检测装置 1 中所包括的电荷量电平判断电路 10m, n 以及积分电路 20m 的电路图。其中, 在该图中, 只示出了对应于第 m 单元 Um 内的第 n 光电二极管 PDm, n 的部分。

电荷量电平判断电路 10m, n 具有三个比较器 11~13 以及控制部 14。比较器 11~13 各自的非反相输入端子连接在光电二极管 PDm, n 的阴极

端子和开关 $SW1_{m, n}$ 的连接点上。基准电压值 V_{ref1} 输入到比较器 11 的反相输入端子中, 基准电压值 V_{ref2} 输入到比较器 12 的反相输入端子中, 基准电压值 V_{ref3} 输入到比较器 13 的反相输入端子中。然后, 比较器 11~13 各自对分别输入到非反相输入端子以及反相输入端子中的电压值进行大小比较, 将表示该比较结果的信号输出给控制部 14。控制部 14 输入分别由比较器 11~13 输出的信号, 输出用于设定积分电路 20_m 的积分电容部的电容值的 3 位的电平信号 Level。

这里, 基准电压值 $V_{ref1} \sim V_{ref3}$ 满足下列关系式。

$$V_{ref1} = V_{sat}/2 \quad \cdots (1a)$$

$$V_{ref2} = V_{sat}/4 \quad \cdots (1b)$$

$$V_{ref3} = V_{sat}/8 \quad \cdots (1c)$$

V_{sat} 是一定值。因此, 三个比较器 11~13 能够判断光电二极管 $PD_{m, n}$ 的阴极端子的电位 V_{PD} 在下列各范围中的哪个范围内。

$$V_{PD} < V_{sat}/8 \quad \cdots (2a)$$

$$V_{sat}/8 \leq V_{PD} < V_{sat}/4 \quad \cdots (2b)$$

$$V_{sat}/4 \leq V_{PD} < V_{sat}/2 \quad \cdots (2c)$$

$$V_{sat}/2 \leq V_{PD} \quad \cdots (2d)$$

从控制部 14 输出的电平信号 Level 是表示电位 V_{PD} 在上述式 (2a) ~ 式 (2d) 中的哪个范围内的信号。

积分电路 20_m 具有放大器 A、电容元件 $C_0 \sim C_3$ 以及开关 $SW_0 \sim SW_3$ 。放大器 A 具有非反相输入端子、反相输入端子以及输出端子。放大器 A 的非反相输入端子和反相输入端子呈虚短路关系, 各自的电位彼此相等。放大器 A 的非反相输入端子输入电压值 V_{inp} 。该电压值 V_{inp} 并非固定而是可变的, 例如, 能够选择来自第一恒定电压源的一定电压值 V_H 以及来自第二恒定电压源的一定电压值 V_L ($V_L < V_H$) 两者中的任意一者而输入到放大器 A 的非反相输入端子中。放大器 A 的反相输入端子通过开关 $SW1_{m, n}$ 而连接在光电二极管 $PD_{m, n}$ 的阳极端子上。放大器 A 的输出端子通过开关 $SW3_m$ 而连接在 A/D 变换电路 30 上。互相串联连接的开关 SW_1 以及电容元件 C_1 、互相串联连接的开关 SW_2 以及电容元件 C_2 、互相串联连接的开关 SW_3 以及电容元件 C_3 、电容元件 C_0 、以及开关 SW_0 互相并联设置在放大器 A 的反相输入端子和输出

端子之间。

电容元件 $C_0 \sim C_3$ 以及开关 $SW_1 \sim SW_3$ 构成电容值可变的积分电容部 21。即，开关 $SW_1 \sim SW_3$ 分别基于从电荷量电平判断电路 $10_{m,n}$ 的控制部 14 输出并经过开关 $SW_{2_{m,n}}$ 而输入的电平信号 Level 来进行开闭，对应于该开闭状态，积分电容部 21 的电容值固定下来。这里，电容元件 $C_0 \sim C_3$ 各自的电容值满足下列关系式，C 是一定值。

$$C_0 = C \quad \cdots (3a)$$

$$C_1 = C \quad \cdots (3b)$$

$$C_2 = 2C \quad \cdots (3c)$$

$$C_3 = 4C \quad \cdots (3d)$$

积分电容部 21 基于电平信号 Level，就是说，根据由三个比较器 11~13 判断的光电二极管 $PD_{m,n}$ 的阳极端子的电位 V_{PD} ，如下所述，通过设定开关 $SW_1 \sim SW_3$ 各自的开闭，来设定电容值。即，断定了电位 V_{PD} 在上述式 (2a) 的范围内时，开关 $SW_1 \sim SW_3$ 全部打开，积分电容部 21 的电容值被设定为 $C (=C_0)$ ，断定了电位 V_{PD} 在上述式 (2b) 的范围内时，只关闭开关 SW_1 ，积分电容部 21 的电容值被设定为 $2C (=C_0 + C_1)$ 。断定了电位 V_{PD} 在上述式 (2c) 的范围内时，关闭开关 SW_1 以及 SW_2 ，积分电容部 21 的电容值被设定为 $4C (=C_0 + C_1 + C_2)$ 。另外，断定了电位 V_{PD} 在上述式 (2d) 的范围内时，关闭全部开关 $SW_1 \sim SW_3$ ，积分电容部 21 的电容值被设定为 $8C (=C_0 + C_1 + C_2 + C_3)$ 。而且，在其中的任何情况下，从积分电路 20_m 的输出端输出的电压值 V_{20} 都在以下范围内：

$$V_{sat}/2 \leq V_{20} < V_{sat} \quad \cdots (4)$$

而且，A/D 变换电路 30 输入从各单元 U_m 的积分电路 20_m 的输出端输出并经过开关 SW_{3_m} 而依次到达的电压值 V_{20} ，对该电压值 V_{20} 进行 A/D 变换，输出对应于该电压值 V_{20} 的数字值。这时，输入到 A/D 变换电路 30 中的电压值 V_{20} 经常在上述式 (4) 的范围内，所以 A/D 变换电路 30 对电压值 V_{20} 进行 A/D 变换时，能有效地利用所输出的数字值的全部位。

移位电路 40 输入从 A/D 变换电路 30 输出的数字值，同时依次输入从电荷量电平判断电路 $10_{m,1} \sim 10_{m,N}$ 分别输出的电平信号 Level，根

据该电平信号 Level 来使数字值的位移位, 输出使其位移了的数字值。即, 从 A/D 变换电路 30 输出的数字值为 K 位 (K 是 2 以上的整数) 的数字值 (D_{K-1} 、 D_{K-2} 、 $\cdots D_1$ 、 D_0) 时, 移位电路 40 输出 (K+3) 位的数字值。在电平信号 Level 表示电位 V_{PD} 在上述式 (2a) 的范围内, 的情况下, 移位电路 40 不使输入的数字值移位, 而输出 (K+3) 位的数字值 (0、0、0、 D_{K-1} 、 D_{K-2} 、 $\cdots D_1$ 、 D_0)。在电平信号 Level 表示电位 V_{PD} 在上述式 (2b) 的范围内, 的情况下, 使输入的数字值只移动 1 位, 输出 (K+3) 位的数字值 (0、0、 D_{K-1} 、 D_{K-2} 、 $\cdots D_1$ 、 D_0 、0)。在电平信号 Level 表示电位 V_{PD} 在上述式 (2c) 的范围内, 的情况下, 使输入的数字值只移动 2 位, 输出 (K+3) 位的数字值 (0、 D_{K-1} 、 D_{K-2} 、 $\cdots D_1$ 、 D_0 、0、0)。另外, 在电平信号 Level 表示电位 V_{PD} 在上述式 (2d) 的范围内, 的情况下, 使输入的数字值只移动 3 位, 输出 (K+3) 位的数字值 (D_{K-1} 、 D_{K-2} 、 $\cdots D_1$ 、 D_0 、0、0、0)。

其次, 说明本实施方式的光检测装置 1 的工作时序。图 4 是说明本实施方式的光检测装置 1 的工作的时序图。该图中, 从上方开始依次示出了: 对应于光电二极管 $PD_{m, n-1}$ 的开关 $SW2_{m, n-1}$ 的开闭时序以及开关 $SW1_{m, n-1}$ 的开闭时序; 对应于各单元 U_m 中与光电二极管 $PD_{m, n-1}$ 相邻配置的光电二极管 $PD_{m, n}$ 的开关 $SW2_{m, n}$ 的开闭时序以及开关 $SW1_{m, n}$ 的开闭时序; 对应于各单元 U_m 中与光电二极管 $PD_{m, n}$ 相邻配置的光电二极管 $PD_{m, n+1}$ 的开关 $SW2_{m, n+1}$ 的开闭时序以及开关 $SW1_{m, n+1}$ 的开闭时序; 来自积分电路 20_m 的输出电压值 V_{20} ; 以及来自 A/D 变换电路 30 的输出数字值。

在从时刻 $t_{n-1, 2}$ 到时刻 $t_{n, 1}$ 的期间内, 在各单元 U_m 中, 只关闭 N 个开关 $SW2_{m, 1} \sim SW2_{m, N}$ 中的第 (n-1) 开关 $SW2_{m, n-1}$, 从第 (n-1) 电荷量电平判断电路 $10_{m, n-1}$ 的控制部 14 输出的电平信号 Level 输入到积分电路 20_m 中, 基于该电平信号设定积分电路 20_m 的积分电容部 21 的电容值。这时的电平信号是表示在时刻 $t_{n-1, 2}$ 中, 由电荷量电平判断电路 $10_{m, n}$ 的三个比较器 11~13 进行判断后由控制部 14 保持的光电二极管 $PD_{m, n}$ 的阴极端子的电位 V_{PD} 的电平。另外, 积分电路 20_m 的开关 SW_0 在时刻 $t_{n-1, 2}$ 关闭, 从积分电路 20_m 输出的电压值 V_{20} 被初始化。

在从时刻 $t_{n, 1}$ 到时刻 $t_{n, 2}$ 的期间, 在各单元 U_m 中, 只关闭 N 个开

关 $SW1_{m,1} \sim SW1_{m,N}$ 中的第 n 开关 $SW1_{m,n}$, 打开积分电路 20_m 的开关 SW_0 , 进行积分电路 20_m 的积分工作。这时从积分电路 20_m 输出的电压值 V_{20} 是对应于 N 个光电二极管 $PD_{m,1} \sim PD_{m,N}$ 中从第 n 光电二极管 $PD_{m,n}$ 输出后被蓄积在积分电容部 21 中的电荷量以及积分电容部 21 的电容值的电压值。

另外, 在从该时刻 $t_{n,1}$ 到时刻 $t_{n,2}$ 的期间依次关闭 M 个开关 $SW3_m$, 依次关闭 M 个开关 $SW4_m$ 。而且, 从 M 个单元 $U_1 \sim U_M$ 依次输出的电压值 V_{20} 由 A/D 变换电路 30 而变换成数字值, 该数字值由移位电路 40 根据从 M 个单元 $U_1 \sim U_M$ 依次输出的电平信号 Level, 进行移位后输出。这时从移位电路 40 依次输出的数字值是对应于 M 个单元 $U_1 \sim U_M$ 中分别包含的第 n 光电二极管 $PD_{m,n}$ 的入射光强度的数字值。

然后, 在时刻 $t_{n,2}$, 在各单元 U_m 中, 分别打开第 n 开关 $SW1_{m,n}$ 以及开关 $SW2_{m,n}$, 关闭积分电路 20_m 的开关 SW_0 , 第 n 光电二极管 $PD_{m,n}$ 的一系列工作结束。在从时刻 $t_{n,2}$ 到时刻 $t_{n+1,2}$ 的期间, 各单元 U_m 的第 $(n+1)$ 光电二极管 $PD_{m,n+1}$ 同样进行一系列工作。再往后也相同。

图 5 是更详细地说明本实施方式的光检测装置 1 的工作的时序图。该图中从上方开始示出了: 开关 $SW1_{m,n}$ 的开闭时序、积分电路 20_m 的开关 SW_0 的开闭时序、来自积分电路 20_m 的输出电压值 V_{20} 、以及输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中的电压值 V_{inp} 。

在时刻 t_a 之前, 打开开关 $SW1_{m,n}$, 也打开积分电路 20_m 的开关 SW_0 。另外, 输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中的电压值 V_{inp} 呈低电压值 V_L 。

在时刻 t_a 关闭积分电路 20_m 的开关 SW_0 , 来自积分电路 20_m 的输出电压值 V_{20} 被初始化。另外, 在从时刻 t_a 到时刻 t_b 的期间, 输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中的电压值 V_{inp} 从低电压值 V_L 变化到高电压值 V_H 。

在时刻 t_b 打开积分电路 20_m 的开关 SW_0 , 积分电路 20_m 变成能进行电荷蓄积工作的状态。然后, 如果在时刻 t_c 关闭开关 $SW1_{m,n}$, 则到此为止被蓄积在光电二极管 $PD_{m,n}$ 的结电容部中的电荷经过开关 $SW1_{m,n}$ 而被输入到积分电路 20_m 中, 被蓄积在积分电路 20_m 的积分电

容部 21 中，从积分电路 20_m 输出对应于被蓄积在该积分电容部 21 中的电荷量的电压值 V_{20} 。

在时刻 t_d 关闭积分电路 20_m 的开关 SW_0 ，积分电路 20_m 的电荷蓄积工作结束，来自积分电路 20_m 的输出电压值 V_{20} 被初始化。另外，在从时刻 t_d 到时刻 t_e 的期间，输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中的电压值 V_{inp} 从高电压值 V_H 变化到低电压值 V_L 。然后，在时刻 t_e 打开开关 $SW_{1m, n}$ ，也打开积分电路 20_m 的开关 SW_0 。这里，在本实施方式中，在积分电路 20_m 的开关 SW_0 关闭期间（来自积分电路 20_m 的输出电压值被初始化期间），由于将输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中的电压值 V_{inp} 从低电压值 V_L 切换到高电压值 V_H 、或者从高电压值 V_H 切换到低电压值 V_L ，所以不影响积分电路 20_m 的输出电压值。

如上所述，在本实施方式的光检测装置 1 中，在光电二极管 $PD_{m, n}$ 的结电容部蓄积电荷的第一期间（时刻 t_a 之前，时刻 t_e 之后），低电压值 V_L 作为电压值 V_{inp} 而被输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中，另一方面，在积分电路 20_m 的积分电容部 21 蓄积电荷的第二期间（时刻 $t_c \sim t_d$ ），高电压值 V_H 作为电压值 V_{inp} 而被输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中。另外，如图 6 所示，光电二极管的反偏压值越大，光电二极管的结电容值越小。因此，与第一期间相比，第二期间加在光电二极管 $PD_{m, n}$ 上的反偏压增大，光电二极管 $PD_{m, n}$ 的结电容值变小。即，变更输入到积分电路 20_m 的放大器 A 的非反相输入端子中电压值 V_{inp} 的单元具有作为反偏压变更单元的作用。

这样，在光电二极管 $PD_{m, n}$ 的结电容部蓄积电荷的第一期间，由于光电二极管 $PD_{m, n}$ 的结电容值大，所以光电二极管 $PD_{m, n}$ 的结电容部能蓄积较多的电荷。另一方面，在积分电路 20_m 的积分电容部 21 蓄积电荷的第二期间，由于光电二极管 $PD_{m, n}$ 的结电容值小，所以电荷从光电二极管 $PD_{m, n}$ 的结电容部向积分电路 20_m 的积分电容部 21 的移动能低噪声且高速地进行。即，本实施方式的光检测装置 1 能将光检测的动态范围、S/N 比及速度任何一者都提高。

另外，在本实施方式的光检测装置 1 中，通过对各光电二极管 $PD_{m, n}$

n 设置电荷量电平判断电路 $10_{m,n}$ ，能对积分电路 20_m 的积分电容部 21 设定对应于从该光电二极管 $PD_{m,n}$ 输出的电荷量的适当的电容值，所以能扩大每个光电二极管（即，一个画面中的每个像素）的入射光强度检测的动态范围。另外，通过对各光电二极管 $PD_{m,n}$ 一一相对地设置电荷量电平判断电路 $10_{m,n}$ ，能迅速地设定积分电路 20_m 的积分电容部 21 的电容值，能迅速地检测入射光强度。另外，各个电荷量电平判断电路 $10_{m,n}$ 判断电荷量电平时，由于不需要高速处理，所以功耗小。

其次，使用图 7～图 10B 说明本实施方式的光检测装置 1 的实施方式。图 7 是表示本实施方式的光检测装置 1 的第一基板 100 以及第二基板 200 的配置关系的立体图。如该图所示，光检测装置 1 被分割在第一基板 100 以及第二基板 200 这两个基板上。而且，在第一基板 100 上， $M \times N$ 个光电二极管 $PD_{1,1} \sim PD_{M,N}$ 被排列成 M 行 N 列。另外，在第二基板 200 上，配置着 $M \times N$ 个电荷量电平判断电路 $10_{1,1} \sim 10_{M,N}$ 、 $M \times N$ 个开关 $SW1_{1,1} \sim SW1_{M,N}$ 、 $M \times N$ 个开关 $SW2_{1,1} \sim SW2_{M,N}$ 、 M 个积分电路 $20_1 \sim 20_M$ 、 M 个开关 $SW3_1 \sim SW3_M$ 、 M 个开关 $SW4_1 \sim SW4_M$ 、A/D 变换电路 30、移位电路 40 以及控制电路 50。而且，如该图所示，各个基板沿着光的入射方向重叠地层叠安装。第一基板 100 上的各光电二极管 $PD_{m,n}$ 的阴极电极和第二基板 200 上的开关 $SW1_{m,n}$ 以及电荷量电平判断电路 $10_{m,n}$ 通过凸点 (bump) 进行导电性连接。

图 8 是表示本实施方式的光检测装置 1 的第一基板 100 以及第二基板 200 的截面的一个例子的图。其中，在该图中，由于基本图形沿着左右方向重复，所以下面只说明一个基本图形。

第一基板 100 在 n 型半导体基板的第一面（图中上侧的面）上形成：与该 n 型基板一起形成 pn 结合而构成光电二极管 PD 的 p^+ 区域 111；以及作为隔离区域的 n^+ 区域 112。另外，第一基板 100 在 n 型半导体基板的第二面（图中下侧的面）上形成：与焊片 124 形成欧姆连接的 n^+ 型杂质层 121；用于保护表面的绝缘性的保护层 122；以及贯通保护层 122，与 n^+ 型杂质层 121 导电性连接的焊片 124。另外，第一基板 100 设置有贯通第一面和第二面之间的贯通孔，在该贯通孔内，使在内壁上形成的绝缘物层介于中间来设置贯通电极 131。而且，在第一基板

100 的第一面侧,在绝缘膜 114 上形成导电性地连接 p^+ 区域 111 和贯通电极 131 的金属配线 113,另外,在第二面侧形成与贯通电极 131 导电性连接的焊片 123。

第二基板 200 在半导体基板的第一面(图中上侧的面)上形成:与开关 SW1 的第一端导电性连接的焊片 223;以及导电性地接地的焊片 224。而且,第一基板 100 的焊片 123 和第二基板 200 的焊片 223 通过凸点 423 互相连接,另外,第一基板 100 的焊片 124 和第二基板 200 的焊片 224 通过凸点 424 互相连接。利用树脂填充第一基板 100 和第二基板 200 之间的间隙。

另外,在第一基板 100 的第一面侧,配置闪烁器 510 以及遮蔽材料 520。闪烁器 510 设置在第一基板 100 的 p^+ 区域 111 的上方,通过入射 X 射线等能量射线而发生闪光。遮蔽板 520 设置在第一基板 100 的 n^+ 区域 112 的上方,阻止 X 射线等能量射线透过,同时使闪烁器 510 固定。

在该图 8 所示的结构中,X 射线等能量射线一旦入射到闪烁器 510 中,便从该闪烁器 510 发生闪光。另外,如果该闪光入射到第一基板 100 的 p^+ 区域 111 上,则在 pn 结合部发生电荷。该电荷经过金属配线 113、贯通电极 131、焊片 123、凸点 423 以及第二基板 200 的焊片 223,并经过在第二基板 200 上形成的开关 SW1 而输入到积分电路 20 的输入端中。

图 9 是表示本实施方式的光检测装置 1 的第一基板 100 以及第二基板 200 的截面的另一例的图。其中,在该图中,由于基本图形沿左右方向重复,所以下只说明一个基本图形。

第一基板 100 在 n 型半导体基板的第一面(图中上侧的面)上形成:用于防止电荷再结合的 n^+ 型蓄积层 151;以及用于保护表面的绝缘性的保护层 152。第一基板 100 在 n 型半导体基板的第二面(图中下侧的面)上,与该 n 型基板一起形成 pn 结合,形成构成光电二极管 PD 的 p^+ 区域 161,形成作为隔离区域的 n^+ 区域 162,在这些区域上形成保护层 163。另外,在第一基板 100 的第二面上,形成与 p^+ 区域 161 导电性连接的焊片 164;以及与 n^+ 区域 162 导电性连接的焊片 165。

第二基板 200 在半导体基板的第一面(图中上侧的面)上形成与

开关 SW1 的第一端导电性地连接的焊片 264 以及焊片 265。而且，第一基板 100 的焊片 164 和第二基板 200 的焊片 264 利用凸点 464 互相连接。第一基板 100 的焊片 165 和第二基板 200 的焊片 265 利用凸点 465 互相连接。利用树脂填充第一基板 100 和第二基板 200 之间的间隙。

另外，在第一基板 100 的第一面侧，配置闪烁器 510 以及遮蔽材料 520。闪烁器 510 设置在第一基板 100 的 p^+ 区域 161 的上方，通过入射 X 射线等能量射线而发生闪光。遮蔽板 520 设置在第一基板 100 的 n^+ 区域 162 的上方，阻止 X 射线等能量射线透过，同时使闪烁器 510 固定。另外，第一基板 100 在形成了 p^+ 区域 161 的部分中，对第一面侧进行研磨，使厚度减薄。

在该图 9 所示的结构中，X 射线等能量射线一旦入射到闪烁器 510 中，便从该闪烁器 510 发生闪光。另外，如果该闪光透过第一基板 100 后入射到 p^+ 区域 161 上，则在 pn 结合部发生电荷。该电荷经过焊片 164、凸点 464 以及第二基板 200 的焊片 264，并经过在第二基板 200 上形成的开关 SW1，而输入到积分电路 20 的输入端中。

如上构成的本实施方式的光检测装置 1 能获得以下效果。即，从各光电二极管 $PD_{m, n}$ 至积分电路 20_m 的输入端的电荷移动路径变短，该路径上的配线的寄生电容变小，因此，从积分电路 20_m 输出的电压值所含有的杂音变小，能进行准确的光检测。另外，由于在第一基板 100 上不设置积分电路 20_m 等信号处理用的电路，所以能增加像素数量和高密度化。另外，容易使第二基板 200 比第一基板 100 小，排列多个光检测装置 1 时，能使设置光电二极管的各个第一基板 100 极其接近或接触地配置。另外，由于形成光电二极管阵列的第一基板 100 和形成积分电路 10_m 等的信号处理电路的第二基板 200 能采用最佳的制造工艺，所以即使这一点也是好的。

在以上说明的图 8 以及图 9 中，虽然各光电二极管是通常结构的光电二极管，但如图 10A、图 10B 所示，埋入型的光电二极管也适合。

图 10A 中示出了截面结构的埋入型光电二极管有： p 区域 141、该 p 区域 141 上的 n^- 区域 142、以及该 n^- 区域 142 上的 p^+ 区域 143。 p 区域 141 和 n^- 区域 142 形成 pn 结合， n^- 区域 142 和 p^+ 区域 143 也形成 pn 结合。 n^- 区域 142 与金属配线 113 导电性地连接。

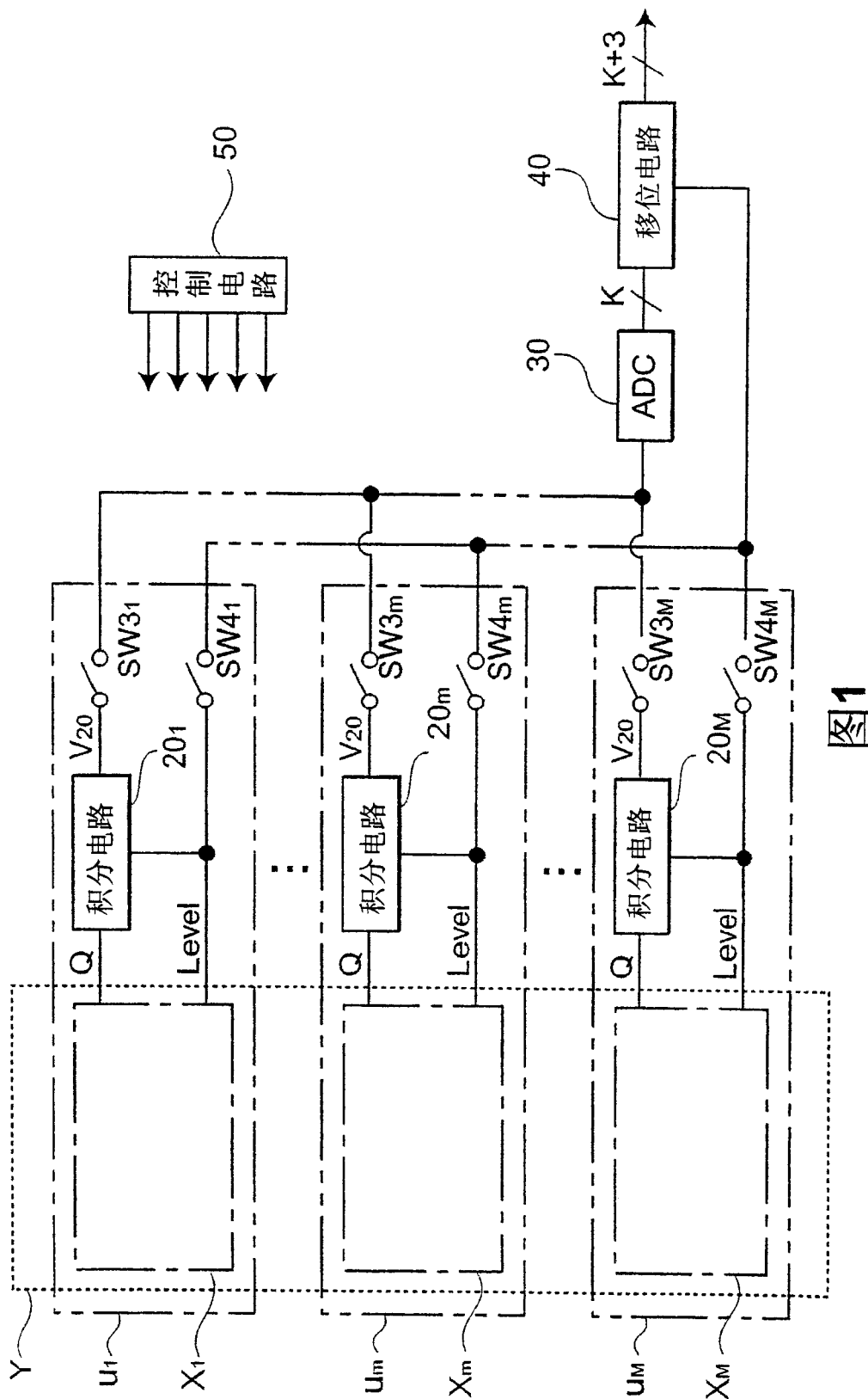
图 10B 中示出了截面结构的埋入型光电二极管有：p 区域 141、该 p 区域 141 上的 n^- 区域 142、该 n^- 区域 142 上的 p^+ 区域 143、以及与 n^- 区域 142 接触的 n^+ 区域 144。p 区域 141 和 n^- 区域 142 形成 pn 结合， n^- 区域 142 和 p^+ 区域 143 也形成 pn 结合。 n^- 区域 142 与金属配线 113 导电性地连接。p 区域 141 和 n^- 区域 142 形成 pn 结合， n^- 区域 142 和 p^+ 区域 143 也形成 pn 结合。 n^+ 区域 144 与金属配线 113 导电性地连接。

这样在光电二极管有埋入型的情况下，能抑制泄漏电流的发生，所以即使这一点对提高光检测的 S/N 比也是有效的。另外，在积分电路 20_m 的积分电容部 21 蓄积电荷的第二期间，光电二极管的反偏压增大，pn 结合面附近发生的耗尽层成为完全的耗尽层，所以能使光电二极管的结电容值几乎为零，因此，即使这一点对提高光检测的 S/N 比以及高速化也是有效的。

本发明不限于上述实施方式，能进行各种变形。例如，第一基板 100 以及第二基板 200 各自的截面结构不限于图 8 以及图 9 分别示出的结构。另外，在第二基板 200 上也可以再设置其他电路。另外，在电荷量电平判断电路 10_{m, n} 中，判断电荷量电平用的阈值的个数是任意的，根据该个数，确定积分电路 20_m 的积分电容部所能具有的电容值情况下的数。

工业利用性

以上，如详细说明的那样，如果采用本发明，则施加在光电二极管上的反偏压值能这样设定：与光电二极管的结电容部蓄积电荷的第一期间相比，积分电路的积分电容部蓄积电荷的第二期间的反偏压值大。因此，该光检测装置能提高光检测的动态范围、S/N 比以及速度中的任何一者。



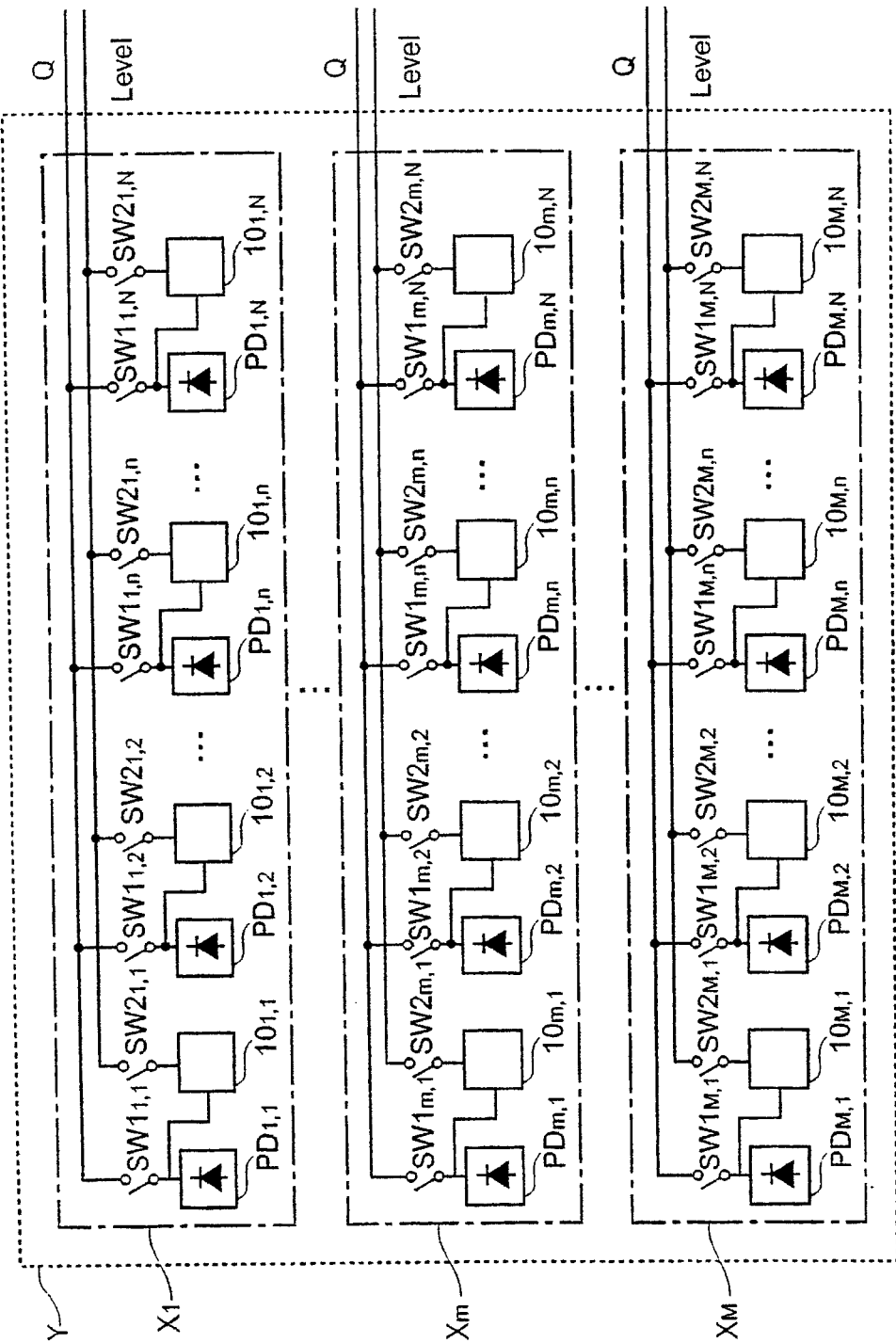
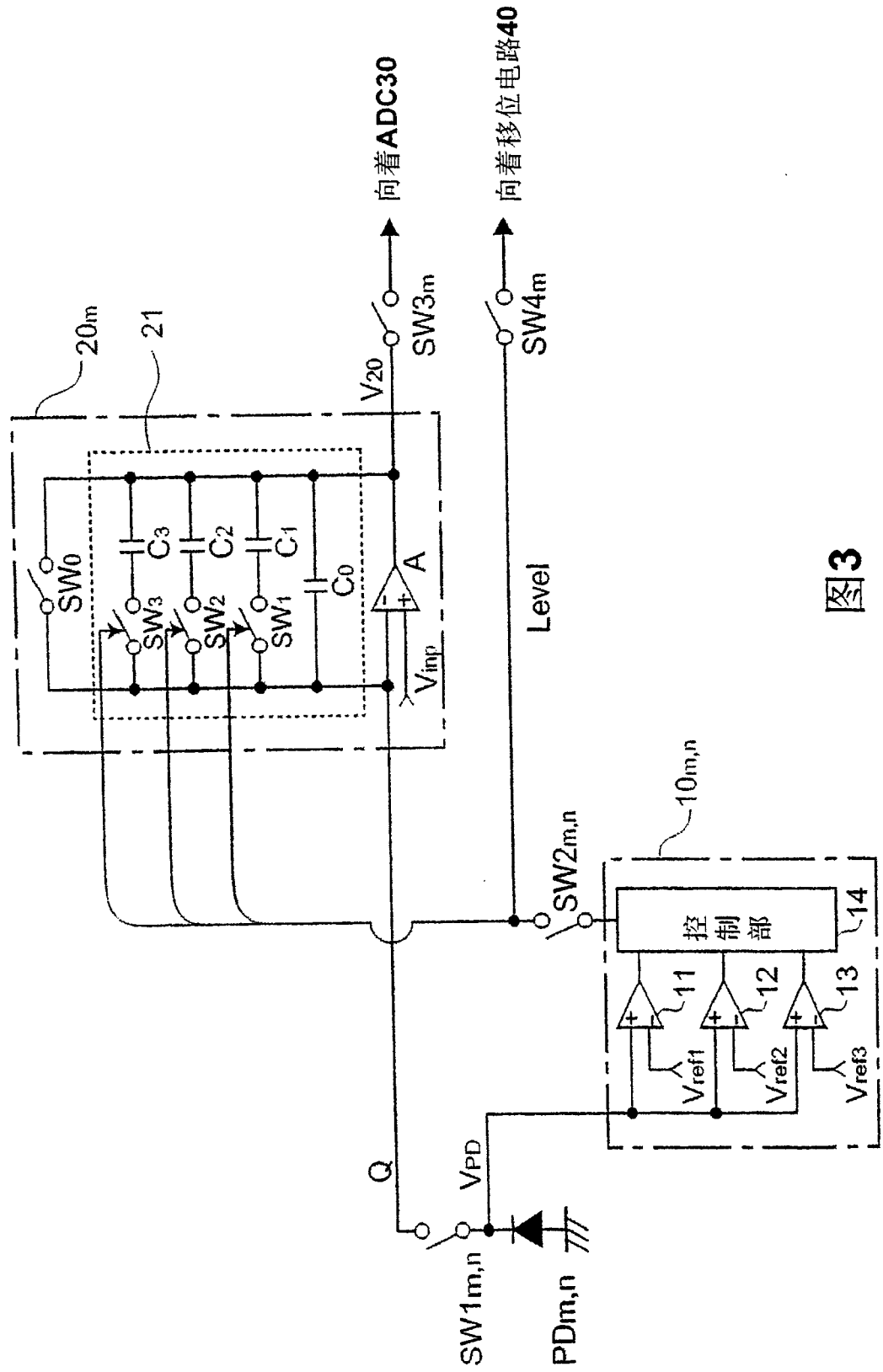


图2



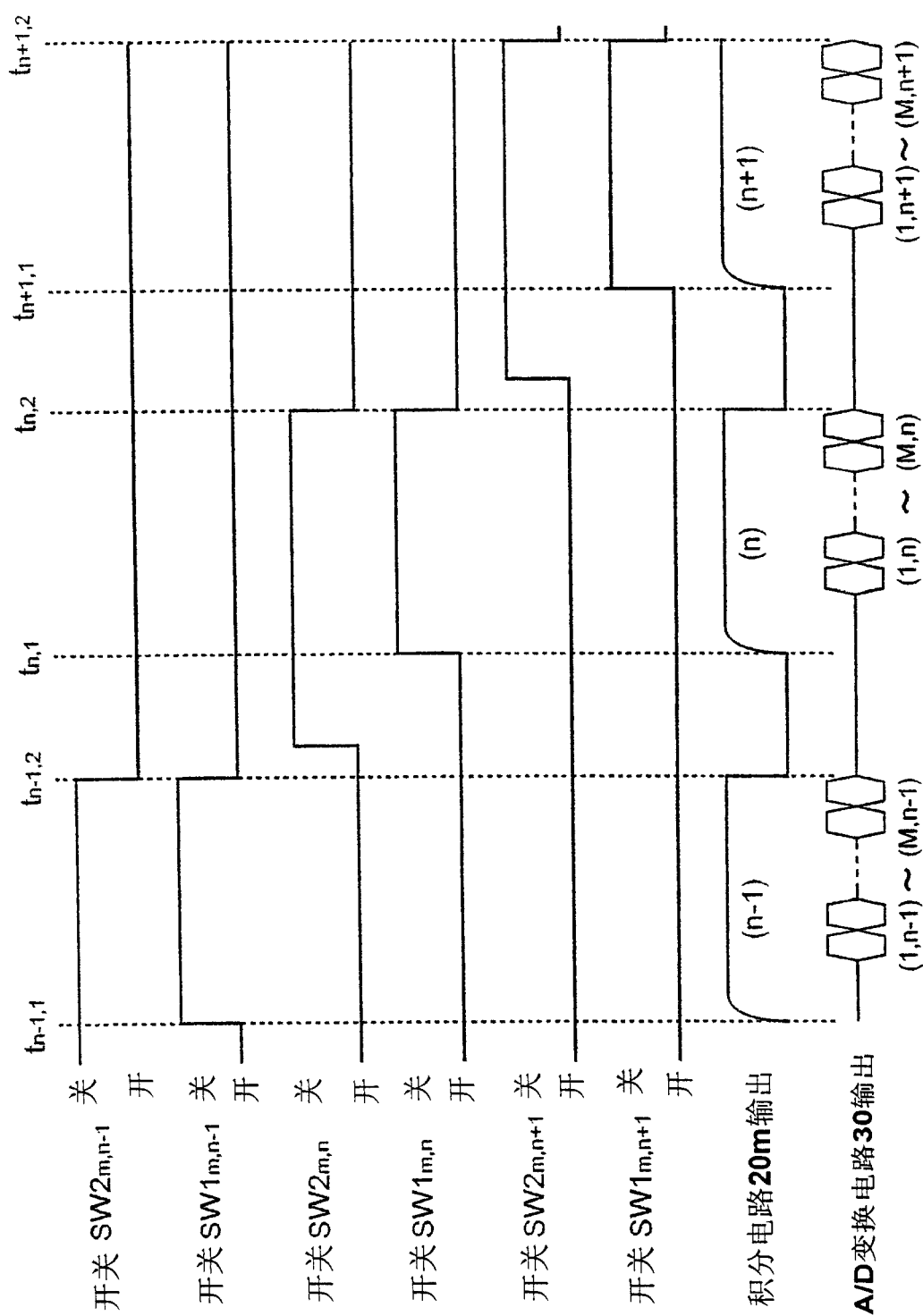


图4

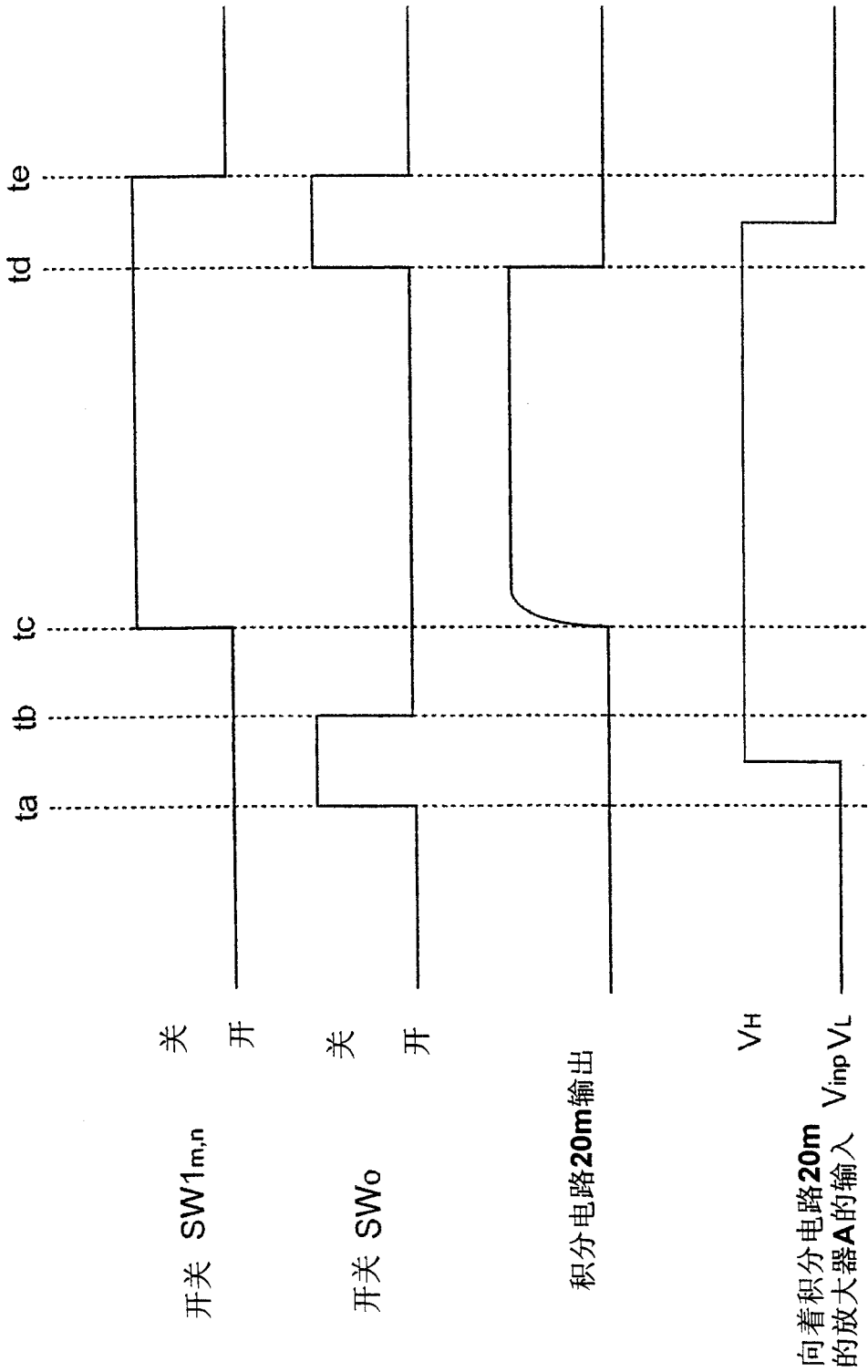


图5

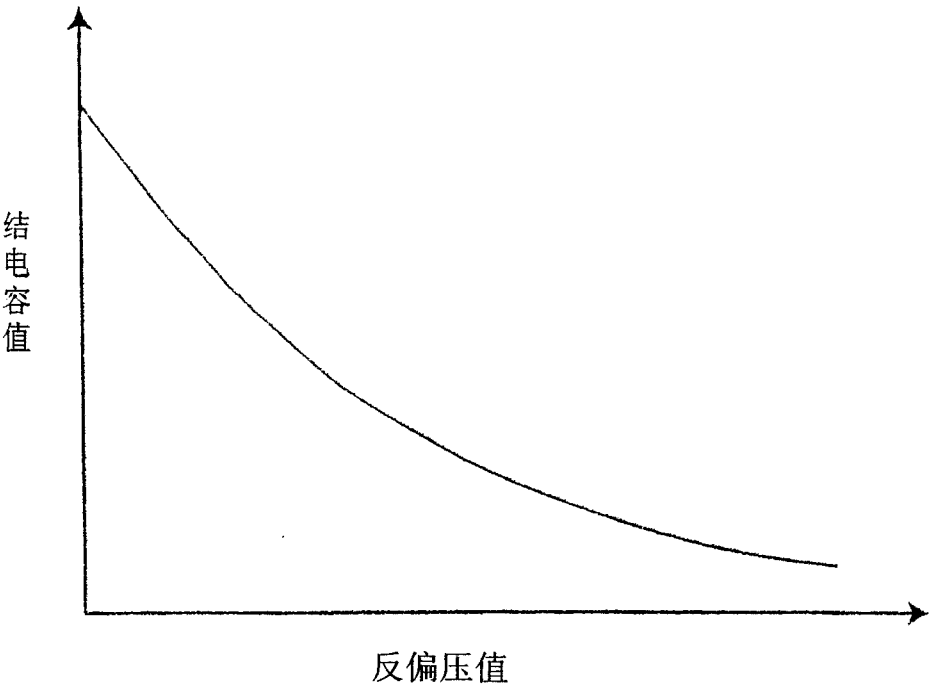


图6

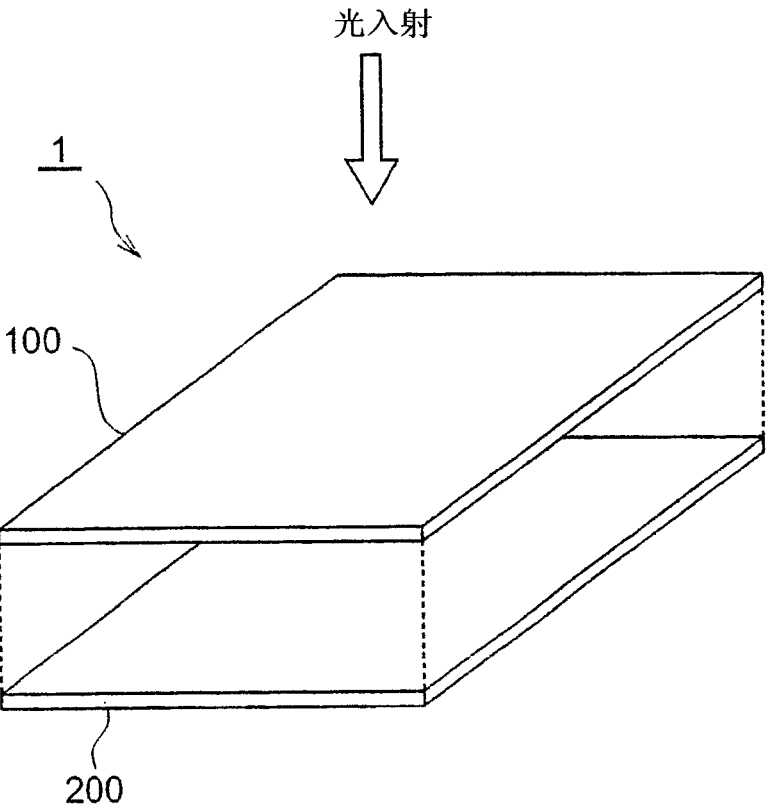


图7

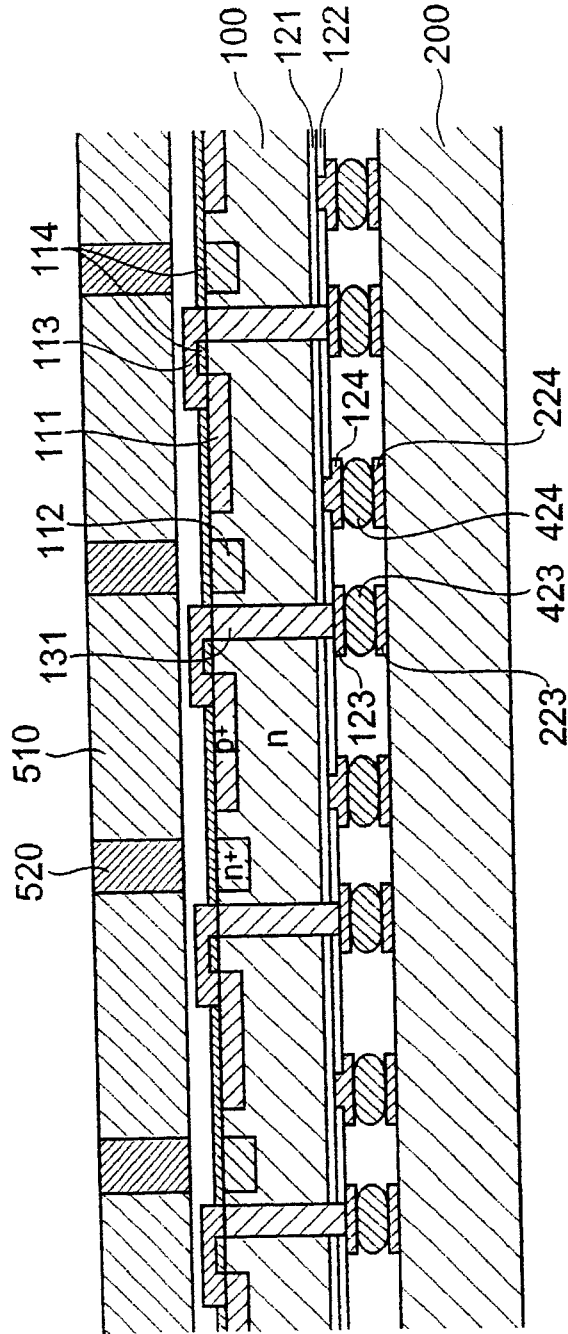


图8

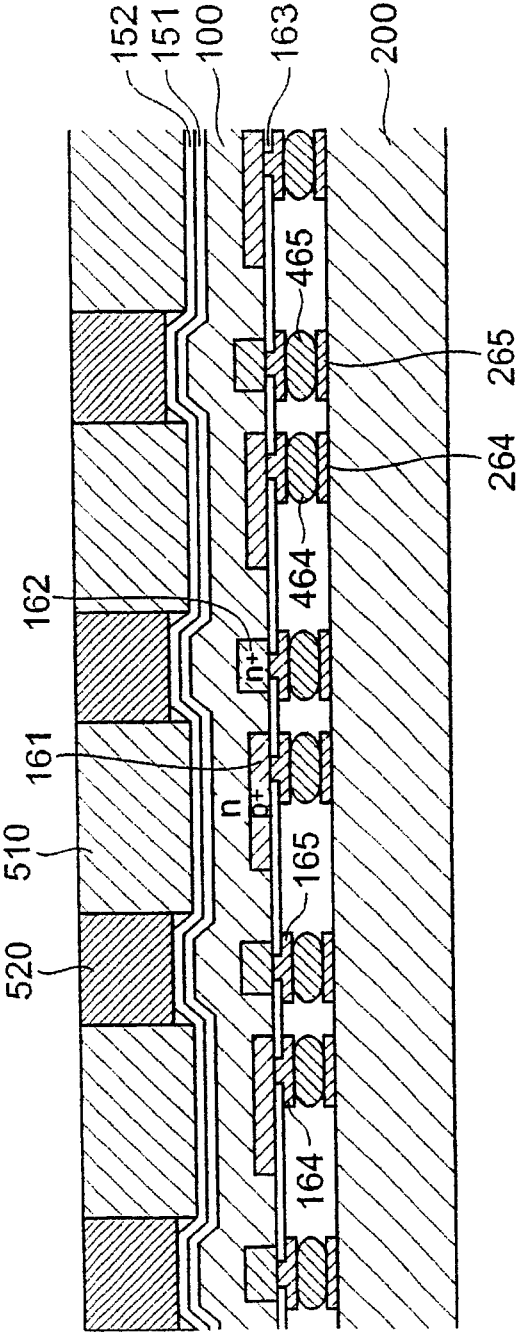


图9

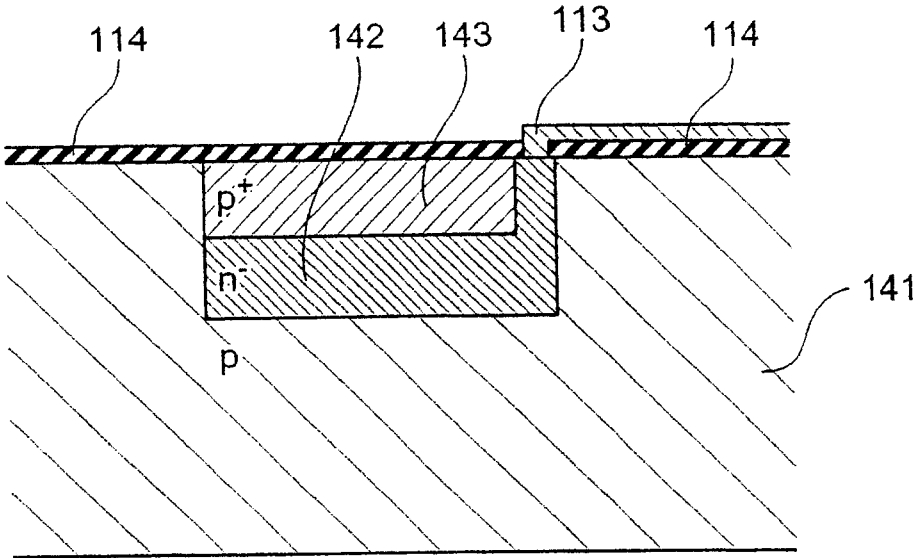


图10A

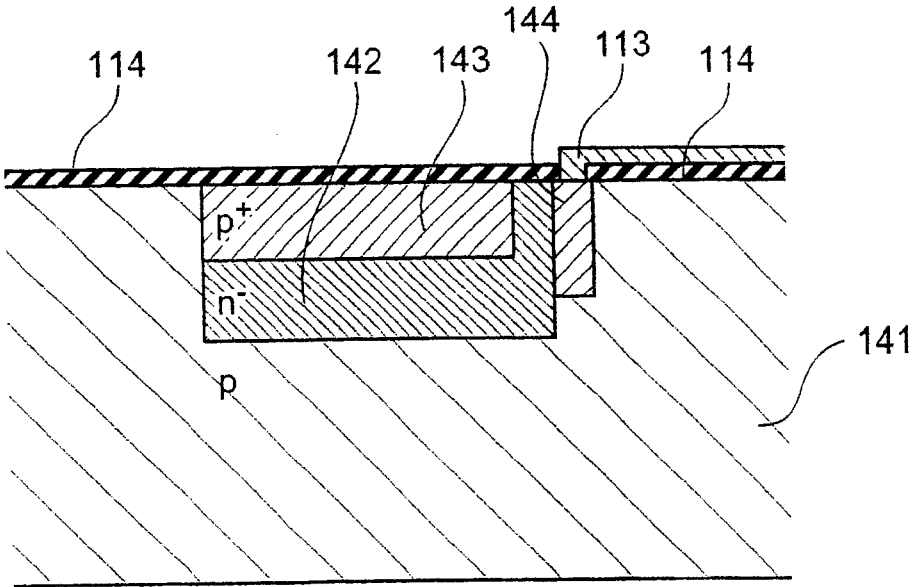


图10B