

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H04N 5/335

H04N 5/225 H01L 27/14



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03148475.1

[43] 公开日 2004年1月28日

[11] 公开号 CN 1471311A

[22] 申请日 2003.6.27 [21] 申请号 03148475.1

[30] 优先权

[32] 2002.6.27 [33] JP [31] 187682/2002

[32] 2002.10.17 [33] JP [31] 302912/2002

[32] 2003.6.4 [33] JP [31] 159403/2003

[71] 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 篠原真人 井上俊辅

[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

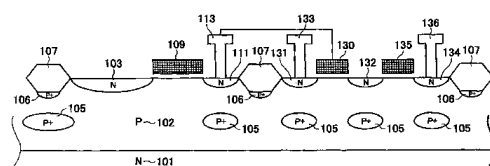
代理人 李德山

权利要求书2页 说明书22页 附图12页

[54] 发明名称 固体摄像装置和用固体摄像装置的摄像系统

[57] 摘要

本发明提供在光二极管下方产生的信号电荷难以被光二极管以外的区域吸收的固体摄像装置。该固体摄像装置是排列多个像素而成，所述像素备有由第1导电型半导体区域和与上述第1导电型半导体区域的导电型相反的第2导电型半导体区域构成的光二极管、具有在上述第2导电型半导体区域内形成的第1导电型漏极区域，将在上述光二极管中产生的信号电荷传送到上述漏极区域的第一晶体管、和具有在上述第2导电型半导体区域内形成的第1导电型源极·漏极区域的第二晶体管，在上述第1晶体管的上述漏极区域的下部和上述第2晶体管的上述源极区域和/或上述漏极区域的下部设置第2导电型的势垒。



1.一种固体摄像装置，排列多个象素而成，所述象素包括由第1导电型半导体区域和与上述第1导电型半导体区域的导电型相反的第2导电型半导体区域构成的光二极管、具有在上述第2导电型半导体区域内形成的第1导电型漏极区域，将在上述光二极管中产生的信号电荷传送到上述漏极区域的第1晶体管、和具有在上述第2导电型半导体区域内形成的第1导电型源极•漏极区域的第2晶体管，其特征在于：

在上述第1晶体管的上述漏极区域的下部和上述第2晶体管的上述源极区域和/或上述漏极区域的下部设置第2导电型的势垒。

2.根据权利要求1记载的固体摄像装置，其特征在于：

上述第2导电型的势垒的杂质浓度比上述第2导电型半导体区域的杂质浓度高。

3.根据权利要求1记载的固体摄像装置，其特征在于：

将上述势垒设置在第1晶体管和/或上述第2晶体管的栅极的下部。

4.根据权利要求1记载的固体摄像装置，其特征在于：

备有多个上述象素，在上述象素之间具有元件分离区域，将上述势垒设置在上述元件分离区域的下部。

5.一种固体摄像装置，由象素构成，所述象素包括由第1导电型半导体区域和与上述第1导电型相反的导电型的第2导电型半导体区域构成的光二极管、和具有在上述第1导电型半导体区域内形成的第1导电型源极•漏极区域的晶体管，其特征在于：

在上述晶体管的栅极的下部设置第2导电型的势垒。

6.根据权利要求5记载的固体摄像装置，其特征在于：

将上述势垒设置在上述晶体管的源极区域和/或漏极区域的下部。

7.根据权利要求5记载的固体摄像装置，其特征在于：

上述第 1 导电型半导体区域内具有比储存有在上述光二极管中产生的信号电荷的上述第 1 导电型半导体区域的杂质浓度高的第 1 导电型的信号电荷储存区域。

8.根据权利要求 5 记载的固体摄像装置,其特征在於:

上述势垒的杂质浓度比上述第 2 导电型半导体区域的杂质浓度高。

9.一种固体摄像装置,具有第 1 导电型基片、第 2 导电型层和第 1 导电型层,由上述第 2 导电型层和上述第 1 导电型层形成光二极管,其特征在於:

在形成上述光二极管的区域周围形成由第 2 导电型区域构成的势垒。

10.根据权利要求 9 记载的固体摄像装置,其特征在於:

将形成势垒的上述第 2 导电型区域形成在形成上述光二极管的上述第 1 导电型层内,形成上述光二极管的上述第 2 导电型层是埋入层。

11.根据权利要求 10 记载的固体摄像装置,其特征在於:

形成势垒的上述第 2 导电型区域在深度方向上一直达到形成上述光二极管的上述第 2 导电型埋入层。

12.根据权利要求 10 记载的固体摄像装置,其特征在於:

将形成上述势垒的上述第 2 导电型区域多层地配置在形成上述光二极管的第 1 导电型层的深度方向上。

13.根据权利要求 12 记载的固体摄像装置,其特征在於:

由上述多层中的最上层来控制从光二极管到传送晶体管的电荷传送路径。

14.根据权利要求 10 记载的固体摄像装置,其特征在於:

在上述第 1 导电型层的半导体表面附近的部分中,具有比其它部分杂质浓度高的区域。

15.一种摄像机系统,其特征在於:

具有根据权利要求 9 记载的固体摄像装置。

## 固体摄象装置和用 固体摄象装置的摄象机系统

### 发明领域

本发明涉及固体摄象装置和用固体摄象装置的摄象机系统。

### 背景技术

近年来对于固体摄象装置作为以数字静态摄象机、视频摄像机编码器为中心的图象输入用摄象装置的需要急速的增加。

正在用 CCD (Charge Coupled Device:电荷耦合元件) 和 MOS 型固体摄象装置作为这些固体摄象装置。前者与后者比较, 因为灵敏度高噪声小, 所以作为高画质的摄象装置正在普及中, 但是其反面是, 具有功耗大, 驱动电压高, 因为不使用通用的半导体制造工艺所以成本高, 难以集成驱动电路等的周边电路等的弱点。

由于上述理由, 至今也一直在开发大型的 MOS 型固体摄象装置。大型的固体摄象装置是将在光二极管中储存的信号电荷导入象素中备有的放大晶体管的控制电极, 从放大晶体管的主电极放大并输出与信号电荷量相应的输出的装置。特别是作为大型的固体摄象装置, 正在作为放大晶体管使用 MOS 晶体管的 MOS 传感器的开发中投入力量。

我们预想能够克服上述 CCD 的弱点的 MOS 型固体摄象装置将适用于在预想今后扩大需要的便携式设备中的应用。

图 13 是表示作为固体摄象装置的 CMOS 传感器象素的典型例的电路图。

在图 13 中 30 是单位象素、1 是用于储存由入射光产生的信号电荷的光二极管、6 是输出与信号电荷量相应的放大输出信号的放大 MOS 晶体管、3 是与接受信号电荷的放大 MOS 晶体管 6 的栅极连接

的浮置扩散（以下记为 FD）区域、2 是用于将在光二极管 1 中储存的信号电荷传送到 FD 区域 3 的传送 MOS 晶体管、4 是用于使 FD 区域 3 复位的复位 MOS 晶体管、5 是用于选择输出象素的选择 MOS 晶体管、9a 是用于在传送 MOS 晶体管 2 的栅极上加上脉冲，对电荷传送工作进行控制的控制线、9b 是用于在复位 MOS 晶体管 4 的栅极上加上脉冲，对复位工作进行控制的控制线、9c 是用于在选择 MOS 晶体管 5 的栅极上加上脉冲，对选择工作进行控制的控制线、10a 是与放大 MOS 晶体管 6 的漏极和复位 MOS 晶体管 4 的漏极连接，向它们供给电源电位的电源配线。10b 是输出选择的象素的放大信号的输出线、8 是作为电流源工作的，放大 MOS 晶体管 6 和形成源极跟随器的恒定电流用 MOS 晶体管、10c 是将使 MOS 晶体管 8 进行恒定电流工作的电位供给 MOS 晶体管 8 的栅极的配线。将上述象素 30 配列成 2 维矩阵状形成 2 维固体摄像装置的象素区域，但是在该矩阵构成中输出线 10b 成为各列的象素的共同线，控制线 9a、9b、9c 分别成为各行的象素的共同线，只有由控制线 9c 选择的行的象素向输出线 10b 输出信号。

进一步，图 14 是表示已有固体摄像装置的其它象素电路的图。在图 14 中，1 是光二极管、2 是传送光二极管的电荷的传送 MOS 晶体管、3 是暂时存储传送电荷的浮置扩散区域、4 是用于使浮置扩散区域和光二极管复位的复位 MOS 晶体管、5 是用于选择阵列中的任意一行的选择 MOS 晶体管、6 是将浮置扩散区域的电荷变换成电压用源极跟随器型放大器放大的源极跟随器 MOS 晶体管、7 是在 1 列中共同化读出象素电压信号的读出线、8 是用于使读出线 7 流过恒定电流的恒定电流源。

现在我们简单地说明工作情况。由光二极管 1 将入射光变换成电荷，由传送 MOS 晶体管 2 将电荷存储在浮置扩散区域 3 中。因为预先打开复位 MOS 晶体管 4 和传送 MOS 晶体管 2 使浮置扩散区域 3 和光二极管 1 复位到一定电位，所以浮置扩散区域 3 的电位与由入射光产生的电荷相应地变化。浮置扩散区域 3 的电位由源极跟随器

MOS 晶体管 6 放大，输出到读出线 7。通过打开选择 MOS 晶体管 5 选择该像素。在图中未画出的输出电路中通过浮置扩散区域 3 的复位电位和光信号储存后的电位的差分计算，检测光信号。

图 15 是图 13 的固体摄像装置的模式截面图。又，图 15 是包含光二极管、传送 MOS 晶体管和 FD 区域的截面的模式截面图。在图 15 中，11 是 N 型半导体基片、12 是 P 型阱、15 是在 P 型阱 12 中形成的 N 型半导体区域、由 P 型阱 12 和 N 型半导体区域 15 形成光二极管，在 N 型半导体区域 15 中储存由入射光产生的信号电荷。18 是由在 P 型阱 12 内形成的 N 型半导体区域构成的 FD 区域、14 是图 13 所示的传送 MOS 晶体管 2 的栅极，又，FD 区域 18 也是传送 MOS 晶体管的漏极区域。又，传送 MOS 晶体管的源极区域是 N 型半导体区域 15。20 是与 FD 区域 18 连接的配线，与图中未画出的放大 MOS 晶体管的栅极连接。17 是称为 LOCOS 氧化膜的元件分离用绝缘膜、29 是杂质浓度比在元件分离用绝缘膜 17 下形成的 P 型阱 12 高的 P+型的沟道阻挡层。

图 16 是图 14 所示的固体摄像装置的模式截面图。这个截面图 16 是表示图 14 的光二极管 1 和传送 MOS 晶体管 2 的部分的图。11 是 n 型硅基片、12 是 P 型阱、13a 是 MOS 晶体管的栅极氧化膜、13b 是受光部分上的薄氧化膜、14 是传送 MOS 晶体管的栅极、15 是光二极管 1 的 N 型阴极、16 是为了具有埋入光二极管构造的表面 P 型区域、17 是用于元件分离的 LOCOS 氧化膜、18 是形成浮置扩散区域也成为传送 MOS 晶体管 2 的漏极区域的 N 型高浓度区域、19 是使栅极和金属第 1 层绝缘的硅氧化膜、20 是接触插头、21 是金属第 1 层、22 是使金属第 1 层与金属第 2 层绝缘的层间绝缘膜、23 是金属第 2 层、24 是使金属第 2 层与金属第 3 层绝缘的层间绝缘膜、25 是金属第 3 层、26 是钝化膜。在彩色用光电变换装置中，在钝化膜 26 的上层进一步形成图中未画出的滤色器层、用于进一步提高灵敏度的微透镜。从表面入射的光通过没有金属第 3 层的开口部分，进入光二极管。光在光二极管的 N 型阴极 15 或 P 型阱 12 内被吸收，

生成电子•空穴对。其中电子储存在 N 型阴极区域。

又，在美国专利 6403998 中，揭示了从 n 型基片形成所定深度的 p 型埋入层，在它上侧的 n 型基片上形成光电变换部分的固体摄像装置。

进一步，在美国专利 6504193 中，揭示了直到读出栅极的下部延伸地形成光二极管的一端，在与漏极区域相当的信号检测部分的下部对于栅极自匹配地形成穿通阻挡层区域的固体摄像装置。

但是，在图 15、图 16 的已有构造的情形中，在光二极管下方产生的信号电荷的一部分不被光二极管吸收，而被 FD 区域 18 和像素内的晶体管的源极•漏极区域吸收。结果，使灵敏度降低。

又，尽管对 CMOS 型固体摄像装置进行了各种各样的改良，但是还是存在着在特别小的像素尺寸的装置中灵敏度低那样的课题。本发明根据新的构造提供即使用微细的像素也能够得到高灵敏度的 CMOS 型固体摄像装置。

下面我们说明在图 16 的已有构造中灵敏度低的理由。图 16 是由入射到开口部分的光线 27 产生电子顺利地储存在 N 型阴极区域，作为有效的信号电荷进行工作，但是例如光线 28 那样在从光二极管多少离开的位置上产生的电子不在 N 型阴极区域，而被电势更低的 N+型浮置扩散区域 18 捕获的情形。又，即便在光二极管的直接下面，由于反复扩散和俘获电子，结果以某个概率，电子被光二极管以外的低电势区域吸收，对光电变换信号没有贡献。如果在对于硅表面更深位置上形成 N 型阴极 15，则容易收集由光二极管产生的电子，但是因为 N 型阴极区域是通过在 P 型阱区域 12 中注入离子形成的，所以杂质浓度不能够太低。N 型阴极 15 由于受到进行耗尽化工作那样的制约，不能取在相当深的位置形成高浓度的构造，这是已有构造的课题。

这样，因为对成为光二极管的 N 型阴极的体积存在界限，所以收集由入射光产生的电子的能力不够充分，从而灵敏度低。

又，即便在美国专利 6403998 中揭示的已有构造中，也存在着

因为在信号读出栅极的下部设置势垒，所以仍然不能够防止由入射光在深的位置产生的电子被浮置扩散区域 18 等吸收，使灵敏度降低的课题。

又，即便在美国专利 6504193 中揭示的已有构造中，也存在着因为穿通阻挡层区域只形成在信号检测部分的下部，所以不能够防止由入射光产生的电子的一部分被象素内的其它晶体管的源极、漏极吸收和到邻接象素的吸收，同样使灵敏度降低的课题。

### 发明内容

本发明的目的是提供即使用微小的象素灵敏度也很高的固体摄像装置，本发明的另一个目的是提供功耗低驱动电压低，低成本的摄像机系统。

为了解决上述课题，本发明的第 1 固体摄像装置，在多个配列备有由第 1 导电型半导体区域和与上述第 1 导电型半导体区域的导电型相反的第 2 导电型半导体区域构成的光二极管、具有在上述第 2 导电型半导体区域内形成的第 1 导电型漏极区域，将在上述光二极管中产生的信号电荷传送到上述漏极区域的第 1 晶体管、和具有在上述第 2 导电型半导体区域内形成的第 1 导电型源极•漏极区域的第 2 晶体管的象素的固体摄像装置中，在上述第 1 晶体管的上述漏极区域的下部和上述第 2 晶体管的上述源极区域和/或上述漏极区域的下部设置第 2 导电型的势垒。

又，本发明的第 2 固体摄像装置，在由备有由第 1 导电型半导体区域和与上述第 1 导电型相反的导电型的第 2 导电型半导体区域构成的光二极管、和具有在上述第 1 导电型半导体区域内形成的第 1 导电型源极•漏极区域的晶体管的象素构成的固体摄像装置中，在上述晶体管的栅极的下部设置第 2 导电型的势垒。

又，本发明的第 3 固体摄像装置，在具有第 1 导电型基片、第 2 导电型层和第 1 导电型层，由上述第 2 导电型层和上述第 1 导电型层形成光二极管的固体摄像装置中，在形成上述光二极管的区域周



围，形成由第 2 导电型区域构成的势垒。

又，本发明的第 4 固体摄像装置的特征是将形成势垒的第 2 导电型区域多层地配置在形成光二极管的第 1 导电型层的深度方向。

又，本发明的第 5 固体摄像装置的特征是形成势垒的多层中的最上层控制从光二极管到传送晶体管的电荷传送路径。

又，本发明的第 6 固体摄像装置的特征是在第 1 导电层中至少相反导电型埋入层近旁的深度中，由于包围着的相反导电型层，使杂质浓度降低。

又，本发明的第 7 固体摄像装置的特征是第 1 导电层具有在半导体表面附近的部分中，比其它部分杂质浓度高的区域。

又，本发明的第 8 固体摄像装置的特征是当传送电荷时第 1 导电层被完全耗尽化。

又，本发明的第 1 固体摄像装置的制造方法的特征是在相反导电型埋入层上外延生长形成第 1 导电型层后，通过离子注入形成相反导电型层。

又，本发明的第 2 固体摄像装置的制造方法的特征是相反导电型埋入层是在第 1 导电型的半导体基片中进行离子注入后，通过离子注入形成相反导电型层。

进一步，本发明的第 9 固体摄像装置的特征是邻接的象素间的分离区域是通过 STI (Shallow Trench Isolation (浅沟分离)) 形成的。

进一步，本发明的第 10 固体摄像装置的特征是用分离象素的 STI 形成的氧化膜与硅的接触面被第 1 导电型的半导体层完全覆盖。

进一步，本发明的第 11 固体摄像装置的特征是邻接的象素间的分离区域是通过深沟分离 (Deep Trench Isolation) 形成的。

进一步，本发明的第 12 固体摄像装置的特征是用分离邻接的象素间的深沟分离形成的氧化膜与硅的接触面被第 1 导电型的半导体层完全覆盖。

本发明的第 1 固体摄像装置的作用是因为通过将势垒设置在 FD

区域和各晶体管的源极•漏极下面，在势垒下方产生的信号电荷不被FD区域和设置了势垒的各晶体管的源极•漏极区域吸收，所以提高了灵敏度。

本发明的第2固体摄像装置的作用是设置在形成象素的N型晶体管的栅极下面的势垒兼而起着防止源极、漏极间发生短路，和即便在N型半导体区域中N型晶体管也可以工作的作用。

本发明的第3固体摄像装置的作用是通过用具有相反导电型的埋入层和与该埋入层相同导电型的层包围光二极管的N型层产生对电子的势垒，同时形成杂质浓度低体积大的光二极管，能够使收集光信号电子的收集力增大。

本发明的第4固体摄像装置的作用是光二极管的N型层很深，即在更长波长一侧具有灵敏度的构造中，通过层积多个P型层，也能够形成有效的势垒。

本发明的第5固体摄像装置的作用是能够实现通过传送晶体管能够确实地传送来自光二极管的信号的结构。

本发明的第6固体摄像装置的作用是在当储存电荷时在光二极管上加上逆偏压时，耗尽层有效地延伸到N型层一侧，容易实现完全耗尽化。通过该阱层和该埋入层在平面方向中处于大致相同的位置上，能够用更少的光掩蔽工序得到高的分离效果。

本发明的第7固体摄像装置的作用是通过使半导体表面的电子电势比其它部分低，在储存电荷时使电子集中在表面附近，当转送电荷时难以出现传送残余。

本发明的第8固体摄像装置的作用是根据加在被相反导电型层包围的光二极管上的逆偏压，为了耗尽化而决定浓度深度，形成没有复位噪声，完全传送型的光二极管。

本发明的第1固体摄像装置的制造方法的作用是能够通过改变外延生长层的厚度，制造与种种分光特性对应的固体摄像装置。

本发明的第2固体摄像装置的制造方法的作用是在当在长波长一侧不需要显著地高的分光灵敏度时，能够用离子注入法，在深度方向

形成再现性好面内均匀的埋入层。

本发明的第 9 固体摄像装置的作用是能够提供用 STI，即便在微细象素中也能够抑制邻接画面间的电荷漏入，串扰小，灵敏度高的摄像元件。

本发明的第 10 固体摄像装置的作用是通过在 STI 中的，在氧化膜硅的界面不形成耗尽层，能够形成黑暗时的噪声少的摄像元件。

本发明的第 11 固体摄像装置的作用是能够提供在微细象素中进一步提高象素间的分离性，串扰小，灵敏度高的摄像元件。

本发明的第 12 固体摄像装置的作用是通过在深沟分离中，在氧化膜硅的界面不形成耗尽层，能够形成黑暗时的噪声少的摄像元件。

#### 附图说明

图 1 是本发明的第 1 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 2 是本发明的第 2 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 3 是本发明的第 3 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 4 是本发明的第 4 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 5 是本发明的第 5 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 6 是本发明的第 6 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 7 是本发明的第 7 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 8 是根据本发明的固体摄像装置的象素平面图。

图 9 是本发明的第 8 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 10 是本发明的第 9 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图 11 是根据本发明的固体摄像装置的电路图的一部分。

图 12 是用根据本发明的固体摄像装置的摄像机系统的方框图。

图 13 是表示作为固体摄像装置的 CMOS 传感器象素的典型例的电路图。

图 14 是表示已有的固体摄像装置的象素电路的图。

图 15 是图 13 所示的固体摄像装置的模式截面图。

图 16 是图 14 所示的固体摄像装置的模式截面图。

## 具体实施方式

### (第1实施形态)

图1是本发明的第1实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

在图1中,101是第1导电型(这里作为例示为N型)的半导体基片、102是作为第2导电型半导体区域的P型阱、103是作为在P型阱102中形成的第1导电型半导体区域的N型半导体区域、由P型阱102和N型半导体区域103形成光二极管,在N型半导体区域103中储存由入射光产生的信号电荷。111是在作为第1晶体管传送光二极管中产生的信号电荷的传送晶体管的第1导电型的漏极区域,是在P型阱102中形成的N型半导体区域的FD区域。109是传送晶体管的栅极,N型半导体区域103、111分别也是传送晶体管的源极、漏极区域。113是与N型半导体区域111连接的配线,与作为第2晶体管的放大晶体管的栅极130连接。又,放大晶体管具有在源极区域131•漏极区域132之间形成栅极130的构成。133是与源极131连接的垂直信号线。又,132也是放大晶体管的漏极,也是作为别的第2晶体管的选择晶体管的源极区域。134是选择晶体管的漏极,在源极•漏极之间形成栅极135。136是与选择晶体管的漏极134连接的漏极线。107是由厚的氧化膜形成的用于分离元件的绝缘膜、106是杂质浓度比在用于分离元件的绝缘膜107下面形成的P型阱102高的P+型沟道阻挡层、105是在与P型阱102相同导电型的P型半导体区域中形成的势垒。

又,在本说明书中,将传送晶体管作为第1晶体管,将在像素内形成的传送晶体管以外的晶体管表示为第2晶体管。

又,为了当传送工作时将在N型半导体区域103中储存的信号电荷传送到FD区域111,在传送后立即使N型半导体区域103耗尽化那样地,在N型半导体区域103上设定N型杂质浓度。

又,在本实施形态的固体摄像装置中,1个像素由光二极管、传送晶体管、放大晶体管和选择晶体管构成,但是1个像素的构成不

限于本实施形态。例如，1个象素也可以由光二极管、传送晶体管和放大晶体管构成。或者1个象素也可以由光二极管、传送晶体管、放大晶体管、选择晶体管和复位晶体管构成。

本发明的势垒105的特征是设置在第1晶体管的漏极区域下面和第2晶体管的源极和/或漏极区域下面。当形成多个第2晶体管时，设置至少1个以上的源极和/或漏极区域。

又，势垒105的杂质浓度是比P型阱102的杂质浓度高的P+型。又，沟道阻挡层106和势垒105都是相同P+型的半导体区域，但是它们的杂质浓度当然也可以是不同的，势垒105是通过离子注入例如将硼和镓注入P型阱102设置的。

如图1所示本发明的势垒105形成在FD区域111、放大晶体管和选择晶体管的源极•漏极区域131、132和134的下面。

如本发明那样，因为通过将势垒105设置在FD区域和各晶体管的源极•漏极下面，在势垒105的下方产生的信号电荷不被被吸收到FD区域111和设置势垒的各晶体管的源极•漏极区域，所以提高了灵敏度。

所以，因为通过在更多的晶体管的源极•漏极区域的直接下面设置势垒105，形成使信号电荷更难以被光二极管以外的区域吸收的构造，所以是更合适的。

又，也可以将势垒105设置在元件分离区域107的下面。通过将势垒105设置在元件分离区域107的下面，形成信号电荷更难以被邻接的象素内的光二极管或晶体管吸收的构造，能够防止信号电荷混入邻接的象素间。

### (第2实施形态)

图2是本发明的第2实施形态的固体摄象装置的模式截面图。

图2是具有光二极管、传送晶体管和使FD电极211复位的复位晶体管的固体摄象装置的模式截面图，设置使FD电极复位的复位晶体管作为第2晶体管。

在图 2 中，223 是使 FD 电极 211 复位的复位用晶体管的栅极，224 是使与电源线 226 连接的 FD 电极 211 复位的复位用晶体管的漏极区域。

本实施形态与实施形态 1 的不同之处是在本实施形态中势垒 205 也设置在第 2 晶体管的栅极下面。从而，因为由于势垒 205 减少了被光二极管以外的 N 型半导体区域吸收的信号电荷，所以提高了灵敏度。

又，本实施形态举出复位晶体管作为第 2 晶体管的一个例子，但是也可以与第 1 实施形态相同第 2 晶体管也可以是放大或选择，复位晶体管。或者也可以形成多个第 2 晶体管。

例如，也可以将本发明的势垒 205 设置在由光二极管、传送晶体管、复位晶体管、放大晶体管和选择晶体管构成 1 个像素的固体摄像装置中。

又，因为当将势垒 205 设置在像素内形成的全部晶体管的栅极、源极和漏极区域下面时，使信号电荷更难以被光二极管以外的区域吸收，所以提高了灵敏度。

进一步，形成通过将势垒 205 设置在元件分离区域 207 的下面，将比晶体管的源极·漏极区域深的区域的势垒 205 设置在光二极管的周围的固体摄像装置。

因为通过以上那样地将势垒 205 设置在光二极管的周围，使在光二极管上形成的信号电荷更难被邻接的晶体管的源极或漏极区域吸收，所以提高了灵敏度。

又，在为了包围光二极管的周围而设置的势垒 205 中，也可以设置 1 个以上的开口部分。

当不设置开口部分在光二极管的周围设置势垒 205 和信号电荷从光二极管溢出时，从势垒 205 溢出的信号电荷难以被周边的 N 形半导体区域吸收，容易引起模糊现象。因此，更好的是通过在光二极管周边的至少一部分上设置不设置势垒 205 的开口部分，吸收从光二极管溢出的信号电荷，抑制模糊现象。

### (第3实施形态)

图3是本发明的第3实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

图3是具有光二极管、传送晶体管和使FD电极311复位的复位晶体管的固体摄像装置的模式截面图。

在图3中,303是作为第1导电型半导体区域的在N型阱或N型半导体基片301的上层部分的N型半导体区域、302是作为构成N型半导体区域303和光二极管的第2导电型半导体区域的P型半导体区域、312是用于收集储存在光二极管中产生的信号电荷的第1导电型信号电荷储存区域,是杂质浓度比N型半导体区域303高的区域。

图3与图2不同之处是在图2中在P型阱202内形成具有相反导电型的N型源极•漏极区域的晶体管,进一步与势垒205是与P型阱202相同导电型的相反,在本实施形态中在作为第1导电型半导体区域的N型半导体区域303内形成具有相同导电型的N型源极•漏极区域的晶体管,进一步设置与N型半导体区域相反导电型的P型势垒305。

又,在本实施形态中,作为与光二极管一起构成象素的晶体管,存在传送在光二极管中产生的信号电荷的传送晶体管和使FD电极复位的复位晶体管,但是晶体管不限于于此。例如,象素内的晶体管也可以是传送晶体管、复位晶体管、放大晶体管或选择晶体管等中任何一个或它们的组合。

又,在本实施形态中,设置在形成象素的N型晶体管的栅极下面的势垒305兼而起着防止源极•漏极间发生短路,和即便在N型半导体区域303中N型晶体管也可以工作的作用。

又,设置在栅极下面的势垒305也可以是具有与栅极区域对应的大小的势垒,也可以是在栅极下面形成的势垒。

从而,在本实施形态中,将传送晶体管的栅极309下面的势垒设置在栅极309的一部分的下面,在复位晶体管的栅极323的下面设

置与栅极 323 大小对应的势垒。

又，同样地也可以将设置在本说明书中所述的源极•漏极区域下面的势垒设置在源极•漏极区域的一部分的下面。

又，在图 3 那样的象素构造中，因为对于光行进的方向形成深的光二极管的 N 型区域，所以关于信号电荷的量子效率比第 1 实施形态高。

在本实施形态中，因为象素中 N 型晶体管是在 N 型半导体区域中形成的，所以它的阈值电位下降到比已有例的 N 型晶体管的阈值电位低，所以能够扩大放大晶体管的输入输出范围。

又，本实施形态中的晶体管的阈值电位，通过使由反向栅极效果引起的变动小，能够使放大增益比已有的高。

又，也可以将势垒 305 设置在元件分离区域 307 的下面。通过在元件分离区域 307 的下面设置势垒 305，形成信号电荷难以被邻接的象素内的光二极管或晶体管吸收的构造，能够防止信号电荷混入邻接的象素间。

#### (第 4 实施形态)

图 4 是本发明的第 4 实施形态的固体摄象装置的模式截面图。

本实施形态与图 3 不同之处是在本实施形态中势垒 405 不限于只在晶体管的栅极下面，也可以设置在存在于象素内的晶体管的源极和/或漏极区域的下面。

因为具有通过将势垒 405 不仅只是设置在栅极的下面，而且也设置在源极和/或漏极区域的下面，形成在势垒 405 下方产生的信号电荷难以被晶体管的源极和/或漏极区域吸收的构造，所以能够进一步提高灵敏度。

又，在本实施形态中，作为象素内的晶体管，存在传送在光二极管中产生的信号电荷的传送晶体管和使 FD 电极复位的复位晶体管，但是晶体管不限定于此。例如，象素内的晶体管也可以是传送晶体管、复位晶体管、放大晶体管或选择晶体管等中任何一个或它们的



组合。

又，也可以将势垒 405 设置在元件分离区域 407 的下面。因为形成通过在元件分离区域 407 的下面设置势垒 405，信号电荷难以被邻接的像素内的光二极管或晶体管吸收的构造，所以能够防止信号电荷混入邻接的像素间。

因为如上那样地通过将势垒 405 设置在光二极管的周围，在光二极管中形成的信号电荷难以被邻接的晶体管的源极和/或漏极区域吸收，所以与没有势垒的情形比较能够提高灵敏度。又，也可以在为了包围光二极管的周围而设置的势垒 405 上设置 1 个以上的没有设置势垒的开口部分。

当在不设置开口部分的光二极管的周围的全部面上设置势垒 405 和从光二极管溢出信号电荷时，由于势垒 405，溢出的信号电荷难以被周边的 N 型半导体区域吸收，容易引起模糊现象。因此，通过在光二极管周边的 N 型半导体区域吸收，容易引起模糊现象。这里，通过在光二极管周边的至少一部分上设置没有设置势垒 405 的开口部分，吸收从光二极管溢出信号电荷，能够抑制模糊现象。

又，作为抑制模糊现象的其它形态，具有使 P 型半导体区域 402 的杂质浓度比势垒 405 的杂质浓度低，使从光二极管溢出信号电荷逃离 N 型半导体基片 401 的所谓的纵型溢出漏极构造。因为在这种构造中，可以不设置上述那样的开口部分，所以与不设置开口部分的情形比较，能够提高灵敏度。

又，在本实施形态中，也可以不设置信号电荷储存区域 412。又，也可以是在储存信号电荷的 N 型半导体区域，或者，信号电荷储存区域 412 的半导体界面部分上形成 P 型半导体区域的所谓的埋入光二极管。

以上，作为第 1 到第 4 实施形态中的像素构造，也可以使 N 型、P 型的极性完全反转。

(第 5 实施形态)

图 5 是本发明的第 5 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

说明第 5 实施形态的截面图如图 5 所示。图 5 与已有例的图 16 相同，表示出象素内的光二极管部分、传送 MOS 晶体管部分和浮置扩散部分。501 是 N 型硅基片、502 是埋入 P 型高浓度层、503 是成为光二极管阴极的 N 型外延生长层、504a、504b 是 P 型分离层、505a、505b 是 P 型阱层。又，506a 是场氧化膜下的沟道阻挡 P 型层。507 是场氧化膜、508 是 MOS 晶体管的栅极氧化膜、509 是传送 MOS 晶体管的栅极多晶硅、510 是用于使光二极管成为埋入型的表面 P 型层。又 511 是传送 MOS 晶体管的 N 型漏极扩散区域，暂时存储传送的电荷，起着浮置扩散区域的作用。进一步，512 是第 1 层间绝缘膜、513 是接触插头、514 是第 1 层的配线层、515 是第 2 绝缘膜、516 是第 2 层的配线层、517 是第 3 层间绝缘膜、518 是第 3 层的配线层、519 是钝化膜。在本实施例中形成 3 层的配线层，但是根据传感器的说明书，为了确保光学特性，令配线层为 1 层或 2 层也与本发明的主旨不矛盾。此外，通过作为彩色摄像装置使用时在钝化膜上形成滤色器层，进一步在滤色器的上部形成微透镜，提高光灵敏度，这能够与已有的摄像装置同样地进行。通过 P 型分离层 504a、504b、而且 P 型阱层 505a、505b 与埋入的 P 型高浓度层一起，包围成为光二极管的阴极的 N 型外延生长区域 503，使邻接象素的光二极管之间电分离。由射到象素的入射光 520 和 521 产生的电子·空穴对中，由于包围 N 型外延生长层的种种 P 型层产生的势垒使电子确实地作为信号电荷储存在光二极管中。又 P 型阱层 505a 也控制位于传送 MOS 晶体管的大致直接下面，通过传送 MOS 的沟道将储存在 N 型外延生长层 503 中的电子传送到浮置扩散区域时的传送路径。通过适当地设计 P 型阱层的浓度、深度、横向位置，当将读出电压加到 MOS 栅极 509 上时，能够为了使 N 型外延生长层 503 完全耗尽化而进行工作。通过与 P 型分离层 504a 电连接的 P 型阱层作为电荷传送 MOS 晶体管的阱起作用，也对该 MOS 晶体管的阈值电压进行控制。又，也将 P 型阱层 505a 配置在象素内的其它晶体管的下面，作

为这些 MOS 晶体管的阱起作用。将 P 型高浓度埋入层 502 的深度设计为能够得到传感器需要的分光特性的深度。除了形成势垒外，最好使成为峰值的杂质浓度在  $1E15 (/cm^3)$  以上。为了降低电阻最好用高浓度形成。因为高能量高剂量的离子注入使制造成本上升，所以实际上决定了浓度上限。又，P 型分离层 504a、504b 考虑到光二极管的开口面积和入射光到达的位置，决定横向位置。杂质浓度最好在能够形成势垒的  $1E15 (/cm^3)$  以上。又，当 N 型外延生长层的厚度比本实施例更厚时，进一步通过追加第 2 个 P 型分离层，能够形成在深度方向与 P 型层连接的构造。下面我们记述用于制作本实施例的构造的制造方法。形成 P 型高浓度埋入层 502 的方法概略地如下面 2 个方法所示。在第 1 个方法中，在 n 型硅基片 501 的表面中离子注入硼后，外延生长 n 型硅层 503。n 型硅基片 501 的杂质浓度在  $1E13 \sim 1E15 (/cm^3)$  的范围中是合适的。又 P 型埋入层 502 可以在  $1E15 \sim 1E20 (/cm^3)$  的范围中。N 型外延生长区域 503 的杂质浓度可以在  $1E14 \sim 1E16 (/cm^3)$  的范围中。N 型外延生长区域 503 的厚度根据需要的分光灵敏度进行设定。如果是通常的可见光的摄像装置，则在  $2\mu m \sim 6\mu m$  左右是适合的。在第 2 个方法中，通过从在杂质浓度  $1E14 \sim 1E16 (/cm^3)$  的 n 型硅基片或 n 型硅基片上外延生长的基片表面，用  $1MeV \sim 5 MeV$  的加速能量离子注入硼，形成 P 型高浓度埋入层 502。P 型高浓度埋入层 502 的表面一侧成为图 5 的 N 型外延生长层 503。其次，通过形成布线图案和离子注入，形成 P 型分离层 504a、504b，接着形成 P 型阱层 505a、505b。P 型分离层 504a、504b 的杂质浓度可与基底的 N 型硅的 N 型杂质浓度相抵消，可以净得到 P 型  $1E15 \sim 1E18 (/cm^3)$ 。当通过有效的设计得到比 N 型外延生长层的杂质浓度高的浓度，在光二极管的 PN 结上加上逆偏压时，也不会使 P 型层耗尽化，能够有效地作为势垒进行工作。如本实施例那样当外延生长层的厚度为  $4\mu m$  左右时，P 型分离层 504a、504b 作为离子注入的行程  $1.5 \sim 3.0\mu m$  是合适的。在本实施例中，作为离子的种类用硼，用  $1200KeV$  的能量注入  $6E11 (cm^{-2})$  的剂量。根据这

个条件硼的行程为  $1.9\mu\text{m}$ ，能够进行 P 型高浓度埋入和电连接。P 型阱层 505a、505b 作为离子注入的行程  $0.5\sim 1.5\mu\text{m}$  是合适的。在本实施例中，作为离子的种类用硼，用  $500\text{KeV}$  的能量注入  $1\text{E}12(\text{cm}^{-2})$  的剂量。根据这个条件硼的行程为  $1.0\mu\text{m}$ ，能够与 P 型分离层 504a、504b 电连接。此外，当外延生长层的厚度变化时，P 型分离层、P 型阱层的制作条件变化。为了 P 型阱层与 P 型高浓度埋入层电连接，外延生长层的厚度在  $6\mu\text{m}$  以上，P 型阱层由 2 层构成是合适的。又，外延生长层的厚度在  $2\mu\text{m}$  以下时不需要 P 型分离层。外延生长层的厚度决定摄像元件的长波长一侧的分光灵敏度，但是在通常的可见光区域如果外延生长层的厚度为  $4\mu\text{m}$  则足够了，所以本实施例的构造适合于可见光区域的摄像元件。其次，通过离子注入形成沟道阻挡层 506a、506b 后，用通常的 LOCOS 分离法或リセス LOCOS 法等形成场氧化膜 507。形成多晶硅电极 509 后，通过离子注入在光二极管表面上形成 P 型表面层 510、N 型高浓度层 511。因为接触开口工序以后的制造方法与已有的摄像元件相同，所以省略。根据本实施例也能够捕获在已有光二极管中不能够捕获的光载流子，提高了灵敏度。此外，在本实施例中使外延生长层的导电型为 N 型，但是当通过使它为 P 型，使其它的所有导电型反转，构成空穴储存型像素时也能够应用本发明，这是不言而喻的。

图 8 是平面图的一个例子。为了包围光二极管 801 而将 P 型阱层和分离层 802 配置在虚线的区域内。在光二极管 801 的一端配置用于传送电荷的传送晶体管的栅极线 803。又 804 是暂时储存传送电荷的浮置扩散区域。在本平面图中没有画出放大用 MOS 晶体管、复位用 MOS 晶体管或行选择用 MOS 晶体管，但是为了实现本发明并不在这些元件的配置上加上新的制约。本平面的要点是通过阱层、分离层包围光二极管，分离邻接的像素。

图 11 是当 2 维地配置多个本发明的像素电路时的电路构成的简略图。在 1 个像素 1101 中存在着光二极管 1102、传送 MOS 晶体管 1103、放大 MOS 晶体管 1104、复位 MOS 晶体管 1105、选择 MOS

晶体管 1106。分别用选择线 1107 连接相同行的选择 MOS 晶体管的栅极，用复位线 1108 连接复位 MOS 晶体管的栅极，而且用传送线 1109 连接传送 MOS 晶体管的栅极，用垂直扫描电路 1110，进行扫描·选择。电流源 1112 与相同列的输出线 1111 连接，能够通过源极跟踪器的工作读出输出线的电位。分别地，用光信号读出线 1115 通过选择的光信号传送 MOS 晶体管 1113 将输出线上的光信号存储在电荷存储部分 1118 中，用噪声信号读出线 1116 通过选择的噪声信号传送 MOS 晶体管 1114 将噪声信号存储在电荷存储部分 1118 中。用水平扫描电路顺次扫描·读出存储在电荷存储部分 1118 中的信号，通过图中未画出的差动放大电路，输出光信号与噪声信号的差分。

图 12 是表示将根据本发明的固体摄象装置应用于摄象机时的电路方框图的例子的图。在摄影透镜 1202 前面是快门 1201，控制曝光。需要时由光圈 1203 控制光量，成像在固体摄象元件 1204 上。从固体摄象元件 1204 输出的信号由信号处理电路 1205 进行处理，由 A/D 变换器从模拟信号变换到数字信号。输出的数字信号进一步在信号处理部分 1207 中进行计算处理。将处理后的数字信号存储在存储器 1210 中，通过外部 I/F 1213 发送给外部设备。固体摄象装置 1204、摄象信号处理电路 1205、A/D 变换器 1206、信号处理部分 1207 由定时产生部分 1208 进行控制，此外系统整体由整体控制·计算部分 1209 进行控制。为了将图象记录在记录媒体 1212 中，通过由整体控制·计算部分控制的记录媒体控制 I/F 部分 1211 记录输出数字信号。

根据本发明，因为除了能够大幅度地提高 CMOS 型固体摄象装置的灵敏度外，也能够构成 N 型层体积比已有的大的光二极管，所以能够使摄象元件的饱和电流增大。又，因为与埋入光二极管的表面 P 型层 510 连接的 N 型外延生长层 503 的接合部分的杂质浓度比已有的低，所以能够降低象素缺陷的发生率，从而与已有例比较也能够改善品质。

### (第6实施形态)

图6是本发明的第6实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

说明第6实施形态的截面图如图6所示。因为除了栅极外的配线部分与第5实施形态相同，所以在图中未画出。

与第5实施形态不同之处是在光二极管的构造中在N型外延生长层603的表面附近追加其它的N型层612。该N型层612具有在P型表面层610的下面，又，一部分进入栅极609下面的构造。N型层612的杂质浓度比N型外延生长层高约为 $1E15 \sim 1E17$ 是合适的。这样因为N型层612对于电子来说成为电势低的地方，所以在电荷储存中使电子汇集在N型层612中。所以，是适合于当由MOS晶体管传送电荷时，完全传送电子的构造。因为通过完全传送电荷，在光二极管中残存的电子数没有摇摆，所以能够构成随机噪声小的摄像元件。N型层612是在形成多晶硅栅极609以前的工序中通过形成布线图案和离子注入形成的。或者，在形成多晶硅栅极609后用斜离子注入法，能够钻进多晶硅栅极609的下面。图6的截面图的其它部分与第5实施形态相同。本发明的要点是P型分离层604a、604b和P型阱层605a、605b的形成方法能够用与第5实施形态相同的方法。因为其它部分也是相同的，所以省略对它们的说明。

本实施例的效果是通过在光二极管的阴极部分的表面一侧设置杂质浓度比其它部分高的部分，容易用传送MOS晶体管传送储存中的电子。根据该构造，能够实现容易完全传送光二极管的电荷，随机噪声少的装置。此外，本实施形态根据图8、11、12所示的平面构造和电路构成以及方框构成也能够作为摄像系统有效地进行工作。

### (第7实施形态)

图7是本发明的第7实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

说明第7实施形态的截面图如图7所示。

在本实施形态中P型分离层704a、704b表示在杂质浓度方面完全不与P型阱层705a、705b和P型高浓度埋入层702接触的构造。

即便是这种构造，如果这些 P 型区域对于光二极管的 N 型区域（N 型外延生长层 703），形成足够的势垒则也可以使用。势垒能够由要储存在光二极管中的电荷数决定。此外，在第 5 实施形态中 N 型外延生长层的厚度为  $2\mu\text{m}\sim 6\mu\text{m}$ ，但是在 P 型层中形成势垒，所以在深度方向能够将分离层数增加到多个。因为图 7 的截面图的其它部分与第 5 实施形态相同，所以省略对它们的说明。

在本实施形态中表示如果分离层不与 P 型阱层和 P 型埋入层接触，并且形成足够的势垒，则可以应用本发明。表示最好按照本实施例的指示与 N 型外延生长层的厚度相应地，设计需要的分离层数和浓度。

#### （第 8 实施形态）

图 9 是本发明的第 8 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

说明第 8 实施形态的截面图如图 9 所示。

在本实施形态中表示作为元件分离方法，用 STI（Shallow Trench Isolation（浅沟分离））的情形。P 型分离层 904a、904b 表示在杂质浓度方面完全不与 P 型阱层 905a、905b 和 P 型高浓度埋入层 902 接触的构造。该构造与第 7 实施形态相同。图 9 中，STI 氧化膜 907 的下部存在为了不使 STI 氧化膜 907 与硅的界面耗尽化的 P 型区域 906a、906b。这个 P 型区域为了不使 STI 氧化膜的侧面部分耗尽化是特别重要的。P 型阱层 905a、905b 形成与第 7 实施形态相同的深度，防止电荷钻入邻接像素，并且对传送 MOS 晶体管的传送路径进行控制，也对传送 MOS 晶体管的阈值进行控制。又，在 STI 氧化膜 907 直接下面的 P 型阱层 905b 在元件分离的直接下面形成势垒，同时也起着 STI 氧化膜 907 下面的沟道阻挡层的作用。P 型分离层 904a、904b 与其它实施形态相同，在 P 型阱层 905a、905b 与 P 型高浓度埋入区域 902 之间形成势垒。

因为其它构造与第 6 实施形态到第 7 实施形态相同，所以省略对它们的说明。

在本实施形态中通过用 STI 进行元件分离，具有以下面的效果：提高了邻接光二极管之间的分离性。因为表面是平坦的所以也用微细加工稳定阻挡层的形状。因为在形成 STI 后能够用离子注入形成 P 型分离层和 P 型阱层，所以 P 型分离层和 P 型阱层能够形成不因氧化时的热扩散而变宽的微细图案。

用 STI 的本实施形态适合于制造微细像素的摄像元件。

### (第 9 实施形态)

图 10 是本发明的第 9 实施形态的固体摄像装置的模式截面图。

说明第 9 实施形态的截面图如图 10 所示。

在本实施形态中表示作为元件分离方法，用深沟分离（Deep Trench Isolation）法的情形。在本实施形态中，P 型分离层 1004、P 型阱层 1005 表示在杂质浓度方面完全不与 P 型高浓度埋入层 1002 接触的构造。该构造与第 7、第 8 实施形态相同。沟分离氧化膜 1007 一直达到硅内  $3\mu\text{m}$  的深度，为了不使沟分离氧化膜 1007 与硅的界面耗尽化的 P 型区域 1006a、1006b 覆盖界面。该 P 型区域 1006a、1006b 防止暗电流同时在沟分离氧化膜 1007 和 P 型高浓度埋入区域 1002 中形成势垒。

因为其它构造与第 6 实施形态到第 8 实施形态相同，所以省略对它们的说明。

在本实施形态中通过用深沟分离法进行元件分离，具有下面的效果：与 STI 比较进一步提高了邻接光二极管之间的分离性。因为分离区域的宽度很小，并且能够直到深的区域进行分离，所以是适合于微细像素的构造。

如以上说明的那样，如果根据本发明，则作为通过在像素内设置势垒，使信号电荷难以被光二极管以外的部分吸收的构造，能够实现高灵敏度的固体摄像装置。

进一步，根据本发明，因为与已有技术比较能够构成 N 型层的



体积更大的光二极管，所以也能够使摄象元件的饱和电流增大。又，因为与埋入光二极管的表面 P 型层连接的 N 型外延生长层的接合部分的杂质浓度比由有的低，所以能够降低象素缺陷的发生率，从而与已有例比较也能够改善品质。

进一步，在光二极管的阴极部分的表面一侧设置杂质浓度比其它部分高的部分，容易完全传送光二极管的电荷，实现随机噪声少的固体摄象装置。

图1

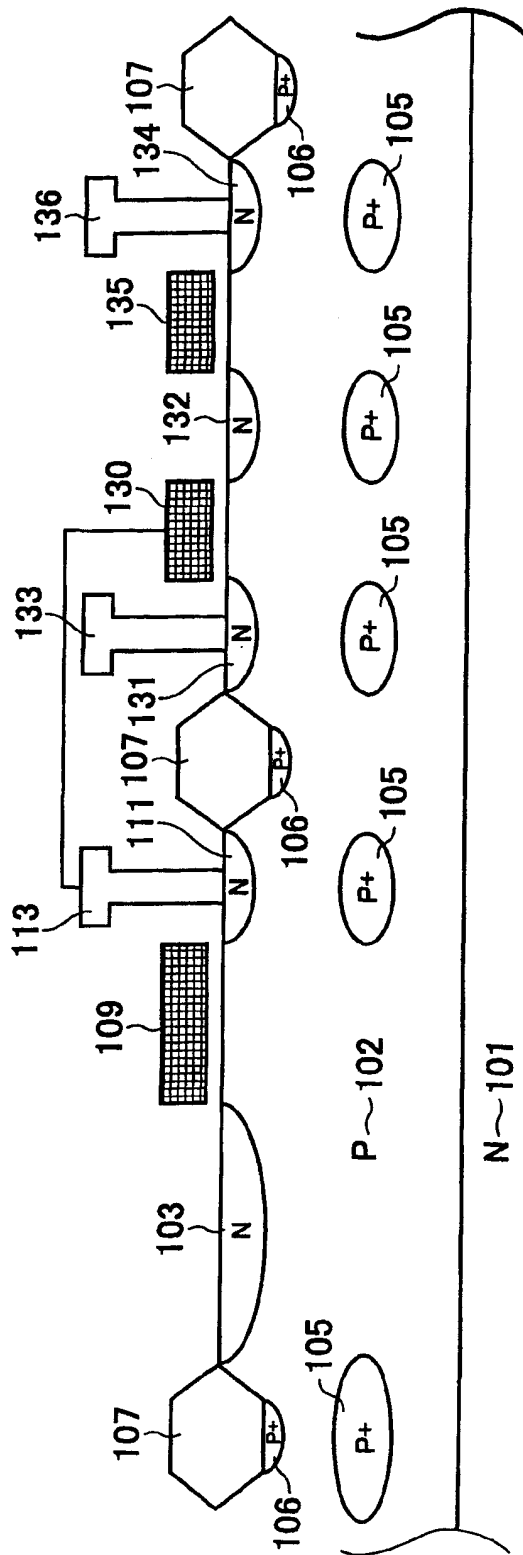


图2

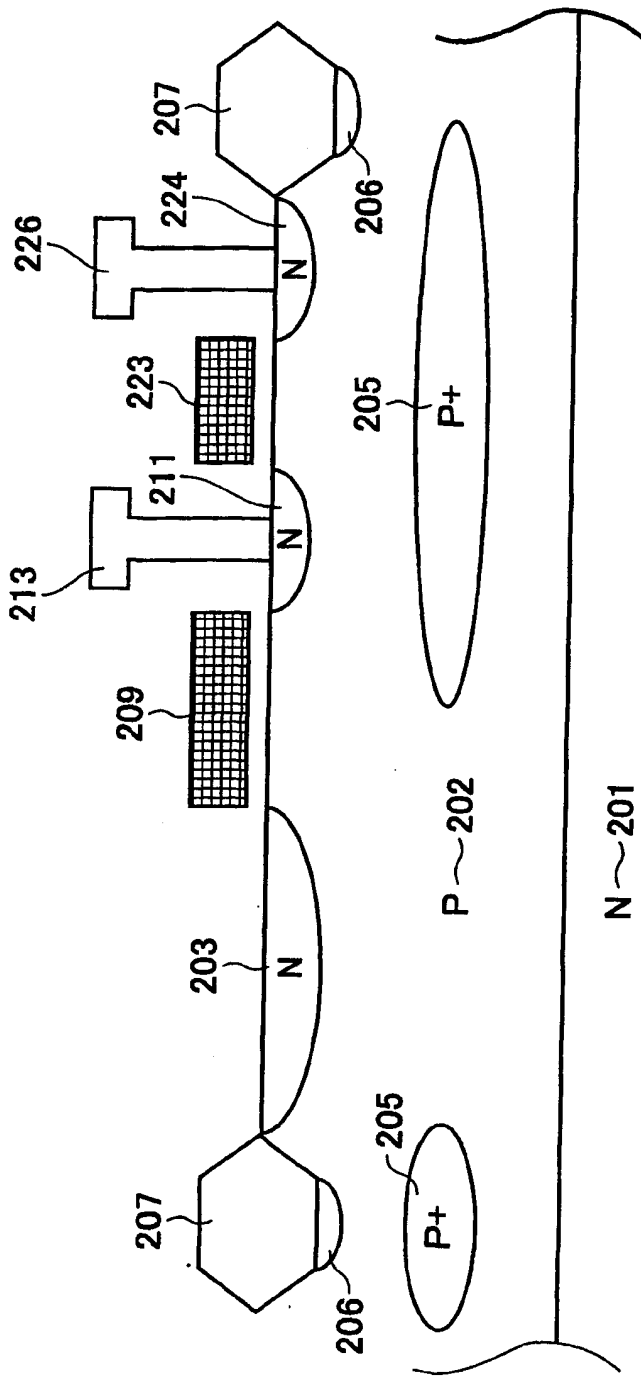


图3

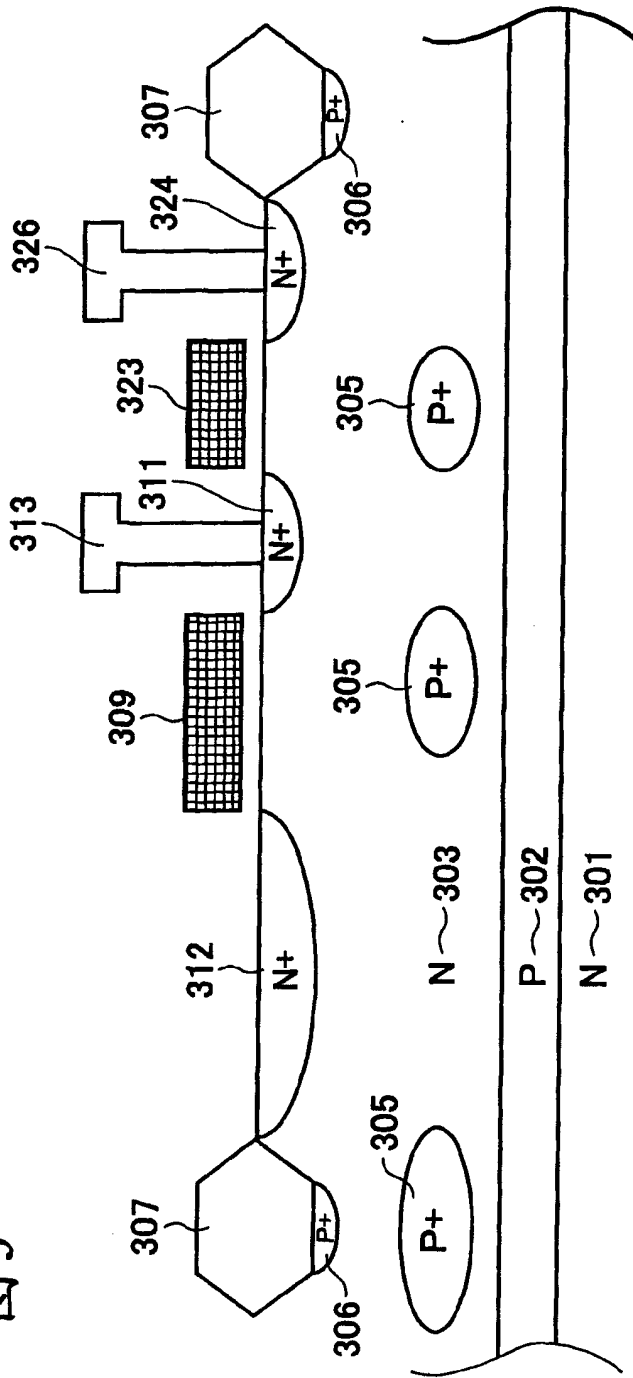


图 4

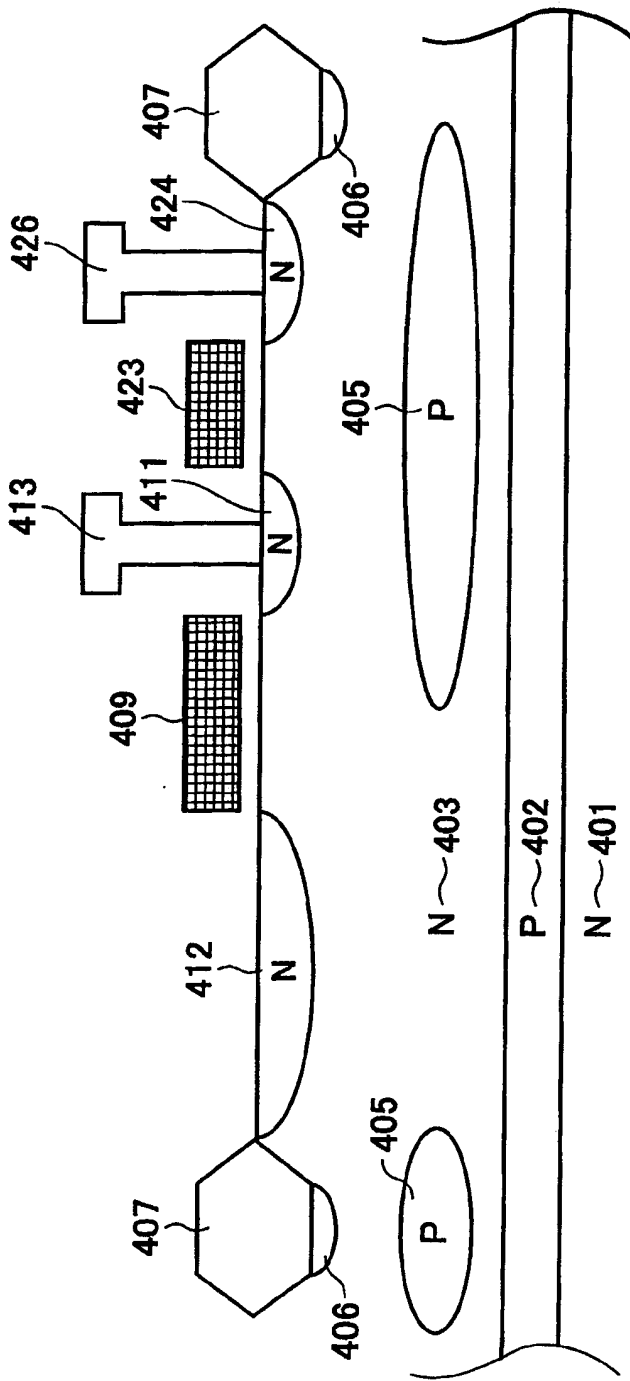


图5

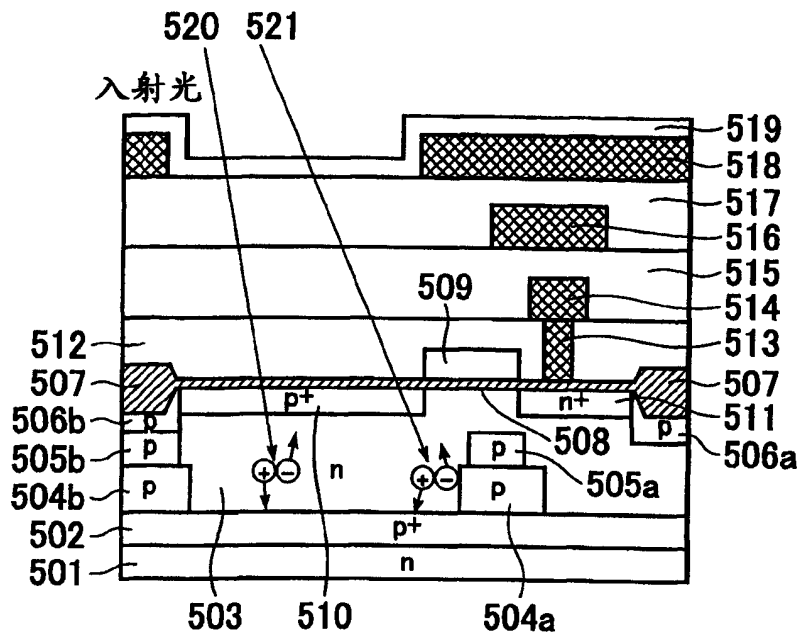


图6

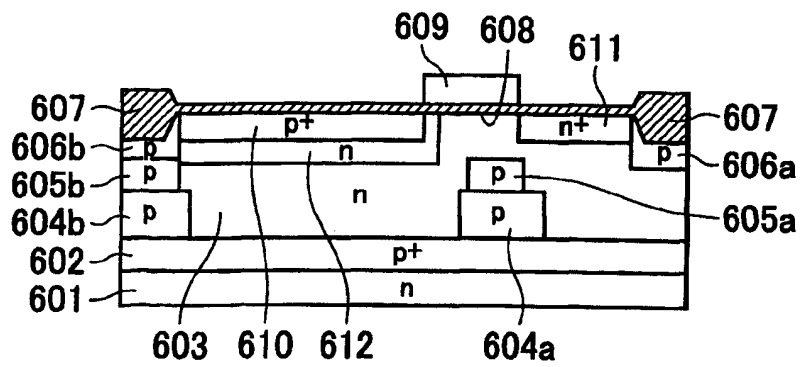


图 7

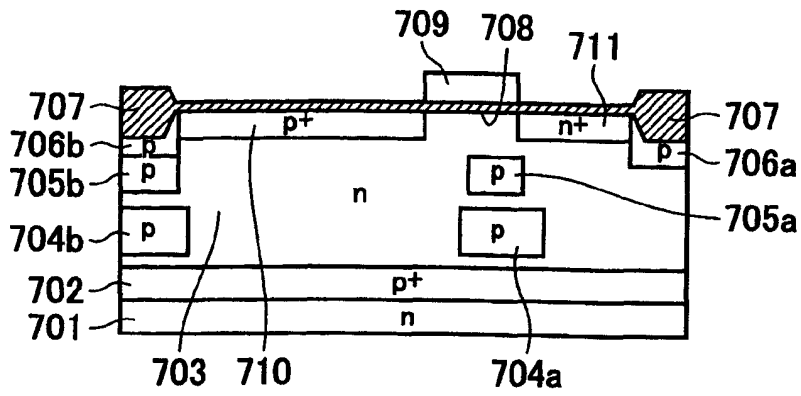


图 8

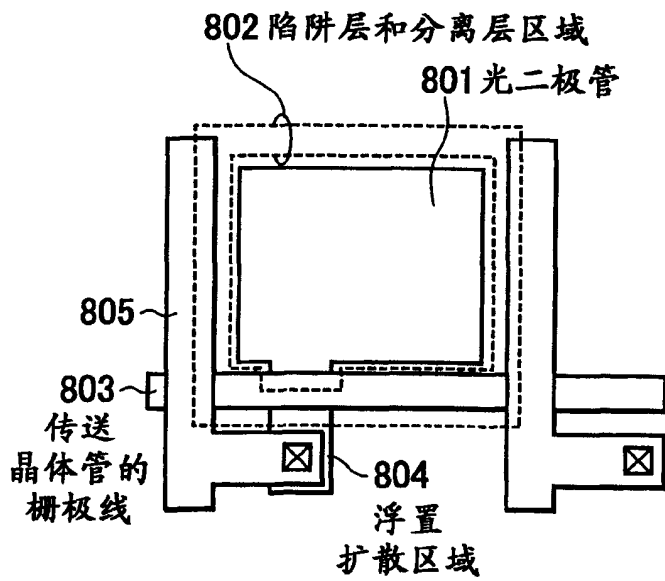


图9

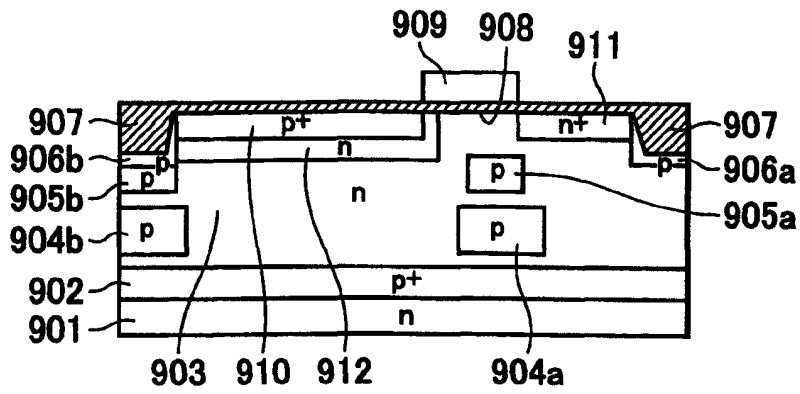
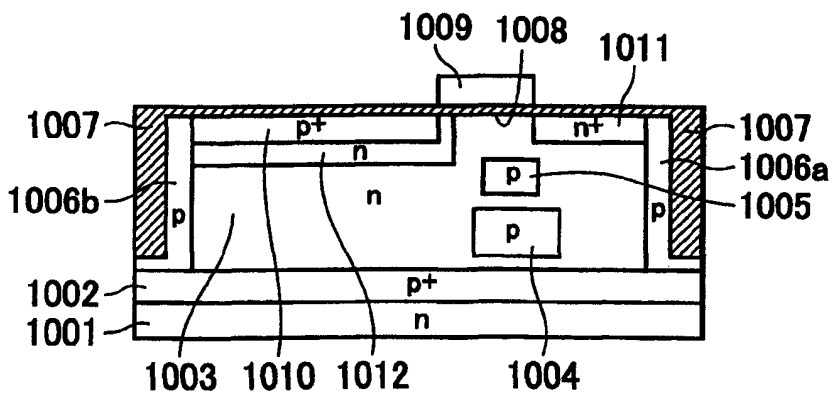


图10





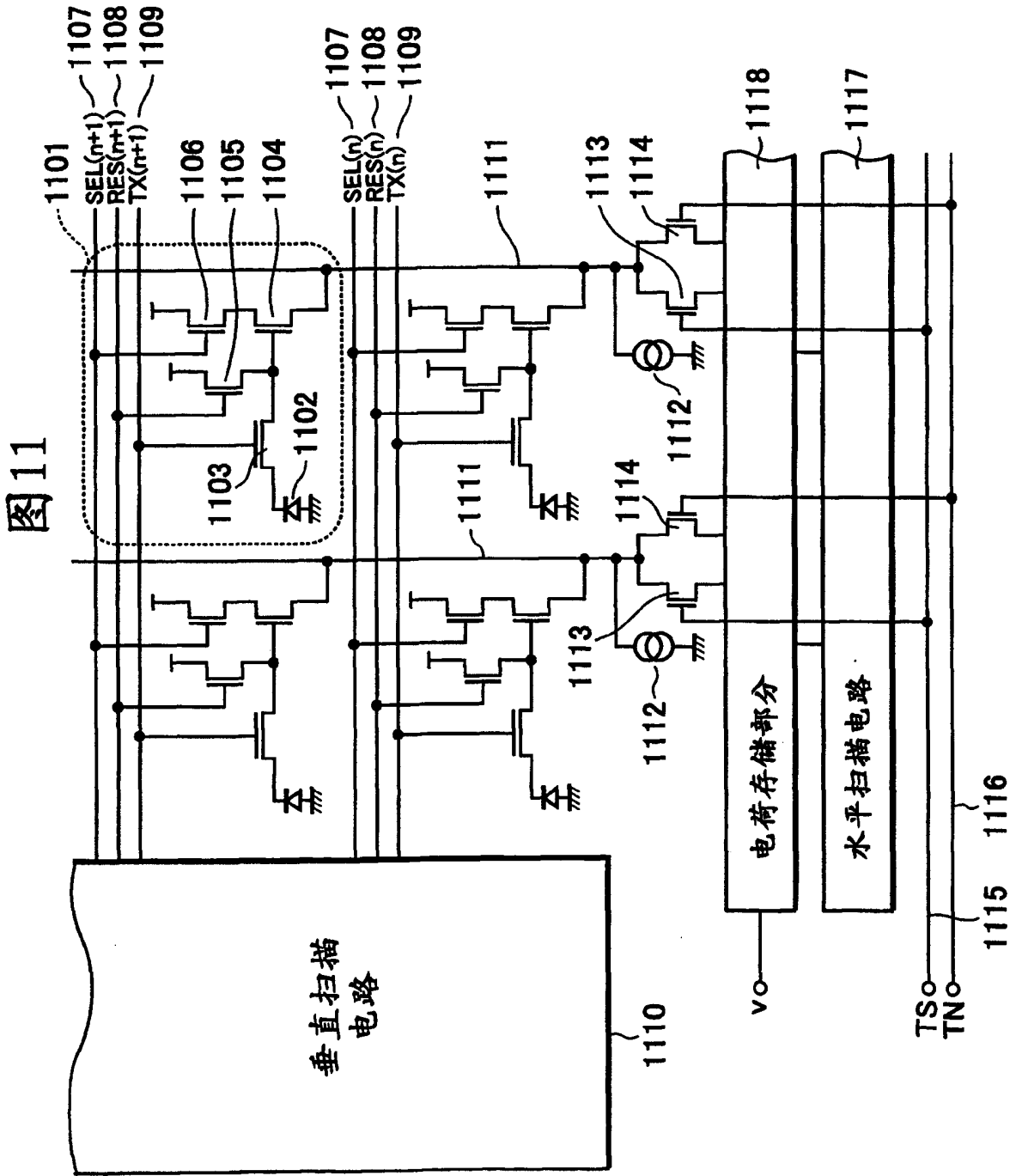


图12

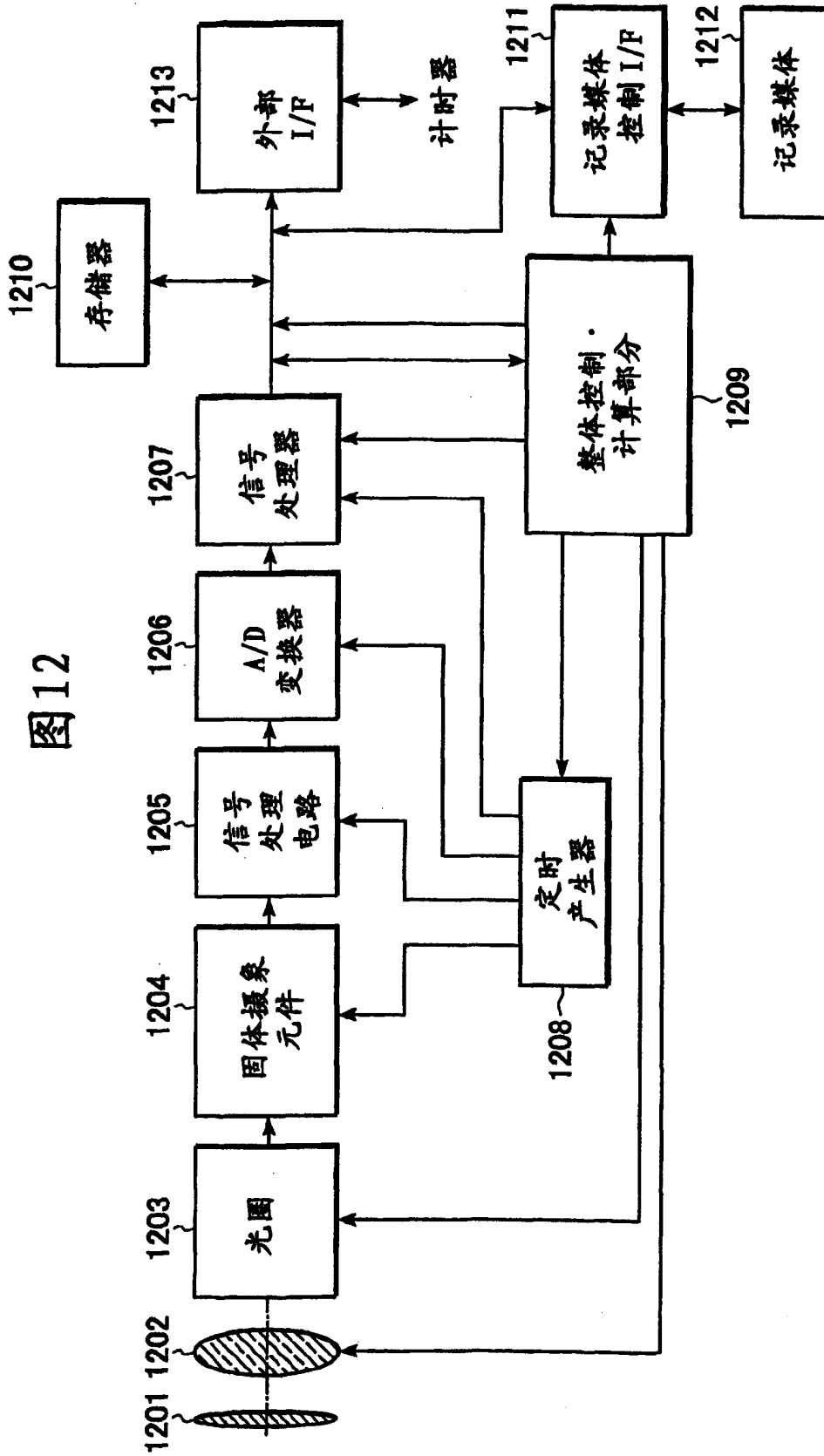




图14

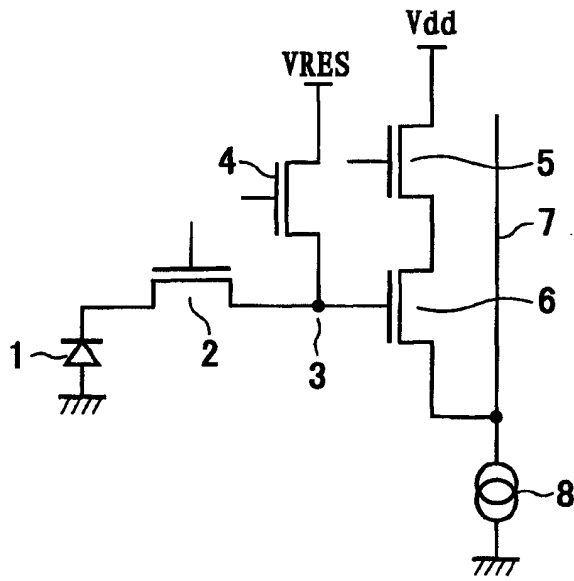


图15

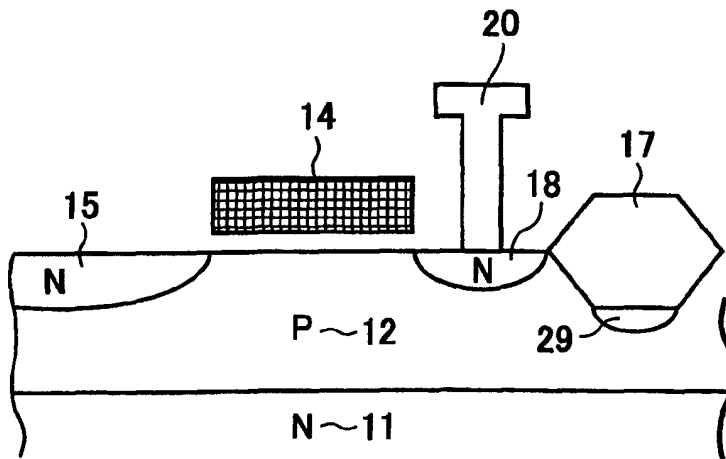


图16

