

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101908551 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201010196520. 6

JP 特开 2005-286316 A, 2005. 10. 13,

(22) 申请日 2010. 06. 03

JP 特开 2006-73611 A, 2006. 03. 16,

(30) 优先权数据

审查员 杨海波

2009-137719 2009. 06. 08 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 广田克范

(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 罗银燕

(51) Int. Cl.

H01L 27/146 (2006. 01)

H04N 5/335 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 9-172155 A, 1997. 06. 30,

US 2007/0295966 A1, 2007. 12. 27,

CN 1665032 A, 2005. 09. 07,

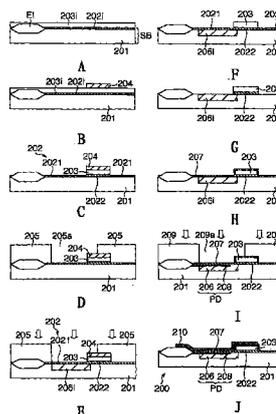
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

制造光电转换装置的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种制造光电转换装置的方法, 包括: 在半导体基板上形成第一绝缘膜; 通过在第一绝缘膜上形成导电层并对导电层构图, 形成栅电极; 蚀刻第一绝缘膜的露出表面; 通过由蚀刻形成的第一绝缘膜的减薄部分将第一导电类型的杂质离子注入到半导体基板中, 以形成光电转换器的电荷积累区域; 去除减薄部分; 形成第二绝缘膜, 第二绝缘膜覆盖半导体基板和栅电极; 以及通过第二绝缘膜将与第一导电类型相反的第二导电类型的杂质离子注入到半导体基板中, 以形成光电转换器的表面区域。



1. 一种制造光电转换装置的方法,所述方法包括:
 - 第一步骤,在半导体基板上形成第一绝缘膜;
 - 第二步骤,通过在第一绝缘膜上形成导电层并对所述导电层构图,形成栅电极;
 - 第三步骤,蚀刻第一绝缘膜的露出表面;
 - 第四步骤,通过由所述蚀刻形成的第一绝缘膜的减薄部分将第一导电类型的杂质离子注入到所述半导体基板中,以形成光电转换器的电荷积累区域;
 - 第五步骤,在第四步骤之后去除所述减薄部分;
 - 第六步骤,形成第二绝缘膜,所述第二绝缘膜覆盖所述半导体基板和所述栅电极;以及
 - 第七步骤,通过第二绝缘膜将与第一导电类型相反的第二导电类型的杂质离子注入到所述半导体基板中,以形成所述光电转换器的表面区域。
2. 根据权利要求1的方法,其中,第二绝缘膜比第一绝缘膜的所述减薄部分厚。
3. 根据权利要求1的方法,其中,在去除所述减薄部分的步骤中,通过使用化学溶液来去除所述减薄部分。
4. 根据权利要求1的方法,其中,在第四步骤中,以倾斜的角度执行第一导电类型的杂质离子的注入,使得所述电荷积累区域的一部分被布置在所述栅电极之下。
5. 根据权利要求1的方法,其中,在第七步骤中,从所述栅电极的上侧朝所述电荷积累区域以倾斜的角度执行第二导电类型的杂质离子的注入。
6. 根据权利要求1的方法,还在第七步骤之后包括在所述光电转换器和所述栅电极之上形成抗反射膜的步骤。
7. 根据权利要求1的方法,其中,第二步骤中的所述导电层的构图包括在所述导电层上形成掩模并通过使用所述掩模来蚀刻所述导电层;以及
通过使用所述掩模依次执行第二步骤中的所述导电层的蚀刻和第三步骤中的第一绝缘膜的所述露出表面的蚀刻。

制造光电转换装置的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及制造光电转换装置的方法。

背景技术

[0002] 日本专利公开 No. 2006-73611 描述了一种固态图像感测器件的制造方法,其包括通过离子注入来形成光电二极管 A1 的 n 型区域(电荷积累区域)。更具体而言,在 n 型硅基板 101 上依次形成栅氧化物膜 102 和多晶硅膜 103。在多晶硅膜 103 上形成第一光致抗蚀剂图案 105。通过使用第一光致抗蚀剂图案 105 作为掩模,栅氧化物膜 102 和多晶硅膜 103 被蚀刻以露出 n 型硅基板 101,由此形成栅电极图案。然后,在不去除第一光致抗蚀剂图案 105 的情况下形成第二光致抗蚀剂图案 106。通过使用第二光致抗蚀剂图案 106 作为掩模来执行离子注入,由此在 n 型硅基板 101 的阱中形成光电二极管 A1 的 n 型区域 107。

[0003] 日本专利公开 No. 2006-73611 描述了通过在露出半导体基板的应形成光电二极管 A1 的表面区域的同时执行离子注入,来形成光电二极管 A1 的 n 型区域(电荷积累区域)107。但是,当在露出用于形成光电二极管 A1 的区域的同时进行离子注入时,由于离子注入而出现损伤或金属污染。

[0004] 另一方面,日本专利公开 No. 2006-73611 没有公开通过覆盖半导体基板的表面的绝缘膜进行离子注入而导致的光电转换器(photoelectric converter)中的表面区域形成。也没有公开如何在通过绝缘膜进行离子注入时抑制光电转换器中表面区域的注入分布(profile)的变化。

发明内容

[0005] 本发明提供有利于在通过绝缘膜进行离子注入时抑制光电转换器中表面区域的注入分布的变化的技术。

[0006] 本发明的各方面中的一个方面提供一种制造光电转换装置的方法,该方法包括:第一步骤,在半导体基板上形成第一绝缘膜;第二步骤,通过在第一绝缘膜上形成导电层并对导电层进行构图(pattern),形成栅电极;第三步骤,蚀刻第一绝缘膜的露出表面;第四步骤,通过由蚀刻形成的第一绝缘膜的减薄部分将第一导电类型的杂质离子注入到半导体基板中,以形成光电转换器的电荷积累区域;第五步骤,在第四步骤之后去除所述减薄部分;第六步骤,形成第二绝缘膜,所述第二绝缘膜覆盖半导体基板和栅电极;以及第七步骤,通过第二绝缘膜将与第一导电类型相反的第二导电类型的杂质离子注入到半导体基板中,以形成光电转换器的表面区域。

[0007] 从参照附图对示例性实施例的以下描述,本发明的进一步的特征将变得明显。

附图说明

[0008] 图 1A 至 1J 是示出根据实施例的光电转换装置 200 的制造方法中的步骤的截面图;以及

[0009] 图 2 是示出使用根据实施例的光电转换装置的图像捕获系统的布置的框图。

具体实施方式

[0010] 参照图 1A 至 1J 描述根据本发明实施例的光电转换装置 200 的制造方法。

[0011] 在图 1A 所示的步骤中,制备半导体基板 SB。半导体基板 SB 包含阱区域 201,所述阱区域 201 以低浓度包含例如第一导电类型(例如,n 型)的杂质。半导体基板 SB 例如被热氧化,以在半导体基板 SB 上形成第一绝缘膜 202i(第一步骤),并且还在半导体基板 SB 中形成元件隔离部分 EI。第一绝缘膜 202i 例如由硅氧化物制成。元件隔离部分 EI 例如由硅氧化物制成。在第一绝缘膜 202i 上形成导电层 203i(第二步骤)。导电层 203i 例如由多晶硅制成。

[0012] 在图 1B 所示的步骤中,在导电层 203i 上形成抗蚀剂图案 204,以选择性覆盖应布置栅电极 203 的区域(第二步骤)。通过例如用抗蚀剂涂敷表面并然后通过曝光和显影对其进行构图,形成抗蚀剂图案 204。

[0013] 在图 1C 所示的步骤中,首先,通过使用抗蚀剂图案 204 作为掩模蚀刻导电层 203i,由此形成栅电极 203(第二步骤)。即,通过将导电层 203i 构图,形成栅电极 203。栅电极 203 是向电荷-电压转换器(未示出)传送在光电转换器 PD 中产生的电荷的晶体管的栅电极。电荷-电压转换器将传送的电荷转换成电压。电荷-电压转换器例如是浮置扩散(floating diffusion)。输出单元(未示出)将与电荷-电压转换器的电压对应的信号输出到信号线。输出单元例如是放大器晶体管。

[0014] 通过使用抗蚀剂图案 204 并且任选地进一步使用栅电极 203 作为掩模,第一绝缘膜 202i 的露出表面被蚀刻。第一绝缘膜 202i 由此转变成包含通过蚀刻被减薄的第一部分 2021 和未蚀刻的第二部分 2022 的第一绝缘膜 202。第一部分 2021 是第一绝缘膜 202 的布置在栅电极 203 周围的部分。第二部分 2022 是第一绝缘膜 202 的布置在栅电极 203 之下的部分。第二部分 2022 的厚度几乎等于蚀刻之前的第一绝缘膜 202i 的厚度。第一部分 2021 比蚀刻之前的第一绝缘膜 202i 薄,并且也比第二部分 2022 薄。第一部分 2021 的厚度例如是几 nm。第一部分 2021 和第二部分 2022 由与第一绝缘膜 202i 相同的材料(例如,硅氧化物)制成。可在相同的蚀刻条件下通过使用抗蚀剂图案 204,依次执行导电层 203i 的蚀刻或构图以及第一绝缘膜 202i 的蚀刻。

[0015] 在图 1D 所示的步骤中,在不去除抗蚀剂图案 204 的情况下形成抗蚀剂图案 205。更具体而言,形成在应布置光电转换器 PD 的区域中具有开口 205a 的抗蚀剂图案 205,以覆盖第一部分 2021 和抗蚀剂图案 204。通过例如用抗蚀剂涂敷表面并然后通过曝光和显影将其构图,形成抗蚀剂图案 205。

[0016] 在图 1E 所示的步骤(第四步骤)中,使用抗蚀剂图案 205 和 204 作为掩模,通过在第三步骤中形成的第一绝缘膜 202 的第一部分 2021 将第一导电类型(例如,n 型)的杂质离子注入到半导体基板 SB 中。即,通过使用第一部分 2021 作为缓冲膜,执行离子注入。在应布置光电转换器 PD 的区域中,由此形成作为光电转换器 PD 的预期(prospective)电荷积累区域 206 的半导体区域 206i。半导体区域 206i 以比阱区域 201 中的浓度高的浓度包含第一导电类型(例如,n 型)的杂质。

[0017] 通过以用于获得 0.5 至 1.5 μm 的射程(range)的能量注入磷或砷离子,进行离子

注入。剂量优选为 1×10^{12} 至 $1 \times 10^{13} (\text{cm}^{-2})$ 。为了有效地从光电转换器 PD 向电荷 - 电压转换器传送电荷, 优选通过以倾斜的角度注入离子, 在栅电极 203 和第二部分 2022 之下布置半导体区域 206i 的一部分。

[0018] 在图 1F 所示的步骤中, 去除抗蚀剂图案 205 和 204。例如, 通过使用硫酸, 剥离抗蚀剂图案 205 和 204。

[0019] 在图 1G 所示的步骤 (第五步骤) 中, 第一部分 2021 被选择性去除。通过例如各向异性干蚀刻, 去除第一部分 2021。

[0020] 注意, 可通过例如使用化学溶液的湿蚀刻, 去除第一部分 2021。化学溶液的例子是氢氟酸 (HF)、缓冲氢氟酸 (HF/ NH_4F) 和氟化铵 (NH_4F)。这可避免对于半导体基板 SB 的表面 (更特别地是作为预期光电转换器 PD 的半导体区域 206i 的表面) 的等离子体损伤。

[0021] 在图 1H 所示的步骤 (第六步骤) 中, 通过例如热氧化或自由基 (radical) 氧化形成第二绝缘膜 207, 以覆盖半导体基板 SB 和栅电极 203。第二绝缘膜 207 的厚度例如是几到几十 nm。更具体而言, 第二绝缘膜 207 优选为 3 至 10nm 厚。第二绝缘膜 207 例如由硅氧化物制成。

[0022] 在图 1I 所示的步骤中, 形成在应布置光电转换器 PD 的区域中具有开口 209a 的抗蚀剂图案 209, 以覆盖半导体基板 SB 和第二绝缘膜 207。通过例如用抗蚀剂涂敷表面并然后通过曝光和显影对其进行构图, 形成抗蚀剂图案 209。

[0023] 然后 (在第七步骤中), 使用抗蚀剂图案 209 作为掩模, 通过第二绝缘膜 207 将第二导电类型的杂质离子注入到半导体基板 SB 中。第二导电类型与第一导电类型相反。即, 通过使用第二绝缘膜 207 作为缓冲膜, 执行离子注入。由此形成光电转换器 PD 的表面区域 208。另外, 半导体区域 206i 的在表面区域 208 之下的区域转变成光电转换器 PD 的电荷积累区域 206。光电转换器 PD 产生并积累与光对应的电荷。表面区域 208 保护电荷积累区域 206, 以抑制电荷积累区域 206 中的暗电流。电荷积累区域 206 积累所产生的电荷。

[0024] 通过以用于获得第二绝缘膜 207 和半导体基板之间的界面附近的射程的能量、以 1×10^{13} 至 $1 \times 10^{14} (\text{cm}^{-2})$ 的剂量注入硼或氟化硼离子, 进行离子注入。为了有效地从光电转换器 PD 向电荷 - 电压转换器传送电荷, 优选通过从栅电极 203 的上侧朝半导体区域 206i 以倾斜的角度注入离子, 形成表面区域 208。

[0025] 在图 1J 所示的步骤中, 形成绝缘膜 210 以覆盖第二绝缘膜 207 的布置在光电转换器 PD 和栅电极 203 上的部分。绝缘膜 210 用作减少光电转换器 PD 中的光反射的抗反射膜。这可提高光电转换器 PD 的灵敏度。绝缘膜 210 优选具有使光电转换器 PD 中的具有 550 nm 波长的绿光的反射最小化的厚度。绝缘膜 210 的厚度例如是 40 至 50nm。

[0026] 为了以低噪声操作光电转换装置 200, 光电转换器 PD 需要被耗尽 (depleted)。更具体而言, 当给栅电极 203 施加电压以向电荷 - 电压转换器传送给在电荷积累区域 206 中积累的电荷时, 优选电荷积累区域 206 的整个区域被耗尽。用于耗尽电荷积累区域 206 的几乎整个区域的施加于栅电极 203 的电压将被称为耗尽电压。当施加耗尽电压时可在电荷积累区域 206 中积累的电荷的量确定光电转换器的饱和电荷量。耗尽电压依赖于例如表面区域 208 的杂质浓度或者注入分布的深度和面积而改变。尤其是, 表面区域 208 的注入分布对耗尽电压的影响最大。如果可以在光电转换装置 200 中使光电转换器 PD 的耗尽电压均匀化, 那么可容易地改善光电转换装置 200 中的光电转换器 PD 的饱和电荷量。即, 为了改

善光电转换器 PD 的饱和电荷量,必须抑制表面区域 208 的注入分布的变化。

[0027] 假定第一部分 2021 在图 1F 所示的步骤中被留下而没有将其去除。通过在图 1C 所示的步骤中蚀刻第一绝缘膜 202i 的表面,形成第一部分 2021。蚀刻量趋于依赖于蚀刻设备的状态而在半导体基板 SB 的平面内改变。更具体而言,当在半导体基板 SB 上形成多个光电转换装置时,蚀刻量在所述多个光电转换装置之间改变。另外,当在光电转换装置中形成多个光电转换器时,蚀刻量在所述多个光电转换器之间改变。这使得覆盖所述多个光电转换器的第一部分 2021 的厚度在所述多个光电转换器之间改变。在这种情况下,在图 1I 所示的步骤中,通过厚度在所述多个光电转换器之间改变的第一部分 2021,将第二导电类型的杂质离子注入到半导体基板 SB 中。结果,表面区域 208 的注入分布在所述多个光电转换器之间大大改变。

[0028] 另外,第一部分 2021 捕获在用于形成电荷积累区域 206 的离子注入时混入的金属杂质。由第一部分 2021 捕获的金属杂质可通过用于形成表面区域 208 的离子注入时的撞击 (knock-on) 现象被排出到电荷积累区域 206。如果电荷积累区域 206 包含金属杂质,那么在光电转换器 PD 中产生由金属杂质导致的暗电流。结果,根据在光电转换器 PD 中产生的电荷而获得的图像包含白斑 (spot)。由于即使输出信号的轻微误差也大大影响图像,因此金属污染在光电转换装置中是严重的问题。

[0029] 但是,在本实施例中,在图 1G 所示的步骤中去除第一部分 2021 之后,在图 1H 所示的步骤中形成覆盖半导体基板 SB 和栅电极 203 的第二绝缘膜 207。在半导体基板 SB 的平面内所形成的第二绝缘膜 207 的厚度的变化比第一部分 2021 中的小。在图 1I 所示的步骤中,通过所述多个光电转换器之间的厚度变化小的第二绝缘膜 207,将第二导电类型的杂质离子注入到半导体基板 SB 中。因此,可以抑制光电转换器 PD 中表面区域 208 的注入分布的变化。即,根据本实施例,可以抑制通过绝缘膜进行离子注入时光电转换器中表面区域的注入分布的变化。第二绝缘膜 207 比第一部分 2021 厚。出于这种原因,与通过第一部分 2021 进行离子注入相比,在图 1I 所示的步骤中通过第二绝缘膜 207 执行离子注入允许容易地在半导体基板 SB 中的浅位置处形成表面区域 208。

[0030] 并且,由于在图 1G 所示的步骤中去除第一部分 2021,因此可以在图 1I 所示的步骤中减少半导体基板 SB 中的金属杂质的混入。

[0031] 如上所述,根据本实施例,可以获得这样的光电转换装置,其具有均匀的表面区域的注入分布,并减少半导体基板中的金属杂质的混入。通过该方法获得的光电转换装置减少暗电流或缺陷像素,并具有均匀的和大的饱和电荷量。

[0032] 图 2 示出使用本发明的光电转换装置的图像捕获系统的例子。

[0033] 如图 2 所示,图像捕获系统 90 主要包含光学系统、图像捕获器件 86 和信号处理单元。光学系统主要包含快门 91、成像透镜 92 和光阑 93。图像捕获器件 86 包含光电转换装置 200。信号处理单元主要包含捕获图像信号处理电路 95、A/D 转换器 96、图像信号处理单元 97、存储单元 87、外部 I/F 单元 89、定时发生器 98、总体控制 / 运算单元 99、记录介质 88 和记录介质控制 I/F 单元 94。注意,信号处理单元不需要总是包含记录介质 88。

[0034] 快门 91 被设置于成像透镜 92 之前的光路上,以控制曝光。

[0035] 成像透镜 92 对入射光进行折射,并在图像捕获器件 86 中的光电转换装置 200 的成像面上形成对象图像。

[0036] 光阑 93 被设置在成像透镜 92 和光电转换装置 200 之间的光路上,以调整已穿过成像透镜 92 并引向光电转换装置 200 的光的量。

[0037] 图像捕获器件 86 中的光电转换装置 200 将光电转换装置 200 的成像面上所形成的对象图像转换成图像信号。图像捕获器件 86 输出从光电转换装置 200 读出的图像信号。

[0038] 捕获图像信号处理电路 95 与图像捕获器件 86 连接,以处理从图像捕获器件 86 输出的图像信号。

[0039] A/D 转换器 96 与捕获图像信号处理电路 95 连接,以将从捕获图像信号处理电路 95 输出的处理后的图像信号(模拟信号)转换成数字信号。

[0040] 图像信号处理单元 97 与 A/D 转换器 96 连接,以对于从 A/D 转换器 96 输出的图像信号(数字信号)执行诸如各种类型的校正的运算处理,由此产生图像数据。图像数据被供给到存储单元 87、外部 I/F 单元 89、总体控制/运算单元 99、记录介质控制 I/F 单元 94 等。

[0041] 存储单元 87 与图像信号处理单元 97 连接,以存储从图像信号处理单元 97 输出的图像数据。

[0042] 外部 I/F 单元 89 与图像信号处理单元 97 连接。从图像信号处理单元 97 输出的图像数据经由外部 I/F 单元 89 被传送到外部装置(例如,个人计算机)。

[0043] 定时发生器 98 与图像捕获器件 86、捕获图像信号处理电路 95、A/D 转换器 96 和图像信号处理单元 97 连接,以向图像捕获器件 86、捕获图像信号处理电路 95、A/D 转换器 96 和图像信号处理单元 97 供给定时信号。图像捕获器件 86、捕获图像信号处理电路 95、A/D 转换器 96 和图像信号处理单元 97 同步于定时信号而操作。

[0044] 总体控制/运算单元 99 与定时发生器 98、图像信号处理单元 97 和记录介质控制 I/F 单元 94 连接,以总体控制定时发生器 98、图像信号处理单元 97 和记录介质控制 I/F 单元 94。

[0045] 记录介质 88 可拆卸地与记录介质控制 I/F 单元 94 连接。从图像信号处理单元 97 输出的图像数据经由记录介质控制 I/F 单元 94 被记录于记录介质 88 中。

[0046] 如果通过光电转换装置 200 获得高质量的图像信号,那么上述的布置使得能够获得高质量的图像(图像数据)。

[0047] 虽然已参照示例性实施例描述了本发明,但应理解,本发明不限于公开的示例性实施例。随附的权利要求的范围应被赋予最宽的解释,以包含所有这样的修改以及等同的结构和功能。

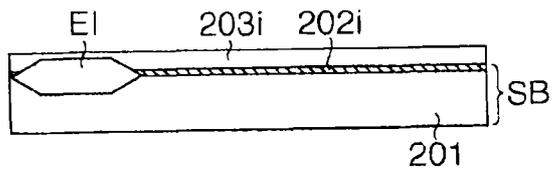


图 1A

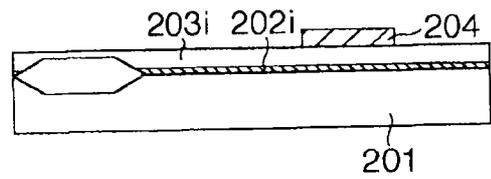


图 1B

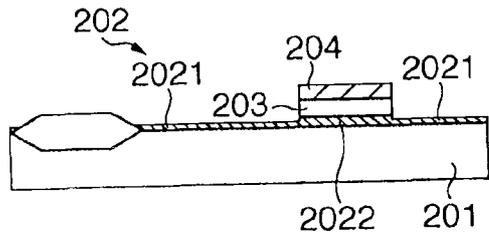


图 1C

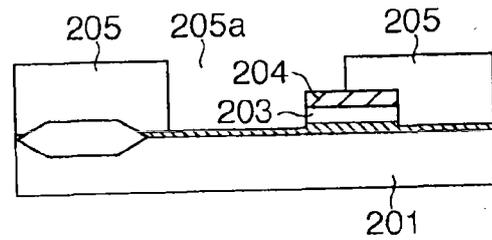


图 1D

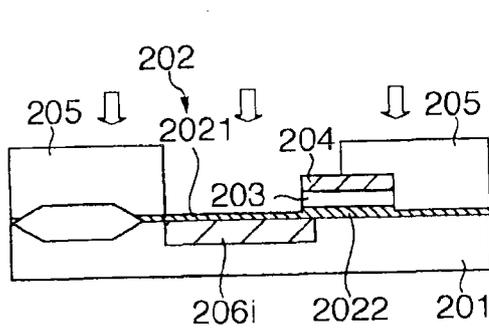


图 1E

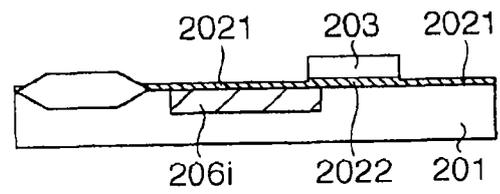


图 1F

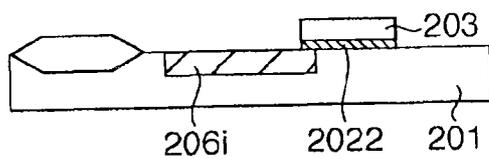


图 1G

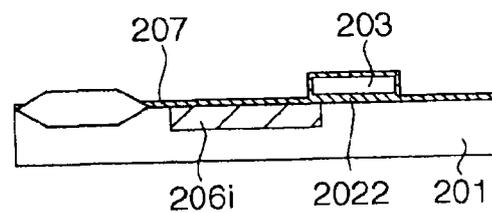


图 1H

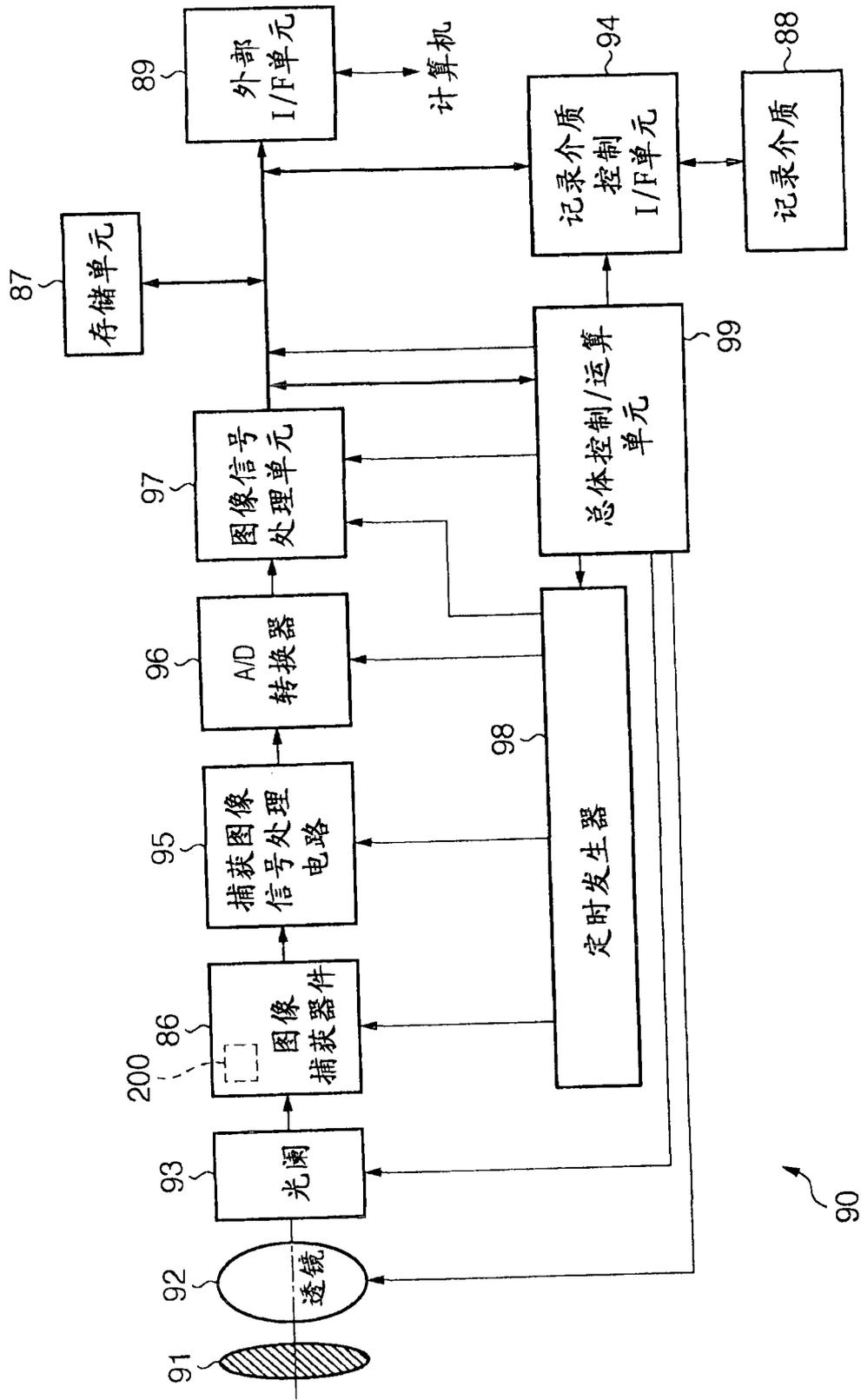


图 2