



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102651375 A

(43) 申请公布日 2012.08.29

(21) 申请号 201210035631.8

(22) 申请日 2012.02.16

(30) 优先权数据

2011-038668 2011.02.24 JP

(71) 申请人 索尼公司

地址 日本东京

(72) 发明人 富樫秀晃

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理
有限责任公司 11290

代理人 陈桂香 武玉琴

(51) Int. Cl.

H01L 27/146 (2006.01)

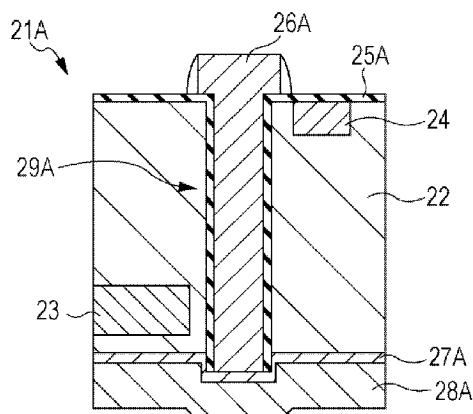
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 12 页

(54) 发明名称

固体摄像元件、固体摄像元件的制造方法和
电子装置

(57) 摘要

本发明公开了固体摄像元件、固体摄像元件的制造方法和电子装置。所述固体摄像元件包括：基板，所述基板是由半导体形成的，并且所述基板包括面对着相反侧的第一表面和第二表面；栅极绝缘膜，所述栅极绝缘膜形成在形成于所述基板中的沟槽上，所述沟槽贯穿所述第一表面和所述第二表面；以及栅极电极，所述栅极电极埋入在所述沟槽中且所述栅极电极与所述沟槽之间隔着所述栅极绝缘膜，所述栅极电极露出于所述基板的所述第二表面侧，从所述基板的所述第二表面到所述栅极电极的所述第二表面侧的末端面形成有台阶差。所述电子装置包含有所述固体摄像元件。根据本发明，能够提供优良的像素特性。



1. 一种固体摄像元件,其包括:

基板,所述基板是由半导体形成的,并且所述基板包括面对着相反侧的第一表面和第二表面;

栅极绝缘膜,所述栅极绝缘膜形成在形成于所述基板中的沟槽上,所述沟槽贯穿所述第一表面和所述第二表面;以及

栅极电极,所述栅极电极埋入在所述沟槽中且所述栅极电极与所述沟槽之间隔着所述栅极绝缘膜,所述栅极电极露出所述基板的所述第二表面侧,

其中,从所述基板的所述第二表面到所述栅极电极的所述第二表面侧的末端面形成有台阶差。

2. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,其中,

所述栅极电极的所述第二表面侧的所述末端面和所述栅极绝缘膜的所述第二表面侧的末端面从所述基板的所述第二表面突出而形成所述台阶差。

3. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,其中,

所述栅极电极的所述第二表面侧的所述末端面从所述基板的所述第二表面凹入而形成所述台阶差。

4. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,其中,

所述栅极绝缘膜突出于所述基板的所述第二表面和所述栅极电极的所述第二表面侧的所述末端面而形成所述台阶差。

5. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,还包括:

光电二极管,所述光电二极管是为沿着所述第一表面或所述第二表面在面方向上布置的多个像素中的各像素布置的,

其中,对于上述多个像素中的各像素,所述栅极电极形成得包围所述光电二极管。

6. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,还包括:

光电二极管,在沿着所述第一表面或所述第二表面的面方向上布置的多个像素单元中,各所述光电二极管布置在所述基板内的不同深度的多个部分中,

其中,所述栅极电极为各所述光电二极管布置,并且所述栅极电极中的至少一个栅极电极形成有所述台阶差。

7. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,还包括:

配线,所述配线布置于所述基板的所述第二表面侧并且连接至所述栅极电极。

8. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,还包括:

防反射膜,所述防反射膜在所述基板的所述第二表面上与所述基板相接触。

9. 根据权利要求8所述的固体摄像元件,其中,所述防反射膜是硅、铝、钪、钽、钛或钨的氧化物绝缘膜。

10. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,其中,所述栅极绝缘膜是氧化硅膜或氮氧化硅膜。

11. 根据权利要求1所述的固体摄像元件,其中,所述栅极电极是由掺磷非晶硅、铝、钨、钛、钴、钪或钽形成的。

12. 根据权利要求7所述的固体摄像元件,其中,所述配线是由包含铝、钨、钛、钴、钪或钽的金属材料或者硅化物材料形成的。

13. 根据权利要求 7 所述的固体摄像元件,其中,所述配线是由 IT0、ZnO、 In_2O_3 、 SnO_2 或石墨烯形成的透光导电膜。

14. 一种电子装置,所述电子装置包括固体摄像元件,

其中,所述固体摄像元件为权利要求 1 ~ 13 中任一项所述的固体摄像元件。

15. 一种固体摄像元件的制造方法,所述方法包括如下步骤:

在形成于基板中的沟槽上形成栅极绝缘膜,所述基板由半导体形成并且包括面对着相反侧的第一表面和第二表面,所述沟槽贯穿所述第一表面和所述第二表面;

在所述沟槽中隔着所述栅极绝缘膜埋入栅极电极,使得所述栅极电极露出所述基板的所述第二表面侧;以及

从所述基板的所述第二表面到所述栅极电极的所述第二表面侧的末端面形成台阶差。

固体摄像元件、固体摄像元件的制造方法和电子装置

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请包含与 2011 年 2 月 24 日向日本专利局提交的日本优先权专利申请 JP 2011-038668 所公开的内容相关的主题,因此将该日本优先权申请的全部内容以引用的方式并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及固体摄像元件、固体摄像元件的制造方法和电子装置,更加特别地,涉及能够提供优良像素特性的固体摄像元件、该固体摄像元件的制造方法和电子装置。

背景技术

[0004] 在相关技术中,在以互补型金属氧化物半导体 (Complementary MetalOxide Semiconductor, CMOS) 图像传感器为代表的放大型固体摄像元件中,电荷从位于距半导体基板的前表面较远位置处的光电转换元件 (光电二极管) 传输至上述前表面的附近。

[0005] 例如,作为传输电荷的一种方法,在日本专利申请公开公报第 2008-258316 号中披露了使用垂直晶体管的技术。上述垂直晶体管是这样形成的:通过从半导体的前表面侧进行干式蚀刻形成沟槽 (垂直沟道),然后形成栅极绝缘膜,随后埋入栅极电极。

[0006] 此外,在日本专利申请公开公报第 2010-114274 号中披露了这样的技术:使用垂直晶体管,并且能够从位于较深位置的光电二极管将由光电转换得到的电荷有效地提取出,从而使其被传输至浮动扩散区域。

[0007] 此外,与使用和日本专利申请公开公报第 2006-278466 号中披露的光电二极管相同的导电阱作为传输通道的结构相比,通过使用垂直晶体管能够获得小面积的像素尺寸。特别的,由于在垂直分光摄像元件中需要从位于较深位置的光电二极管中提取出电荷来进行传输,所以采用垂直晶体管结构从而实现小像素的垂直分光摄像元件是有效的。

[0008] 将参照图 1A 和图 1B 说明相关技术中的垂直晶体管结构。图 1A 和图 1B 是图示了形成有垂直晶体管的固体摄像元件的结构示例的截面图。图 1A 和图 1B 中的上侧是固体摄像元件的前表面侧,而图 1A 和图 1B 中的下侧是固体摄像元件的后表面侧。

[0009] 如图 1A 中所示,在固体摄像元件 11 中,在半导体基板 12 的较深位置布置有 PD (光电二极管) 13,并且在半导体基板 12 的前表面侧布置有 FD (浮动扩散部) 14。此外,在半导体基板 12 的前表面上形成有栅极绝缘膜 15,并且从半导体基板 12 的前表面侧形成有沟槽,在沟槽中埋入有栅极电极 16。此外,在半导体基板 12 的后表面侧层叠有防反射膜 17 和氧化物膜 18。

[0010] 在这样的固体摄像元件 11 中,随着向栅极电极 16 施加电压,垂直晶体管 19 具有这样的结构:其中,通过光电转换累积在 PD13 中的电荷被传输至 FD14。

[0011] 然而,在垂直晶体管 19 的制造工艺中,当在半导体基板 12 上形成沟槽时难以控制沟槽的深度,因此,各像素的沟槽的深度是不同的。因此,如图 1B 中所示,形成垂直晶体管 19 的栅极电极 16 与半导体基板 12 的后表面之间的间隔是不同的,并且这样的差异对像素

特性有不利影响。

[0012] 也就是说,垂直晶体管 19 与半导体基板 12 的后表面之间的间隔的差异是由形成垂直晶体管 19 的干式蚀刻工艺中的深度控制的差异导致的,或者可能是由半导体基板 12 的膜厚度的差异导致的。此外,半导体基板 12 的膜厚度的差异在后表面照射型半导体制造工艺的半导体基板减薄工艺中突显。此外,垂直晶体管 19 与半导体基板 12 的后表面之间的间隔的差异也可以被称为是位于距半导体基板 12 的前表面侧较深位置处的 PD13 与垂直晶体管 19 的底部之间的间隔的差异或者是覆盖量的差异。由于 PD13 与垂直晶体管 19 的底部之间的间隔对光电转换得到的电荷的传输效率有显著影响,所以必须将上述差异抑制到尽可能地小。

[0013] 因此,在光照射着半导体基板 12 的后表面的后表面照射型摄像元件中,采用通过使栅极电极 16 能够贯穿半导体基板 12 直至半导体基板 12 的后表面来形成垂直晶体管 19 的贯穿型垂直晶体管结构是有效的。

[0014] 接着,将参照图 2A 至图 2C 说明贯穿型垂直晶体管结构。图 2A 至图 2C 是图示了贯穿型垂直晶体管结构的固体摄像元件的结构示例的截面图。图 2A 至图 2C 中的上侧是固体摄像元件的前表面侧,而图 2A 至图 2C 中的下侧是固体摄像元件的后表面侧。

[0015] 如图 2A 中所示,在贯穿型垂直晶体管结构的固体摄像元件 11' 中,通过将栅极电极 16' 埋入到形成得贯穿半导体基板 12 直至半导体基板 12 的后表面的沟槽中来设置贯穿型垂直晶体管 19'。在这样结构的贯穿型垂直晶体管 19' 中,各像素的栅极电极 16' 的深度变得相同,消除了上述差异。

[0016] 然而,在固体摄像元件 11' 中,在栅极电极 16' 的末端表面侧未形成有栅极绝缘膜 15', 因此栅极电极 16' 的末端表面与防反射膜 17 接触。因此,如图 2B 中所示,在贯穿型垂直晶体管结构的固体摄像元件 11' 中存在着这样的问题:电流(栅极漏电流)通过贯穿型垂直晶体管 19' 的末端部中的防反射膜 17 在半导体基板 12 与栅极电极 16' 之间流动。

[0017] 特别的,如图 2C 中所示,在制造工艺中,贯穿型垂直晶体管 19' 的末端部的栅极绝缘膜 15' 后退,并且在半导体基板 12 与栅极电极 16' 之间形成防反射膜 17,从而形成了在半导体基板 12 的后表面侧上形成的防反射膜 17。在此情况下,栅极漏电流易于在半导体基板 12 与栅极电极 16' 之间流动。此外,对于在半导体基板 12 与栅极电极 16' 之间形成有氧化物膜 18 的情况,栅极漏电流以同样的方式易于流动。

[0018] 栅极漏电流的产生是由形成于后表面侧的防反射膜 17 和氧化物膜 18 的膜质量的劣化导致的。也就是说,由于金属配线层或晶片连接表面上的粘合剂的耐热温度的限制,难以在高温下形成在后表面侧形成的材料,所以膜质量劣化,并且相比于在前表面工艺中形成的绝缘膜,电流易于流动。因此,如果在半导体基板 12 与施加电场的栅极电极 16' 之间的区域中或者该区域的附近形成有防反射膜 17 和氧化物膜 18,则在半导体基板 12 与栅极电极 16' 之间就会产生栅极漏电流。

[0019] 如上所述,在相关技术的贯穿型垂直晶体管结构中,在半导体基板与栅极电极之间产生了栅极漏电流。因此,在贯穿型垂直晶体管的末端部中生成了大量的载流子,并且在电荷累积时或电荷传输时上述载流子流到光电二极管中,这导致了例如白点或暗电流的产生等像素特性的劣化。

发明内容

[0020] 因此,期望提供能够获得优良像素特性的技术。

[0021] 本发明的实施方式提供了一种固体摄像元件,所述固体摄像元件包括:基板,所述基板是由半导体形成的,并且所述基板包括面对着相反侧的第一表面和第二表面;栅极绝缘膜,所述栅极绝缘膜形成在形成于所述基板中的沟槽上,所述沟槽贯穿所述第一表面和所述第二表面;以及栅极电极,所述栅极电极埋入在所述沟槽中且所述栅极电极与所述沟槽之间隔着所述栅极绝缘膜,所述栅极电极露出所述基板的所述第二表面侧,其中,从所述基板的所述第二表面到所述栅极电极的所述第二表面侧的末端面形成有台阶差。

[0022] 本发明的另一实施方式提供了一种电子装置,所述电子装置包括固体摄像元件,所述固体摄像元件包括:基板,所述基板是由半导体形成的,并且所述基板包括面对着相反侧的第一表面和第二表面;栅极绝缘膜,所述栅极绝缘膜形成在形成于所述基板中的沟槽上,所述沟槽贯穿所述第一表面和所述第二表面;以及栅极电极,所述栅极电极埋入在所述沟槽中且所述栅极电极与所述沟槽之间隔着所述栅极绝缘膜,所述栅极电极露出所述基板的所述第二表面侧,其中,从所述基板的所述第二表面到所述栅极电极的所述第二表面侧的末端面形成有台阶差。

[0023] 本发明的又一实施方式提供了一种固体摄像元件的制造方法,所述方法包括如下步骤:在形成于基板中的沟槽上形成栅极绝缘膜,所述基板由半导体形成并且包括面对着相反侧的第一表面和第二表面,所述沟槽贯穿所述第一表面和所述第二表面;在所述沟槽中隔着所述栅极绝缘膜埋入栅极电极,使得所述栅极电极露出所述基板的所述第二表面侧;并且从所述基板的所述第二表面到所述栅极电极的所述第二表面侧的末端面形成台阶差。

[0024] 根据上述实施方式,在由半导体形成的并且包括面对着相反侧的第一表面和第二表面的基板中形成的沟槽上形成有栅极绝缘膜,所述沟槽贯穿所述第一表面和所述第二表面。此外,所述栅极电极埋入在所述沟槽中且所述栅极电极与所述沟槽之间隔着所述栅极绝缘膜,所述栅极电极露出所述基板的所述第二表面侧。此外,从所述基板的所述第二表面到所述栅极电极的所述第二表面侧的末端面形成有台阶差。

[0025] 根据上述实施方式,能够提供优良的像素特性。

附图说明

[0026] 图 1A 和图 1B 是图示了相关技术的垂直晶体管的结构的截面图,

[0027] 图 2A 至图 2C 是图示了相关技术的贯穿型垂直晶体管的结构的截面图,

[0028] 图 3A 至图 3C 是图示了本发明实施方式的固体摄像元件的结构示例的截面图,

[0029] 图 4A 至图 4C 图示了包含贯穿型垂直晶体管的固体摄像元件的变形例,

[0030] 图 5A 和图 5B 图示了包含贯穿型垂直晶体管的固体摄像元件的变形例,

[0031] 图 6 图示了固体摄像元件的制造工艺,

[0032] 图 7 图示了固体摄像元件的另一制造工艺,

[0033] 图 8 图示了包含贯穿型垂直晶体管的固体摄像元件的变形例,

[0034] 图 9 图示了包含贯穿型垂直晶体管的固体摄像元件的变形例及其制造工艺,以及

[0035] 图 10 是图示了安装在电子装置上的摄像装置的结构示例的框图。

具体实施方式

[0036] 下面,将参照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0037] 图 3A 至图 3C 是图示了本发明第一实施方式至第三实施方式的固体摄像元件的结构示例的截面图。

[0038] 图 3A 图示了第一实施方式的固体摄像元件 21A,图 3B 图示了第二实施方式的固体摄像元件 21B,而图 3C 图示了第三实施方式的固体摄像元件 21C。此外,图 3A 至图 3C 中的上侧是前表面侧,而图 3A 至图 3C 中的下侧是后表面侧。

[0039] 如图 3A 中所示,固体摄像元件 21A 包括半导体基板 22、PD 23、FD 24、栅极绝缘膜 25A、栅极电极 26A、防反射膜 27A 和氧化物膜 28A。此外,在固体摄像元件 21A 中,以这样的结构形成有贯穿型垂直晶体管 29A:随着向栅极电极 26A 施加电压,通过光电转换累积在 PD 23 中的电荷被传输至 FD 24。

[0040] 此外,在固体摄像元件 21A 中,半导体基板 22 例如是由半导体形成的薄硅制成的基板。在图 3A 至图 3C 中,半导体基板 22 的上侧成为半导体基板 22 的前侧(第一表面侧),而下侧成为半导体基板 22 的后侧(第二表面侧)。沿着固体摄像元件 21A 的表面方向布置的多个像素中的各者布置有 PD 23,PD 23 布置在从半导体基板 22 的前表面侧观看时的较深处,并且对照射着固体摄像元件 21A 的后表面侧的光进行光电转换。FD24 形成在半导体基板 22 的前表面侧上。通过光电转换累积在 PD 23 中的电荷被传输至 FD 24。

[0041] 栅极绝缘膜 25A 是提供半导体基板 22 与栅极电极 26A 之间的隔离的膜,并且栅极电极 26A 是对电荷从 PD 23 传输至 FD 24 进行控制的电极。此外,防反射膜 27A 是减少照射着固体摄像元件 21A 的光的反射从而增大进入半导体基板 22 的光透射率的膜,氧化物膜 28A 是对半导体基板 22 的后表面侧进行绝缘的膜。

[0042] 此外,与图 2A 至图 2C 中所示的固体摄像元件 11' 不同,在固体摄像元件 21A 中,贯穿型垂直晶体管 29A 在后表面侧的末端部被形成为使得栅极绝缘膜 25A 和栅极电极 26A 从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出。

[0043] 以这样的方式,由于栅极绝缘膜 25A 和栅极电极 26A 从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出这样的台阶差结构,所以形成于半导体基板 22 的后表面的防反射膜 27A 形成有相对于固体摄像元件 21A 的后表面的凸起形状。也就是说,在半导体基板 22 的后表面上以及栅极绝缘膜 25A 和栅极电极 26A 的后表面侧的末端表面上形成有防反射膜 27A,并且沿着栅极绝缘膜 25A 的外周表面也形成有防反射膜 27A。

[0044] 因此,相比于图 2A 至图 2C 中所示的固体摄像元件 11' 中栅极漏电流流动通过的泄漏路径,在固体摄像元件 21A 中,根据沿着栅极绝缘膜 25A 的外周表面形成的防反射膜 27A 的量,泄漏路径变长。因此,在固体摄像元件 21A 中,能够抑制半导体基板 22 与栅极电极 26A 之间漏电流的产生。

[0045] 此外,如参照图 2C 中所述,在固体摄像元件 11' 中,当防反射膜 17 被形成在半导体基板 12 与栅极电极 16' 之间时,栅极漏电流易于流动。而另一方面,在固体摄像元件 21A 中,贯穿型垂直晶体管 29A 被形成为使得栅极绝缘膜 25A 和栅极电极 26A 从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出。以这样的结构,在固体摄像元件 21A 的制造过程中,由于处于在半

导体基板 22 与栅极电极 26A 之间没有夹有防反射膜 27A 等的状态,所以能够进一步可靠地抑制固体摄像元件 21A 中栅极漏电流的产生。

[0046] 此外,如图 3B 中所示,固体摄像元件 21B 包括半导体基板 22、PD23、FD 24、栅极绝缘膜 25B、栅极电极 26B、防反射膜 27B 和氧化物膜 28B。此外,在固体摄像元件 21B 中,贯穿型垂直晶体管 29B 被形成使得栅极电极 26B 贯穿半导体基板 22 直到半导体基板 22 的后表面侧。在下文中,将省略关于与固体摄像元件 21A 中相同的部分的说明。

[0047] 在固体摄像元件 21B 中,贯穿型垂直晶体管 29B 在后表面侧的末端部具有这样的台阶差结构:其中,栅极绝缘膜 25B 形成成为直到半导体基板 22 的后表面侧的表面,并且栅极电极 26B 从半导体基板 22 的后表面侧的表面凹入。也就是说,在固体摄像元件 21B 中,形成栅极绝缘膜 25B 使得栅极绝缘膜 25B 相对于栅极电极 26B 向后表面侧延伸。

[0048] 以这样的结构,在固体摄像元件 21B 中,形成于半导体基板 22 的后表面的防反射膜 27B 形成有相对于固体摄像元件 21B 的后表面的凹入形状。也就是说,在半导体基板 22 的后表面上以及栅极电极 26B 的后表面侧的末端表面上形成有防反射膜 27B,并且沿着栅极绝缘膜 25B 的内周表面也形成有防反射膜 27B。

[0049] 因此,在固体摄像元件 21B 中,以和固体摄像元件 21A 相似的方式,根据沿着栅极绝缘膜 25B 的内周表面形成的防反射膜 27B 的量,泄漏路径变长。因此,在固体摄像元件 21B 中,能够抑制半导体基板 22 与栅极电极 26B 之间的栅极漏电流的产生。此外,在固体摄像元件 21B 的制造过程中,由于处于在半导体基板 22 与栅极电极 26B 之间没有夹有防反射膜 27B 等的状态,所以能够进一步可靠地抑制固体摄像元件 21B 中栅极漏电流的产生。

[0050] 此外,如图 3C 中所示,固体摄像元件 21C 包括半导体基板 22、PD23、FD 24、栅极绝缘膜 25C、栅极电极 26C、防反射膜 27C 和氧化物膜 28C。此外,在固体摄像元件 21C 中,贯穿型垂直晶体管 29C 被形成使得栅极电极 26C 贯穿半导体基板 22 直到半导体基板 22 的后表面侧。在下文中,将省略关于与固体摄像元件 21A 中相同的部分的说明。

[0051] 在固体摄像元件 21C 中,贯穿型垂直晶体管 29C 的后表面侧的末端部具有这样的台阶差结构:其中,栅极绝缘膜 25C 形成成为直到半导体基板 22 的后表面侧的表面并且从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出。也就是说,在固体摄像元件 21C 中,栅极绝缘膜 25C 被形成得从半导体基板 22 和栅极电极 26C 的后表面侧的表面突出。

[0052] 以这样的结构,在固体摄像元件 21C 中,形成于半导体基板 22 的后表面上的防反射膜 27C 沿着栅极绝缘膜 25C 形成有环状凸起形状。也就是说,在半导体基板 22 的后表面侧的后表面上和栅极电极 26C 的后表面侧的末端表面上形成有防反射膜 27C,并且沿着栅极绝缘膜 25C 的外周表面和内周表面也形成有防反射膜 27C。

[0053] 因此,在固体摄像元件 21C 中,根据沿着栅极绝缘膜 25C 的外周表面和内周表面形成的防反射膜 27C 的量,泄漏路径变长,也即是,泄漏路径分别是固体摄像元件 21A 和固体摄像元件 21B 中泄漏路径的两倍。因此,在固体摄像元件 21C 中,相比于固体摄像元件 21A 和固体摄像元件 21B,能够有效地抑制半导体基板 22 与栅极电极 26C 之间的栅极漏电流的产生。此外,在固体摄像元件 21C 的制造过程中,由于处于在半导体基板 22 与栅极电极 26C 之间没有夹有防反射膜 27C 等的状态,所以能够进一步可靠地抑制固体摄像元件 21C 中栅极漏电流的产生。

[0054] 此外,在固体摄像元件 21C 中,由于栅极绝缘膜 25C 从半导体基板 22 的后表面侧

的表面和栅极电极 26C 的后表面侧的表面突出,所以电压非线性地施加在半导体基板 22 与栅极电极 26C 之间。也就是说,在固体摄像元件 21C 中,由于栅极绝缘膜 25C 突出,防反射膜 27C 和氧化物膜 28C 形成为使得在半导体基板 22 与栅极电极 26C 之间未产生线性泄漏路径。以这样的方式,相比于固体摄像元件 21A 和固体摄像元件 21B,由于不产生线性泄漏路径的结构,所以在固体摄像元件 21C 中能够可靠地抑制栅极漏电流的产生。例如,在固体摄像元件 21A 或固体摄像元件 21B 中,在栅极绝缘膜 25A 或栅极绝缘膜 25B 微小地后退的情况下,可能产生线性泄漏路径。另一方面,在固体摄像元件 21C 中,由于栅极绝缘膜 25C 充分突出,所以能够在不生成线性泄漏路径的前提下可靠地抑制栅极漏电流的产生。

[0055] 在下文中,在不必区分栅极绝缘膜 25A 至栅极绝缘膜 25C、栅极电极 26A 至栅极电极 26C、防反射膜 27A 至防反射膜 27C、氧化物膜 28A 至氧化物膜 28C 以及贯穿型垂直晶体管 29A 至贯穿型垂直晶体管 29C 的情况下,将它们称为栅极绝缘膜 25、栅极电极 26、防反射膜 27、氧化物膜 28 和贯穿型垂直晶体管 29。

[0056] 这里,将说明形成栅极绝缘膜 25、栅极电极 26、防反射膜 27 和氧化物膜 28 的材料。

[0057] 栅极绝缘膜 25 是通过对硅进行热氧化获得的氧化硅膜、氮氧化硅或者高介电绝缘膜。可使用氧化铅、硅酸铅、添氮铝酸铅、氧化钽、二氧化钛、氧化锆、氧化镨或氧化钕等作为上述高介电绝缘膜。

[0058] 栅极电极 26 是由例如掺磷非晶硅 (Phosphorus Doped Amorphous Silicon, PDAS) 等掺杂硅材料、或者诸如铝、钨、钛、钴、钨或钼等金属材料形成的。

[0059] 防反射膜 27 是诸如铝、钨、钨、钛或钼等的氧化物绝缘膜,或者可以是具有不同负固定电荷的绝缘膜。可以使用氧化铅、氧化钽、氧化铝、氧化锆或氧化钛等作为上述具有负固定电荷的绝缘膜。

[0060] 氧化物膜 28 是诸如高密度等离子体 (High Density Plasma, HDP) 氧化物膜等堆积氧化物膜。

[0061] 接着,将参照图 4A 至图 4C 和图 5A 至图 5B 说明包含贯穿型垂直晶体管 29 的固体摄像元件的变形例。此外,在图 4A 至图 4C 以及图 5A 和图 5B 中,在上侧示出了固体摄像元件的平面图,在下侧示出了沿着上述平面图中的点划线获得的截面图。在图 4A 至图 4C 以及图 5A 和图 5B 中,省略了 FD 24、栅极绝缘膜 25、防反射膜 27 和氧化物膜 28。

[0062] 图 4A 示出了第一变形例的固体摄像元件 21-1。在固体摄像元件 21-1 中,栅极电极 26-1 形成为圆柱形。

[0063] 图 4B 示出了第二变形例的固体摄像元件 21-2。在固体摄像元件 21-2 中,栅极电极 26-2 沿着 PD23 的一侧形成为细长矩形柱形。也就是说,在固体摄像元件 21-2 中,形成有栅极电极 26-2 使得从 PD23 传输电荷时的传输栅极面积被扩大。因此,能够提高电荷的传输效率。

[0064] 图 4C 示出了第三变形例的固体摄像元件 21-3。在固体摄像元件 21-3 中,栅极电极 26-3 形成为当从平面图看去时包围着 PD23 的外围的矩形。也就是说,各像素布置有 PD 23,并且在固体摄像元件 21-3 中,栅极电极 26-3 形成为包围着 PD 23,从而兼具分离像素的功能。此外,在固体摄像元件 21-3 中,由于从 PD 23 传输电荷时的传输栅极面积被扩大,所以能够提高电荷的传输效率。

[0065] 图 5A 示出了第四变形例的固体摄像元件 21-4。在固体摄像元件 21-4 中,在半导体基板 22 内的不同深度处布置有 PD 23a 和 PD 23b 两个光电二极管。此外,在固体摄像元件 21-4 中,布置有栅极电极 26-4a 和栅极电极 26-4b,栅极电极 26-4a 形成传输 PD 23a 的电荷的贯穿型垂直晶体管 29-4a,栅极电极 26-4b 形成传输 PD 23b 的电荷的贯穿型垂直晶体管 29-4b。

[0066] 图 5B 示出了第五变形例的固体摄像元件 21-5。在固体摄像元件 21-5 中,在半导体基板 22 内的不同深度处布置有 PD 23a 和 PD 23b 两个光电二极管。此外,在固体摄像元件 21-5 中,布置有栅极电极 26-5a 和栅极电极 26-5b,栅极电极 26-5a 形成传输 PD 23a 的电荷的贯穿型垂直晶体管 29-5a,栅极电极 26-5b 形成传输 PD 23b 的电荷的贯穿型垂直晶体管 29-5b。

[0067] 以这样的方式,在固体摄像元件 21 中,在单个像素内能够在与入射在半导体基板 22 上的光的光吸收系数的波长相关性相对应的深度处布置多个(在图 5A 和图 5B 中的示例中是两个)PD 23。此外,对应于各 PD 23 布置有多个贯穿型垂直晶体管 29。

[0068] 在此时,如参照图 3A 至图 3C 所述,至少多个贯穿型垂直晶体管 29 的一部分可以从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出。也就是说,在图 5A 中的固体摄像元件 21-4 中,贯穿型垂直晶体管 29-4a 和 29-4b 的末端部均从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出。另一方面,在图 5B 中的固体摄像元件 21-5 中,仅贯穿型垂直晶体管 29-5b 的末端部从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出。以这样的方式,在固体摄像元件 21 中,能够根据 PD 23 的结构等适当地调节贯穿型垂直晶体管 29 的深度。

[0069] 在图 4A 至图 4C 以及图 5A 至图 5B 中所示的固体摄像元件 21 的变形例中,示出了栅极电极 26 从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出的结构(也即是图 3A 中所示的贯穿型垂直晶体管 29A 的结构),但是本发明不限于此。也就是说,能够将贯穿型垂直晶体管 29B 或贯穿型垂直晶体管 29C 的结构应用于固体摄像元件 21 的各变形例。

[0070] 接着,将参照图 6 说明固体摄像元件 21 的制造工艺。

[0071] 在第一工序中,在例如 p 型(第一导电型)半导体基板 22 中形成用于形成贯穿型垂直晶体管 29 的沟槽。尽管未图示,在半导体基板 22 中形成沟槽的工序之前,形成 PD 23。PD 23 是这样形成的:通过离子注入法在与入射在半导体基板 22 上的光的光吸收系数的波长相关性相对应的深度处交替地反复地层叠 n 型(第二导电型)半导体区域和 p 型(第一导电型)半导体区域。此外,通过第一导电型的半导体基板 22 分隔各像素。

[0072] 在第二工序中,在半导体基板 22 的前表面上和在第一工序中形成的沟槽内侧形成栅极绝缘膜 25。例如,栅极绝缘膜 25 是对硅进行热氧化获得的氧化硅膜、氮氧化硅或高介电绝缘膜。可使用氧化钪、硅酸钪、掺氮铝酸钪、氧化钽、二氧化钛、氧化锆、氧化镧或氧化铈等作为上述高介电绝缘膜。

[0073] 在第三工序中,在上述沟槽内隔着栅极绝缘膜 25 埋入成为栅极电极 26 的材料。这里,使用诸如掺磷非晶硅(Phosphorus Doped Amorphous Silicon, PDAS)等掺杂硅材料、或者诸如铝、钨、钛、钴、钨或钽等金属材料作为形成栅极电极 26 的材料。

[0074] 在第四工序中,形成对应于将形成栅极电极 26 的区域的抗蚀剂掩模(未图示),并且通过使用抗蚀剂作为掩模的各向异性蚀刻对栅极电极 26 进行处理。然后,为了消除栅极电极 26 与半导体基板 22 之间的界面态,在氯气气氛中进行退火处理。

[0075] 在第五工序中,在半导体基板 22 的前表面上堆积氧化膜或氮化膜等,然后进行各向异性蚀刻,从而形成侧壁 30。在侧壁 30 形成之后,以类似于典型的固体摄像元件的方式,在半导体基板 22 的前表面侧上形成多个配线层(未图示),所述多层配线层之间形成有层间绝缘膜。此外,在半导体基板 22 的前表面侧的顶层上接合支撑着半导体基板 22 的半导体基板(未图示)。

[0076] 在第六工序中,例如,通过研磨半导体基板 22 的后表面侧进行薄膜工艺,从而获得需要的膜厚度,使得栅极电极 26 的后表面侧的末端部露出半导体基板 22 的后表面侧的表面。例如,半导体基板 22 的厚度优选为大约 $0.1\mu\text{m}$ 至大约 $100\mu\text{m}$,更加优选为大约 $1\mu\text{m}$ 至大约 $10\mu\text{m}$ 。

[0077] 在第七工序中,通过使用对半导体基板 22 和栅极电极 26 进行回蚀刻的溶液使半导体基板 22 的后表面侧的表面和栅极电极 26 的后表面侧的末端面后退,上述溶液例如是 SC1 溶液(氢氧化铵和过氧化氢的水溶液)。以这样的方式,由于去除了半导体基板 22 的后表面侧的表面和栅极电极 26 的后表面侧的末端面,栅极绝缘膜 25 突了出来。这里,栅极绝缘膜 25 例如突出大约 0.1nm 至大约 300nm 。也可以通过化学机械研磨(Chemical Mechanical Polishing, CMP)进行使栅极绝缘膜 25 突出的处理。

[0078] 在第八工序中,在半导体基板 22 的后表面侧上堆积防反射膜 27。此外,在形成防反射膜 27 之后,堆积氧化物膜 28(图 3A 至图 3C)。防反射膜 27 是诸如铝、钽、钎、钛或钨的氧化物绝缘膜。可以使用具有不同的负固定电荷的绝缘膜作为防反射膜 27。可以使用氧化钎、氧化钽、氧化铝、氧化钨或氧化钛作为上述具有不同的负固定电荷的绝缘膜。例如可以通过原子层沉积(Atomic Layer Deposition, ALD)形成防反射膜 27,然后通过高密度等离子体(High Density Plasma, HDP)增大膜厚度。

[0079] 此外,在第八工序之后,在没有光入射的半导体基板 22 的内部上的区域上堆积遮光膜(未图示)。上述遮光膜是由钨、钛或铝等形成的。此外,依次形成平坦化膜、滤色器和片上微透镜(未图示)。

[0080] 根据上述制造工序,能够形成如图 3C 中所示的具有栅极绝缘膜 25C 从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出的结构的贯穿型垂直晶体管 29C。

[0081] 接着,将参照图 7 说明固体摄像元件 21 的另一制造工艺。本制造方法与参照图 6 说明的制造方法的不同之处在于,使用绝缘体上硅(Silicon On Insulator, SOI)基板作为半导体基板 22。

[0082] 在第一工序中,在例如 p 型(第一导电型)半导体基板 22 中形成用于形成贯穿型垂直晶体管 29 的沟槽。在此时,加工上述沟槽从而到达 SOI 基板的 BOX 层 31。当去除形成于半导体基板 22 的前表面上的掩模从而形成上述沟槽时,存在于上述沟槽的末端侧的那部分 BOX 层 31 后退。因此,如图 7 中所示,在沟槽的末端侧的那部分 BOX 层 31 中形成了空间。

[0083] 尽管未图示,在半导体基板 22 中形成沟槽的工序之前,形成 PD 23。PD 23 是这样形成的:通过离子注入法在与入射在半导体基板 22 上的光的光吸收系数的波长相关性相对应的深度处交替地反复地层叠 n 型(第二导电型)半导体区域和 p 型(第一导电型)半导体区域。此外,通过第一导电型的半导体基板 22 分隔各像素。

[0084] 然后,进行第二工序至第五工序。上述第二工序至第五工序与参照图 6 说明的第

二工序至第五工序是相同的,并且将省略对它们的说明。

[0085] 此外,在第六工序中,对半导体基板 22 进行薄膜工艺。该薄膜工艺是这样进行的:通过研磨以半导体层 22 的 BOX 层 31 为基准去除后表面侧(图 7 中的下侧)的半导体基板,随后通过湿式蚀刻或干式蚀刻去除 BOX 层 31。可以使用化学机械研磨(Chemical Mechanical Polishing, CMP)来去除 BOX 层 31,或者可以使用这些加工方法的组合。

[0086] 此后,进行第七工序和第八工序。上述的第七工序和第八工序与参照图 6 说明的第七工序和第八工序是相同的,并且将省略对它们的说明。

[0087] 通过上述工序制造了具有贯穿型垂直晶体管 29 的固体摄像元件 21。此外,在贯穿型垂直晶体管 29 的末端部,在半导体基板 22 的后表面侧的表面与栅极电极 26 的后表面侧的末端面形成有台阶差。也就是说,在图 3A 中的固体摄像元件 21A 的结构中,栅极绝缘膜 25A 和栅极电极 26A 从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出,从而形成台阶差。此外,在图 3B 中的固体摄像元件 21B 的结构中,栅极绝缘膜 25B 形成为直到半导体基板 22 的后表面侧的表面,并且栅极电极 26B 形成为从半导体基板 22 的后表面侧的表面凹入,从而形成台阶差。此外,在图 3C 中的固体摄像元件 21C 的结构中,栅极电极 26C 形成为直到半导体基板 22 的后表面侧的表面,并且栅极绝缘膜 25C 形成为从半导体基板 22 的后表面侧的表面突出,从而形成台阶差。

[0088] 由于以这样的方式形成了台阶差,所以在半导体基板 22 与栅极电极 26 之间的电场强的区域与诸如防反射膜 27 或氧化膜 28 等在后表面工艺中形成的膜之间形成了根据上述台阶差的间隔。此外,在制造工艺中,防止了防反射膜 27 等被夹在半导体基板 22 与栅极电极 26 之间。因此,在固体摄像元件 21 中,能够抑制栅极漏电流的产生。

[0089] 此外,采用具有这样的结构的贯穿型垂直晶体管 29 的固体摄像元件 21 不会产生由于栅极漏电流而生成的白点或暗电流,能够获得稳定的像素特性。此外,增大了对加工差异的裕度,并且像素特性不会产生差异。因此,在固体摄像元件 21 中能够获得优良的图像。

[0090] 图 8 示出了第六变形例的固体摄像元件 21-6。

[0091] 在固体摄像元件 21-6 中,栅极绝缘膜 25-6 从半导体基板 22 和栅极电极 26-6 的后表面侧的表面突出。此外,在确保固体摄像元件 21-6 内的半导体基板 22 与栅极电极 26-6 之间的绝缘的同时,布置于半导体基板 22 的后表面侧上的金属材料 32 与栅极电极 26-6 彼此相连接。

[0092] 金属材料 32 是电连接至栅极电极 26-6 的配线,并且通过栅极电极 26-6 将电压施加至金属材料 32,或者通过金属材料 32 将电压施加至栅极电极 26-6。例如,在固体摄像元件 21-6 中,在金属材料 32 的后表面侧上可以堆叠不同的材料或不同的结构。具体地,在中间夹有光电转换膜的上部透明电极和下部透明电极布置在金属材料 32 的后表面侧的结构中,通过栅极电极 26-6 和金属材料 32 向上部透明电极施加电压及固定下部透明电极的电压,在光电转换膜上产生的电荷就被传输至基板。

[0093] 此外,金属材料 32 具有遮光膜的功能,该遮光膜对应于 PD 23 形成开口并且在光不照射半导体基板 22 的区域中遮光。此外,金属材料 32 是由铝、钨、钛、钴、钨、钽或各种硅化物材料等形成的。

[0094] 在不需要遮光效果的情况下,可以采用透光导电膜(未图示)来代替金属材料 32 作为电连接至栅极电极 26-6 的配线。该透光导电膜是由铟锡氧化物(Indium-tin-oxide,

ITO)、ZnO、In₂O₃、SnO₂ 或石墨烯 (graphene) 等形成的。

[0095] 图 9 示出了第七变形例的固体摄像元件 21-7 及其部分制造工艺。

[0096] 固体摄像元件 21-7 是通过在图 7 的制造工艺中说明的 SOI 基板制造的。如参照图 7 所述,进行第一工序至第五工序,如图 9 的左侧所示,在半导体基板 22 中形成的沟槽中埋入栅极电极 26-7。在此时,如上所述,在沟槽的末端侧的那部分 BOX 层 31 中形成了空间,并且栅极电极 26-7 的末端部 26-7A 填充在上述空间中。

[0097] 当从这样的状态进行薄膜处理时,去除 BOX 层 31 使得在栅极电极 26-7 的后表面侧的末端处形成的末端部 26-7A 未被去除并残留下来。此外,在此时,去除 BOX 层 31 使得在栅极绝缘膜 25-7 的后表面侧的末端还形成有凸缘部 25-7A。

[0098] 此外,在半导体基板 22 的后表面侧上形成防反射膜 27-7,并且形成氧化物膜 28-7。此后,穿过防反射膜 27-7 和氧化物膜 28-7 形成直到栅极电极 26-7 的通孔,并且在该通孔中布置金属材料 32 以与栅极电极 26-7 的末端部 26-7A 相连接。

[0099] 以这样的方式,通过使用在栅极电极 26-7 上形成的末端部 26-7A,当从后表面侧看去,末端部 26-7A 的面积比栅极电极 26-7 的面积宽。因此,当连接金属材料 32 时能够容易地进行配线作业。

[0100] 此外,可以将上述固体摄像元件 21 应用于诸如摄像系统、包含摄像功能的手机或包含摄像功能的不同的装置等各种电子装置中,上述摄像系统诸如是数码相机或数码摄像机。

[0101] 图 10 是图示了安装在电子装置上的摄像装置的结构示例的框图。

[0102] 如图 10 中所示,摄像装置 101 包括光学系统 102、快门装置 103、摄像元件 104、驱动电路 105、信号处理电路 106、监视器 107 和存储器 108,摄像装置 101 能够拍摄静止图像和动态图像。

[0103] 光学系统 102 包括一个或多个透镜,并且将来自拍摄对象的图像光(入射光)引导至摄像元件 104,在摄像元件 104 的受光面(传感器部)上形成图像。

[0104] 快门装置 103 布置于光学系统 102 与摄像元件 104 之间,并且在驱动电路 105 的控制下对摄像元件 104 的光照射期间和遮光期间进行控制。

[0105] 使用根据上述实施方式或变形例的固体摄像元件 21 中的任一种作为摄像元件 104。根据通过光学系统 102 和快门装置 103 在受光面上形成的图像,信号电荷在摄像元件 104 上累积预定的时间。此外,根据从驱动电路 105 提供的驱动信号(时序信号)来传输在摄像元件 104 上累积的信号电荷。

[0106] 驱动电路 105 输出控制摄像元件 104 的传输操作和快门装置 103 的快门操作的驱动信号以驱动摄像元件 104 和快门装置 103。

[0107] 信号处理电路 106 对从摄像元件 104 输出的信号电荷进行各种信号处理。将通过信号处理电路 106 的信号处理获得的图像(图像数据)提供给监视器 107 进行显示,或者提供给存储器 108 进行存储(记录)。

[0108] 在如上所述设置的摄像装置 101 中,可以使用具有上述优良的像素特性的固体摄像元件 21 作为摄像元件 104,从而提高图像质量。

[0109] 在上述实施方式中,采用后表面照射型 CMOS 固体摄像元件作为固体摄像元件 21 的结构示例,但是固体摄像元件 21 的结构也可以采用前表面照射型 CMOS 固体摄像元件或

CCD 固体摄像元件等。

[0110] 此外,本发明实施方式不限于上述实施方式,在不背离本发明精神的范围内能够进行各种变形。

[0111] 本领域技术人员应当理解,依据设计要求和因素,可以在本发明随附的权利要求或其等同物的范围内进行各种修改、组合、次组合以及改变。

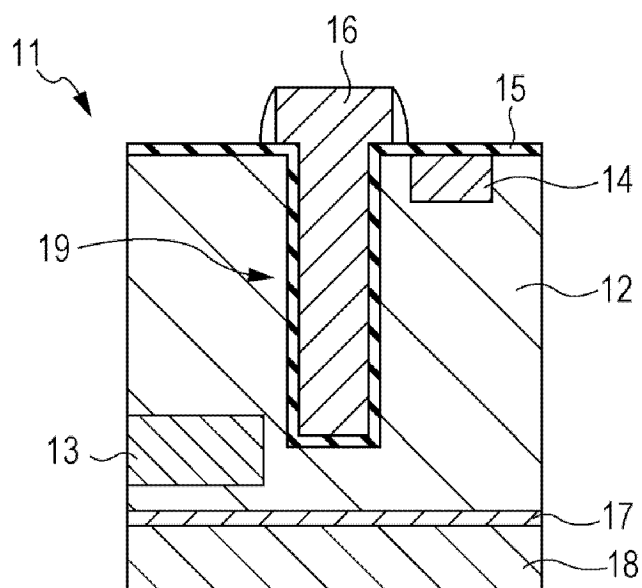


图 1A

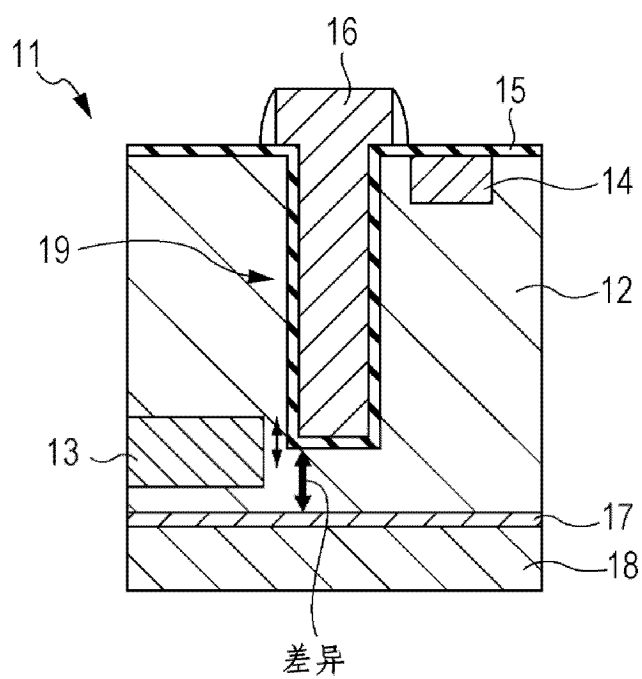


图 1B

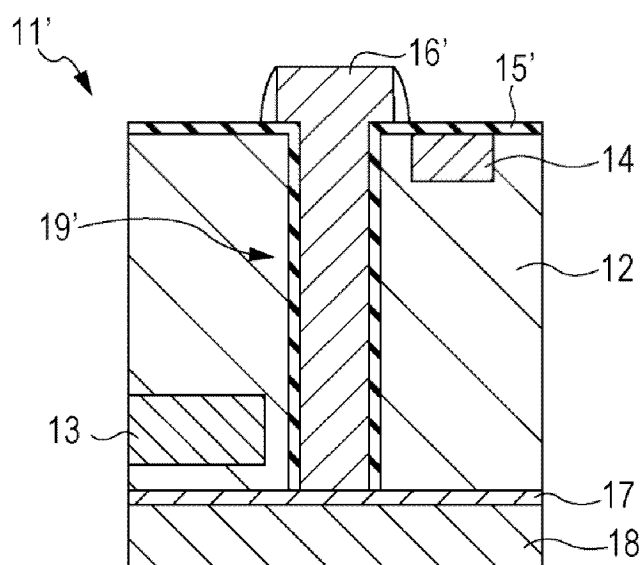


图 2A

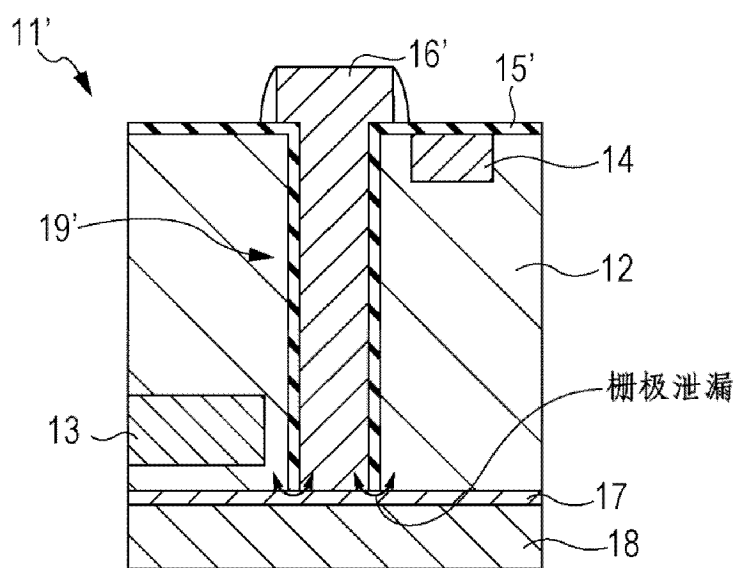


图 2B

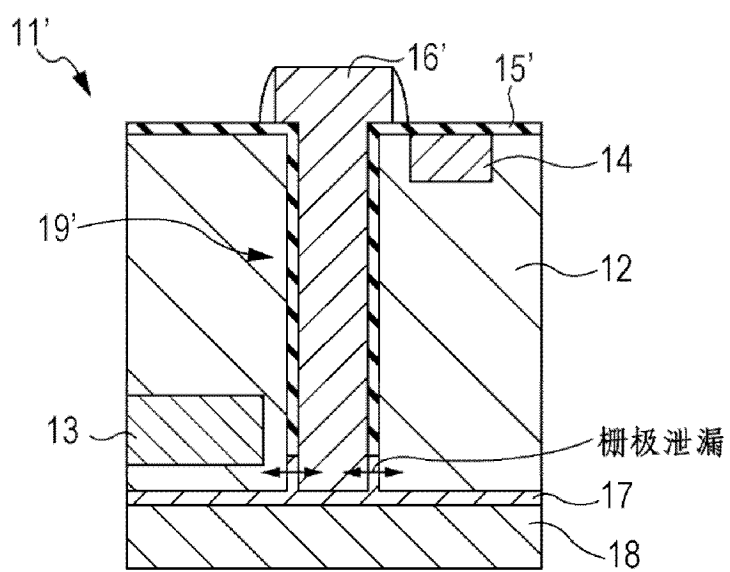


图 2C

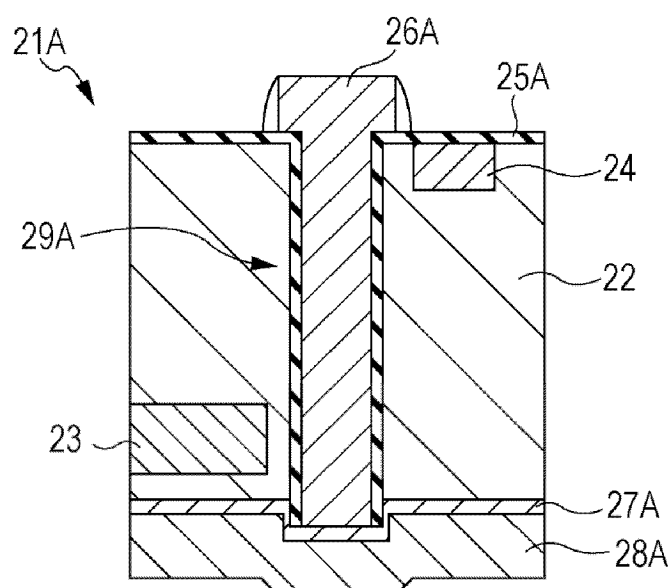


图 3A

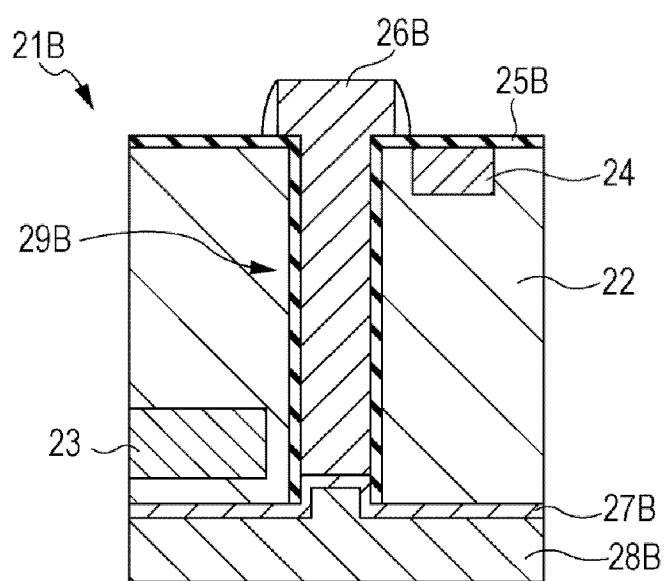


图 3B

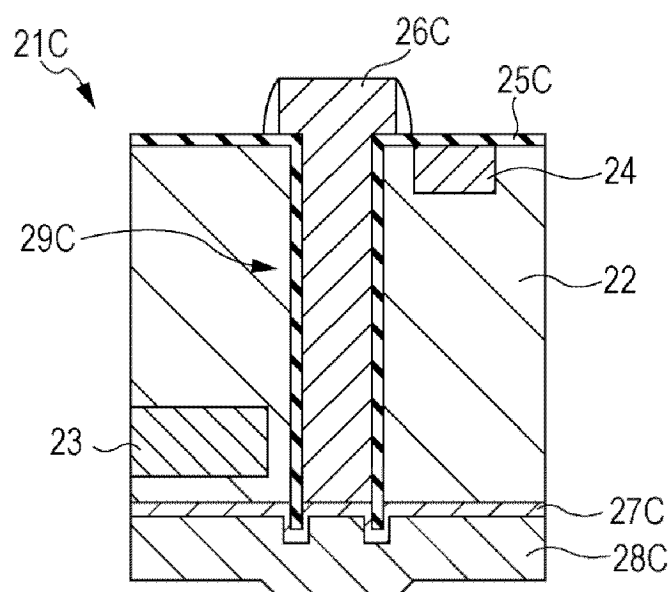


图 3C

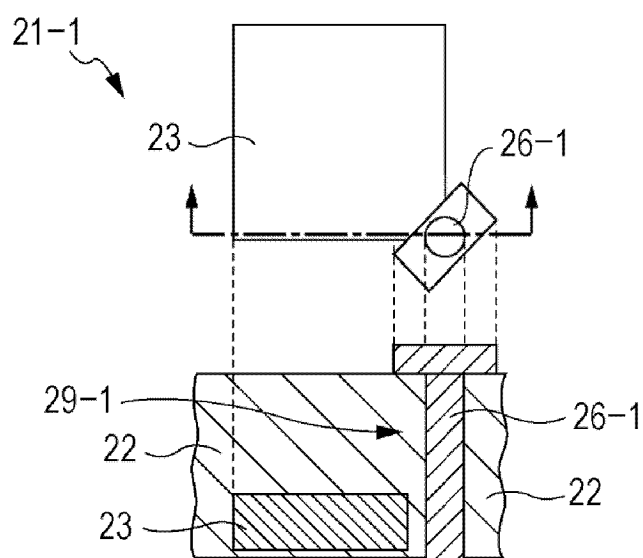


图 4A

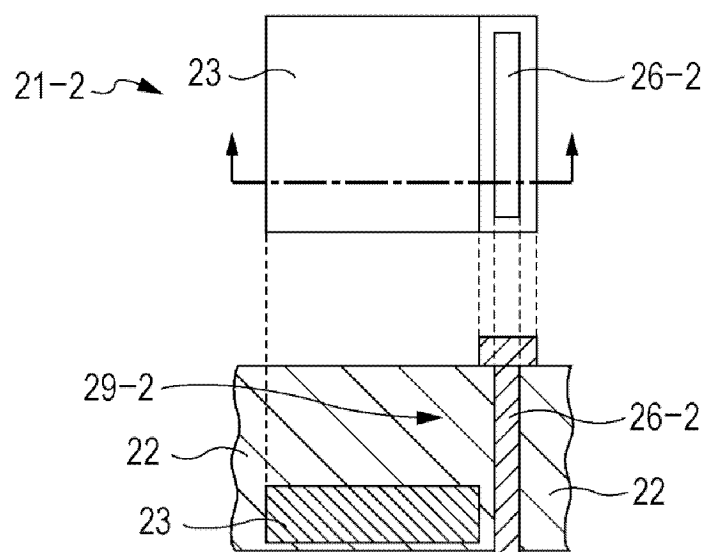


图 4B

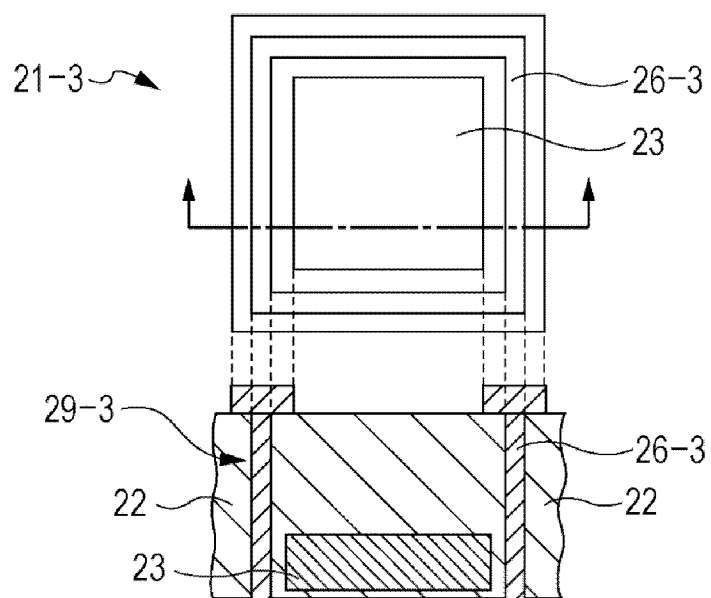


图 4C

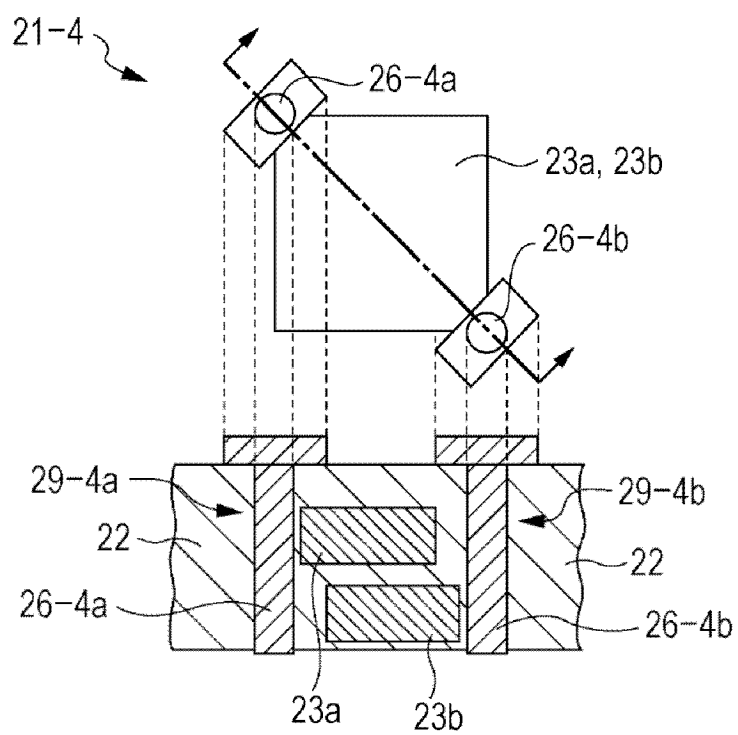


图 5A

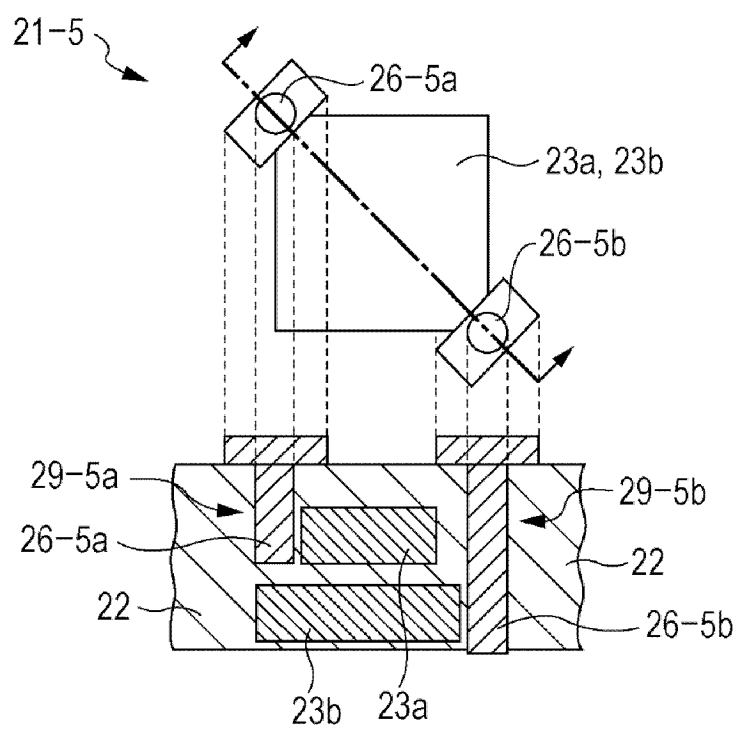


图 5B

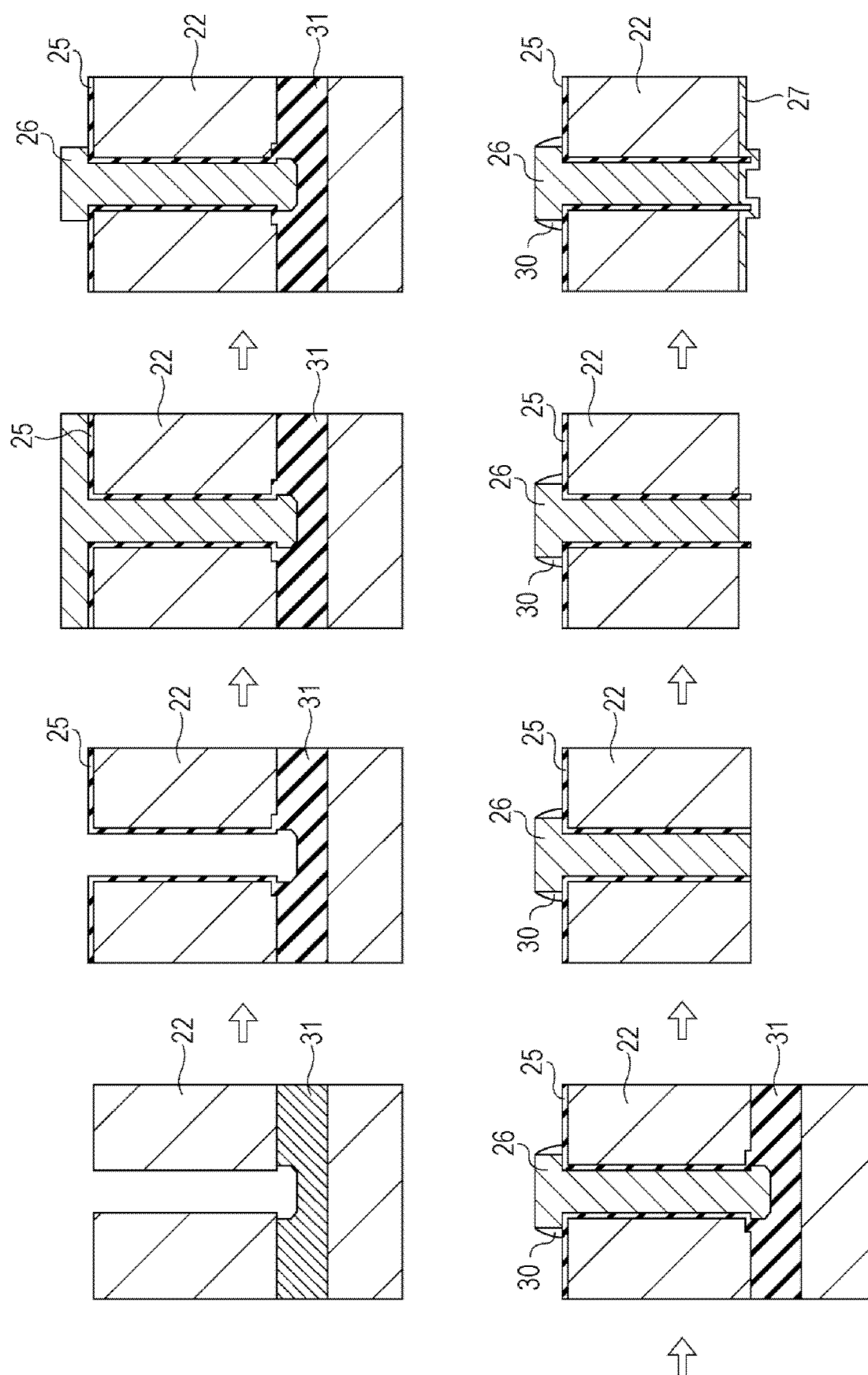


图 7

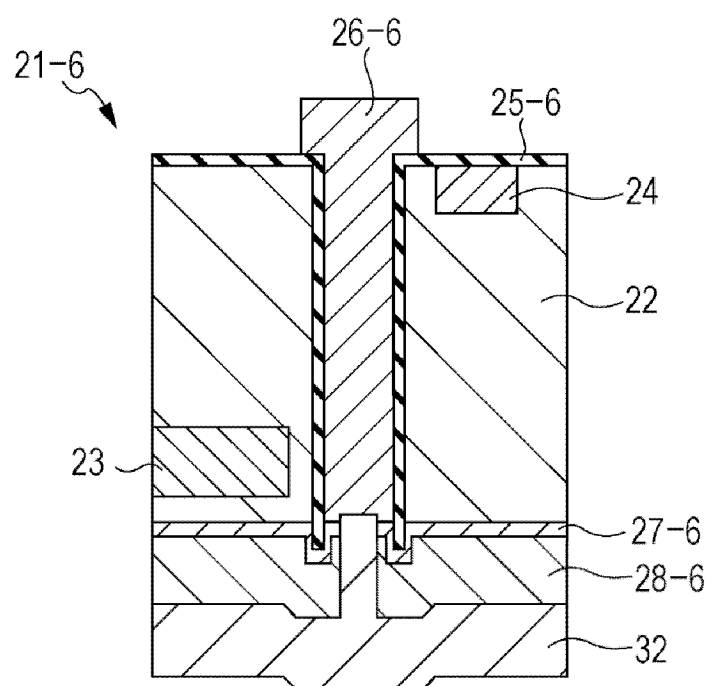


图 8

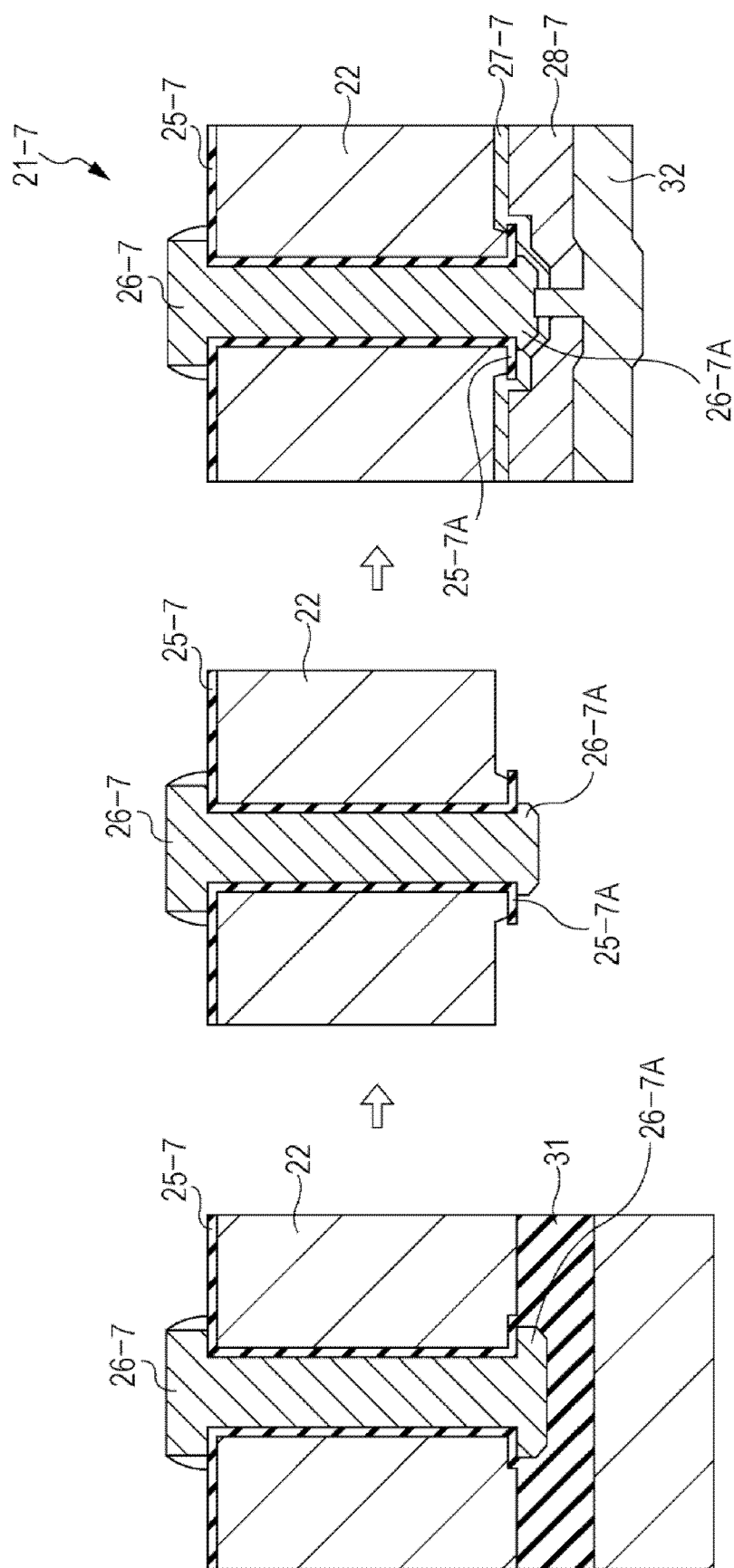


图 9

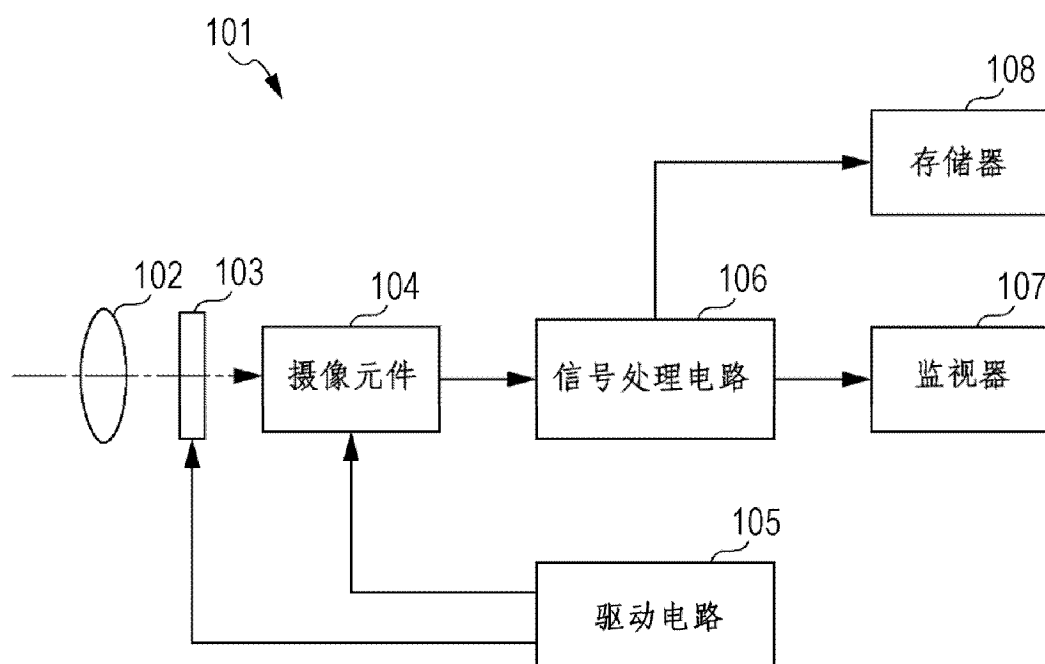


图 10