



(45) 授权公告日 2022.03.04

权利要求书3页 说明书10页 附图11页

[illegible]

1. 一种光电转换设备,其特征在于,所述光电转换设备包括硅基板,
其中所述硅基板包括被配置为执行光电转换的第一部分和被布置为比第一部分更远离所述硅基板的光接收表面并且包含碳的第二部分,
第二部分中的碳峰值浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]且不大于 1×10^{20} [原子/ cm^3],
第二部分中的氧峰值浓度不小于碳峰值浓度的1/1000且不大于碳峰值浓度的1/10,并且
第一部分布置在其中碳浓度小于氧浓度的区域中。
2. 一种光电转换设备,其特征在于,所述光电转换设备包括硅基板,
其中所述硅基板包括被配置为执行光电转换的第一部分和被布置为比第一部分更远离所述硅基板的光接收表面并且包含碳的第二部分,
第二部分中的碳峰值浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]且不大于 1×10^{20} [原子/ cm^3],
第二部分中的氧峰值浓度不小于碳峰值浓度的1/1000且不大于碳峰值浓度的1/10,并且
第二部分包括碳浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]的第一区域,并且第一区域在垂直于所述光接收表面的方向上的尺寸不大于 $3\mu\text{m}$ 。
3. 一种光电转换设备,其特征在于,所述光电转换设备包括硅基板,
其中所述硅基板包括被配置为执行光电转换的第一部分和被布置为比第一部分更远离所述硅基板的光接收表面并且包含碳的第二部分,
第二部分中的碳峰值浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]且不大于 1×10^{20} [原子/ cm^3],
第二部分中的氧峰值浓度不小于碳峰值浓度的1/1000且不大于碳峰值浓度的1/10,以及
第二部分包括碳浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]且不大于 1×10^{19} [原子/ cm^3]的第三区域,并且第三区域的氧浓度不大于 1×10^{18} [原子/ cm^3]。
4. 一种光电转换设备,其特征在于,所述光电转换设备包括硅基板,
其中所述硅基板包括被配置为执行光电转换的第一部分和被布置为比第一部分更远离所述硅基板的光接收表面并且包含碳的第二部分,
第二部分中的碳峰值浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]且不大于 1×10^{20} [原子/ cm^3],
第二部分中的氧峰值浓度不小于碳峰值浓度的1/1000且不大于碳峰值浓度的1/10,以及
其中,光电转换设备还包括被配置为从包括第一部分的像素读出信号的外围电路部分,
其中所述外围电路部分包括晶体管,所述晶体管包括硅化物区域,以及
其中所述硅化物区域包含镍和钴中的至少一种。
5. 一种光电转换设备,其特征在于,所述光电转换设备包括硅基板,
其中所述硅基板包括被配置为执行光电转换的第一部分和被布置为比第一部分更远离所述硅基板的光接收表面并且包含碳的第二部分,
第二部分中的碳峰值浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]且不大于 1×10^{20} [原子/ cm^3],
第二部分中的氧峰值浓度不小于碳峰值浓度的1/1000且不大于碳峰值浓度的1/10,
第一部分包括n型第一杂质区域以及位于第一杂质区域和第二部分之间的p型第二杂

质区域,并且

在第二杂质区域和第二部分之间设置有n型杂质区域。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的设备,其中第一部分在垂直于所述光接收表面的方向上被布置在第二部分与所述光接收表面之间。

7.根据权利要求2至5中任一项所述的设备,其中第一部分布置在其中碳浓度小于氧浓度的区域中。

8.根据权利要求1至5中任一项所述的设备,其中硅基板指示碳峰值浓度的位置被布置以使得距所述光接收表面的距离落入 $3\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 的范围内。

9.根据权利要求1、3、4和5中任一项所述的设备,其中第二部分包括碳浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]的第一区域,并且第一区域在垂直于所述光接收表面的方向上的尺寸不大于 $3\mu\text{m}$ 。

10.根据权利要求1、3、4和5中任一项所述的设备,其中第二部分包括碳浓度不小于 1×10^{19} [原子/ cm^3]的第二区域,并且第二区域中的氧浓度不大于 3×10^{18} [原子/ cm^3]。

11.根据权利要求1、2、3和5中任一项所述的设备,其中第二部分包括碳浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]且不大于 1×10^{19} [原子/ cm^3]的第三区域,并且第三区域的氧浓度不大于 1×10^{18} [原子/ cm^3]。

12.根据权利要求1、2、3和5中任一项所述的设备,还包括被配置为从包括第一部分的像素读出信号的外围电路部分,

其中所述外围电路部分包括晶体管,所述晶体管包括硅化物区域,以及

其中所述硅化物区域包含镍和钴中的至少一种。

13.根据权利要求1至5中任一项所述的设备,其中,所述硅基板设置有由具有STI结构的绝缘体形成的元件隔离部分。

14.根据权利要求1至4中任一项所述的设备,其中第一部分包括n型第一杂质区域以及位于第一杂质区域和第二部分之间的p型第二杂质区域,并且

在第二杂质区域和第二部分之间设置有n型杂质区域。

15.一种制造半导体基板的方法,其特征在于,所述方法包括:

制备包括氧浓度不小于 2×10^{16} [原子/ cm^3]且不大于 8×10^{17} [原子/ cm^3]的含氧部分以及氧浓度不大于 3×10^{18} [原子/ cm^3]的含碳部分的硅板;以及

在所述硅板上形成硅层,使得含碳部分布置在含氧部分和硅层之间,

其中半导体基板包含硅板的硅和硅层的硅,

其中半导体基板中的碳峰值浓度为 1×10^{18} [原子/ cm^3]至 1×10^{20} [原子/ cm^3],以及

其中半导体基板中的氧峰值浓度为碳峰值浓度的1/1000至1/10。

16.根据权利要求15所述的方法,其中制备所述硅板包括在氧浓度不小于 2×10^{16} [原子/ cm^3]至不大于 8×10^{17} [原子/ cm^3]的硅晶片注入碳,和

其中,硅板包含硅晶片的硅。

17.根据权利要求16所述的方法,其中通过以落入10KeV至200KeV的范围内的加速能量加速和注入碳离子来执行注入碳。

18.根据权利要求16所述的方法,其中执行注入碳,以使得碳的剂量落入 1×10^{14} [原子/ cm^2]至 5×10^{15} [原子/ cm^2]的范围内。

19. 根据权利要求16所述的方法, 其中在注入碳时, 使用具有开口的掩模, 并且经由所述开口注入碳。

20. 根据权利要求15所述的方法, 其中制备所述硅板包括通过MCZ法形成单晶硅锭, 以及通过对所述单晶硅锭进行切片来形成硅晶片, 以及

其中, 硅板包含硅晶片的硅。

21. 一种制造光电转换设备的方法, 其特征在于, 所述方法包括:

制备硅基板, 该硅基板包括第一半导体区域和布置在第一半导体区域上的第二半导体区域; 以及

在第二半导体区域中形成光电转换器,

其中第一半导体区域中的碳峰值浓度为 1×10^{18} [原子/ cm^3] 至 1×10^{20} [原子/ cm^3], 以及其中第一半导体区域中的氧峰值浓度为碳峰值浓度的1/1000至1/10。

22. 根据权利要求21所述的方法, 其中所述第一半导体区域包括氧浓度不小于 2×10^{16} [原子/ cm^3] 至不大于 8×10^{17} [原子/ cm^3] 的含氧部分。

23. 一种相机, 其特征在于, 包括:

根据权利要求1至5中任一项所述的光电转换设备; 和
处理器, 被配置为处理来自光电转换设备的图像数据。

24. 一种光电转换设备, 其特征在于, 包括:

硅基板, 其中布置有光电转换器; 和

布置在硅基板的表面上的晶体管的栅电极,

其中在硅基板中比光电转换器更远离硅基板的表面的位置处的碳浓度为 1×10^{18} [原子/ cm^3] 至 1×10^{20} [原子/ cm^3], 并且

其中该位置处的氧浓度为该位置处的碳浓度的1/1000至1/10。

25. 根据权利要求24所述的设备, 其中该位置处的碳浓度不小于 1×10^{19} [原子/ cm^3]。

26. 根据权利要求24所述的设备, 其中该位置处的碳浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3]。

27. 根据权利要求24所述的设备, 其中所述硅基板包括氧浓度大于 2×10^{16} [原子/ cm^3] 至小于 8×10^{17} [原子/ cm^3] 的区域, 并且

其中, 该区域被布置为比该位置更远离硅基板的表面。

28. 根据权利要求24所述的设备, 其中所述硅基板包括氧浓度不小于 2×10^{16} [原子/ cm^3] 至不大于 2×10^{17} [原子/ cm^3] 的区域, 并且

其中, 该区域被布置为比该位置更远离硅基板的表面。

29. 根据权利要求27所述的设备, 其中该区域的氧浓度大于该区域的碳浓度。

30. 根据权利要求24所述的设备, 其中晶体管包括硅化物区域, 该硅化物区域包含镍、钴、钛、钼和钨中的至少一种。

31. 根据权利要求1至5中任一项所述的设备, 其中所述硅基板在所述硅基板中的第一深度处指示碳峰值浓度, 并且在所述硅基板中的第二深度处指示氧峰值浓度, 并且

其中第一深度与第二深度大致相同。

32. 一种照相机, 其特征在于, 包括:

根据权利要求24至30中任一项所述的光电转换设备; 和
处理器, 被配置为处理来自光电转换设备的图像数据。

光电转换设备、相机、制造半导体基板的方法以及制造光电转换设备的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光电转换设备、相机、制造半导体基板的方法以及制造光电转换设备的方法。

背景技术

[0002] 如果在固态图像传感器的制造过程中将金属杂质混合到像素部分中,那么造成光电转换元件的暗电流的增加和白缺陷(white defect)的发生。金属杂质混入像素部分不仅可以由制造装置引起,而且可以由用于外围电路部分的硅化物材料的热扩散引起。日本专利公开No.10-41311涉及固态图像感测元件中的吸杂(gettering)技术。日本专利公开No.10-41311描述了通过在硅基板中离子注入碳和氧获得吸杂能力。日本专利公开No.10-41311还描述了期望将氧峰值浓度设定为等于或高于碳峰值浓度,并且使得氧和碳在离子注入后在投影范围中彼此相等,以便通过有效地形成氧和碳的化合物来获得强吸杂能力。

[0003] 但是,如果有意地将氧注入在硅基板中,那么在制造过程期间在退火过程等中扩散到外延层中的氧增加。这可能引起在靠近像素的区域中由于氧的晶体缺陷。特别地,当使用在低温时在硅中扩散速率高的金属(诸如Co或Ni)时,期望抑制靠近像素的外延层中的晶体缺陷,并且在尽可能深的区域中形成的吸杂层中捕获金属。

[0004] 如果硅基板中的氧浓度高,或者如果有意地在硅基板中离子注入氧,那么认为将不是金属被捕获,而是由于通过在硅的晶格位置处布置碳造成的变形(distortion)而大量地对氧进行吸杂。这意味着对金属进行吸杂的效果下降。出于上述原因,不能说常规的吸杂技术作为减少固态图像传感器的白缺陷故障的方法是最佳的。

发明内容

[0005] 本发明提供了在抑制白缺陷的发生方面有利的技术。

[0006] 本发明的第一方面提供了一种包括硅基板的光电转换设备,其中硅基板包括被配置为执行光电转换的第一部分和被布置为比第一部分更远离硅基板的光接收表面并且含碳的第二部分,作为第二部分中的碳峰值浓度的第一峰值浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3] ($[\text{atoms}/\text{cm}^3]$) 且不大于 1×10^{20} [原子/ cm^3],并且作为第二部分中的氧峰值浓度的第二峰值浓度不小于第一峰值浓度的1/1000且不大于第一峰值浓度的1/10。

[0007] 本发明的第二方面提供了一种包括硅基板的光电转换设备,其中硅基板包括被配置为执行光电转换的第一部分和被布置为比第一部分更远离硅基板的光接收表面并且包含除硅以外的第14族元素的第二部分,作为第二部分中的第14族元素的峰值浓度的第一峰值浓度不小于 1×10^{18} [原子/ cm^3] 且不大于 1×10^{20} [原子/ cm^3],并且作为第二部分中的氧峰值浓度的第二峰值浓度不小于第一峰值浓度的1/1000且不大于第一峰值浓度的1/10。

[0008] 本发明的第三方面提供了一种相机,包括:如本发明的第一方面或第二方面所定义的光电转换设备;以及被配置为处理来自光电转换设备的图像数据的处理器。

[0009] 本发明的第四方面提供了一种制造半导体基板的方法,该方法包括:制备氧浓度落入不小于 2×10^{16} [原子/ cm^3]且不大于 8×10^{17} [原子/ cm^3]的范围内的硅板;注入碳到硅板中;以及在硅板上形成硅层,其中通过注入形成的含碳部分中的氧峰值浓度不大于 3×10^{18} [原子/ cm^3]。

[0010] 本发明的第五方面提供了一种制造半导体基板的方法,该方法包括:制备硅基板,该硅基板包括具有氧浓度落在不小于 2×10^{16} [原子/ cm^3]且不大于 8×10^{17} [原子/ cm^3]的范围内的硅板以及在硅板上的硅层;以及在硅基板中注入除硅以外的第14族元素。

[0011] 本发明的第六方面提供了一种制造光电转换设备的方法,该方法包括:制备通过如本发明的第四方面或第五方面所定义的制造半导体基板的方法制造的半导体基板;以及在硅层中形成光电转换器。

[0012] 从下面参考附图对示例性实施例的描述中,本发明的其它特征将变得清楚。

附图说明

[0013] 图1是示意性示出根据本发明的第一实施例的固态图像传感器的部分布置的截面图;

[0014] 图2是用于解释制造根据本发明的第一实施例的固态图像传感器的方法的视图;

[0015] 图3是示出根据本发明的第一实施例的固态图像传感器的示例中的碳(杂质)和氧的浓度的图;

[0016] 图4是示出根据比较例的固态图像传感器中的碳(杂质)和氧的浓度的图;

[0017] 图5是绘出根据示例和比较例的通过测量固态图像传感器中的半导体基板获得的指标(氧峰值浓度/碳峰值浓度)和固态图像传感器中的白缺陷的数量的图;

[0018] 图6A是通过将图5的横坐标重写为0%至120%的范围而获得的图。

[0019] 图6B是绘出日本专利公开No.10-41311中的图3的两个数据的图;

[0020] 图7是示出根据本发明的示例、比较例1和比较例2中的每一个的固态图像传感器中的像素区域(光电转换器PD)的表面附近的钴(Co)的浓度分布的图;

[0021] 图8是示出根据本发明的示例、比较例4、比较例5和比较例6中的每一个的固态图像传感器中的白缺陷的数量的图;

[0022] 图9是示意性地示出根据本发明的第二实施例的固态图像传感器的部分布置的截面图;

[0023] 图10是示出沿着图9中的线A-A'截取的第二导电类型(p型)的杂质的浓度、氧的浓度和杂质(碳)的浓度的图;

[0024] 图11是用于解释根据本发明的第三实施例的固态图像传感器及其制造方法的截面图;

[0025] 图12是用于解释根据本发明的第三实施例的固态图像传感器及其制造方法的截面图;以及

[0026] 图13是示出根据本发明的实施例的相机的布置的框图。

具体实施方式

[0027] 现在将参考附图通过示例性实施例描述本发明。本发明的光电转换设备可以被形

成为例如检测一维或二维图像信息的固态图像传感器、相位差检测设备、光量传感器等。固态图像传感器可以被形成MOS图像传感器、CCD图像传感器或任何其它类型的图像传感器。以下将描述将本发明的光电转换设备应用于MOS图像传感器(固态图像传感器)的示例。但是,这并不意图将本发明限制于MOS图像传感器。

[0028] 图1示出了根据本发明的第一实施例的固态图像传感器100的部分布置。固态图像传感器100具有包括第一半导体区域101和布置在第一半导体区域101上的第二半导体区域102的半导体基板SS(硅基板)。第一半导体区域101包括含杂质部分190。半导体基板SS具有作为相对侧的表面的第一表面S1和第二表面S2。第二半导体区域102的两个表面中的与第一半导体区域101相对的一个表面形成半导体基板SS的第一表面S1。第一半导体区域101的两个表面中的与第二半导体区域102相对的一个表面形成半导体基板SS的第二表面S2。第二半导体区域102从第一半导体区域101延续。即,在第一半导体区域101和第二半导体区域102之间不存在绝缘体区域。

[0029] 在这个示例中,第一半导体区域101和第二半导体区域102都具有第一导电类型。即,在这个示例中,第一半导体区域101和第二半导体区域102具有相同的导电类型。第一半导体区域101和第二半导体区域102可以具有不同的导电类型。如稍后将要描述的,在第二半导体区域102中设置其导电类型或杂质浓度彼此不同的多个杂质区域。

[0030] 要注意的是,在下面的描述中,使得与信号电荷相同类型的电荷形成多数载流子并且使得与信号电荷不同类型的电荷形成少数载流子的半导体区域(杂质区域)的导电类型将被称为第一导电类型。然后,使得与信号电荷不同类型的电荷形成多数载流子并且使得与信号电荷相同类型的电荷形成少数载流子的半导体区域(杂质区域)的导电类型将被称为第二导电类型。例如,如果电子是信号电荷,那么第一导电类型是n型,而第二导电类型是p型。

[0031] 第一半导体区域101中的第一导电类型的杂质的浓度不同于第二半导体区域102中的第一导电类型的杂质的浓度。在一个示例中,第一半导体区域101中的第一导电类型的杂质的浓度高于第二半导体区域102中的第一导电类型的杂质的浓度。在另一个示例中,第一半导体区域101中的第一导电类型的杂质的浓度低于第二半导体区域102中的第一导电类型的杂质的浓度。

[0032] 第一半导体区域101可以由单晶硅晶片(硅板)形成。更具体而言,第一半导体区域101可以由通过对单晶硅锭(ingot)进行切割并且对切片进行抛光而形成的单晶硅晶片来形成。第二半导体区域102由单晶硅制成,并且可以通过在第一半导体区域101上外延生长单晶硅层而形成。通过外延生长形成的单晶硅层被称为外延层。由于晶格可以在第一半导体区域101和第二半导体区域102之间连续,因此可能无法观察到清晰的界面。

[0033] 形成固态图像传感器100的半导体基板SS可以包括作为执行光电转换的第一部分的光电转换器PD和作为第二部分的含杂质部分190,该第二部分被布置为比光电转换器PD更远离半导体基板SS的光接收表面并且包含除硅以外的第14族元素。含杂质部分190(第二部分)包含除硅(Si)以外的第14族元素(杂质)和氧(O)。要注意的是,第14族元素包括碳(C)、硅(Si)、锗(Ge)、锡(Sn)和铅(Pb)。作为除硅以外的第14族元素,原子数小于硅(Si)的碳(C)是优选的。作为含杂质部分190(第二部分)中除硅以外的第14族元素的峰值浓度的第一峰值浓度可以大于或等于 1×10^{18} [原子/cm³]且小于或等于 1×10^{20} [原子/cm³]。作为含杂

质部分190(第二部分)中的氧峰值浓度的第二峰值浓度可以大于或等于第一峰值浓度(峰值浓度为大于或等于 1×10^{18} [原子/cm³]且小于或等于 1×10^{20} [原子/cm³])的1/1000且小于或等于第一峰值浓度的1/10。通过使用上述半导体基板SS制造的固态图像传感器100在减少白斑(white spot)方面是有利的。通过使用上述半导体基板SS制造的固态图像传感器100在减少光电转换器PD中的残像(afterimage)方面也是有利的。

[0034] 光经由第一表面S1进入光电转换器PD。含杂质部分190被布置为与半导体基板SS的光接收表面分离。光接收表面可以被定义为半导体基板SS的第一表面S1的位于光电转换器PD上方的部分。含杂质部分190可以布置成与光电转换器PD隔离。但是,含杂质部分190与光电转换器PD之间的距离可以小于20 μm 。光电转换器PD(第一部分)可以在与光接收表面垂直的方向上布置在含杂质部分190(第二部分)和光接收表面(第一表面S1)之间。可以布置含杂质部分190,以便形成平行于第一表面S1的层。含杂质部分190可以被布置为使得距第一表面S1的深度(距光接收表面的距离)落在3 μm 至20 μm 的范围内。在一个示例中,含杂质部分190包括杂质(除硅以外的第14族元素)的浓度为 1×10^{18} [原子/cm³]或更大的区域(第一区域),并且该区域在与第一表面S1(光接收表面)垂直的方向上的尺寸可以是3 μm 或更小。

[0035] 在这个示例中,含杂质部分190布置在第一半导体区域101中。但是,含杂质部分190可以布置在例如杂质区域102a中。光电转换器PD布置在至少第二半导体区域102中。在这个示例中,光电转换器PD布置在第二半导体区域102中。但是,光电转换器PD可以延伸到第一半导体区域101。光电转换器PD包括能够用作电荷累积区域的第一导电类型的杂质区域104。在第一导电类型的杂质区域104中,信号电荷形成多数载流子。光电转换器PD还可以在杂质区域104和第一半导体区域101之间包括具有与第一导电类型不同的第二导电类型的杂质区域103。光电转换器PD还可以在杂质区域104下方包括从杂质区域104连续布置的第一导电类型的杂质区域102b。第二半导体区域102中的布置在杂质区域103下方的部分是杂质区域102a。布置在第二半导体区域102中的杂质区域103上的部分是杂质区域102b。

[0036] 杂质区域104中第一导电类型的杂质的浓度高于第二半导体区域102(杂质区域102a和102b)中杂质的浓度。杂质区域104、102b和103形成光电转换器PD。在通过光电转换器PD的光电转换生成的负电荷(电子)和正电荷(空穴)中,与第一导电类型的多数载流子相同类型的电荷在杂质区域104中累积。光电转换器PD可以包括具有第二导电类型并且布置在杂质区域104的上侧(即,在杂质区域104和半导体基板SS的表面之间)的杂质区域105。杂质区域105用于将杂质区域104与半导体基板SS的表面隔离。由此形成具有掩埋的光电二极管结构的光电转换器PD。

[0037] 尽管未示出,但是固态图像传感器100包括多个杂质区域104。多个杂质区域104可以通过第二导电类型的杂质区域106和107彼此隔离,杂质区域106和107每个都基于势垒而用作隔离区域。杂质区域103可以布置在多个杂质区域104的阵列下方,以便遍布阵列的整个区域。固态图像传感器100包括多个像素。每个像素包括光电转换器PD,其中光电转换器PD包括杂质区域104。

[0038] 当有效电平的电势被施加到栅极电极114时,在光电转换器PD的杂质区域104中累积的电荷经由在杂质区域102b中形成的沟道被传送到用作浮置扩散区域的第一导电类型的杂质区域112。杂质区域112在半导体基板SS的表面和第二半导体区域102中的杂质区域102b之间形成。栅极电极114布置在半导体基板SS上的栅极绝缘膜116上。杂质区域104和

112、栅极电极114和栅极绝缘膜116具有MOS晶体管结构。用作场缓和 (relaxation) 区域的杂质区域111可以被布置为在杂质区域112的靠近杂质区域104的一侧与杂质区域112相邻。杂质区域111可以具有第一导电类型。

[0039] 固态图像传感器100可以包括多个晶体管Tr, 以向列信号线输出与传送到杂质区域112的电荷对应的信号。多个晶体管Tr布置在半导体基板SS的表面侧。每个晶体管Tr可以包括形成源极和漏极的杂质区域113、栅极电极115和栅极绝缘膜117。在包括多个晶体管Tr和杂质区域104 (光电转换元件) 的元件中, 要被隔离的元件可以由元件隔离部分110隔离。元件隔离部分110可以由具有在半导体基板SS的表面侧形成的STI结构或LOCOS结构的绝缘体形成。但是, 元件隔离部分110也可以通过p-n结隔离来形成。第二导电类型的杂质区域109在元件隔离部分110的周围形成。杂质区域109可以用作在元件隔离部分110与第二半导体区域102之间的界面中生成的暗电流的沟道停止件或屏蔽件。可以在杂质区域109和杂质区域103之间布置具有第二导电类型的杂质区域108。

[0040] 尽管在图1中未示出, 但是固态图像传感器100可以包括像素部分和外围电路部分, 该像素部分包括多个像素, 每个像素包括光电转换器PD, 该外围电路部分被配置为从像素部分的像素读出信号。多个像素可以排列在像素部分中, 以形成多个行和多个列。外围电路部分可以包括例如选择像素部分中的行的行选择电路、从像素部分中的每一列的像素读出信号的信号读出电路、选择像素部分中的列的列选择电路, 等等。外围电路部分可以包括晶体管, 该晶体管包括由作为金属和硅 (用于半导体基板SS的构成材料或用于栅极电极的构成材料) 的化合物的硅化物形成的硅化物区域。形成硅化物的金属可以包含例如镍、钴、钛、钼和钨中的至少一种。

[0041] 可以在半导体基板SS上布置绝缘层118、多个绝缘层123、布线层120和122、接触插塞 (plug) 119、通孔插塞121等。绝缘层118可以用作例如抗反射膜和/或蚀刻停止件。多个绝缘层123可以用作层间介电膜。可以在多个绝缘层123上布置滤色器层124、微透镜125等。

[0042] 下面将参考图2描述制造第一实施例的固态图像传感器100的方法。首先, 在步骤S200中, 通过对晶片进行镜面抛光和清洁来制备作为第一半导体区域101的单晶硅基板, 其中该晶片是从通过MCZ法拉制的单晶硅锭切割得来的。要注意的是, 在制造锭时, 将氧混入硅中。但是, 可以通过调整拉制中的条件 (诸如旋转速度、施加的磁场、气氛等) 来控制锭 (得到的第一半导体区域101) 中的氧浓度。通过这种调整, 锭 (得到的第一半导体区域101) 中的氧浓度被控制为落在 2×10^{16} [原子/ cm^3] 或更多至 8×10^{17} [原子/ cm^3] 的范围内, 例如, 在 5×10^{17} [原子/ cm^3] 处。氧浓度可以通过O1d ASTM从转换系数获得。

[0043] 当使用具有 8×10^{17} [原子/ cm^3] 或更小的氧浓度的第一半导体区域101时, 能够在所制造的固态图像传感器100中将含杂质部分190中捕获的氧的浓度抑制到除硅以外的第14族元素的浓度的1/10或更小。另一方面, 当使用具有 2×10^{16} [原子/ cm^3] 或更小的氧浓度的第一半导体区域101 (单晶硅基板) 时, 机械强度可能降低, 并且在固态图像传感器100的制造过程中的成品率可能减小。要注意的是, 第一半导体区域101 (单晶硅基板) 的尺寸 (直径)、电阻率、导电类型等没有特别限制。

[0044] 然后, 在步骤S210中, 使用离子注入机来在第一半导体区域101 (单晶硅基板) 中加速和注入例如碳离子作为除硅以外的第14族元素 (杂质)。因此, 在第一半导体区域101中形成含杂质部分190。可以通过电离和注入碳的离子注入方法来执行碳注入。含杂质部分190

可以在第一半导体区域101的表面附近形成,或者可以在第一半导体区域101的内部形成。要注意的是,可以采用含有碳的烃分子代替碳作为杂质。离子注入的目的是通过引入与硅属于同一族(第14族)并且与硅的原子半径不同的元素来在硅中产生局部变形。因此,不仅碳,而且锗、锡或铅也可以作为杂质注入在第一半导体区域101(单晶硅基板)中。

[0045] 在离子注入杂质时的加速能量可以落在例如10KeV至200KeV的范围内。离子注入杂质时的注入剂量可以落在例如 1×10^{14} [原子/cm²]至 5×10^{15} [原子/cm²]的范围内。要注意的是,如果剂量太低,那么将稍后描述的吸杂效果降低。另一方面,如果剂量太高,那么可能在具有由离子注入引起的晶体缺陷的第一半导体区域101上形成第二半导体区域102(外延层),从而导致在第二半导体区域102中形成晶体缺陷。可以决定杂质剂量,以使得在所制造的固态图像传感器100中含杂质部分190(吸杂层)中捕获的氧的浓度变为除硅以外的第14族元素(杂质)的浓度的1/10或更小。

[0046] 另一方面,如果杂质剂量为 5×10^{15} [原子/cm²],并且杂质峰值浓度为 10×10^{19} [原子/cm³],那么氧峰值浓度期望地高于 1×10^{17} [原子/cm³]。这是因为,如果氧峰值浓度变成 1×10^{17} [原子/cm³]或更小,那么可能发生由低氧浓度造成的第二半导体区域102中的晶体缺陷或者第一半导体区域101的机械强度下降。因此,期望使含杂质部分190中的氧峰值浓度为含杂质部分190中的杂质峰值浓度的1/1000或更大。

[0047] 在一个示例中,可以采用如下布置:在该布置中在设置光电转换器PD的部分中氧浓度为 2×10^{17} [原子/cm³]或更小,并且在比光电转换器PD深的部分中氧峰值浓度为 2×10^{18} [原子/cm³]或更大。

[0048] 然后,在步骤S220中,通过在其中离子注入第一半导体区域101(单晶硅基板)的杂质(碳)的表面上外延生长来形成第二半导体区域102(外延层)。在一个示例中,第二半导体区域102的厚度为9 μ m。

[0049] 下面,可以在半导体基板SS中形成元件隔离部分110、杂质区域103、108和109、光电转换器PD、杂质区域111、112和113等。也可以在半导体基板SS上形成栅极电极114和115、栅极绝缘膜116和117、绝缘层118和123、布线层120和122、接触插塞119、通孔插塞121、滤色器层124、微透镜125等。

[0050] 在上述制造过程中,半导体基板SS经历退火,以便例如形成氧化膜、激活杂质等。这种退火中的最高温度通常约为900℃至1100℃。在这种退火的过程中,半导体基板SS(第一半导体区域101)中的硅被杂质(诸如碳)所替换,并且可能造成局部变形。作为结果,含杂质部分190用作捕获重金属(诸如钴和镍)的吸杂部分或吸杂层。

[0051] 在一个示例中,在所制造的固态图像传感器100中,含杂质部分190包括杂质浓度为 1×10^{19} [原子/cm³]或更大的区域(第二区域),并且该区域中的氧浓度为 3×10^{18} [原子/cm³]或更小。要注意的是,杂质浓度为 1×10^{19} [原子/cm³]或更大的区域具有由利用杂质取代硅所造成的变形,并且这种变形除了氧之外还可以捕获重金属(诸如钴和镍)。区域中的氧浓度为 3×10^{18} [原子/cm³]或更小的事实意味着该区域具有足够的捕获重金属的能力(即,充足的吸杂能力)。

[0052] 图3示出了根据本发明的示例的固态图像传感器中的碳(杂质)和氧的浓度。图4示出了根据比较例的固态图像传感器中的碳(杂质)和氧的浓度。要注意的是,在示例中,在步骤S200中制备氧浓度为 5×10^{17} [原子/cm³]的第一半导体区域101(单晶硅基板)。另一方面,

在比较例中,在步骤S200中制备氧浓度为 1.3×10^{18} [原子/ cm^3]的第一半导体区域101 (单晶硅基板)。其它条件在示例和比较例中是相同的。在图3和图4中,横坐标指示距半导体基板SS的第一表面S1的深度。通过SIMS分析来执行对碳和氧的浓度的测量。

[0053] 根据图3和图4的结果,在注入碳作为杂质的区域(含杂质部分)中,氧也以高浓度存在。此外,在图3和图4中,碳和氧的分布形状彼此相似。由此估计,硅晶格之间存在的氧聚集在由碳造成的变形中。在图3中示出的示例中,使用与比较例相比氧浓度更低的第一半导体区域101 (单晶硅基板),因此在所制造的固态图像传感器中,在注入碳的区域(含杂质部分)中的氧的量与比较例相比更小。如图3和图4所示,氧浓度分布的峰值(以下将被称为氧浓度峰值)与碳浓度分布的峰值(以下将被称为碳浓度峰值)在深度上几乎匹配。因此,计算通过将氧峰值浓度除以碳峰值浓度得到的值,并使用该得到的值作为充当吸杂层的含杂质部分中的氧浓度的指标。

[0054] 图5是绘出根据示例和比较例的固态图像传感器中的通过测量半导体基板SS获得的指标(氧峰值浓度/碳峰值浓度)和固态图像传感器中的白缺陷的数量的图。纵坐标的白缺陷数量是通过在黑暗环境下操作固态图像传感器一个短时间并且将每个指示特定的高输出值的像素的数量计数为白缺陷的数量而获得的值。如从图5显然的,可以看到,如果氧的浓度是作为杂质的碳的浓度的1/10或更小(10.0%或更小),那么白缺陷的数量与比较例相比较而言减少。

[0055] 日本专利公开No.10-41311中的图3示出,随着氧剂量增加,白缺陷的数量减少。另一方面,本发明人发现,如上所述,通过制造固态图像传感器100使得含杂质部分190中的氧浓度变为含杂质部分190中的杂质浓度的1/10或更小,可以减少白缺陷的数量。这两个可能看起来矛盾,因此将对此进行描述。

[0056] 图6A是通过将图5的横坐标重写成0%至120%的范围而获得的图。图6B是绘出日本专利公开No.10-41311中图3的两个数据的图。一个数据在碳剂量= 5×10^{14} [原子/ cm^2],且氧剂量= 5×10^{14} [原子/ cm^2]时获得。另一个数据在碳剂量= 5×10^{14} [原子/ cm^2],且氧剂量=0 [原子/ cm^2]时获得。要注意的是,假设具有一般氧浓度的基板,当氧剂量=0 [原子/ cm^2]时的氧峰值浓度/碳峰值浓度被设定在20%。在日本专利公开No.10-41311中,关注点不是放在基板中的氧浓度上,而是放在关于基板的氧剂量上。在实践中,一般的单晶硅基板含有大量的氧,而日本专利公开No.10-41311没有考虑到这一点。如从图6A和图6B可以看到的,本发明的示例优于日本专利公开No.10-41311中描述的数据,并且然后本发明指定了在日本专利公开No.10-41311中没有假设的参数。

[0057] 在具有高氧浓度的范围内,不仅在第一半导体区域101中而且在第二半导体区域102 (外延层)中都形成许多氧沉析 (precipitation) 缺陷,因此,除了注入杂质的含杂质部分190以外,存在每个都能够捕获金属杂质的很多地方。因此,估计在具有高氧浓度的范围中,白缺陷的数量通过增加氧沉析缺陷而减少。但是,估计通过增加氧沉析缺陷来减少白缺陷的数量的效果是有限的。为了进一步减少白缺陷的数量,氧沉析缺陷相反变成障碍,而通过由含杂质部分190中的杂质形成的变形来捕获金属被认为更有效。即,为了进一步减少白缺陷的数量,控制氧浓度使得在完成的固态图像传感器100中的含杂质部分190中的氧浓度变成含杂质部分190中的杂质浓度的1/10或更小被认为是有效的。如果氧被由含杂质部分190中的杂质形成的变形捕获,那么变形捕获重金属的能力可能减小。

[0058] 图7示出了根据本发明的示例、比较例1和比较例2中的每一个的固态图像传感器中的像素区域(光电转换器PD)的表面附近的钴(Co)的浓度分布。在图7中,横坐标指示距第一表面S1的深度,而纵坐标指示钴浓度。示例是其中获得氧峰值浓度/碳峰值浓度=4%的示例,比较例1是其中不执行碳注入的示例,而比较例2是其中获得氧峰值浓度/碳峰值浓度=37%的示例。示例、比较例1和比较例2是通过从步骤S220起在相同的条件下制造具有相同结构的固态图像传感器并评估固态图像传感器而获得的结果。

[0059] 可以看出,通过在第一半导体区域101(单晶硅基板)中注入碳作为杂质,像素区域(光电转换器PD)的表面附近的钴浓度下降。这指示在半导体基板SS的深部分中设置的含杂质部分190对像素区域(光电转换器PD)的表面附近的钴进行吸杂。确认了通过如示例中那样采用具有低氧浓度(氧峰值浓度/碳峰值浓度=4%)的半导体基板,比其中如在比较例2中那样采用具有高氧浓度的半导体基板的情况下更有效地执行对钴的吸杂。

[0060] 图8示出了根据本发明的示例、比较例4、比较例5和比较例6中的每一个的固态图像传感器中的白缺陷的数量。在比较例4中,通过使用以下半导体基板SS来制造固态图像传感器,该半导体基板SS通过制备具有超过 3×10^{18} [原子/ cm^3]的氧峰值浓度的第一半导体区域101并且外延生长第二半导体区域102而不注入杂质(碳)来获得。在比较例5中,通过使用以下半导体基板SS来制造固态图像传感器,该半导体基板SS通过制备具有与示例中相同的氧峰值浓度(3×10^{18} [原子/ cm^3]或更小)的第一半导体区域101并且外延生长第二半导体区域102而不注入杂质(碳)来获得。在比较例6中,通过使用以下半导体基板SS来制造固态图像传感器,该半导体基板SS通过制备具有与比较例4中相同的氧峰值浓度的第一半导体区域101并且在注入杂质(碳)后外延生长第二半导体区域102来获得。

[0061] 如果不执行吸杂杂质的注入,那么白缺陷的数量通过减小氧浓度而增加(比较例4和比较例5)。认为这是因为如上所述吸杂效果通过减少氧沉析缺陷而减少。可以看出,如在比较例6中那样,白缺陷的数量通过注入杂质而减少。然后,可以看出,如在示例中那样,除了注入杂质之外,白缺陷的数量还通过减少氧浓度而进一步减少。

[0062] 将描述光电转换器PD中的残像的减少。光电转换器PD中的残像可以由信号电荷被捕获在由氧形成的水平面(level)中之后的某个时间从该水平面发射信号电荷引起。可能由此引起残像的氧可以被收集在半导体基板SS的含杂质部分190中并被固定,使得能够抑制光电转换器PD中的残像。特别地,在含杂质部分190中,可以抑制氧从第一半导体区域101向第二半导体区域102的扩散,从而使得能够减少第二半导体区域102中的氧浓度。从这个观点出发,可以说含杂质部分190中的氧浓度优选地高到它不超过除硅以外的第14族元素的峰值浓度的1/10的程度。

[0063] 图9示出了根据本发明的第二实施例的固态图像传感器100的部分布置。第二实施例中未提及的事项可以符合第一实施例。固态图像传感器100具有包括第一半导体区域101和布置在第一半导体区域101上的第二半导体区域102的半导体基板SS(硅基板)。第一半导体区域101包括含杂质部分190。半导体基板SS具有作为相对侧的表面的第一表面S1和第二表面S2。第二半导体区域102的两个表面中的与第一半导体区域101相对的一个表面形成半导体基板SS的第一表面S1。第一半导体区域101的两个表面中的与第二半导体区域102相对的一个表面形成半导体基板SS的第二表面S2。在第二半导体区域102中设置其导电类型或杂质浓度彼此不同的多个杂质区域。

[0064] 第一半导体区域101由单晶硅制成,并且可以通过对单晶硅锭进行切割并且对切片进行抛光来形成。第二半导体区域102由单晶硅制成,并且可以通过在第一半导体区域101上外延生长单晶硅层而形成。由于晶格可以在第一半导体区域101和第二半导体区域102之间连续,因此可能无法观察到清晰的界面。第二半导体区域102包括第一导电类型的半导体区域102b和第二导电类型的半导体区域102c。

[0065] 含杂质部分190包含除硅(Si)以外的第14族元素(杂质)和氧(O)。要注意的是,第14族元素包括碳(C)、硅(Si)、锗(Ge)、锡(Sn)和铅(Pb)。作为含杂质部分190中除硅以外的第14族元素的峰值浓度的第一峰值浓度可以大于或等于 1×10^{18} [原子/cm³]且小于或等于 1×10^{20} [原子/cm³]。含杂质部分190中的氧峰值浓度可以大于或等于第一峰值浓度的1/1000(第一峰值浓度为大于或等于 1×10^{18} [原子/cm³]且小于或等于 1×10^{20} [原子/cm³])且小于或等于第一峰值浓度的1/10。通过使用上述半导体基板SS制造的固态图像传感器100在减少白斑方面是有利的。

[0066] 光电转换器PD布置在固态图像传感器100的半导体基板SS中。含杂质部分190被布置成与光电转换器PD隔离。光电转换器PD布置在含杂质部分190和第一表面S1之间。可以布置含杂质部分190,以便形成平行于第一表面S1的层。

[0067] 光电转换器PD包括能够用作电荷累积区域的第一导电类型的杂质区域104。在第一导电类型的杂质区域104中,信号电荷形成多数载流子。光电转换器PD还可以在杂质区域104和第一半导体区域101之间包括第二导电类型的杂质区域102c。杂质区域102c可以包括第二导电类型的多个半导体区域201、202、203、204和205。光电转换器PD可以在杂质区域104的下方包括从杂质区域104连续布置的第一导电类型的杂质区域102b。杂质区域104中第一导电类型的杂质的浓度高于杂质区域102b中第一导电类型的杂质的浓度。杂质区域104、102b和102c形成光电转换器PD。

[0068] 在通过光电转换器PD的光电转换生成的负电荷(电子)和正电荷(空穴)中,与第一导电类型的多数载流子具有相同类型的电荷被累积在杂质区域104中。光电转换器PD可以包括具有第二导电类型并且布置在杂质区域104的上侧(即,杂质区域104和半导体基板SS的表面之间)的杂质区域105。杂质区域105用来将杂质区域104与半导体基板SS的表面隔离。由此形成具有掩埋的光电二极管结构的光电转换器PD。

[0069] 图10示出了沿着图9中的线A-A'截取的第二导电类型(这里是p型)的杂质的浓度、氧的浓度以及杂质(碳)的浓度。深度指示距半导体基板SS的第一表面S1的深度。C1指示半导体区域201中第二导电类型的杂质的峰。C3指示半导体区域202中第二导电类型的杂质的峰。C4指示半导体区域203中第二导电类型的杂质的峰。C5指示半导体区域204中第二导电类型的杂质的峰。C2指示半导体区域205中第二导电类型的杂质的峰。碳浓度具有峰的深度和氧浓度指示峰的深度位于含杂质部分190的深度范围内。当至少距第一表面S1的深度落在0至15 μ m的范围内时,半导体基板SS具有 2×10^{17} [原子/cm³]或更小的氧浓度。在图10中示出的示例中,在比第二导电类型的杂质的浓度具有峰C2的深度更深的位置处,氧浓度具有 2×10^{18} [原子/cm³]或更大的峰值。

[0070] 将参考图11和图12来描述根据本发明的第三实施例的固态图像传感器100及其制造方法。在第三实施例中未提及的事项可以符合第一实施例。在第三实施例中,在形成充当第二半导体区域102的外延层之后,通过离子注入来形成含杂质部分190。

[0071] 首先,在步骤S300中,通过对晶片进行镜面抛光和清洁来制备作为第一半导体区域101的单晶硅基板,其中该晶片是从通过MCZ法拉制的单晶硅锭切割得来的。然后,在步骤S310中,通过外延生长在第一半导体区域101上形成第二半导体区域102(外延层)。因此,在第一半导体区域101上形成包括第二半导体区域102的半导体基板SS。然后,在步骤S320中,在第二半导体区域102上形成离子注入掩模M。要注意的是,掩模M可以使用例如由有机材料制成的掩模(诸如光致抗蚀剂掩模)。但是,优选地使用由无机材料(诸如金属、陶瓷或玻璃)制成的掩模,因为它可以承受高的注入能量。尽管掩模M可以接触半导体基板SS,但是它优选地与半导体基板SS分离,尤其是当使用由无机材料制成的掩模时。然后,在步骤S330中,经由掩模M的开口,将杂质(除硅以外的第14族元素,例如,碳或锗)注入在第二半导体区域102中,从而形成含杂质部分190。形成掩模M的开口,使得杂质(除硅以外的第14族元素)被注入到与将要形成光电转换器PD的区域PD'不同的区域中。

[0072] 随后,在步骤S340中,在半导体基板SS中形成元件隔离部分110、杂质区域103、108和109、光电转换器PD、杂质区域111、112和113等。然后,在步骤S350中,在半导体基板SS上形成栅极电极114和115、栅极绝缘膜116和117、绝缘层118和123、布线层120和122、接触插塞119、通孔插塞121、滤色器层124、微透镜125等。

[0073] 含杂质部分190可以布置在与光接收表面(半导体基板SS的第一表面S1的位于光电转换器PD上方的部分)分开的位置处,并且可以布置在例如与光电转换器PD相同的深度。含杂质部分190可以通过在区域PD'下方选择性地注入杂质(除硅以外的第14族元素,例如碳)来形成。

[0074] 图13是用于解释对其应用以上示例中描述的固态图像传感器100的相机的布置的示例的框图。除了固态图像传感器100之外,相机还包括例如信号处理器200、CPU 300(或处理器)、操作单元400和光学系统500。相机还可以包括被配置为向用户显示静止图像或运动图像的显示单元600,以及被配置为存储数据的存储器700。固态图像传感器100基于已经通过光学系统500的光生成由数字信号形成的图像数据。图像数据经历由信号处理器200进行的预定图像处理,并被输出到显示单元600或存储器700。此外,CPU 300可以基于由用户经由操作单元400输入的成像条件来改变每个单元的设定信息或每个单元的控制方法。相机的概念不仅包括主要针对拍摄的装置而且还包括具有辅助拍摄功能的装置(例如,个人计算机或便携式终端)。

[0075] 虽然已经参照示例性实施例描述了本发明,但是应当理解的是,本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应当给予最宽泛的解释,以便包含所有这样的修改以及等同的结构和功能。

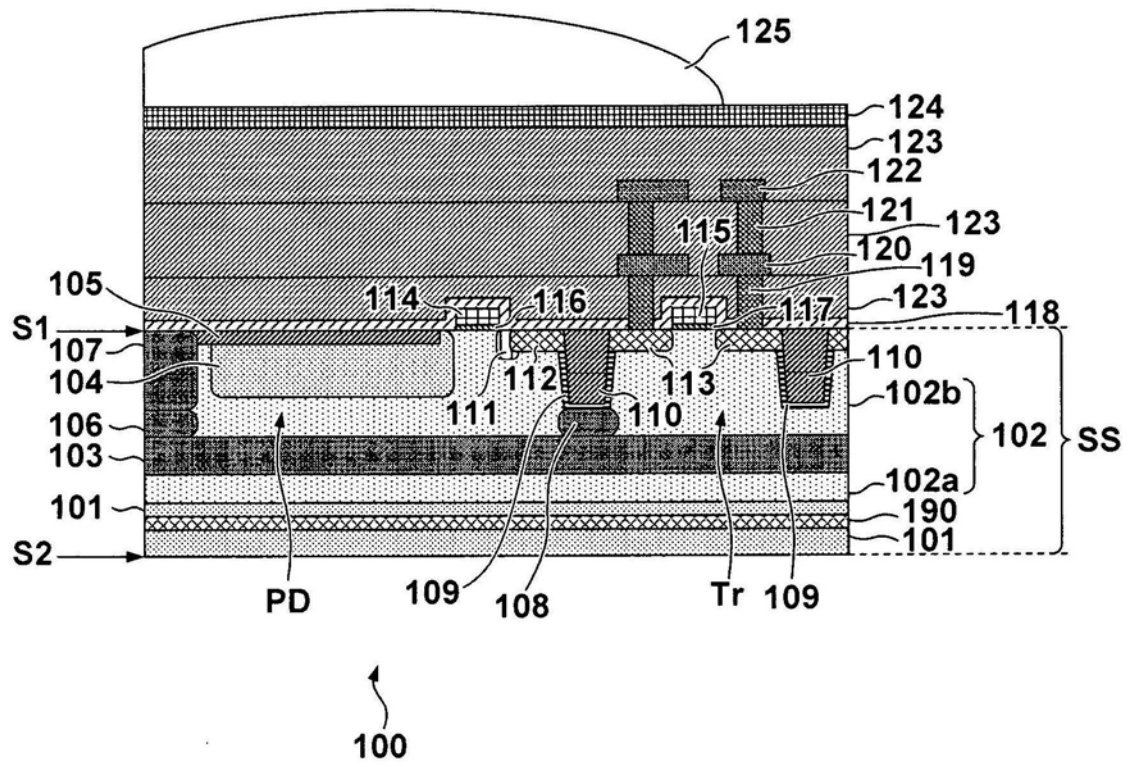


图1

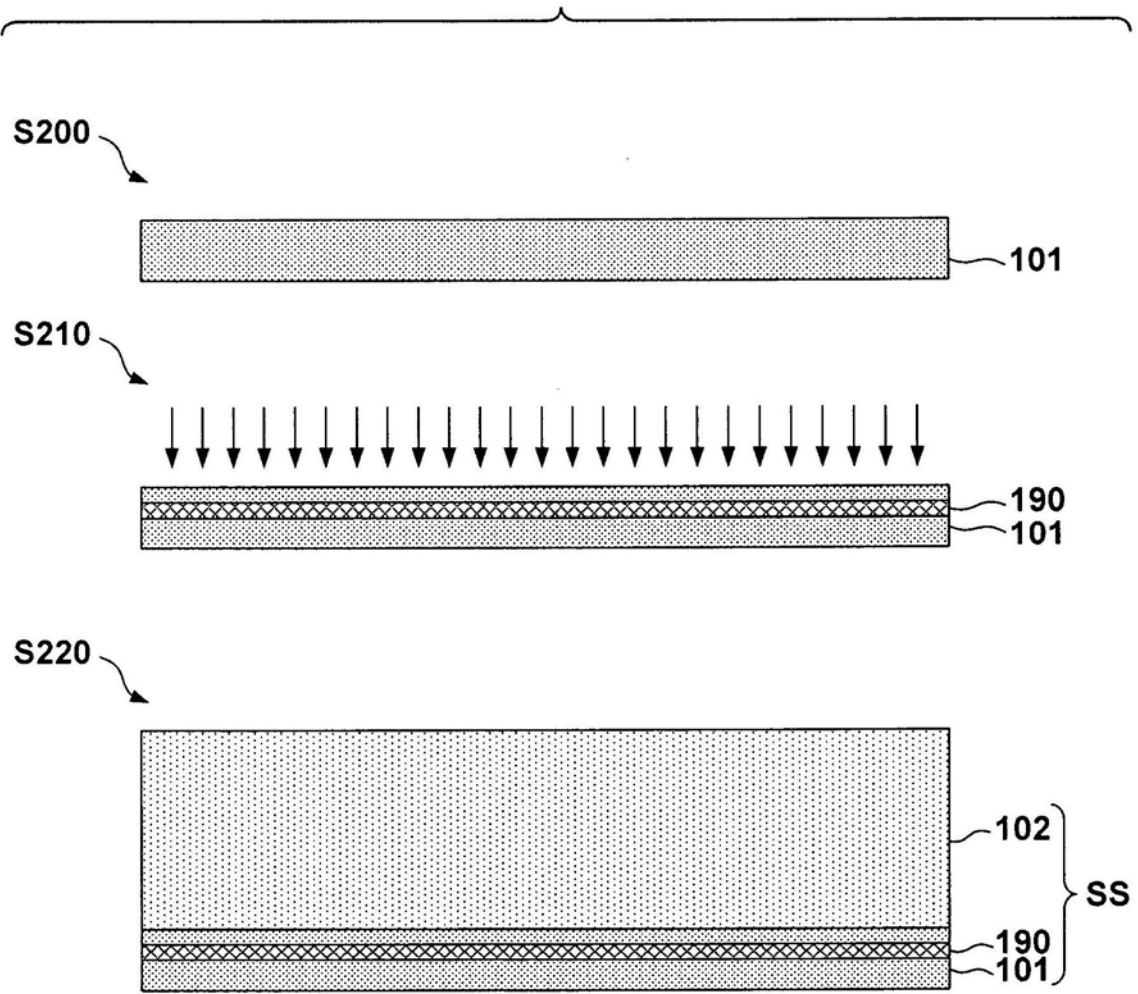


图2

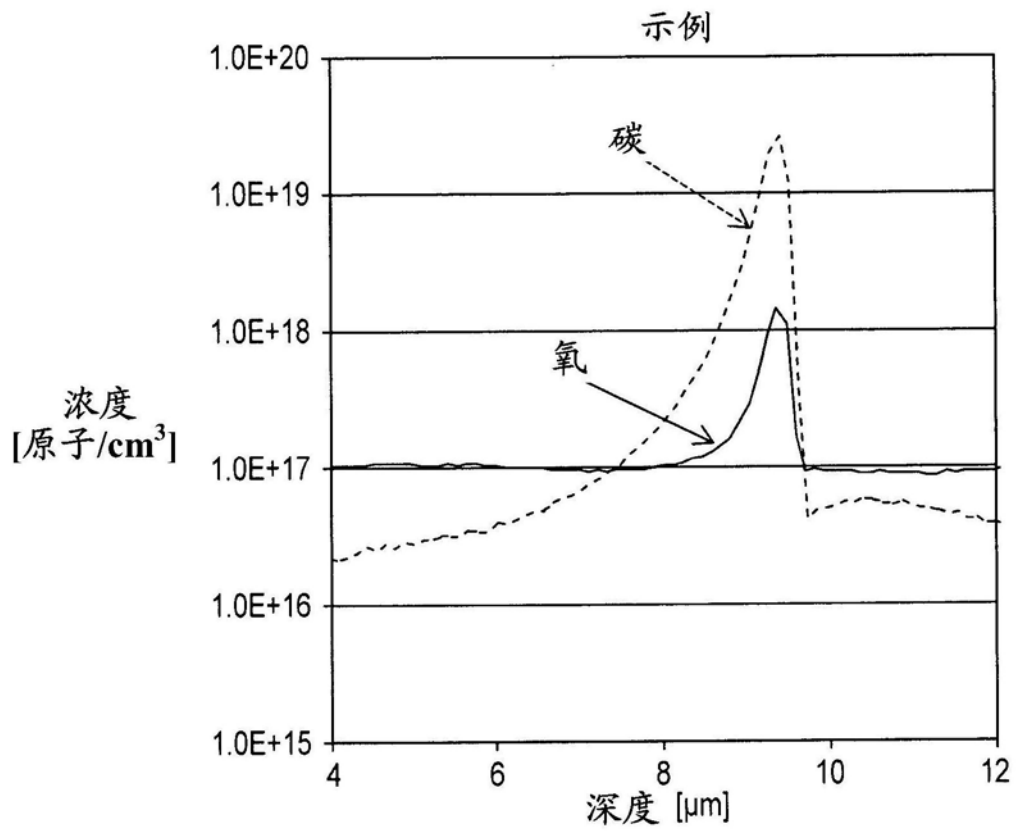


图3

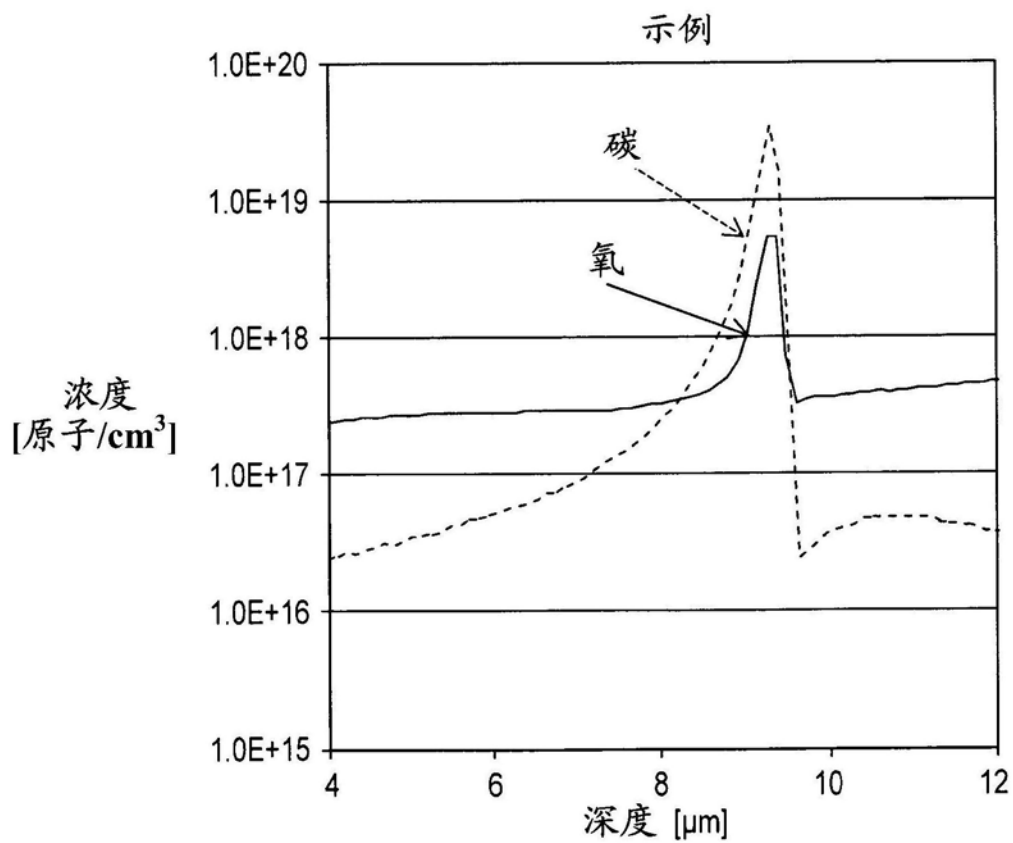


图4

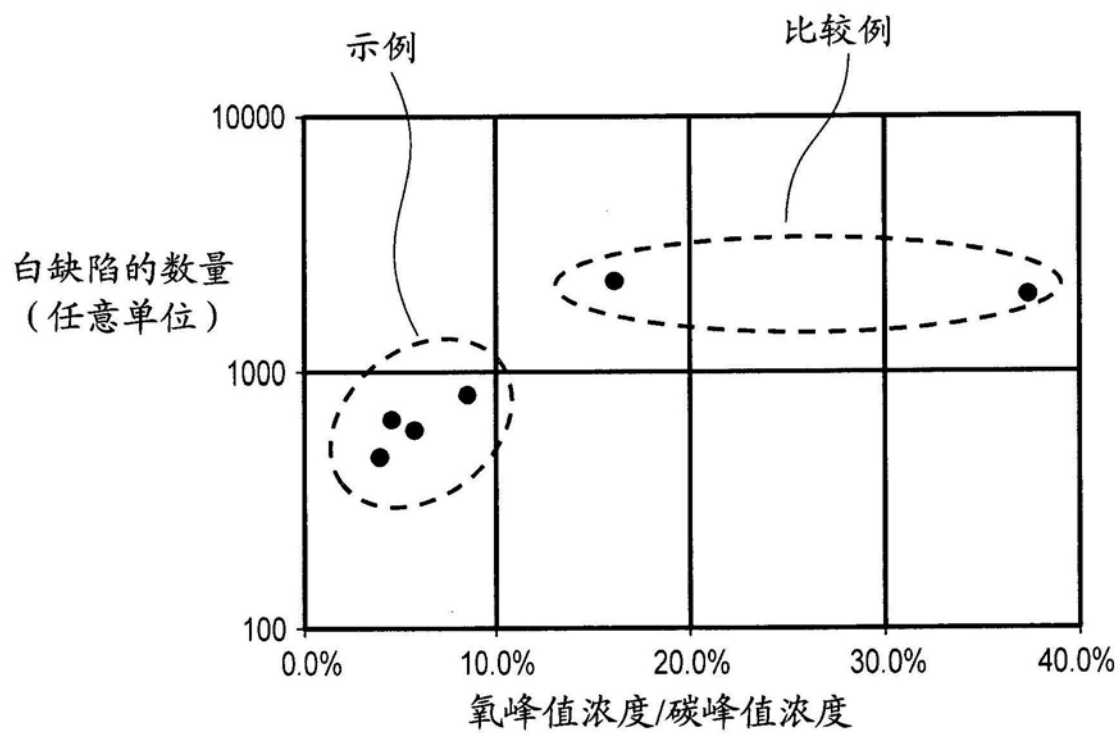


图5

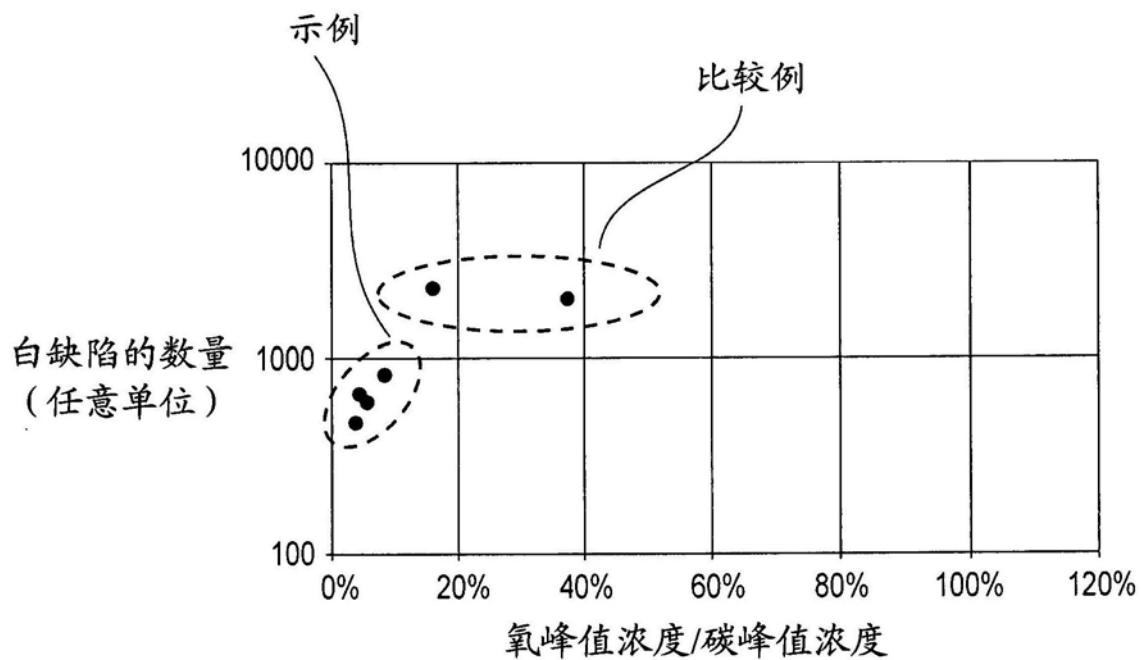


图6A

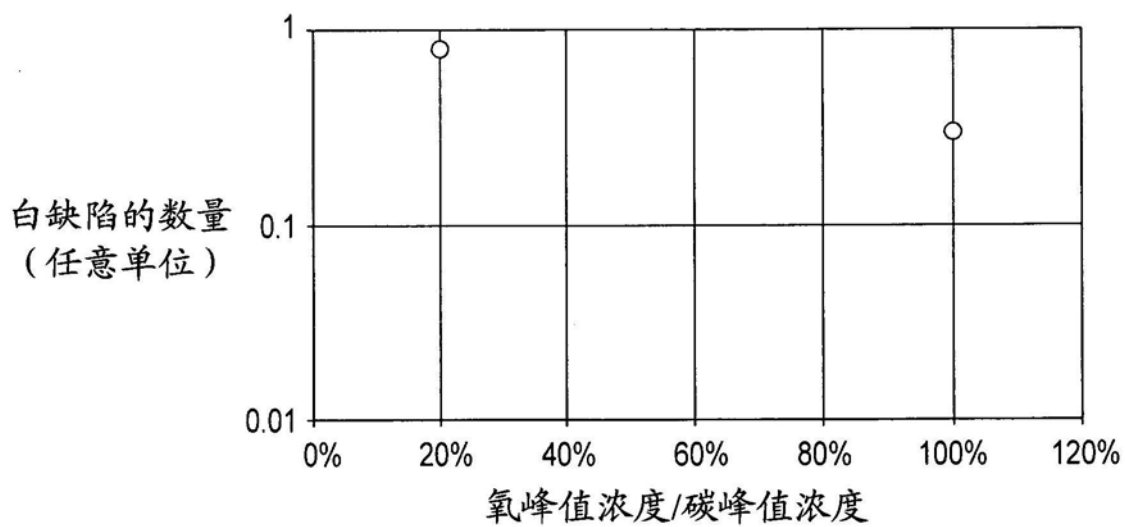


图6B

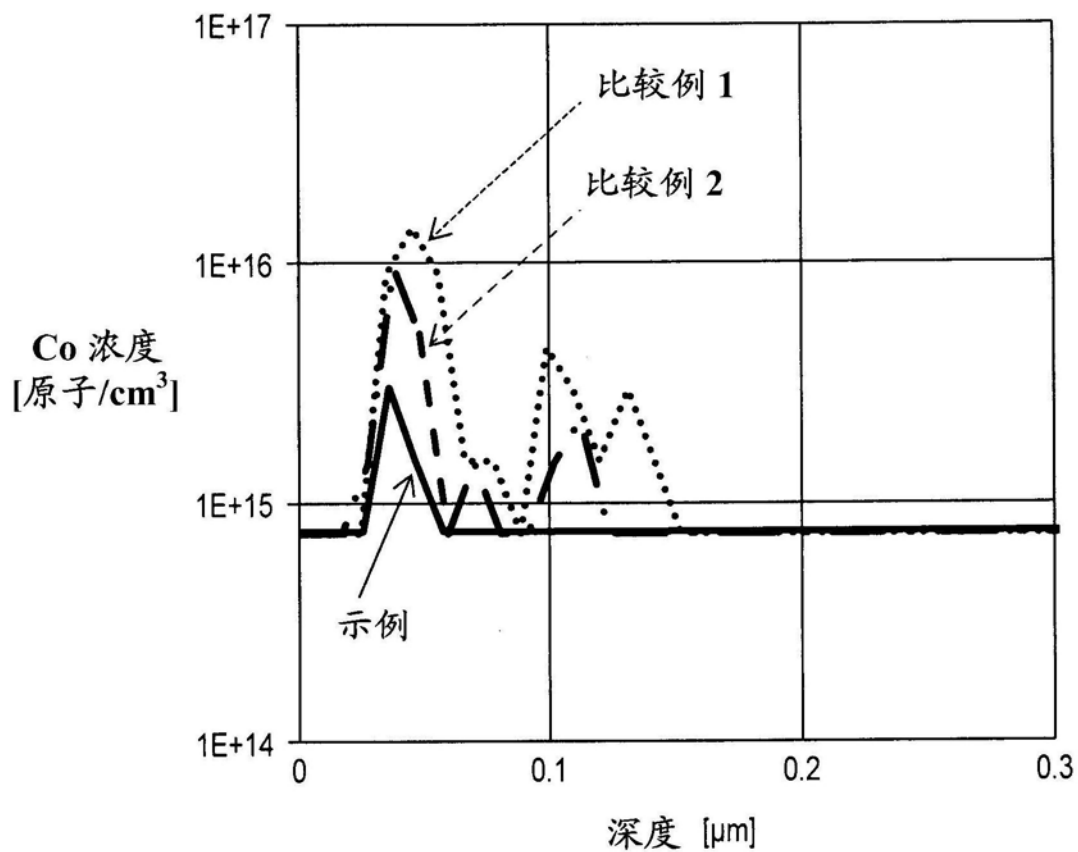


图7

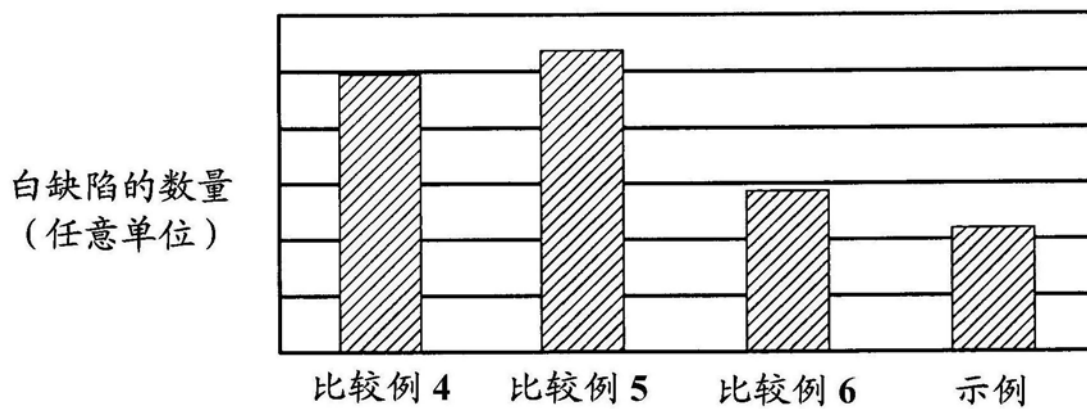


图8

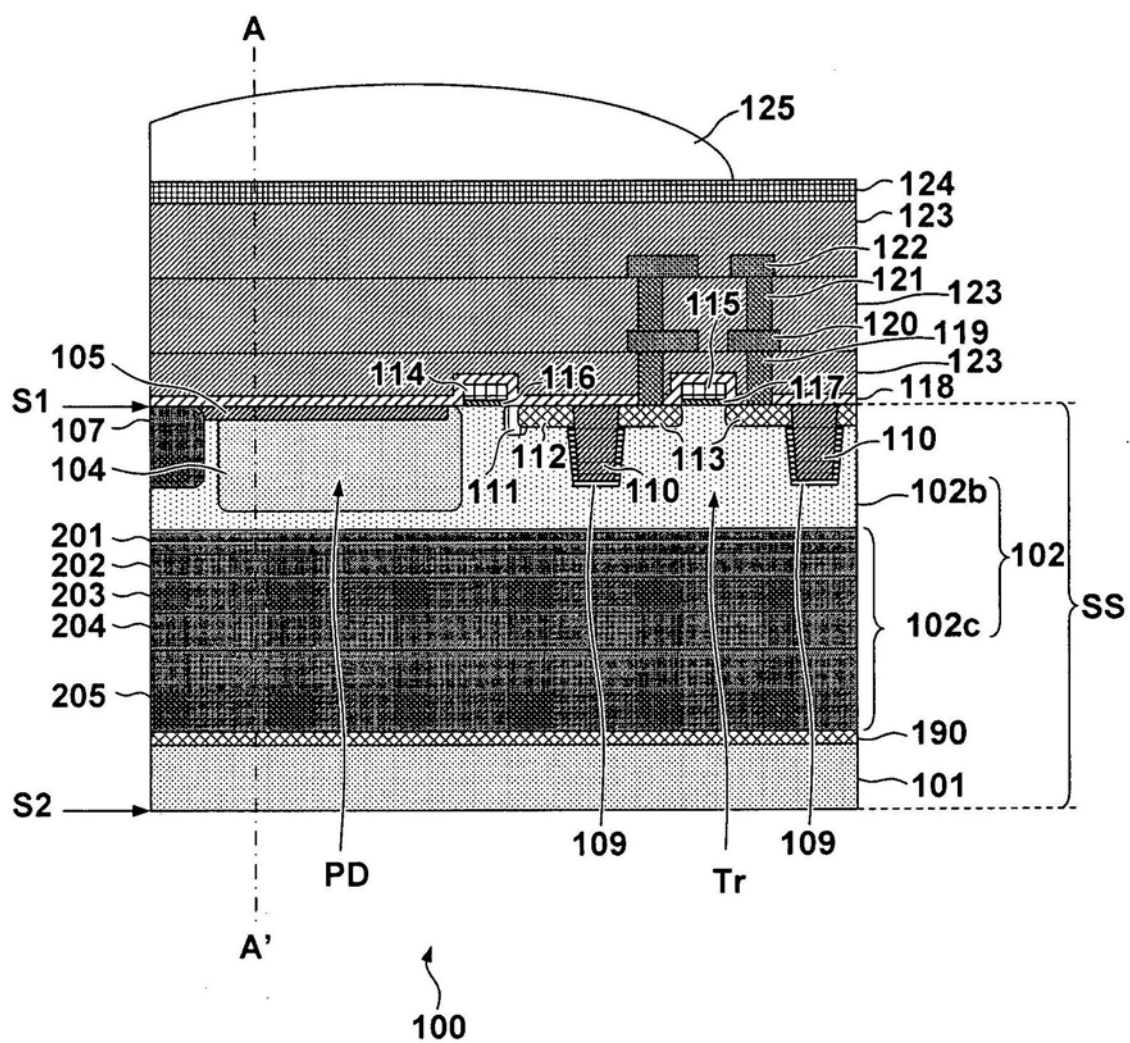


图9

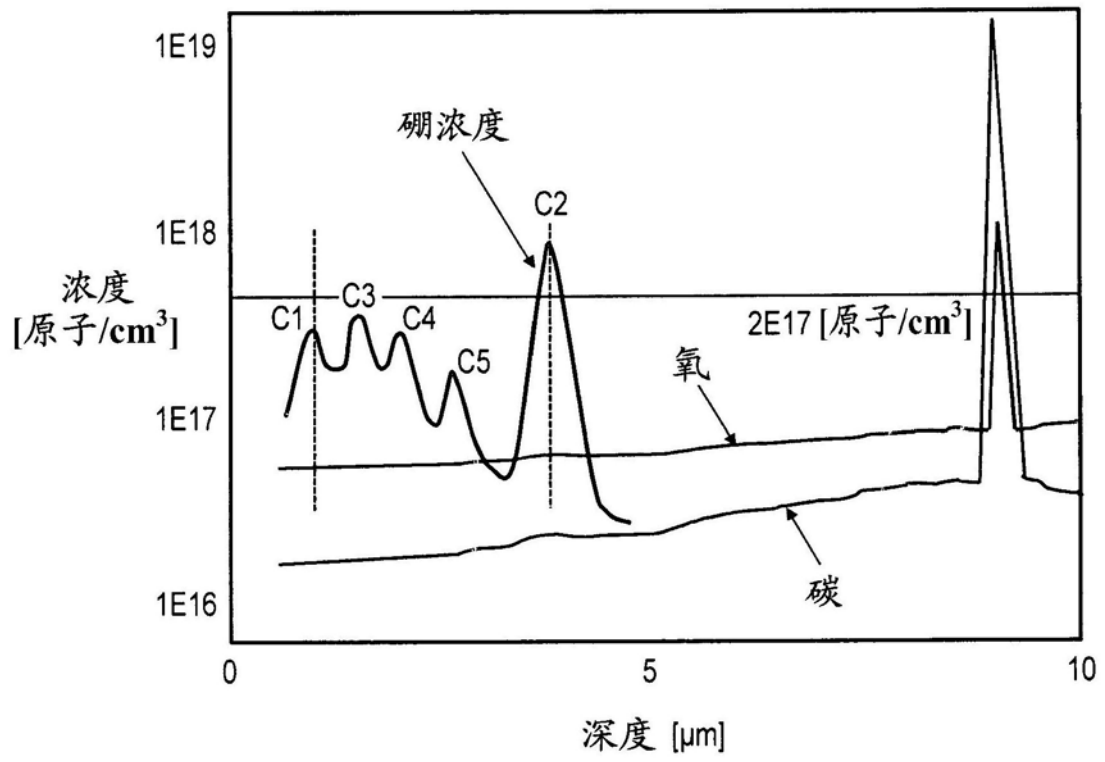


图10

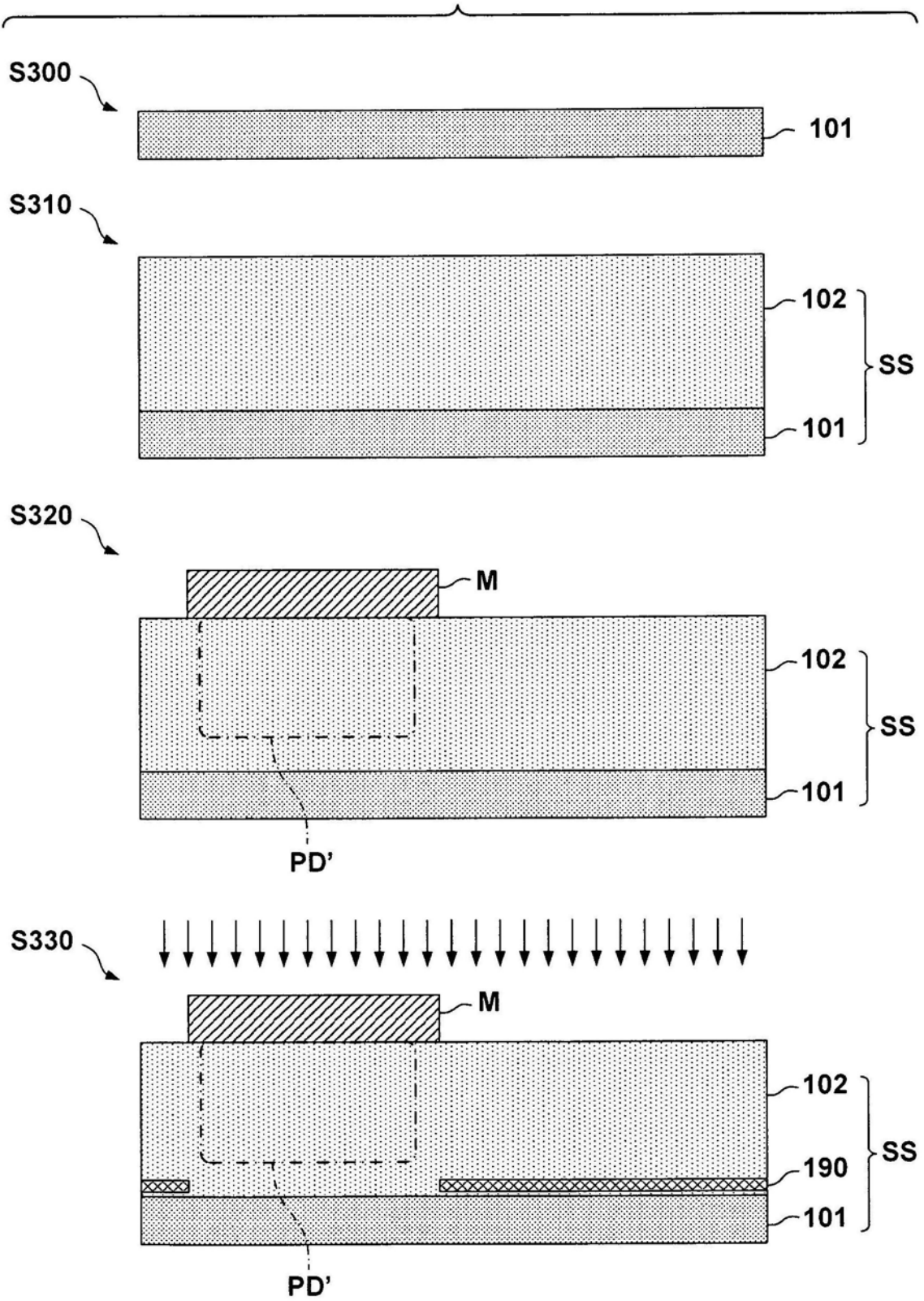


图11

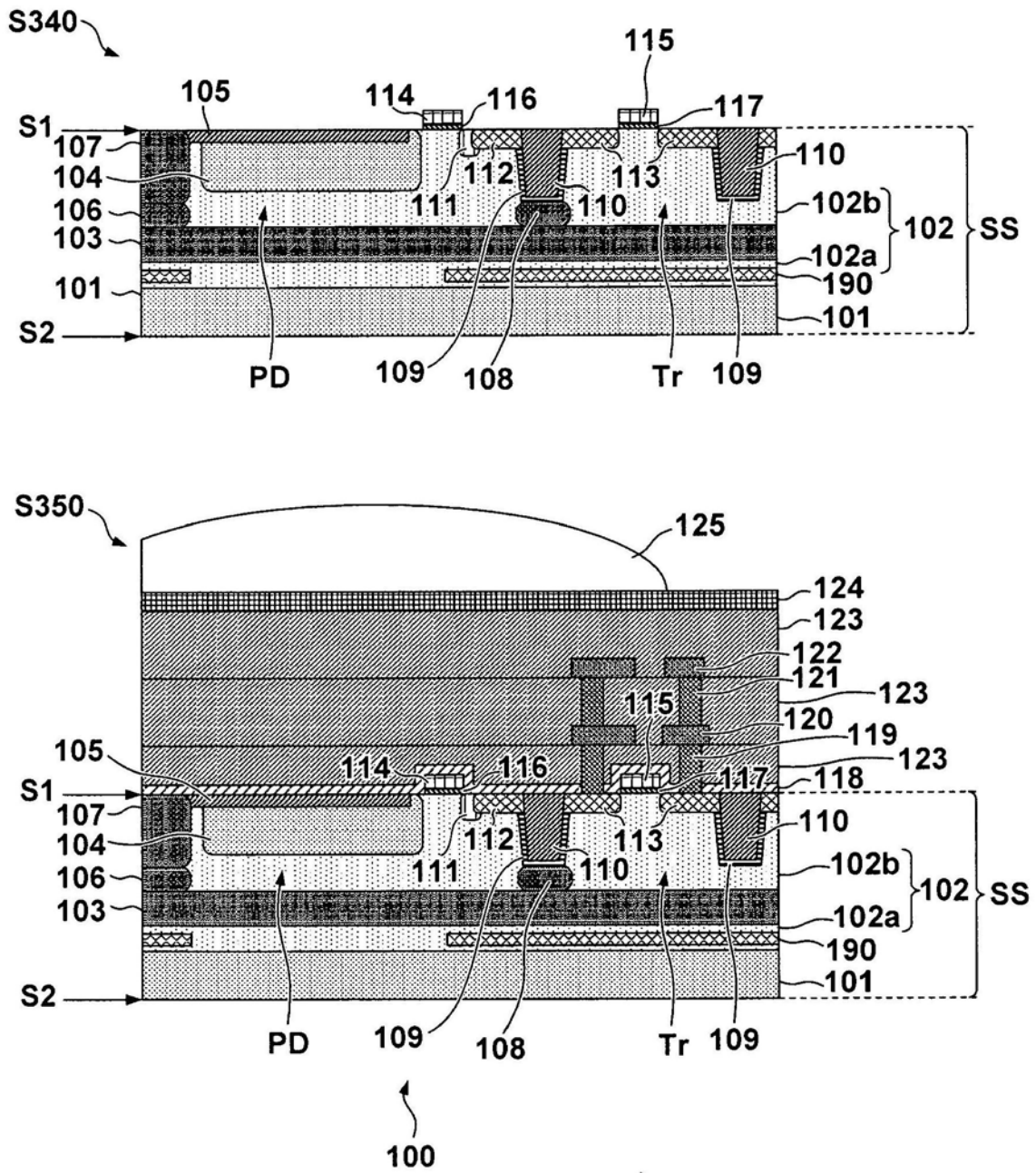


图12

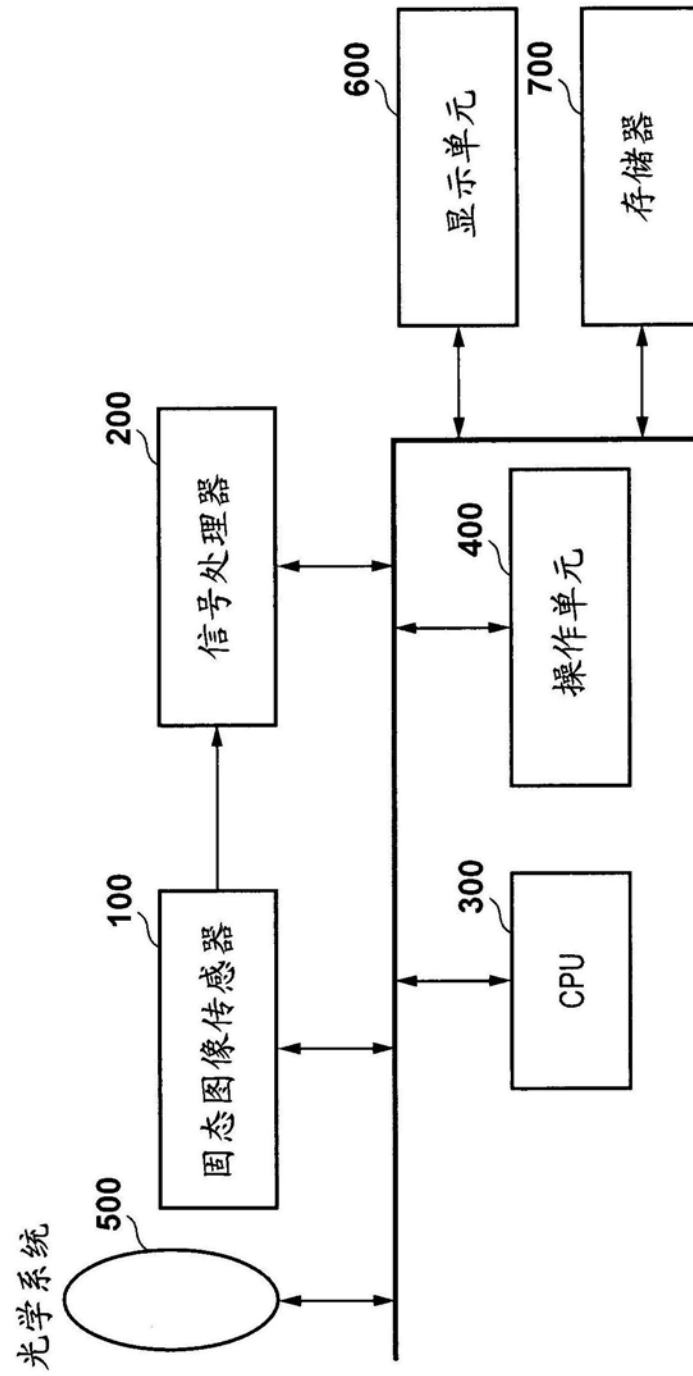


图13