

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 27/108

H01L 21/8242

H01L 21/82



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410103497.6

[43] 公开日 2005 年 12 月 7 日

[11] 公开号 CN 1705129A

[22] 申请日 2004. 12. 28

[21] 申请号 200410103497.6

[30] 优先权

[32] 2004. 5. 31 [33] KR [31] 10-2004-0039228

[71] 申请人 海力士半导体有限公司

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 安尚太 辛东善 宋锡杓 辛钟汉

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

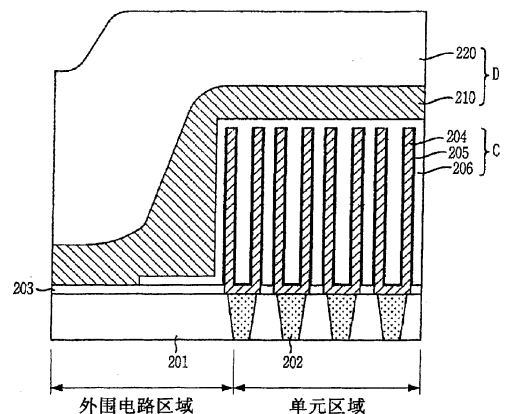
代理人 王学强

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称 具有形成在电容器上的可流动绝缘层的半导体装置及其制造方法

[57] 摘要

本发明揭露一种具有形成在电容器上的可流动绝缘层的半导体装置，及其制造方法。尤其，该半导体装置包含：形成在衬底预定部分之上的电容器；通过在包括衬底和电容器的结果衬底结构上堆叠可流动绝缘层和未掺杂的硅酸盐玻璃层形成的绝缘层；和形成在绝缘层上的金属相互连接线。该方法包含下列步骤：在衬底的预定部分之上形成电容器；通过在包括衬底和电容器的结果衬底结构上，堆叠可流动绝缘层和未掺杂硅酸盐玻璃层，形成绝缘层；和在绝缘层上形成金属相互连接线。



ISSN 1008-4274

- 1.一种半导体装置，包含：
形成在衬底的预定部分之上的电容器；
通过在包括衬底和电容器的结果衬底结构上堆叠可流动绝缘层和未
5 掺杂的硅酸盐玻璃层而形成的绝缘层；及
形成在绝缘层上的金属相互连接线。
- 2.如权利要求 1 所述的半导体装置，其中可流动绝缘层是形成在结
果结构上，而未掺杂的硅酸盐玻璃层则形成在可流动绝缘层上。
- 3.如权利要求 1 所述的半导体装置，其中未掺杂的硅酸盐玻璃层是
10 形成在包括电容器的结果结构上，而可流动绝缘层则形成在未掺杂的硅
酸盐玻璃层上。
- 4.如权利要求 2 所述的半导体装置，其中可流动绝缘层是通过采用
将液体源材料涂布在旋转的衬底上，随后衬底再施以热处理的旋涂介电
法得到。
- 15 5.如权利要求 3 所述的半导体装置，其中可流动绝缘层是通过采用
将液体源材料涂布在旋转的衬底上，随后再施以热处理的旋涂介电法得
到。
- 6.如权利要求 2 所述的半导体装置，其中可流动绝缘层是通过使用
如四氢化硅(SiH_4)和过氧化氢(H_2O_2)的反应源的低压化学气相沉积法得到
20 。
- 7.如权利要求 3 所述的半导体装置，其中可流动绝缘层是通过使用
如四氢化硅(SiH_4)和过氧化氢(H_2O_2)的反应源的低压化学气相沉积法得到
。

8.如权利要求 4 所述的半导体装置,其中液体源材料是氢倍半硅氧烷(HSQ)和甲基倍半硅氧烷(MSQ)其中之一。

9.如权利要求 5 所述的半导体装置,其中液体源材料是 HSQ 和 MSQ 其中之一。

5 10.一种半导体装置的制造方法,包含下列步骤:

在衬底的预定部分之上形成电容器;

通过在包括衬底和电容器的结果衬底结构上堆叠可流动绝缘层和未掺杂的硅酸盐玻璃层,形成绝缘层;及

在绝缘层上形成金属互连接线。

10 11.如权利要求 10 所述的方法,其中形成绝缘层的步骤包含下列步骤:

在结果衬底结构上形成厚度小于电容器的高度的可流动绝缘层;

通过执行等离子体增强化学气相沉积法,在可流动绝缘层上形成未掺杂的硅酸盐玻璃层;及

15 平坦化未掺杂的硅酸盐玻璃层和可流动绝缘层。

12.如权利要求 10 所述的方法,其中形成绝缘层的步骤包含下列步骤:

通过执行等离子体增强化学气相沉积法,在结果衬底结构上形成厚度小于电容器的高度的未掺杂的硅酸盐玻璃层;

20 在未掺杂的硅酸盐玻璃层上,形成可流动绝缘层;及

平坦化未掺杂的硅酸盐玻璃层和可流动绝缘层。

13.如权利要求 10 所述的方法,其中形成绝缘层的步骤包含下列步骤:

通过执行等离子体增强化学气相沉积法，在结果衬底结构上形成厚度大于电容器的高度的未掺杂的硅酸盐玻璃层；

平坦化未掺杂的硅酸盐玻璃层；及

在已平坦化的未掺杂的硅酸盐玻璃层上形成可流动绝缘层。

- 5 14.如权利要求 10 所述的方法，其中形成可流动绝缘层的步骤包含下列步骤：

用选择自氢倍半硅氧烷(HSQ)和甲基倍半硅氧烷(MSQ)的液体源材料，通过旋转衬底，以薄层形式涂布在衬底上；及

对涂布的薄层执行热处理。

- 10 15.如权利要求 10 所述的方法，其中形成可流动绝缘层的步骤包含下列步骤：

通过使用四氢化硅(SiH_4)和过氧化氢(H_2O_2)的反应源的低压化学气相沉积法，沉积薄层；及

对薄层执行热处理过程。

- 15 16.如权利要求 10 所述的方法，其中热处理是通过采用炉热处理过程和快速热处理过程其中之一，在选择自由氧气(O_2)、臭氧(O_3)、氮气(N_2)、一氧化二氮(N_2O)及氢气(H_2)和氧气(O_2)的混合气体所组成的组的气氛中进行。

- 20 17.如权利要求 10 所述的方法，其中平坦化处理是通过蚀刻处理和抛光处理其中之一执行。

具有形成在电容器上的可流动绝缘层的半导体装置及其制造方法

技术领域

- 5 本发明是关于一种半导体装置，尤其是关于具有电容器上的绝缘层的半导体装置，及其制造方法。

背景技术

就如广为人知的，半导体存储器装置集成的微型化和大型化的趋势
10 已被大大地要求，以确保包含在动态随机存取存储器 (DRAM) 单元中的电容器有足够的电容值。为了得到足够的电容值，介电材料是通过堆叠氧化铝 (Al_2O_3) 和氧化铪 (HfO_2) 形成，或电容器的上电极和下电极是通过使用金属，如氮化钛 (TiN) 形成。

因此，在电容器上方形成绝缘层的案例中，绝缘层基本上应透过低
15 温处理形成，以防止电容器的下层劣化，例如金属氧化，介电材料特性的劣化，和扩散。

此外，DRAM 装置被分成其中形成电容器的单元区域和不形成电容器的外围电路区域。形成在单元区域电容器应该具有较高的高度，以确保电容值。因此，在单元区域和外围电路区域之间的边界，会产生至
20 少 10,000Å 的高度差。

因此，需要采用能够通过低温处理形成的绝缘材料和克服高度差，从而使能在电容器上的绝缘层的平坦化处理。

图 1A 到图 1B 为在制造 DRAM 装置的顺序处理中，用以在电容器上方形成绝缘层的传统方法的横截面图。尤其，图 1A 为传统形成的电容

器，而图 1B 为传统形成在电容器上的绝缘层。

参照图 1A，多个电容器 C 被形成在提供底绝缘层 11、接触塞 12 和蚀刻停止层 13 的衬底结构上。每一个电容器 C 都包含要接触对应的接触塞 12 且具有圆柱形的下电极 14，覆盖下电极 14 的介电层 15，和形成在介电层 15 上的上电极 16。电容器 C 典型是形成在 DRAM 单元区域，而非形成在外围电路区域。因此，在单元区域和外围电路区域之间的边界，存在有至少 10,000Å 的高度差。

参照图 1B，使用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)法形成的未掺杂的硅酸盐玻璃层(USG)，被用作顶绝缘层 D。对于使用 PECVD 法形成的基于 USG 的顶绝缘层 D，会因先期沉积阶段的底部薄层 17 而产生接缝。该接缝会连续产生，通过中期沉积阶段的中间薄层 18，到达最后沉积阶段的顶部薄层 19。此接缝的产生是因为在单元区域和外围电路区域之间的高度差。

接着，图 1C 为传统形成在电容器上的绝缘层的横截面图，其中绝缘层被平坦化，然后清洗。尤其在此图式中，说明有关用以在电容器上形成绝缘层中的传统方法的问题。

如图所示，通过 PECVD 法形成的基于未掺杂的硅酸盐玻璃层(USG)绝缘层 D，透过化学机械抛光(CMP)处理或回蚀刻处理平坦化，然后清洗干净。此外，图中有一形成在产生接缝的区域的空腔 20。

此空腔在后续的金属相互连接线形成处理期间会引发蚀刻残留物的产生，然后蚀刻残留物会变成在金属相互连接线之间形成桥的原因。

另一方面，为了要移除绝缘层 D 的空腔 20，可以使用具有良好平坦化和台阶覆盖特性的高密度等离子体-化学气相沉积(HDP-CVD)法，形成

绝缘层 D。但是，HDP-CVD 法的沉积机制是重复蚀刻和沉积的步骤，因此，会有在构成电容器的底层产生等离子体伤害的缺点。

再者，绝缘层 D 可以采用具有良好平坦化特性的臭氧-原硅酸四乙酯 (ozone – tetraethylorthosilicate, O₃-TEOS)。但是，若增加臭氧(O₃)的浓度，以沉积厚度超过 20,000Å 的厚层，则 O₃-TEOS 取决于显示上和下电极氧化的底层。

在使用能够回流(reflow)的硼磷硅酸盐玻璃(borophosphosilicate glass , BPSG)的情形下，因为当作绝缘层 D 的 BPSG 掺有硼(B)和磷(P)，所以基本上要采用高温热处理，以在 800℃ 的温度下回流 BPSG。因此，不适合使用 BPSG 来执行低温处理。

发明内容

因此，本发明的目的是要提供一种具有通过执行低温处理，形成在电容器上，有良好平坦化特性，但不会使包含电容器的底层特性劣化的可流动绝缘层的半导体装置，及其制造方法。

根据本发明的一个方面，本发明提供一种半导体装置，包含：形成在衬底预定部分之上的电容器；通过堆叠可流动绝缘层和未掺杂的硅酸盐玻璃层，形成在含有衬底和电容器的结果衬底结构上的绝缘层；和形成在绝缘层上的金属相互连接线。

根据本发明的另一方面，本发明提供一种半导体装置的制造方法，包含下列步骤：在衬底的预定部分之上形成电容器；通过在含有衬底和电容器的结果衬底结构上，堆叠可流动绝缘层和未掺杂的硅酸盐玻璃层，形成绝缘层；和在绝缘层上形成金属相互连接线。

附图说明

根据下面参照相关附图的较佳实施例的说明，本发明上述的和其他的目的与特征将会变得更清楚，其中：

5 图 1A 和图 1B 为用以在动态随机存取存储器(DRAM)装置的电容器上，形成绝缘层的传统方法的横截面图；

图 1C 为当执行用以在电容器上形成绝缘层的传统方法时，所发生的问题的横截面图；

图 2 为根据本发明第一实施例，在电容器上形成绝缘层的横截面图
10 ；

图 3 为根据本发明第二实施例，在电容器上形成绝缘层的横截面图
； 及

图 4 为根据本发明第三实施例，在电容器上形成绝缘层的横截面图
。

15 具体实施方式

下面，将根据本发明的较佳实施例，参照附图详细说明具有在电容器上的可流动绝缘层的半导体装置，及其制造方法。

图 2 到图 4 为各种衬底结构的横截面图，其中绝缘层是根据本发明的第一到第三实施例形成在电容器上。

20 首先，图 2 为根据本发明第一实施例的衬底结构范例。

如图所示，许多电容器 C 形成在提供第一绝缘层 201，接触塞 202 和蚀刻停止层 203 的衬底上。每一个电容器 C 都包含与接触塞 202 接触且具有圆柱形形状的下电极 204，覆盖下电极 204 的介电层 205，和形成

在介电层 205 上的上电极 206。电容器 C 是形成在典型的 DRAM 单元区域中，而非形成在外围区域中。因此，在单元区域和外围区域之间的边界，存在至少约 10,000Å 的高度差。

接着，在电容器 C 上形成可流动绝缘层 210，其在沉积可流动绝缘层 210 时，通过具有可流动性，不会在高度差很大的区域产生接缝。

尤其，可流动绝缘层 210 可以通过采用旋涂介电(SOD)法形成，其中可以旋转速度约为 60rpm 到 10000rpm 的衬底上涂布液体源，如氢倍半硅氧烷 (hydrogen silsesquioxane, HSQ) 或甲基倍半硅氧烷 (methyl silsesquioxane, MSQ)。此外，可流动绝缘层 210 也可以使用采用反应源，如四氢化硅(SiH_4)和过氧化氢(H_2O_2)的低压化学气相沉积(LPCVD)法形成。尤其是使用反应源，如 SiH_4 和 H_2O_2 的 LPCVD 法，是在小于约 100Torr 的压力下，在约 -10°C 到约 40°C 的温度，即放置晶圆的平板的温度的范围内，形成可流动绝缘层 210。LPCVD 是一种方法，其是因为在沉积处理时，在薄层中所含的反应剂具有很高的可流动性，所以沉积的薄膜相当平坦。

在上述的沉积处理之后，接着执行热处理，以完全形成可流动绝缘层 210。在此，热处理是为了移除存在存在已沉积的可流动绝缘层 210 内部的杂质或水份，及密化可流动绝缘层 210。热处理是通过炉管热处理和快速热处理其中之一，在氧气(O_2)、臭氧(O_3)、氮气(N_2)、一氧化二氮(N_2O)、或氢气(H_2)和氧气(O_2)的混合气体的气氛中进行。炉管热处理要在约 200°C 到约 650°C 的温度范围下执行超过约 5 分钟。快速热处理要在高于约 300°C 的温度下执行超过约 1 秒。

如上所示，此种型的可流动绝缘层 210，可以施以低温处理，且具

有良好的平坦化特性。因此，可流动绝缘层 210 可以非常有用的方式，用以当作高度集成的和微型化半导体装置的层间绝缘层，即当作电容器上的绝缘层。

5 基于未掺杂的硅酸盐玻璃(USG)的绝缘层 220，通过执行等离子体增强化学气相沉积(PECVD)法，形成在可流动绝缘层 210 之上。因为可流动绝缘层 210 已经减少衬底的高度差，所以不会在使用 PECVD 法形成的基于 USG 的绝缘层 220 中产生接缝。使用 PECVD 法形成的基于 USG 的绝缘层 220，具有快速沉积速度和层稳定性的良好特性。

10 若单元区域和外围区域之间的高度差大于约 10,000Å，则可以形成厚度范围从约 500Å 到约 1,000Å 的可流动绝缘层 210，和厚度为约 200Å 到约 30,000Å 的基于 USG 的绝缘层 220。下面，将形成在电容器 C 上的可流动绝缘层 210 和基于 USG 的绝缘层 220 称为第二绝缘层，在图 2 中以 "D"表示。

15 接着，通过蚀刻或抛光已沉积的第二绝缘层 D，上述的结果衬底结构被平坦化。在上述的平坦化处理之后，第二绝缘层 D 最好具有范围从约 500Å 到约 5,000Å 的剩余厚度。因为有可流动绝缘层 210，所以不会产生接缝，因此在结果衬底结构被平坦化之后，不会在第二绝缘层 D 上形成图 1C 所示应用传统方法时典型会产生的空腔。

20 各种不同的方法都可用于平坦化衬底结构的方法。例如，可以采用先选择性湿蚀刻位于具有高高度差的区域，即电容器的上部的第二绝缘层 D 的预定厚度，于是可以减少高度差，然后将化学机械抛光(CMP)处理应用到衬底结构，用以平坦化。

图 3 为另一典型衬底结构的横截面图，其中绝缘层是根据本发明第

二实施例形成在电容器上。

参照图 3，许多电容器 C 形成在提供第一绝缘层 30、接触塞 302 和蚀刻停止层 303 的衬底上。每一个电容器 C 都包含接触对应的接触塞 302 且具有圆柱形形状的下电极 304，覆盖下电极 304 的介电层 305，和形成
5 在介电层 305 上的上电极 306。电容器 C 是形成在典型的 DRAM 单元区域中，而非形成在外围区域中，因此，在单元区域和外围区域之间的边界，展现至少约 10,000Å 的高度差。

接着，通过 PECVD 法，在电容器 C 上，形成基于 USG 的绝缘层 310。此时，基于 USG 的绝缘层 310 的沉积厚度应该小于高度差。当基于
10 USG 的绝缘层是在很大的高度差的状态下，通过执行 PECVD 法，形成在电容器上时，会有接缝产生。但是，根据第二实施例，基于 USG 的绝缘层 310 以相对减少的厚度形成，因此接缝的深度没有很深。

其次，在基于 USG 的绝缘层 310 上形成可流动绝缘层 320。此时，在外围区域的可流动绝缘层 320 的高度高于电容器。即使由于基于 USG
15 的绝缘层 310 的形成而产生一点点接缝，但是在可流动绝缘层 320 形成之后，就不会有接缝产生。

如第一实施例的说明，可以使用当衬底结构以约 60rpm 到约 1,000rpm 的速度旋转时，用液体源，如 HSQ 或 MSQ，涂布衬底结构的旋涂介电(SOD)法，形成可流动绝缘层 320。此外，也可以使用采用反应
20 源，如 SiH₄ 和 H₂O₂ 的 LPCVD 法形成可流动绝缘层 320。

可流动绝缘层 320 的形成是要经历过沉积处理和热处理。在沉积处理之后，执行热处理，以移除存在在已沉积的绝缘层 320 内部的杂质或水份，然后密化可流动绝缘层 320。热处理是使用炉管热处理和快速热处

理，在 O₂、O₃、N₂、N₂O 或 H₂ 和 O₂ 的混合气体的气氛中进行。炉管热处理要在约 200℃到约 650℃的温度范围下执行超过约 5 分钟。快速热处理要在高于约 300℃的温度下执行超过约 1 秒。下面，将可流动绝缘层 320 和基于 USG 的绝缘层 310 称为第二绝缘层，在图 3 中以"D"表示。

- 5 接着，通过蚀刻或抛光已沉积的第二绝缘层 D，平坦化结果衬底结构。在此，用以平坦化衬底结构的方法和第一实施例所采用的方法相同。另一方面，根据本发明的第二实施例，也可以不需要此平坦化步骤。

图 4 为衬底结构的横截面图，其中绝缘层是根据本发明第三实施例形成在电容器上。

- 10 参照图 4，多数电容器 C 形成在提供第一绝缘层 401、接触塞 401 和蚀刻停止层 403 的衬底上。每一个电容器 C 都包含接触对应的接触塞 402 且具有圆柱形形状的下电极 404，覆盖下电极 404 的介电层 405，和形成在介电层 405 上的上电极 406。电容器 C 是形成在典型的 DRAM 单元区域中，而非形成在外围区域中，从而在单元区域和外围区域之间的
15 边界，展现至少 10,000Å 的高度差。

- 接着，使用 PECVD 法，在提供多个电容器 C 的衬底上，形成基于 USG 的绝缘层 410。此时，形成的基于 USG 的绝缘层的厚度比单元区域和外围区域之间的高度差更厚。然后，透过蚀刻处理和/或抛光处理，基于 USG 的绝缘层 410 被平坦化。此时，当以传统方法形成上述基于 USG
20 的绝缘层 410 时，会产生接缝，其在平坦化处理之后还会造成空腔的形成。

根据本发明的第三实施例，可流动绝缘层 420 所形成足以埋藏空腔和平坦化结果衬底结构的厚度，即厚度范围从约 200Å 到约 5,000Å。下

面，将可流动绝缘层 420 和基于 USG 的绝缘层 410 称为第二绝缘层，在图 4 中以"D"表示。

5 因为可有流动绝缘层 420 的形成，所以不仅可以移除产生在基于 USG 的绝缘层 410 表面上的空腔，还可以移除缺陷，如平坦化处理，像化学机械抛光(CMP)处理期间所产生的刮痕。换言之，由于空腔所造成的桥的形成，和为了在第二绝缘层 D 上形成金属相互连接线而造成的缺陷，这些问题都可以解决。

10 如先前的实施例，可以采用反应源，如 SiH_4 和 H_2O_2 的 SOD 法或 LPCVD 法，形成可流动绝缘层 420。此外，可流动绝缘层 420 的形成也可通过沉积处理和热处理完成。

15 根据本发明，形成在单元区域的电容器具有很高的高度，以确保在高度集成和微型化的装置如 DRAM 中，有很高的电容值，因此展现在单元区域和外围区域之间有很大的高度差，而且在电容器上形成具有良好层稳定性的基于 USG 的绝缘层，及具有低温处理容许量和良好平坦化特性的可流动绝缘层。结果，可以防止包含电容器的底层，在低温处理期间劣化，及可以防止在平坦化处理期间，在后续的金属相互连接线之间形成桥。结果，有增加高度集成半导体装置产量的效果。

本申请书包含在 2004 年 5 月 31 日向韩国专利局提交的韩国专利申请第 KR2004-0039228 号的相关内容，此处将所有的内容都纳入参考。

20 本发明已对于特定较佳实施例详细说明，那些熟悉本项技术人士所做的各种不同的变化例和修正例，明显将不脱离本发明在后面的权利要求所界定的精神和范围。

主要装置符号说明

	11	底绝缘层
5	12,202,302,402	接触塞
	13,203,303,403	蚀刻停止层
	14,204,304,404	下电极
	15,205,305,405	介电层
	16,206,306,406	上电极
10	17	底部薄层
	18	中间薄层
	19	顶部薄层
	20	空腔
	201,301,401	第一绝缘层
15	210,320,420	可流动绝缘层
	220,310,410	基于 USG 的绝缘层
	D	第二绝缘层

图1A
(现有技术)

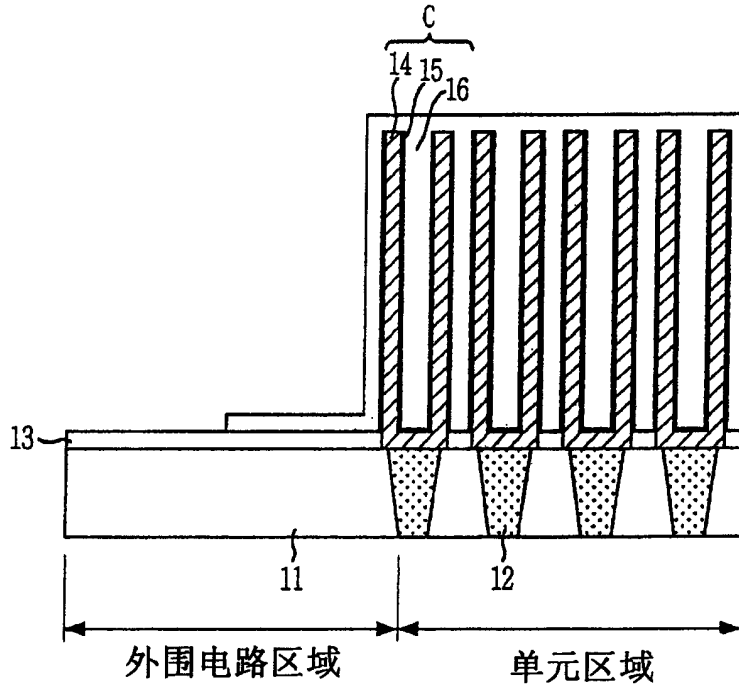


图1B
(现有技术)

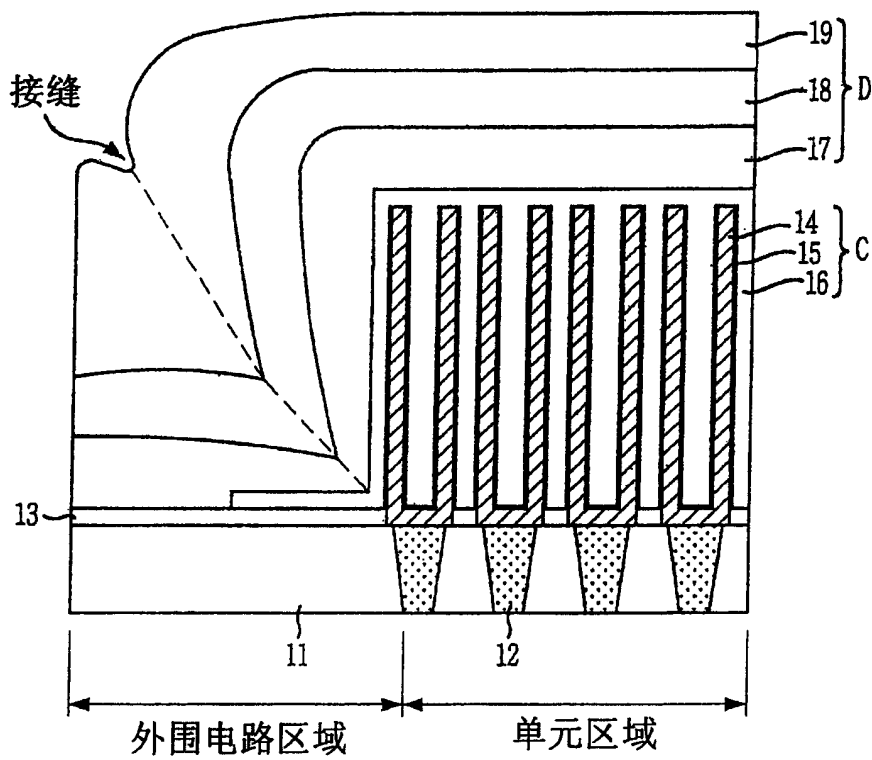


图1C
(现有技术)

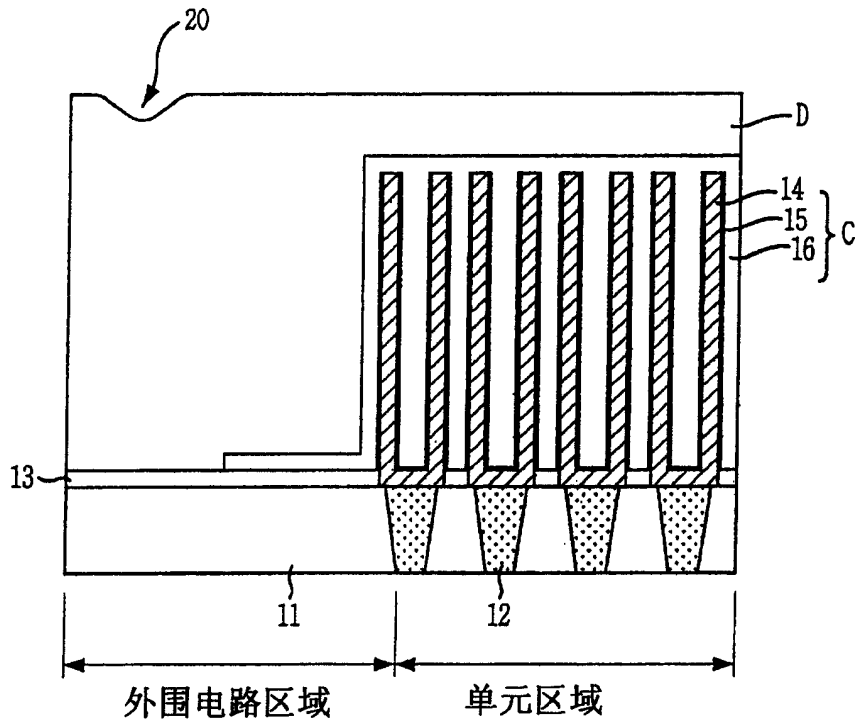


图2

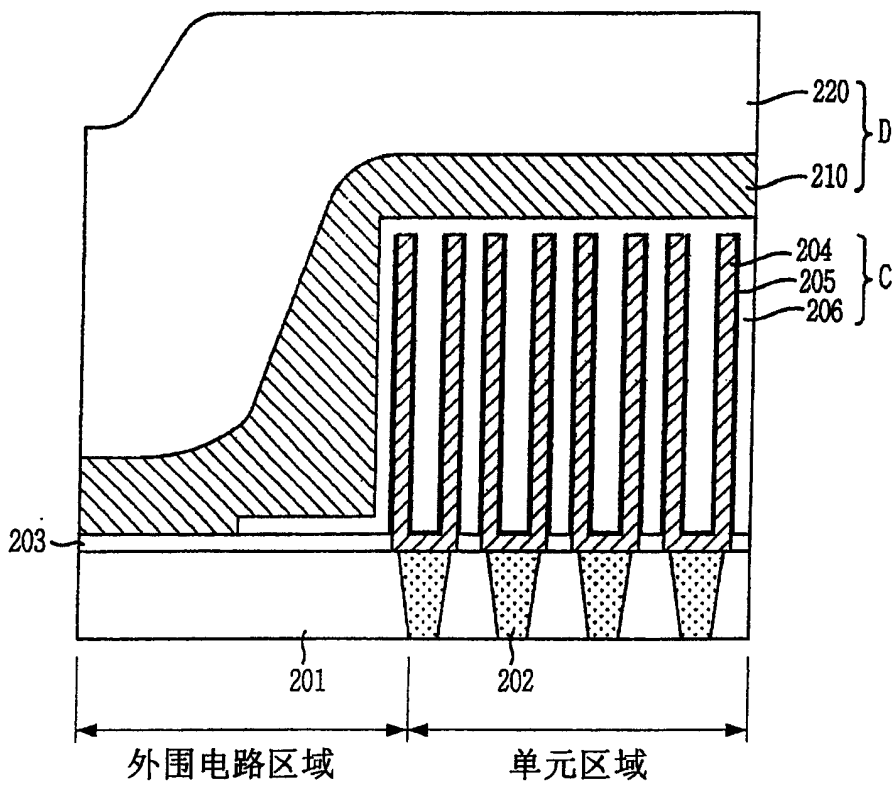


图3

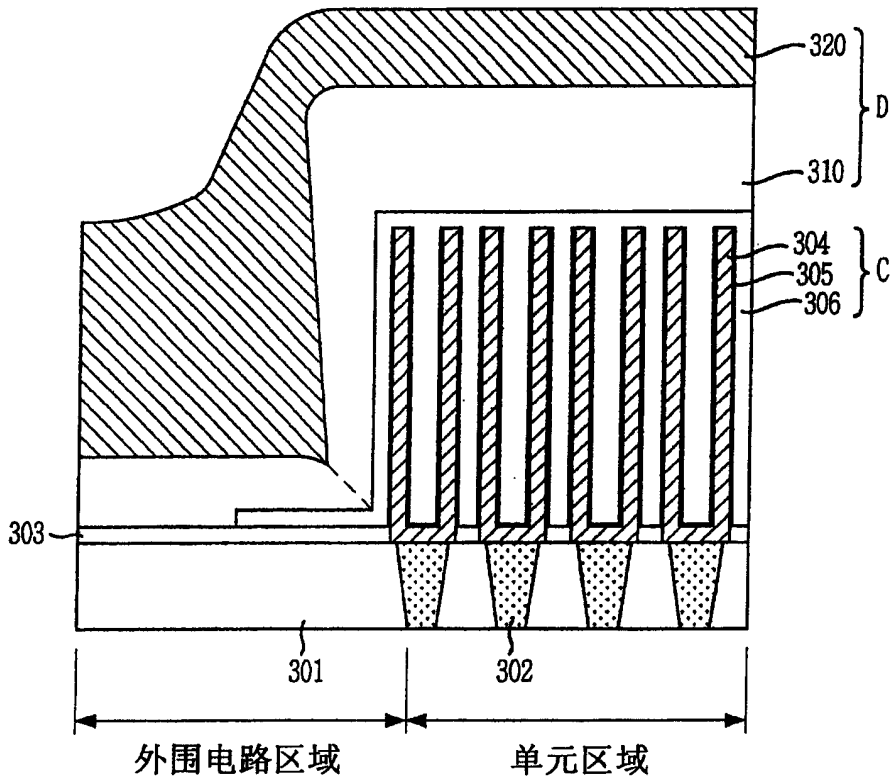


图4

