

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 23/58 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780008745.0

[43] 公开日 2009年4月1日

[11] 公开号 CN 101401205A

[22] 申请日 2007.2.26

[21] 申请号 200780008745.0

[30] 优先权

[32] 2006.3.13 [33] US [31] 11/375,683

[86] 国际申请 PCT/US2007/062817 2007.2.26

[87] 国际公布 WO2007/106658 英 2007.9.20

[85] 进入国家阶段日期 2008.9.11

[71] 申请人 飞兆半导体公司

地址 美国缅因州

[72] 发明人 朴赞毫 约瑟夫·安德鲁·叶季纳科

克里斯多佛·博古斯洛·科库

詹森·希格斯 李在吉

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责
任公司

代理人 章社杲 吴贵明

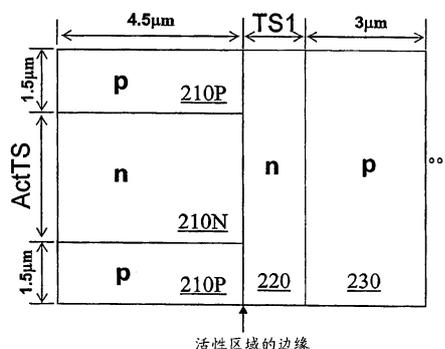
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 7 页

[54] 发明名称

用于电荷平衡功率器件的外围设计

[57] 摘要

本发明提供了一种电荷平衡半导体功率器件，其包括具有以交替方式布置的 p 柱条带和 n 柱条带的活性区域，p 柱条带和 n 柱条带沿着活性区域的长度延伸。非活性周界区环绕活性区域，并且包括环绕活性区域的至少一个 p 环。紧邻活性区域的边缘延伸的至少一个 P 柱的条带的一端基本上在直线处终止，每一个其余的 p 柱的条带的一端也均在该直线处终止。该直线垂直于活性区域的长度延伸，其中 n 柱条带和 p 柱条带沿着活性区域的长度延伸。



1. 一种电荷平衡半导体功率器件，包括：

活性区域，包括以交替方式布置的第一导电型柱的条带和第二导电型柱的条带，所述第一导电型柱的条带和所述第二导电型柱的条带沿所述活性区域的长度延伸；以及

环绕所述活性区域的非活性周界区，包括环绕所述活性区域的至少一个第一导电型的环，

其中，紧邻所述活性区域的边缘延伸的至少一个所述第一导电型柱的条带的一端基本上在直线处终止，每一个其余的所述第一导电型柱的条带的一端也均在所述直线处终止，所述直线垂直于所述活性区域的长度延伸，所述第一导电型柱的条带和所述第二导电型柱的条带沿着所述活性区域的长度延伸。

2. 根据权利要求1所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，每两个相邻的所述第一导电型柱的条带彼此隔开第一间隔，所述直线限定所述活性区域的第一边缘，所述活性区域的所述第一边缘与所述至少一个第一导电型的环隔开第二间隔。
3. 根据权利要求2所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，所述第二间隔小于所述第一间隔。
4. 根据权利要求2所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，所述第二间隔大约等于所述第一间隔的一半。
5. 根据权利要求2所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，所述非活性周界区包括多个第一导电型的环，每两个相邻的第一导电型的环彼此隔开基本上等于所述第一间隔的距离。

6. 根据权利要求1所述的电荷平衡半导体功率器件,其中,所述至少一个第一导电型的环是具有圆角的矩形或正方形。
7. 根据权利要求1所述的电荷平衡半导体功率器件,其中,所述至少一个第一导电型的环是具有基本上尖锐的转角的矩形或正方形。
8. 根据权利要求1所述的电荷平衡半导体功率器件,其中,所述第一导电型柱的条带和所述第二导电型柱的条带在一端处与所述至少一个第一导电型的环邻接。
9. 根据权利要求1所述的电荷平衡半导体功率器件,其中,所述电荷平衡半导体功率器件是垂直导电功率器件。
10. 根据权利要求1所述的电荷平衡半导体功率器件,其中,所述第一导电型是p型而所述第二导电型是n型。
11. 一种电荷平衡半导体器件,包括:

活性区域,包括以交替方式布置的垂直延伸的第一导电型柱的条带和垂直延伸的第二导电型柱的条带,每两个相邻的所述第一导电型柱的条带彼此隔开第一间隔;以及

环绕所述活性区域的非活性周界区,包括至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带和至少两个垂直延伸的第一导电型柱的条带,所述至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带彼此隔开第二间隔,而非活性周界区中的所述至少两个垂直延伸的第一导电型柱的条带彼此隔开基本上等于所述第二间隔的间隔,所述至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带中的每一个的一端均与非活性周界区中的所述至少两个垂直延伸的第一导电型柱的条带中的对应一个隔开第三间隔,其中所述第二间隔大于所述第三间隔。

12. 根据权利要求 11 所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，所述第二间隔基本上等于所述第一间隔。
13. 根据权利要求 11 所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，活性区域中的所述垂直延伸的第一导电型柱的条带的一端与所述至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带之一隔开基本上等于所述第三间隔的间隔。
14. 根据权利要求 11 所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，非活性周界区中的所述至少两个垂直延伸的第一导电型柱的条带中的每一个均延伸越过所述至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带中的对应一个的一端预定的距离。
15. 根据权利要求 11 所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，所述第三间隔基本上等于所述第二间隔的一半。
16. 根据权利要求 11 所述的电荷平衡半导体功率器件，其中，所述第一导电型是 p 型而所述第二导电型是 n 型。

用于电荷平衡功率器件的外围设计

相关申请交叉参考

本申请涉及于 2004 年 12 月 29 日提交的普通转让美国申请第 11/026,276 号，其公开内容整体结合于此作为参考。

技术领域

本发明涉及半导体功率器件技术，更具体地涉及用于电荷平衡功率器件的外围设计。

背景技术

垂直半导体功率器件具有电极布置在两个相对平面上的结构。当接通垂直功率器件时，漂移电流在器件中垂直地流动。当断开垂直功率器件时，由于施加至该器件的反偏压，在器件中形成沿水平方向延伸的耗尽区。为了获得高的击穿电压，布置在电极之间的漂移层由具有高电阻系数的材料形成，并且该漂移层的厚度增加。然而，这导致器件的接通电阻 R_{dson} 的增加，这又减小了导电率以及器件转换速度，从而降低了器件的性能。

为了解决这个问题，提出了具有漂移层的电荷平衡功率器件，该漂移层包括以交替方式布置的垂直延伸的 n 区（n 柱）和 p 区（p 柱）。图 1A 是这种器件 100 的布局图。器件 100 包括被非活性周界区环绕的活性区域 110，该非活性周界区包括 p 环 120 和外部终止区 130。周界 p 环 120 是具有圆角的矩形。依据该设计，终止区 130

可以包括类似形状交替的 p 环和 n 环。活性区域 **110** 包括以条带形式垂直延伸且交替布置的 p 柱 **110P** 和 n 柱 **110N**，并且这些柱沿着顶部和底部在周界环 **120** 处终止。图 1B 中可以更清楚地看见活性区中的交替的 p 柱和 n 柱的物理结构，其中示出了沿图 1A 中线 A-A 的阵列区 **110** 的横截面视图。

图 1B 中所示的功率器件为具有包括了交替的 p 柱 **110P** 和 n 柱 **110N** 的漂移层 **16** 的传统平面型门电路垂直 MOSFET（金属-氧化物半导体场效应晶体管）。源极金属 **28** 沿着顶侧与源极区 **20** 和阱区 **18** 电接触，而漏极金属 **14** 沿着器件的底侧与漏极区 **12** 电接触。当接通器件时，电流路径通过交替导电型漂移层 **16** 而形成。n 柱和 p 柱的掺杂浓度及物理尺寸被设计成在相邻的柱之间获得电荷平衡，从而保证当器件处于断开状态时漂移层 **16** 被完全耗尽。

返回图 1A，为了实现高击穿电压，n 柱中的 n 电荷的数量和 p 柱中的 p 电荷的数量在活性区域 **110** 以及该活性区域与非活性周界区之间的界面处都必须达到平衡。然而，因为各种区域的几何形状的改变，所以在所有界面区处实现电荷平衡，尤其是沿着 p 柱和 n 柱终止于周界环 **120** 中的界面区的顶部和底部以及在 n 柱和 p 柱的长度变化的转角区中实现电荷平衡是很困难的。这在图 1C 中更清楚地示出，其中示出了图 1A 中的器件 **100** 的左上角的放大视图。

在图 1C 中，活性区域 **110** 中的单位晶格被标成 S1。活性 p 柱 **111**（该 p 柱被分割成左半部 **111-1** 和右半部 **111-2**）和活性 p 柱 **113**（该 p 柱被分割成左半部 **113-1** 和右半部 **113-2**）由 n 柱 **112** 分开。单元晶格 S1 中的活性 p 柱 **111** 的右半部 **111-2** 中的 p 电荷数量 Q_{p1} 与活性 p 柱 **113** 的左半部 **113-1** 中的 p 电荷数量 Q_{p2} 之和（ $Q_{p1} + Q_{p2}$ ）等于活性 n 柱 **112** 中的 n 电荷数量 Q_{n1} 。因此，在活性区域 **110** 的所有部分中实现了最适宜的击穿电压，在该活性区域中保持了这种电荷平衡。

如所示的那样，非活性周界区的转角部分包括周界 p 环 120 以及具有以交替方式布置的 n 环 131 和 p 环 132 的终止区 130。周界环 120（该周界环被分割成下半部 121 和上半部 122）和终止区 p 环 132（该 p 环被分割成下半部 132-1 和上半部 132-2）由 n 环 131 分开。单元晶格 S2 中的 p 环 132 的下半部 132-1 中的 p 电荷数量 Q_{pt1} 与环 120 的上半部 122 中的 p 电荷数量 Q_{pe} 之和 ($Q_{pt1} + Q_{pe}$) 等于 n 环 131 中的 n 电荷数量 Q_{nt} 。因此在非活性周界区的所有部分中实现了最适宜的击穿电压，在该非活性周界区中保持了这种电荷平衡。

然而，由于几何限制，尤其是活性 n 柱和 p 柱的长度逐渐减小的转角区 C，C 区与非活性周界区之间的界面处的 p 电荷的数量和 n 电荷的数量是不平衡的，以使得存在多余的 p 电荷。这些转角区中的电荷不平衡导致器件击穿特性的恶化。因此，需要消除现有技术的电荷不平衡问题的电荷平衡技术，从而带来更高的击穿电压额定值 (ratings)。

发明内容

根据本发明的实施例，电荷平衡半导体功率器件包括活性区域，该活性区域包括以交替方式布置的第一导电型柱的条带和第二导电型柱的条带。第一导电型柱的条带和第二导电型柱的条带沿着活性区域的长度延伸。非活性周界区围绕该活性区，该非活性周界区包括环绕活性区域的至少一个第一导电型的环。紧邻活性区域的边缘延伸的至少一个第一导电型柱的条带的一端基本上在直线处终止，每一个其余的第一导电型柱的条带的一端也均在该直线处终止。该直线垂直于活性区域的长度（第一导电型柱的条带和第二导电型柱的条带沿着此长度延伸）延伸。

在一个实施例中，每两个相邻的第一导电型柱的条带彼此隔开第一间隔。该直线限定活性区域的第一边缘，以使得活性区域的第一边缘与至少一个第一导电型的环隔开第二间隔。

在另一个实施例中，第二间隔小于第一间隔。

在另一个实施例中，第二间隔大约等于第一间隔的一半。

在又一个实施例中，第一导电型柱的条带和第二导电型柱的条带在至少一个第一导电型的环的一端处邻接。

根据本发明的另一个实施例，电荷平衡半导体功率器件包括活性区域，该活性区域包括以交替方式布置的垂直延伸的第一导电型柱的条带和垂直延伸的第二导电型柱的条带。每两个相邻的第一导电型柱的条带彼此隔开第一间隔。非活性周界区环绕该活性区域，并且该非活性周界区包括至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带和至少两个垂直延伸的第一导电型柱的条带。至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带彼此隔开第二间隔，而非活性周界区中的至少两个垂直延伸的第一导电型柱的条带彼此隔开基本上等于第二间隔的间隔。至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带中的每一个的一端均与非活性周界区中的至少两个垂直延伸的第一导电型柱的条带中的对应一个条带隔开第三间隔，其中第二间隔大于第三间隔。

在一个实施例中，第二间隔基本上等于第一间隔。

在另一个实施例中，活性区域中的垂直延伸的第一导电型柱的条带的一端与至少两个水平延伸的第一导电型柱的条带的其中之一隔开基本上等于第三间隔的间隔。

在另一个实施例中，非活性周界区中的至少两个垂直延伸的第一导电极的条带中的每一个延伸越过至少两个水平延伸的第一导电极的条带中的对应一个的一端预定的距离。

在又一个实施例中，第三间隔基本上等于第二间隔的一半。

通过参照说明书的剩余部分和附图可以进一步理解在此所公开的本发明的实质和优点。

附图说明

图 1A 示出了传统电荷平衡功率器件的简化布局图；

图 1B 示出了沿图 1A 的功率器件中的线 A-A 的横截面视图；

图 1C 示出了图 1A 中的功率器件左上角的放大视图；

图 2A 示出了根据本发明示例性实施例的管芯 (die) 的活性区域与该管芯的非活性周界区之间的界面区处的简化布局图；

图 2B 示出了针对图 2A 中不同的示例性尺寸的模拟击穿电压值；

图 3 是示出了根据本发明示例性实施例的电荷平衡功率器件的转角设计的简化布局图；

图 4 是示出了根据本发明另一示例性实施例的电荷平衡功率器件的转角设计的简化布局图；

图 5 是示出了根据本发明又一示例性实施例的电荷平衡功率器件的转角设计的简化布局图；以及

图6是示出了根据本发明又一示例性实施例的电荷平衡功率器件的转角设计的简化布局图。

具体实施方式

图2A示出了根据本发明示例性实施例的容纳有电荷平衡功率器件的管芯(die)的活性区域与该管芯的非活性周界区之间的界面区处的简化布局图。交替的p柱**210P**和n柱**210N**在该器件的活性区域中延伸。活性柱**210N**、**210P**在非活性周界n条带**220**处终止。第一非活性周界p条带**230**在周界n条带**220**的外侧上延伸。在图2A中所示的该示例性电荷平衡器件中,通过在硅中生成沟槽并使用诸如有选择外延生长(SEG)的技术用p型硅填充它们来形成活性p柱**210P**和非活性周界p条带**230**。因此,相邻活性柱**220P**之间的间隔被标注为活性沟槽间隔ActTS,而活性区域的边缘与第一周界p条带**230**之间的间隔被标注为第一沟槽间隔TS1。

术语“活性区域”在此用来指明器件的这样一个区:能够传导电流的活性晶格在该区中形成,而术语“非活性周界区”用来指明器件的这样一个区:非导电结构在该区中形成。

图2B示出了针对图2A中的不同的示例性尺寸的模拟击穿电压值。针对3 μm 的活性沟槽间隔ActTS标绘了与第一沟槽间隔TS1相对的击穿电压。如所见的那样,当TS1小于ActTS(即,TS1 < ActTS)时会获得较高的击穿电压,而当活性柱**210N**、**210P**邻接第一周界p条带**230**(即,TS1=0)时会获得最高的击穿电压。

图3-6是根据本发明示例性实施例的电荷平衡功率器件的各种转角设计的简化布局图。在图3中,标识出了活性区域的垂直和水平的外边界。如所示的那样,活性区域包括以交替方式布置的p柱**310P**和n柱**310N**。器件的非活性外周界中的第一p环**320P**通过

第一沟槽间隔 TS1 与活性区域的水平边缘隔开。终止区 **330** 包括以交替方式布置的 p 环 **332P**、**334P** 和 n 环 **331N**、**333N**。活性区域中的相邻 p 柱 **310P** 之间的活性沟槽间隔被标识为 ActTS。非活性周界区中的相邻 p 环之间的间隔也等于 ActTS，尽管本发明并不限于此（即，在非活性周界区中可以使用与活性区域中不同的沟槽间隔）。

图 3 中的转角设计有利地合并了用于获得源自图 2A、2B 的高击穿电压的设计准则，即，图 3 中的间隔 TS1 与 ActTS 之间的关系为 $TS1 < ActTS$ 。图 3 的设计的另一个重要特征在于：与图 1C 现有技术中的沿着活性区域 **110** 的左边缘的最后几个 p 柱 **110P** 和 n 柱 **110N**（它们在不同高度处终止，因此具有与活性区域中的剩余柱不同的长度）不同，图 3 实施例中的活性区域中的全部 n 柱 **310N** 和 p 柱 **310P** 在基本上相同的高度（此高度与在图 3 中标为“活性区域边缘”的水平尺寸对应）处终止，因此具有基本上相同的长度。这不仅提供了活性区域的转角处的改善的电荷平衡，而且导致活性区域延伸越过可用的硅区域的更大部分，因此实现更有效地使用硅。

除了非活性周界环 **420P**、**431N**、**432P**、**433N**、**434P** 在管芯的转角处具有比图 3 中的那些周界环更尖锐的角度之外，图 4 中的实施例与图 3 中的类似。尽管示出了这些环具有尖锐的 90° 角，但是实际上这些环会在转角处略微地倒圆。如图 3 中的实施例那样，活性区域中的全部 p 环 **410P** 和 n 环 **410N** 都具有基本上相同的长度，且 TS1 小于 ActTS。在一个实施例中，TS1 约等于 ActTS 的一半。

图 5 的实施例与图 4 的类似，除了将 TS1 设定为零之外，因此活性柱 **510N**、**510P** 在第一非活性周界 p 环 **520P** 处终止并且与之邻接。再一次，由于全部活性柱具有相同的长度，在管芯的转角处获得了改善的电荷平衡结构，并且使硅的功用最大化。

图 6 示出了与图 4 类似的实施例，除了周界环是不连续的并且以特定方式彼此偏离之外，从而在活性区域与非活性外周界之间的界面处以及在转角区中都获得最适宜的电荷平衡。在图 6 中，如之前的实施例那样，间隔 TS1 大体上小于间隔 ActTS，并且在一个实施例中间隔 TS1 约为间隔 ActTS 的一半。使周界 p 环在转角处不连续能够实现偏移周界环的不连续的侧向和水平区段。如所示的那样，水平 p 区段 **620P-1** 和垂直 p 区段 **620P-2**（它们在之前的实施例中形成连续的环）通过间隔 S1 彼此隔开。此外，垂直 p 区段 **620P-2** 延伸越过水平 p 区段 **620P-1**，并且与下一个水平 p 区段 **632P-1** 隔开等于 S1 的距离。其他的周界垂直区段和水平区段也类似地布置。

水平周界 p 区段 **620P-1**、**632P-1**、**634P-1** 彼此隔开距离 S2，并且同样地，垂直周界 p 区段 **620P-2**、**632P-2**、**634P-2** 彼此隔开距离 S2。通常，S1 小于 S2。在一个实施例中，S2 等于 ActTS，S1 等于 TS1，且 S1 等于 S2 的一半（即， $S1=TS1 = S2/2 = ActTS/2$ ）。该实施例在管芯的转角处实现了最适宜的电荷平衡。

在此公开的各种电荷平衡技术可以与图 1C 中所示的垂直平面型门电路 MOSFET、其他的电荷平衡 MOSFET 变体（诸如沟槽门电路和屏蔽门电路结构）、以及其他电荷平衡功率装置（诸如 IGBT、双极晶体管、二极管和肖特基器件）相结合。例如，本发明的各种实施例可以与上面所引用的于 2004 年 12 月 29 日提交的美国专利申请第 11/026,276 号的图 14、21-24、28A-28D、29A-29C、61A、62B、63A（例如）中所示的任何器件相结合，该专利申请整体结合于此作为参考。

尽管上面提供了本发明的各种实施例的详细描述，但是多种替换、修改和等同物都是可行的。并且，应理解，在此所提供的所有以数字表示的实例和材料类型都仅仅是为了说明目的并且意图不在于限制本发明。例如，上述实施例中的各种区的极性可以反转以

获得相反类型的器件。因此，由于这个以及其他原因，上面的描述不应用来限制由权利要求限定的本发明的范围。

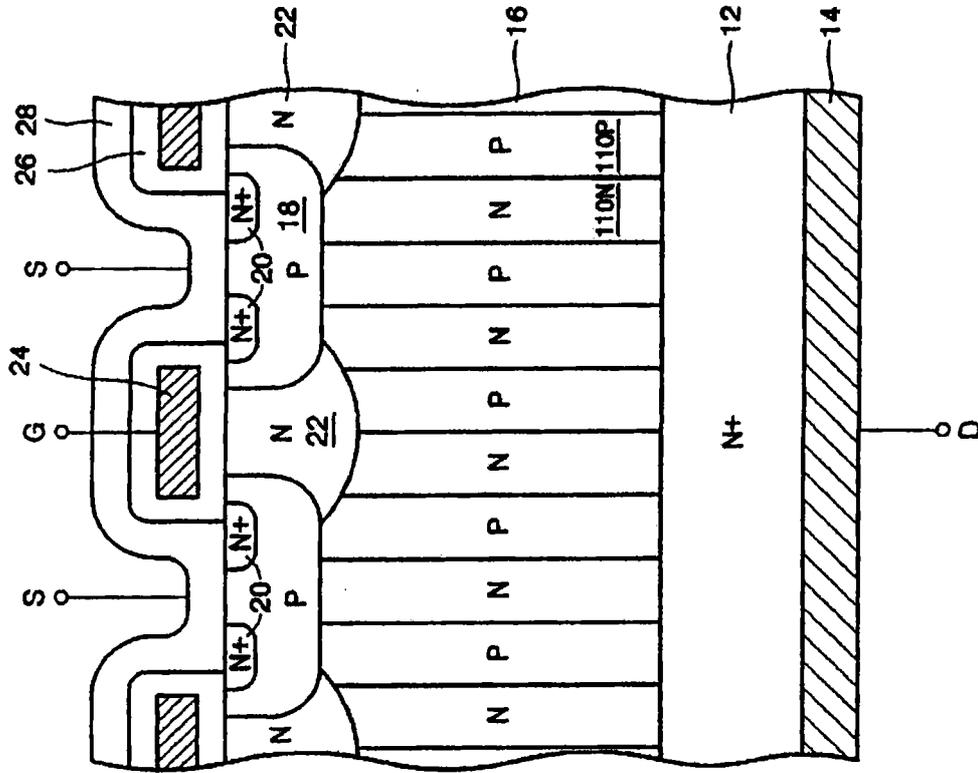


图 1B
(现有技术)

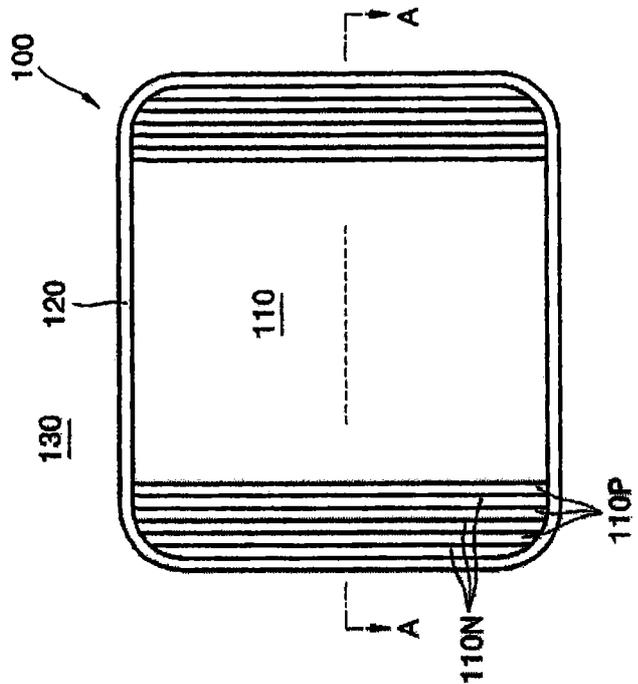


图 1A
(现有技术)

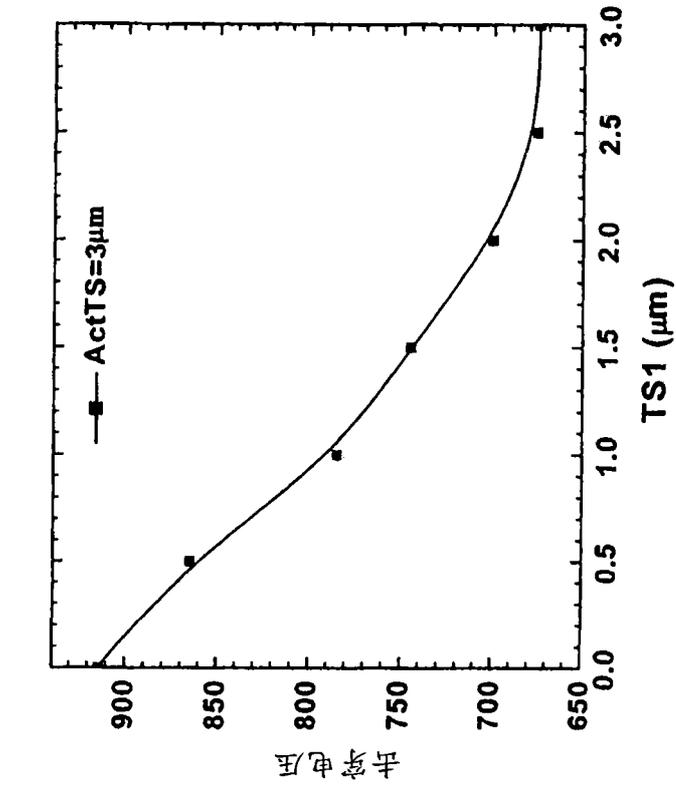


图 2B

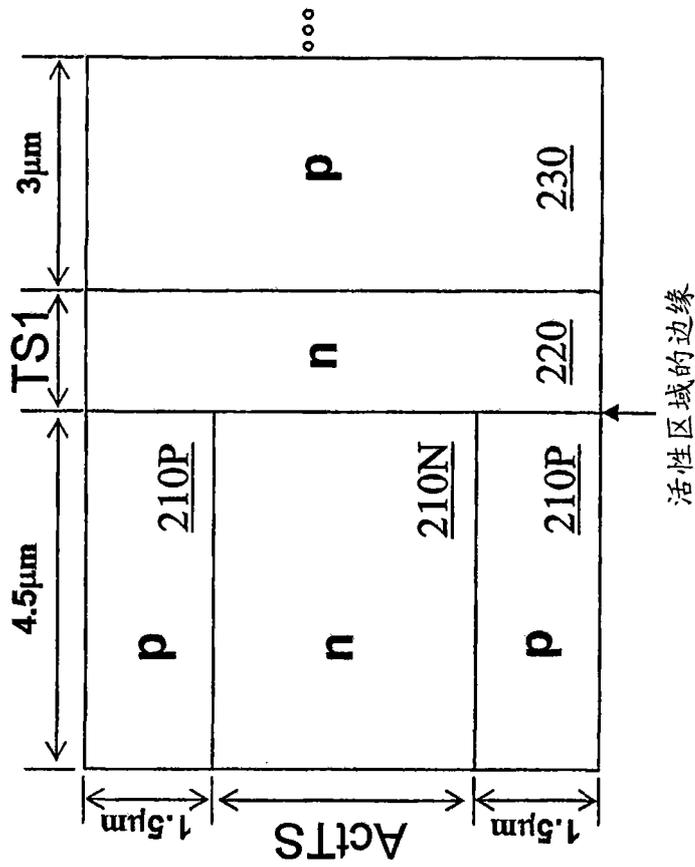


图 2A

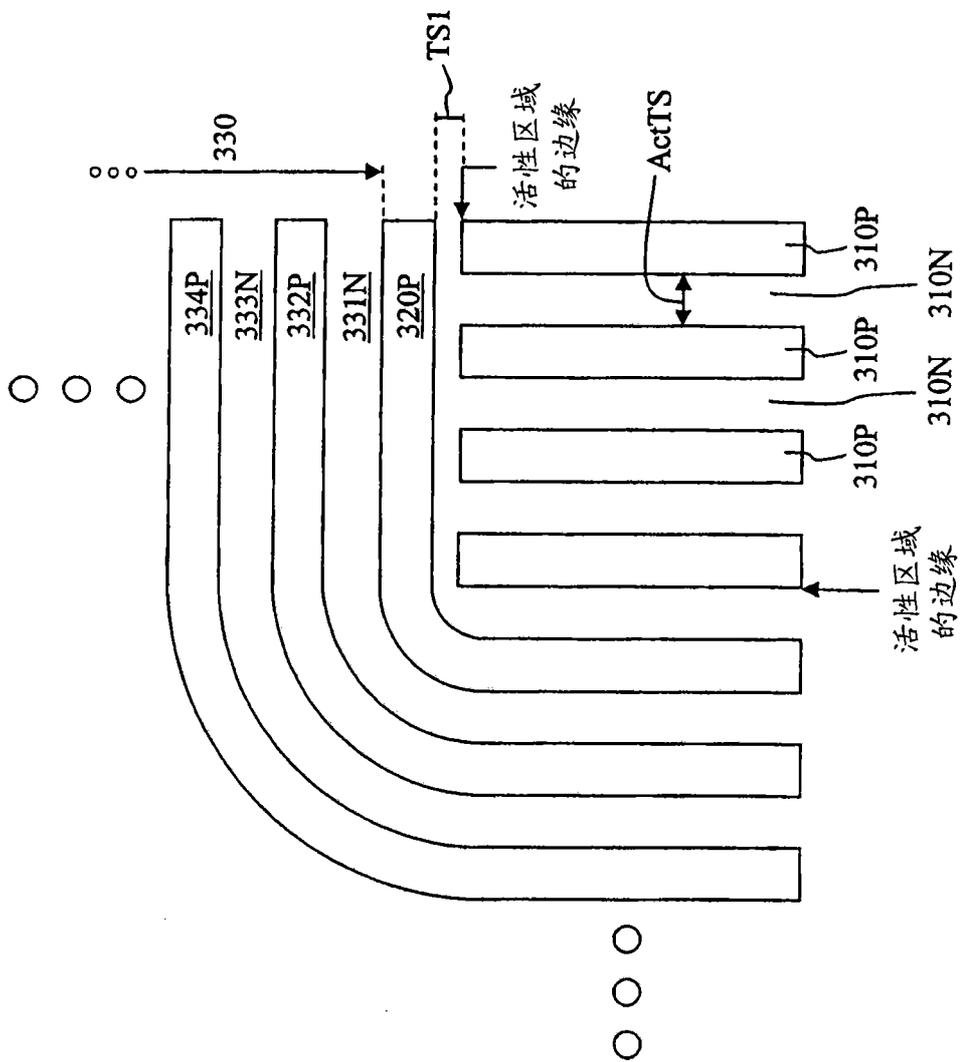


图 3

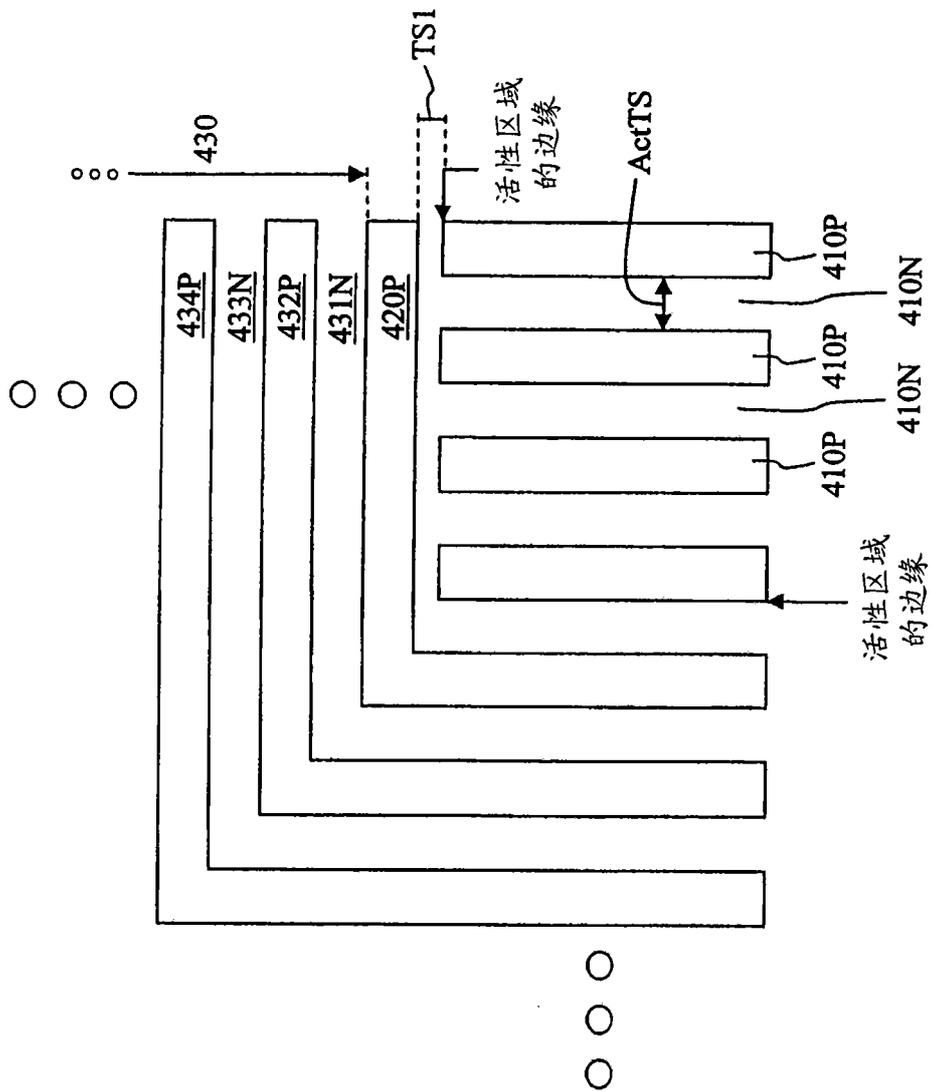


图 4

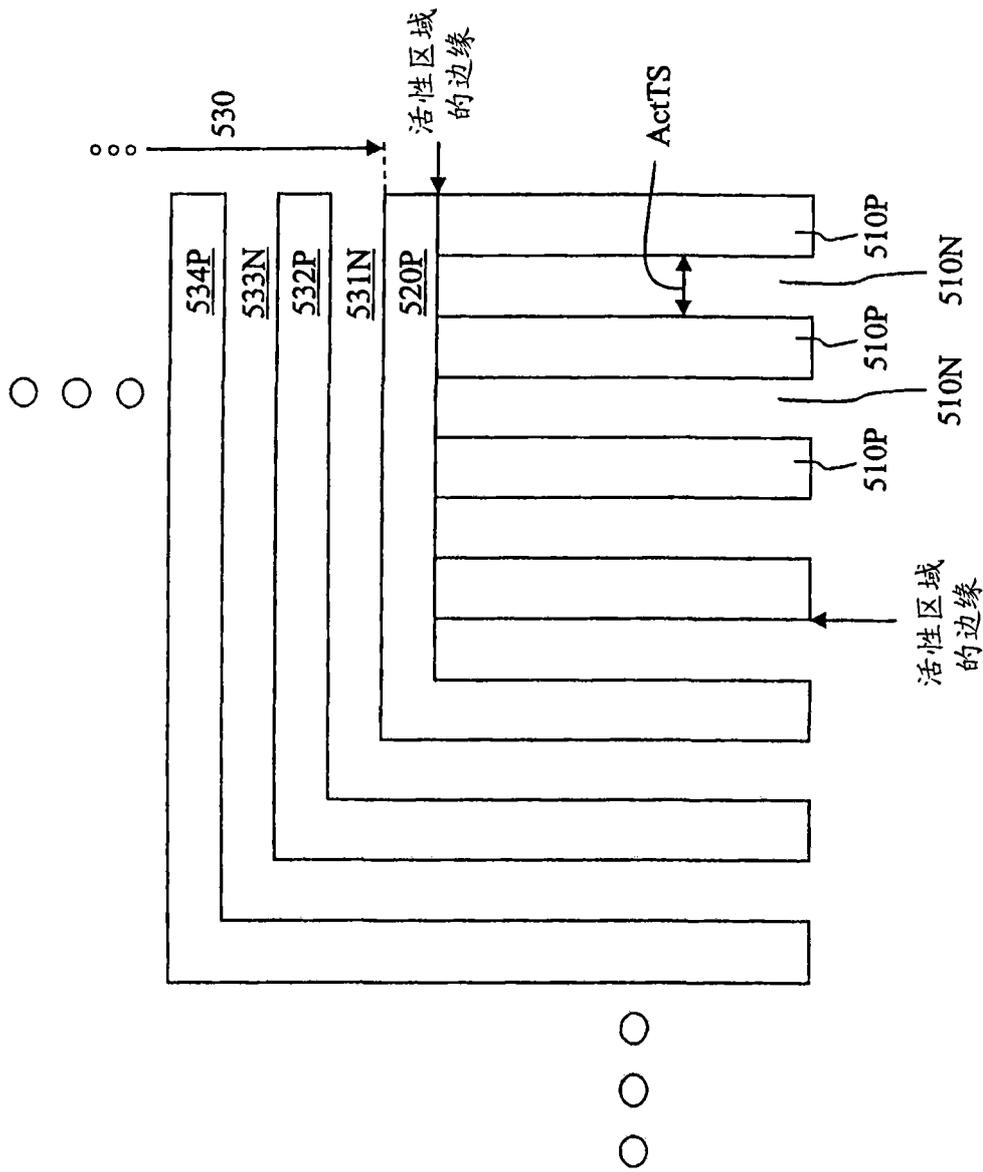


图 5

