



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101351887 B

(45) 授权公告日 2010. 11. 03

(21) 申请号 200680039046. 8

H01L 29/737(2006. 01)

(22) 申请日 2006. 09. 01

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

200506897-8 2005. 10. 19 SG

US 2004/0130037 A1, 2004. 07. 08, 全文.

WO 2005/029572 A1, 2005. 03. 31, 全文.

US 2003/0189215 A1, 2003. 10. 09, 全文.

US 2005/0127397 A1, 2005. 06. 16, 全文.

US 5192987 A, 1993. 03. 09, 全文.

CN 1779996 A, 2006. 05. 31, 全文.

JP 特开 2004-311678 A, 2004. 11. 04, 全文.

US 2002/0117681 A1, 2002. 08. 29, 全文.

US 2005/0067693 A1, 2005. 03. 31, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 04. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/SG2006/000255 2006. 09. 01

(87) PCT申请的公布数据

W02007/046773 EN 2007. 04. 26

(73) 专利权人 霆激技术有限公司

地址 新加坡新加坡市

审查员 郭金霞

(72) 发明人 袁述 康学军 林世鸣

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 赵飞

(51) Int. Cl.

H01L 27/082(2006. 01)

H01L 21/02(2006. 01)

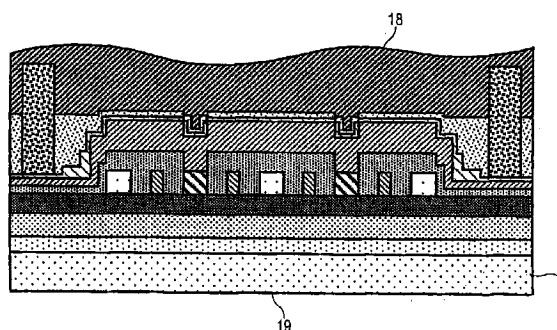
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 10 页

(54) 发明名称

晶体管的制造

(57) 摘要

一种例如高电子迁移率晶体管的晶体管的制造方法, 每一个晶体管包括在共用衬底之上的多个外延层, 该方法包括: (a) 在多个外延层的第一表面上形成多个源极接点; (b) 在第一表面上形成至少一个漏极接点; (c) 在第一表面上形成至少一个栅极接点; (d) 在栅极接点、源极接点和漏极接点之上和之间形成至少一个绝缘层; (e) 在至少一个绝缘层的至少一部分上形成导电层, 以连接源极接点; 以及 (f) 在导电层之上形成至少一个热沉层。



1. 一种制造晶体管的方法, 每一个晶体管包括在共用衬底上的多个外延层, 该方法包括:

在多个外延层的第一表面上形成多个源极接点;

在第一表面上形成至少一个漏极接点;

在第一表面上形成至少一个栅极接点;

在栅极接点、源极接点和漏极接点之上和之间形成至少一个绝缘材料层, 以绝缘栅极接点、源极接点和漏极接点;

在至少一个绝缘层的至少一部分上并穿过其形成导电层, 用于连接源极接点;

在导电层上形成至少一个籽晶层; 以及

电镀至少一个籽晶层, 以形成至少一个热沉层。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中晶体管是高电子迁移率晶体管, 多个外延层包括氮化镓层、氮化铝镓层、n+ 氮化铝镓层和最终氮化镓层, 第一表面在该最终氮化镓层之上; 至少一个绝缘材料层是电绝缘的但是热传导的; 导电层通过在至少一个绝缘层中的过孔连接多个源极接点。

3. 如权利要求 1 或权利要求 2 所述的方法, 其中, 至少一个热沉层是形成于籽晶层层之上的由传导金属构成的相对厚的层。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 籽晶层包括多个籽晶层, 其中多个籽晶层中的第一籽晶层施加到导电层, 该第一籽晶层为具有第一热膨胀系数的材料; 且第二籽晶层形成于第一籽晶层之上, 该第二籽晶层为具有第二热膨胀系数的材料, 该第二热膨胀系数大于该第一热膨胀系数。

5. 如权利要求 4 所述的方法, 其中第一籽晶层和第二籽晶层中的一个为扩散阻挡层, 用于提供施加至其的层的扩散阻挡以防止扩散进外延层。

6. 如权利要求 3 所述的方法, 其中, 该相对厚的层用作由支撑结构、热沉、散热器构成的组中选择的至少一种, 并用作连接器。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 通过生成并接着填充穿过共用衬底和多个外延层直至导电层的至少一个过孔来形成源极连接。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 通过生成并接着填充穿过共用衬底和多个外延层直至至少一个漏极接点的至少一个过孔来形成漏极连接。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 通过生成并接着填充穿过共用衬底和多个外延层直至至少一个栅极接点的至少一个过孔来形成栅极连接。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括在形成至少一个热沉层之后移除衬底; 以及形成由电绝缘且热传导材料构成的另一层来替代衬底。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其中, 通过形成并接着填充穿过多个外延层直至导电层的至少一个过孔来形成源极连接。

12. 如权利要求 10 所述的方法, 其中, 通过生成并接着填充穿过多个外延层直至至少一个漏极接点的至少一个过孔来形成漏极连接。

13. 如权利要求 10 所述的方法, 其中, 通过生成并接着填充穿过多个外延层直至至少一个栅极接点的至少一个过孔来形成栅极连接。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其中实施图案化电镀, 以形成至少一个热沉层。

15. 一种包括晶体管的装置,每一个晶体管包括:
 - (a) 具有第一表面的多个外延层;
 - (b) 多个源极接点、至少一个漏极接点和至少一个栅极接点,它们都在第一表面上;
 - (c) 在源极接点、至少一个漏极接点和至少一个栅极接点之上和之间的至少一个绝缘层,以绝缘栅极接点、源极接点和漏极接点;
 - (d) 在至少一个绝缘层的至少一部分上并穿过其的导电层,用于连接源极接点;以及
 - (f) 电镀在导电层上的籽晶层上的至少一个热沉层。
16. 如权利要求 15 所述的装置,其中,至少一个热沉层位于籽晶层以及至少一个绝缘层的没有覆盖导电层的位置上。
17. 如权利要求 16 所述的装置,其中,该至少一个绝缘层是电绝缘和热传导的。
18. 如权利要求 15 至 17 任一项所述的装置,其中,多个外延层包括氮化镓层、氮化铝镓层、n+ 氮化铝镓层和最终氮化镓层,第一表面在该最终氮化镓层之上。
19. 如权利要求 15 所述的装置,其中,导电层通过在至少一个绝缘层中的过孔连接多个源极接点。
20. 如权利要求 16 所述的装置,其中,至少一个热沉层是在导电层之上的由传导金属构成的一个相对厚的层。
21. 如权利要求 15 所述的装置,其中,籽晶层包括多个籽晶层,其中多个籽晶层中的第一籽晶层在导电层上,该第一籽晶层为具有第一热膨胀系数的材料;且第二籽晶层形成于第一籽晶层之上,该第二籽晶层为具有第二热膨胀系数的材料,该第二热膨胀系数大于该第一热膨胀系数。
22. 如权利要求 21 所述的装置,其中,第一籽晶层和第二籽晶层的一个是扩散阻挡,用于提供施加至其的层的扩散阻挡以防止扩散进外延层。
23. 如权利要求 20 所述的装置,其中,该相对厚的层用作由支撑结构、热沉、散热器和连接器构成的组中选择的至少一种。
24. 如权利要求 15 所述的装置,其中多个外延层位于共用衬底上并且进一步包括穿过共用衬底和多个外延层直至导电层的源极连接。
25. 如权利要求 15 所述的装置,其中多个外延层位于共用衬底上并且进一步包括穿过共用衬底和多个外延层直至至少一个漏极接点的漏极连接。
26. 如权利要求 15 所述的装置,其中多个外延层位于共用衬底上并且进一步包括穿过共用衬底和多个外延层直至至少一个栅极接点的栅极连接。
27. 如权利要求 20 所述的装置,进一步包括穿过多个外延层直至导电层的源极连接。
28. 如权利要求 20 所述的装置,进一步包括穿过多个外延层直至至少一个漏极接点的漏极连接。
29. 如权利要求 20 所述的装置,进一步包括穿过多个外延层直至至少一个栅极接点的栅极连接。
30. 如权利要求 15 所述的装置,其中,该晶体管是高电子迁移率晶体管。

晶体管的制造

技术领域

[0001] 本发明涉及晶体管制造,且特别涉及,但非排他地涉及一种氮化镓高电子迁移率晶体管(“HEMT”)的制造以及由此制造的晶体管。

背景技术

[0002] 近年来,已经推出了 HEMT 器件。它们使得在超过 100W/ 晶片时还具有高功率成为可能;从 -1 到 40GHz 的高频成为可能;且能够在高于 600°C 的温度进行操作。这就产生了许多热量,因为不是所有器件都可以承受这样的温度,所以散热变得重要,且 HEMT 器件可以同许多其他器件一起使用。

发明内容

[0003] 依照第一优选方面,提供一种制造晶体管的方法,每一个晶体管包括衬底上的多个外延层,方法包括:

[0004] 在多个外延层的第一表面上形成多个源极接点;

[0005] 在第一表面上形成至少一个漏极接点;

[0006] 在第一表面上形成至少一个栅极接点;

[0007] 在栅极接点、源极接点和漏极接点之上和之间形成至少一个绝缘层,以使栅极接点、源极接点和漏极接点绝缘;

[0008] 在至少一个绝缘层的至少一部分并在其穿过其形成导电层,用于连接源极接点;

[0009] 以及

[0010] 在导电层上形成至少一个热沉层。

[0011] 依照第二优选方面,提供一种包括晶体管的装置,每一个晶体管包括:

[0012] 具有第一表面的多个外延层;

[0013] 全部在第一表面上的多个源极接点、至少一个漏极接点和至少一个栅极接点;

[0014] 在栅极接点、源极接点和漏极接点之上和之间的至少一个绝缘层,以使栅极接点、源极接点和漏极接点绝缘;

[0015] 在至少一个绝缘层的至少一部分上并穿过其的形成导电层,用于连接源极接点;以及

[0016] 在导电层上的至少一个热沉层。

[0017] 晶体管可以是高电子迁移率晶体管。多个外延层可以包括一氮化镓层、一铝氮化镓层、一 n+ 铝氮化镓层和一最终氮化镓层。第一表面可以在最终氮化镓层之上。导电层可以通过在至少一个绝缘层中的过孔连接多个源极接点。该至少一个绝缘层可以是导热且电绝缘的。

[0018] 一个相对厚的导热金属层可以形成在导电层之上。形成相对厚的层之前,在导电层上形成至少一个籽晶层。

[0019] 可以通过分别生成并接着填充穿过衬底和外延层直至漏极接点、栅极接点和导电

层的过孔来形成漏、栅和源连接。

[0020] 可选择地,可以移除衬底并通过分别生成并接着填充穿过外延层直至漏极接点、栅极接点和导电层的过孔来形成漏、栅和源连接。这种情况下,可以应用另一导热但电绝缘的材料的层替代衬底。

附图说明

[0021] 为了使本发明可以被充分理解且容易地产生经济效果,现用仅为本发明优选实施例的非限制性实例进行描述,参考附图进行说明。

[0022] 附图中:

[0023] 图 1 是器件处于制造工艺第一步的示意图;

[0024] 图 2 是器件处于制造工艺第二步的示意图;

[0025] 图 3 是器件处于制造工艺第三步的示意图;

[0026] 图 4 是器件处于制造工艺第四步的示意图;

[0027] 图 5 是器件处于制造工艺第五步的示意图;

[0028] 图 6 是器件处于制造工艺第六步的示意图;

[0029] 图 7 是器件处于制造工艺第七步的示意图;

[0030] 图 8 是器件处于制造工艺第八步的示意图;

[0031] 图 9 是器件处于制造工艺第九步的示意图;

[0032] 图 10 是器件处于制造工艺第十步的示意图;

[0033] 图 11 是器件处于制造工艺第十一步的示意图;

[0034] 图 12 是器件处于制造工艺第十二步的示意图;

[0035] 图 13 是器件处于制造工艺第十三步的示意图;

[0036] 图 14 是沿图 13 上的箭头 14-14 的线并在该方向上的完整截面图;

[0037] 图 15 是器件处于制造工艺第十四步的示意图;

[0038] 图 16 是沿图 15 上的箭头 16-16 的线并在该方向上的完整截面图;

[0039] 图 17 是器件处于制造工艺第十五步的示意图;

[0040] 图 18 是器件处于制造工艺第十六步的示意图;

[0041] 图 19 是沿图 18 上的箭头 19-19 的线并在该方向上的完整截面图;

[0042] 图 20 是器件处于制造工艺第十七步的示意图;

[0043] 图 21 是器件处于制造工艺最后一步的示意图;以及

[0044] 图 22 是器件处于制造工艺另一可选的最后一步的示意图。

具体实施方式

[0045] 图 1 示出在制造开始时的结构。蓝宝石衬底 1 上具有缓冲层 2,且外延层 3 在缓冲层 2 上。外延层 3 包括 GaN 层 4、AlGaIn 层 5 和 n-AlGaIn 层 6、以及最终 GaN 层 7。

[0046] 之后,在最终 GaN 层表面上形成源极接点 8 和漏极接点 9(图 2),每个晶体管都存在源极接点 8 和漏极接点 9。之后,在每一个源极接点 8 和每一个漏极接点 9 之间形成栅极接点 10(图 3)。这样,当激发每一个栅极 10 时,电流将从一个源极 8 流至位于源极接点 8 两侧的两个漏极 9。

[0047] 如图 4 中所示,之后,施加一个电绝缘层以电绝缘接点 8、9、10,同时又能够导热,该电绝缘层例如是 AlN 的钝化层 11。该层 11 最好是导热的。在钝化层 11 上应用抗蚀剂(图 5),并且形成穿过钝化层 11 直至源极接点 8 的过孔 12,并移除抗蚀剂。由导电导热金属构成的另一层 13 施加到钝化层 11 上,该层 13 也填充过孔 12。其连接源极接点 8(图 6)。这样,所有接点 8、9 和 10 都在一个平面内。

[0048] 如图 7 所示,至少另一层 14 施加到传导金属层 13 上且钝化层 11 不被传导金属层 13 覆盖。该另一层 14 是一籽晶层。

[0049] 籽晶层 14 可以是多层—例如,三个不同的金属层。第一籽晶层应与导电层 13 粘合良好,且可以是铬或钛。继该层之后是第二层和第三层,可以分别为钽和铜。其他材料可以用于所有籽晶层。第二籽晶层可作为扩散阻挡层,防止位于其顶部(例如,第三籽晶层)的铜或其他材料扩散进外延层 3。第三籽晶层作为后续电镀的籽晶层。

[0050] 如图所示,有两层 15、16,层 15 作为扩散阻挡层且另一层 16 为籽晶层。

[0051] 这些籽晶层的热膨胀系数可以与 GaN 的热膨胀系数 3.17 不同。同时,接触层 13 的热膨胀系数可以与 GaN 的热膨胀系数不同(它们分别是 14.2 和 13.4),它们相对薄(几个纳米)且不会对下面的 GaN 外延层形成严重的应力问题。但是,之后增加的电镀铜可达几百微米的厚度,并因此引起严重的应力问题。故这些籽晶层可以用来缓冲应力。通过以种或多种实现:

[0052] 通过具有足够的柔性来吸收应力,

[0053] 通过具有足够的内部滑动特性来吸收应力,

[0054] 通过具有足够的刚性承受应力,以及

[0055] 通过具有逐渐变化的热膨胀系数。

[0056] 在逐渐变化的热膨胀系数的情况下,第一层的热膨胀系数最好小于第二层的热膨胀系数,且第二层的热膨胀系数最好小于第三层的热膨胀系数等等。例如,所示的第一层 15 可以是热膨胀系数为 6.3 的钽,且第二层 16 可以是热膨胀系数为 16.5 的铜。这样,热膨胀系数从钝化层 13 逐渐变化到外部的铜层 18。另外可选择的是而具有不同的膨胀系数,以在相关温度下,一个金属层扩展的同时另一个收缩。

[0057] 如果外部的铜层 18 直接施加到接触层 13 和钝化层 11,则它们的热膨胀率的差异会导致裂化、分离和/或故障。通过沉积多个不同材料的籽晶层,特别是彼此具有不同热膨胀系数的金属,热膨胀的应力通过籽晶层分散,结果降低了裂化、分离和/或故障的可能性。如果存在一个(多个)中间层,则该一个(多个)中间层的膨胀系数应当介于层 15 和 16 的膨胀系数之间,且应当从第一层 15 的热膨胀系数逐渐变化到最后一层 16 的热膨胀系数。也可以没有中间层,或可以根据任何需要或期望设置中间层的层数(一层、两层、三层等等)。

[0058] 由于具有例如铜的相对厚的金属的图案化镀层 18 将用作新衬底和/或热沉,因此通过标准光刻将一个图案化的厚抗蚀剂 17 施加到籽晶层 15(图 8),以及在厚抗蚀剂 17 之间和其上电镀剩余的金属 18 以形成单金属支撑层 18(图 9)。

[0059] 之后,依照例如 Kelly[M. K. Kelly, O. Ambacher, R. Dimitrov, R. Handschuh 和 M. Stutzmann, phys. stat. sol. (a) 159, R3(1997)] 所描述的公知技术,实施蓝宝石衬底 1 的移除或剥离(图 10 和 11)。还可以通过抛光或湿法刻蚀移除衬底 1。其暴露 GaN 层 4 最下

面的表面 19。最好在外延层 3 完整时实施剥离衬底,以改善移除质量和结构强度。通过在移除时保持外延层 3 的完整,保证了外延层 3 的电学和机械特性。

[0060] 移除原始衬底 1 之后,厚电镀金属 18 能够用作如下一个或多个:新的机械支撑;且在操作半导体器件期间能够用作如下一个或多个:热沉、散热器和连接层。由于最终 GaN 层 7 相对薄,所以产生于活性层 3 中的热量更容易能够传导到厚的层 18。且,每一个层 11、13 和 14 都是热传导性的。

[0061] 一个(多个)籽晶层 14 可以是电绝缘层,但必须是优良的热导体,例如 AlN。

[0062] 厚的层 18 产生一个寄生电容,其减缓操作速度。通过增加层 18 和外延层 3 之间的距离,可以降低寄生电容。

[0063] 将抗蚀剂层施加到 GaN 层 4 的当前暴露表面 19,且实施刻蚀以形成至少一个穿过外延层 13 直至漏极接点 9 的过孔 20(图 12)。之后填充过孔 20(图 13)以形成漏极连接 21。图 14 示出漏极连接 20、源极接点 8 和栅极接点 10 的示意图。

[0064] 形成一个穿过外延层 3 直至栅极接点 10 的单独过孔 22(图 15),且填充过孔 22 以形成栅极连接 23。

[0065] 图 16 示出栅极接触 23 以及漏极接触 20 和源极接点 8 的示意图。

[0066] 图 17 和 18 示出用于形成源极连接 8 的相似工艺。形成一个穿过外延层 3 直至源极连接层 13 的过孔 24,且填充过孔 24 以形成源极连接 25。

[0067] 图 19 示出源极连接 25 的示意图。

[0068] 接着实施刻蚀(图 20)以形成穿过外延层 3、钝化层 11 和导电层 13 直到暴露出厚抗蚀剂 17 端部的缺口 26。之后,为了管芯切割而移除厚抗蚀剂 17。

[0069] 这留下了连接 20、23 和 25,故器件可以被电连接。另外可选择地,如图 22 所示,图 17 和 18 的工艺可以避免如前所述的管芯切割。之后,源极接点层 13 的电连接将在 26 的任一面或两面。

[0070] 如果需要,可以在适当的位置剥离衬底 1 并通过如激光来钻孔以使连接 20、23 和 25 得以形成。另外可选择地,并如图 21 所示,可以添加另一热传导但电绝缘材料(例如 AlN)的层 27 代替衬底 1。

[0071] 这样,HEMT 器件可以与相对厚的金属层 18 一起使用,该金属层 18 作为如下一个或多个:器件的接点、热沉、热扩散器和物理支撑物。钝化层 11、导电层 13、籽晶层 14 和相对厚的层 18 的综合效果是,它们都是传导性的,所以它们组合起来,将热量从外延层 3 传导开,并将它们组合作为热沉。

[0072] 虽然已经在前述描述中描述了本发明的优选实施例,但是本领域技术人员可以理解的是,在不背离本发明的情况下,有关设计或构造细节可以进行多种变化或改进。

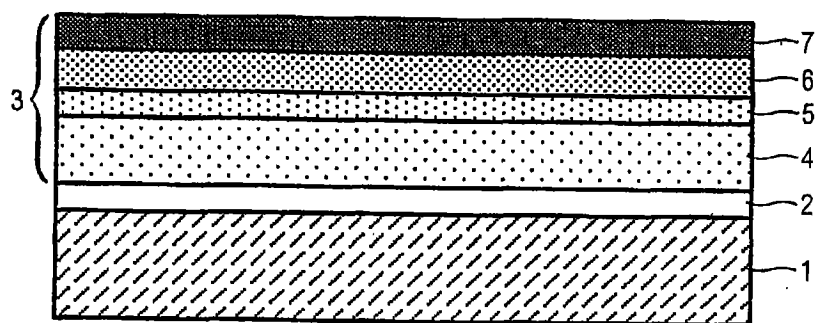


图 1

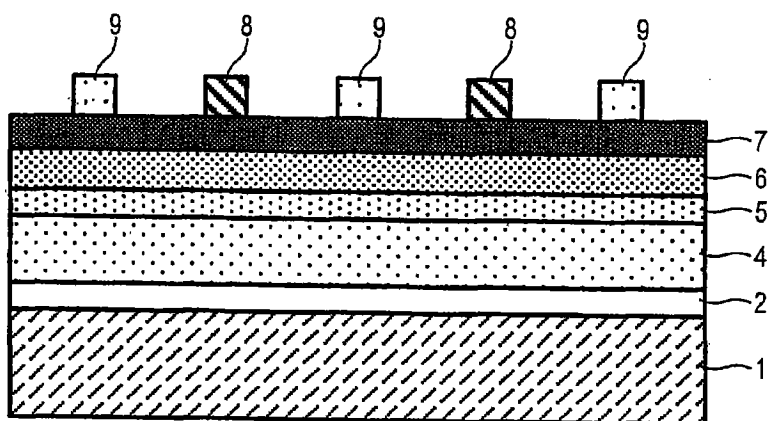


图 2

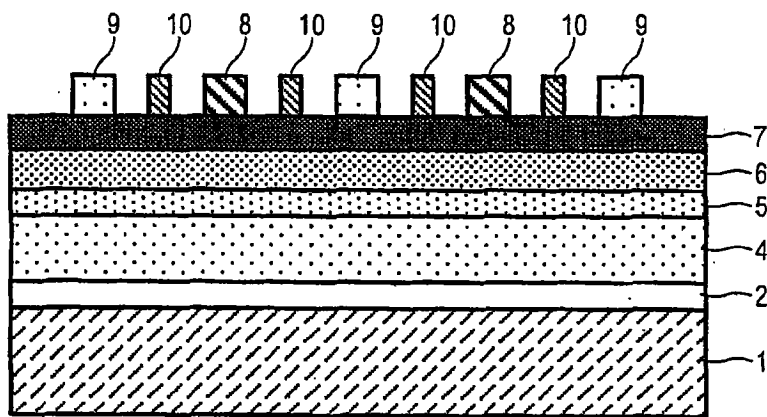


图 3

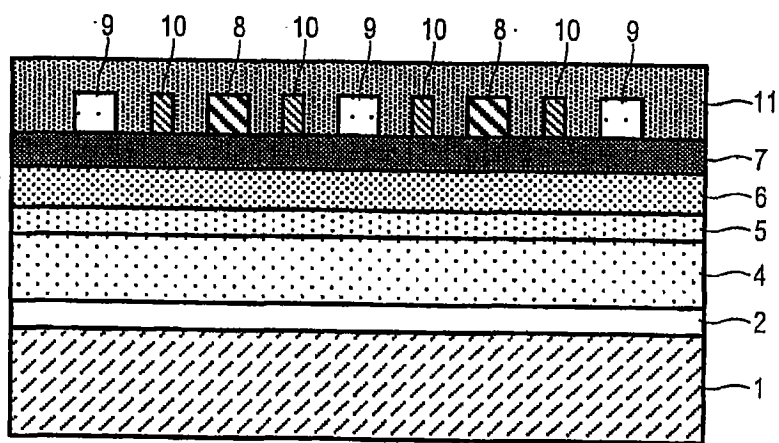


图 4

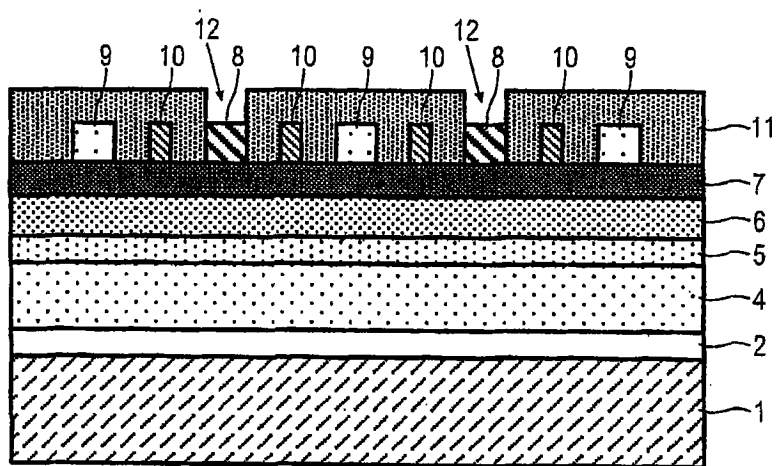


图 5

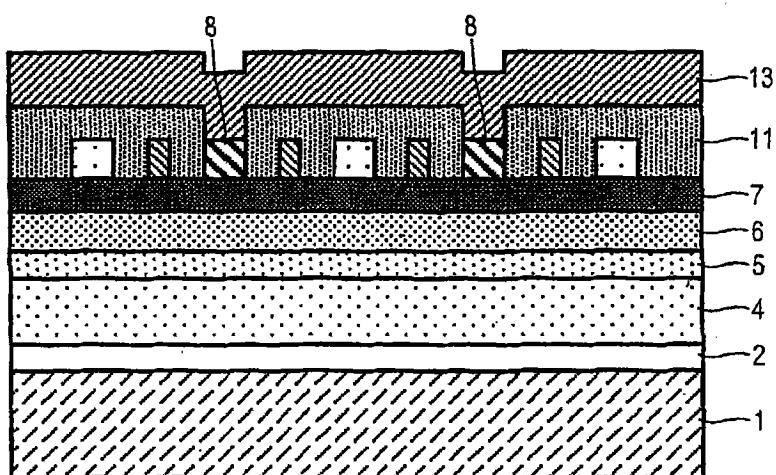


图 6

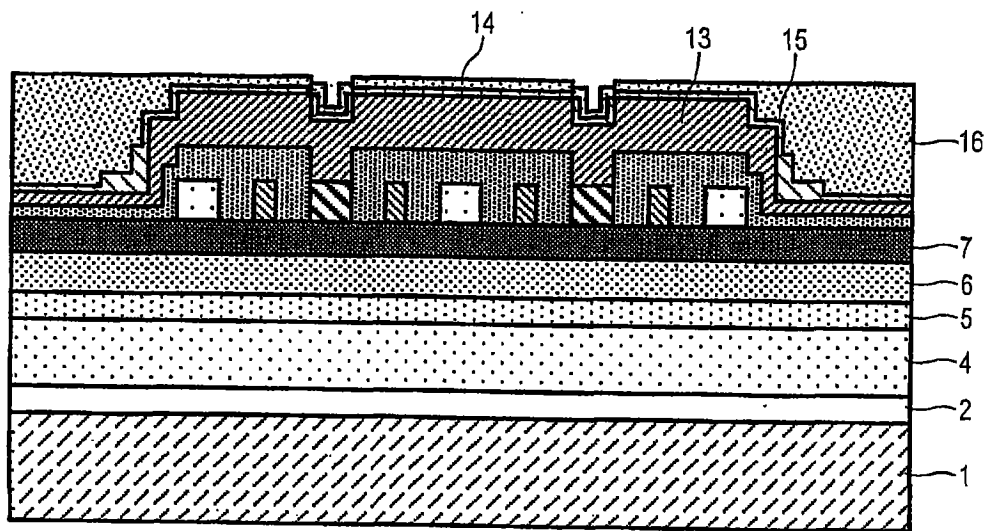


图 7

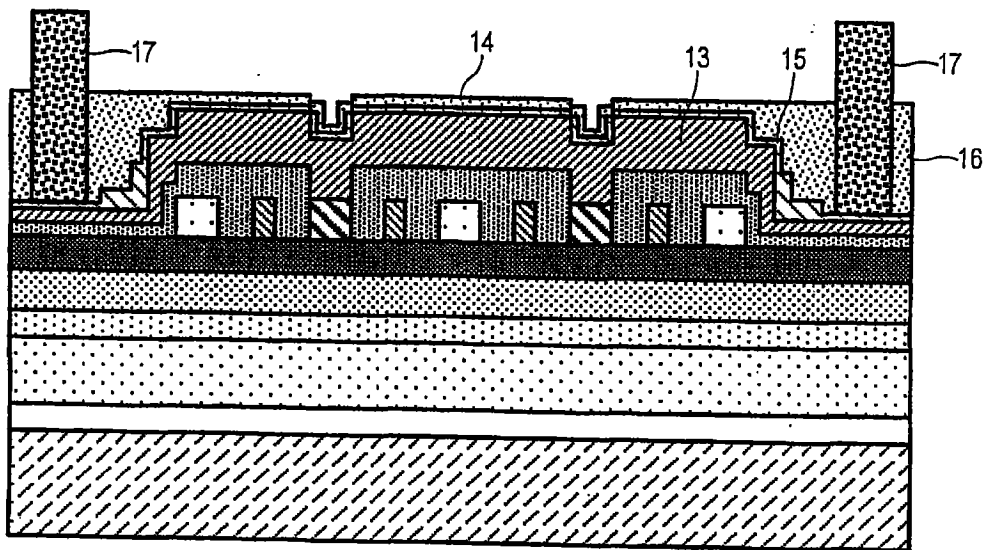


图 8

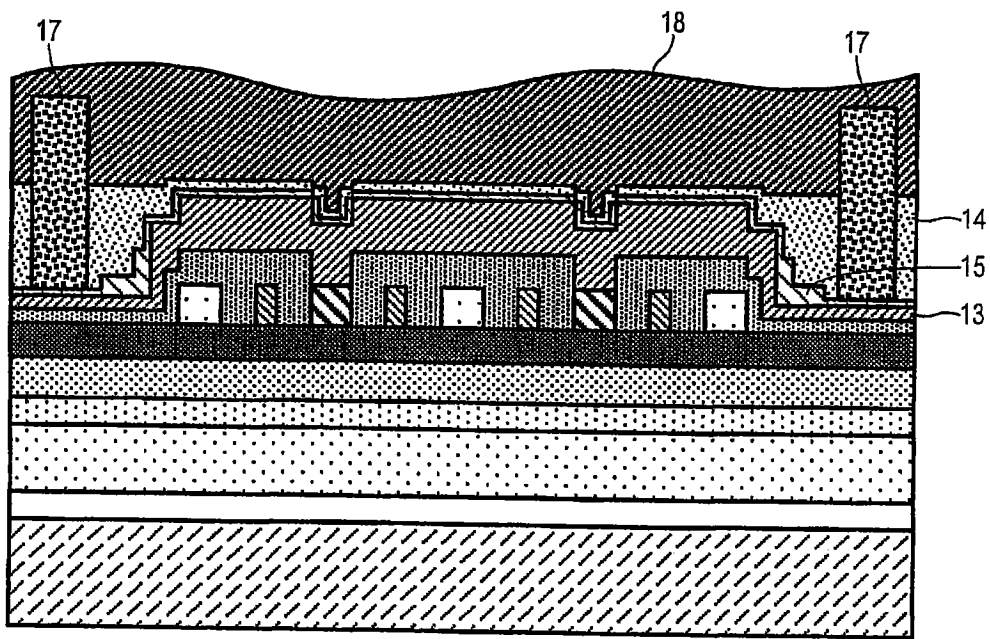


图 9

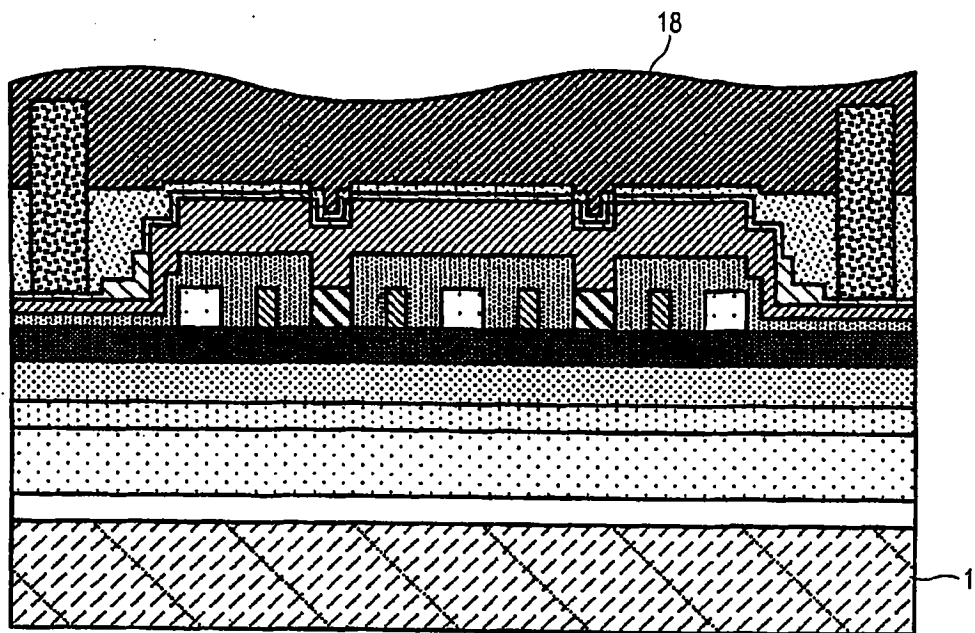


图 10

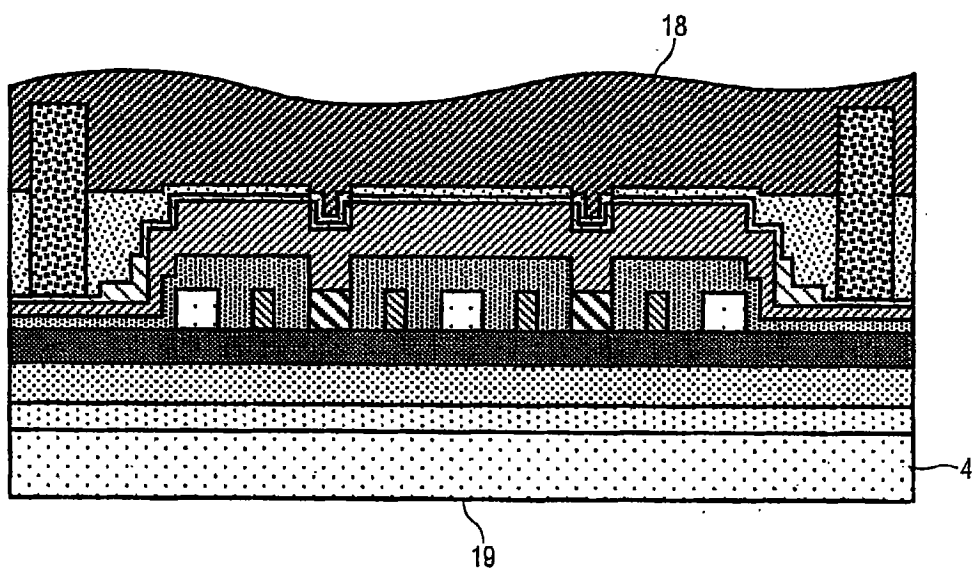


图 11

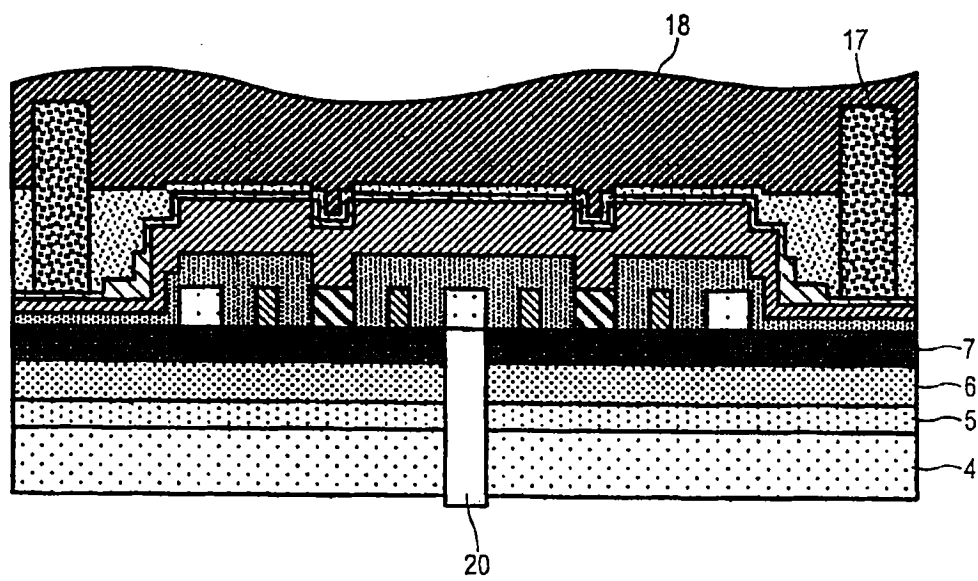


图 12

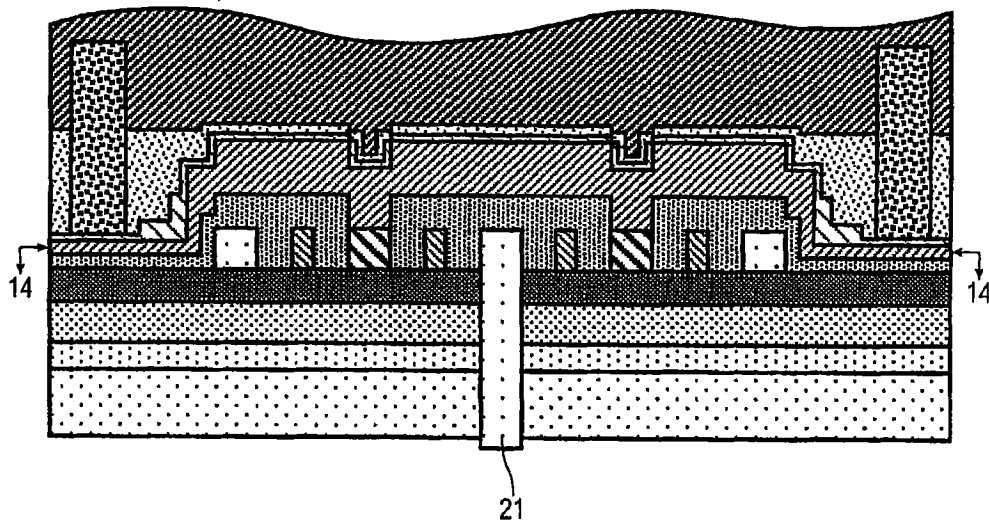


图 13

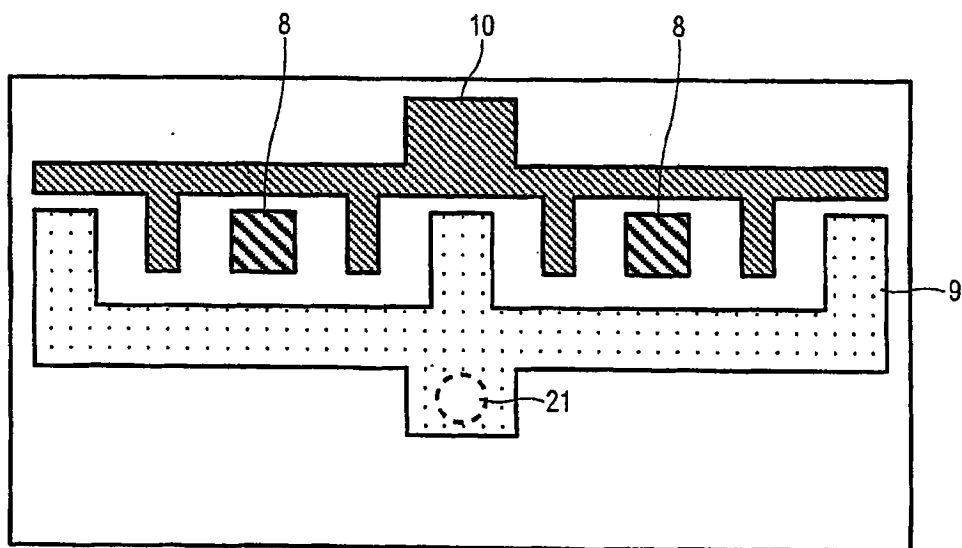


图 14

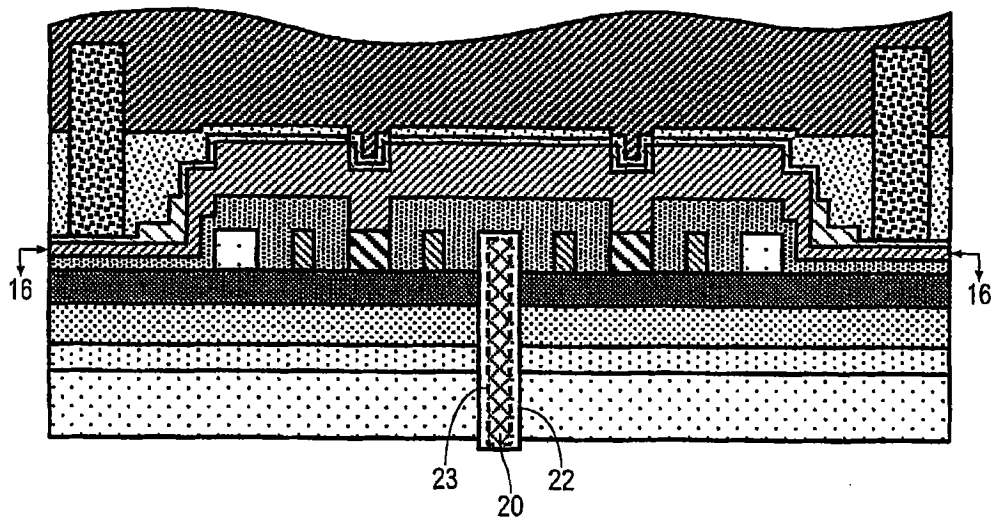


图 15

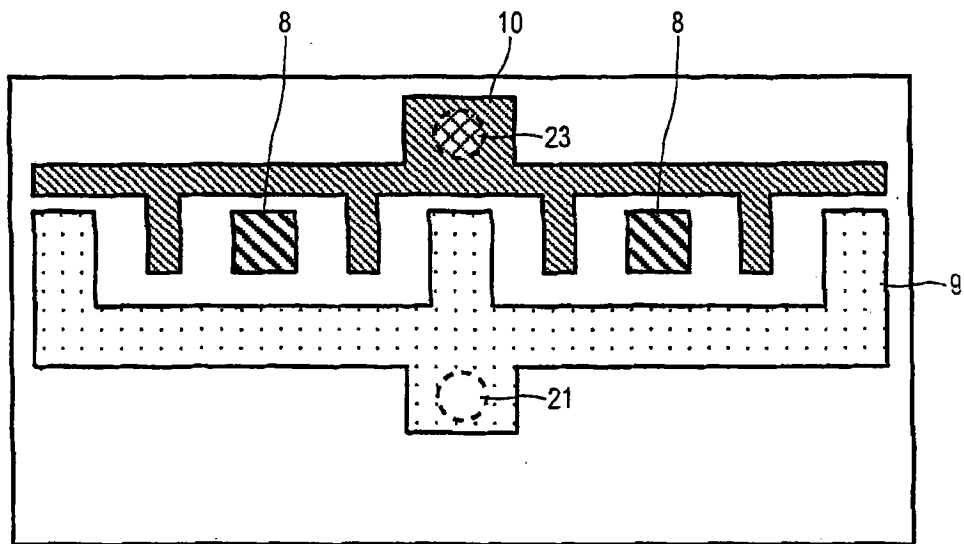


图 16

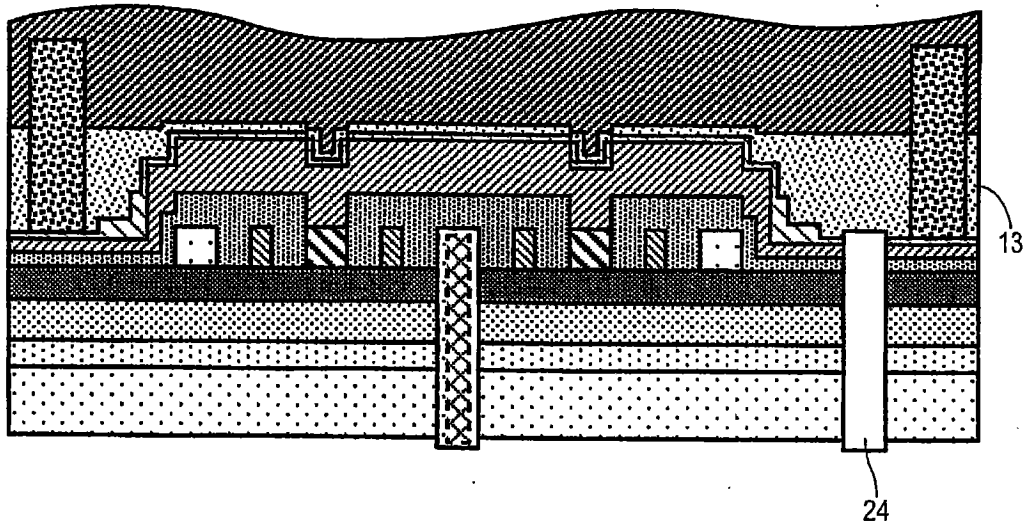


图 17

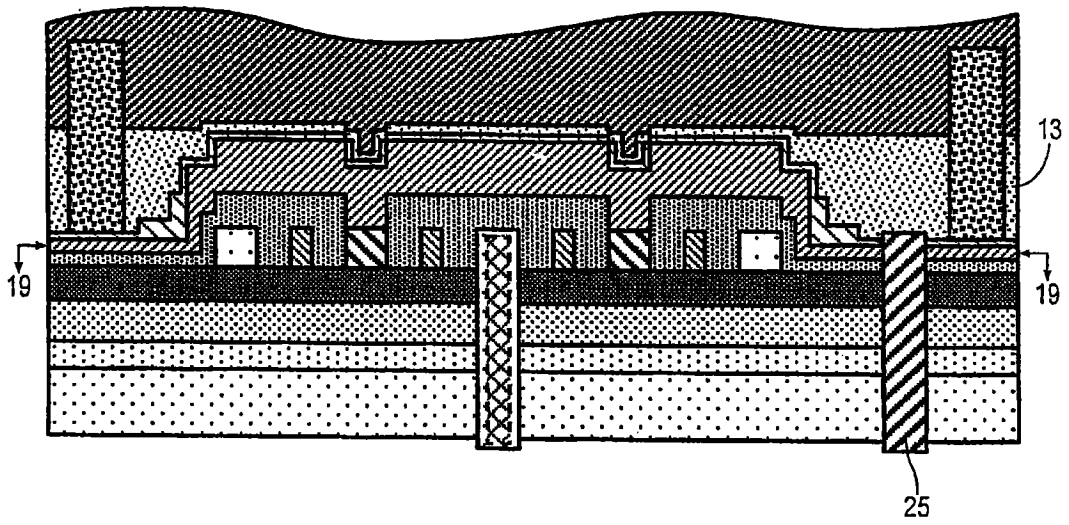


图 18

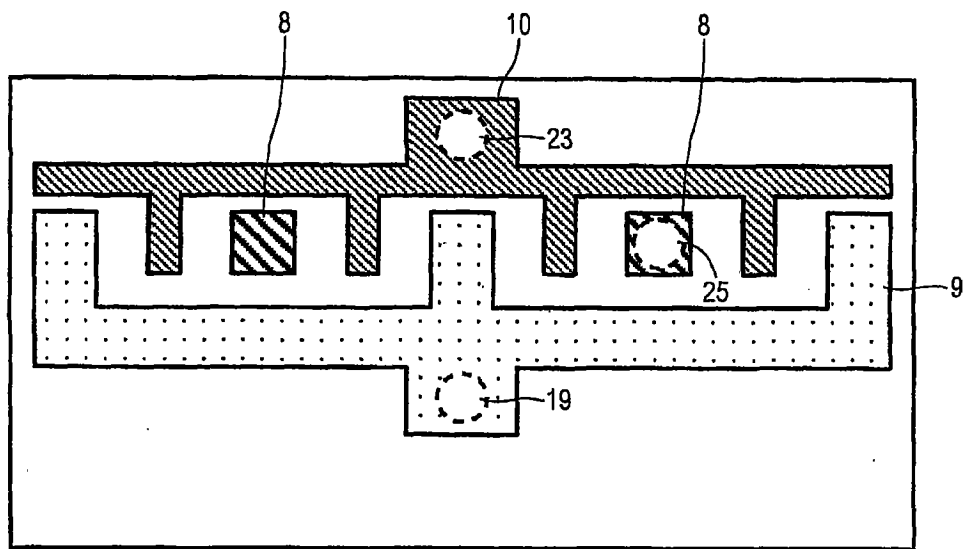


图 19

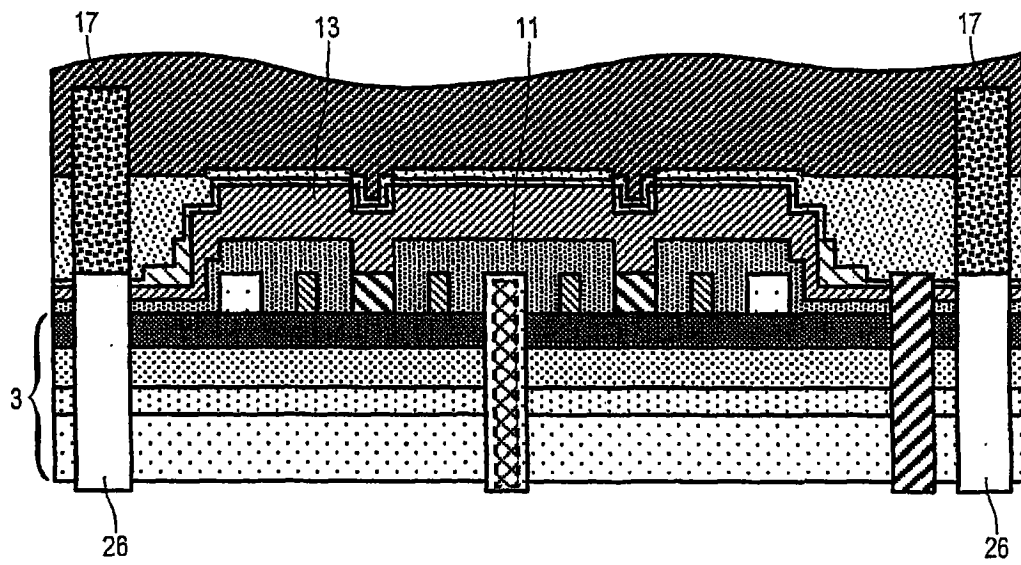


图 20

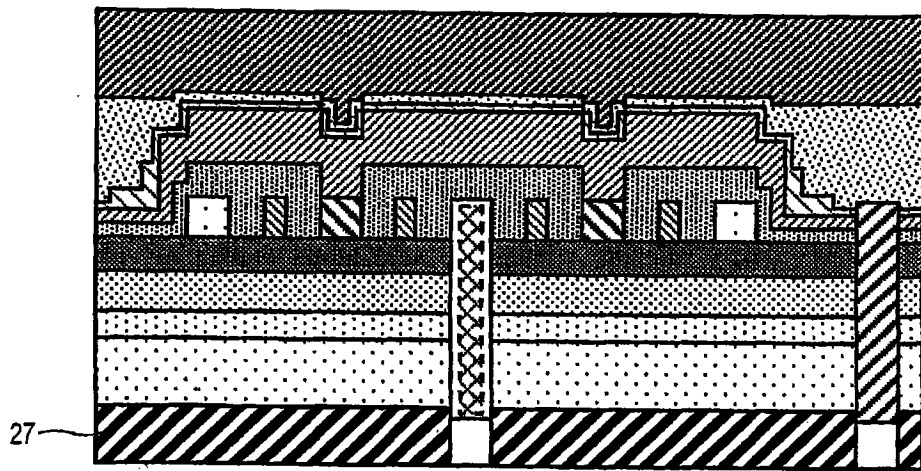


图 21

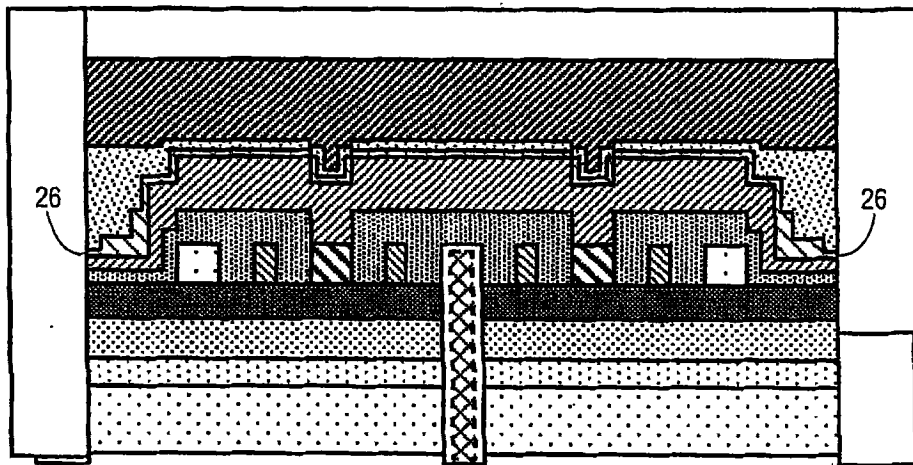


图 22