

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 23/522 (2006.01)

H01L 21/768 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810074179.X

[43] 公开日 2008年9月3日

[11] 公开号 CN 101257000A

[22] 申请日 2008.2.27

[21] 申请号 200810074179.X

[30] 优先权

[32] 2007. 2. 27 [33] US [31] 11/679,483

[71] 申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约阿芒克

[72] 发明人 丹尼尔·C·埃德尔斯坦 野上毅

王平川 王允愈 杨智超

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 张波

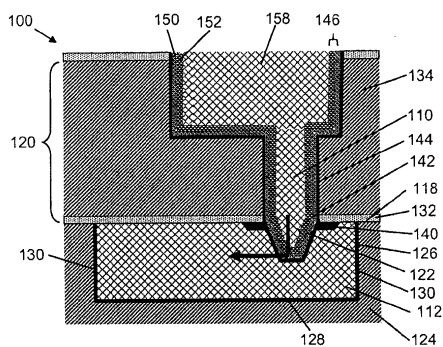
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

包括通孔的结构及其制造方法

[57] 摘要

本发明提供一种结构及相关方法，该结构包括在铜布线和介电层的无衬界面处的难熔金属环。在一实施例中，一结构包括：铜布线，与其上的介电层具有无衬界面；通孔，从该铜布线向上延伸穿过该介电层；以及难熔金属环，从该通孔的侧面部分沿该无衬界面延伸。难熔金属环通过改善通孔周围的界面来防止电迁移造成的狭缝空缺，并防止空缺成核出现在通孔附近。另外，在通孔和介电层无衬界面附近存在空缺时，难熔金属环提供电冗余。



1. 一种结构, 包括:

金属布线, 与其上的介电层具有无衬界面;

通孔, 从该金属布线向上延伸穿过该介电层; 以及

难熔金属环, 从该通孔的侧面部分沿着该无衬界面延伸。

2. 如权利要求 1 所述的结构, 其中该通孔包括在该金属布线中的基本截面圆锥形的部分。

3. 如权利要求 1 所述的结构, 其中该难熔金属环包括选自由钽 (Ta)、钛 (Ti)、钨 (W)、钌 (Ru)、铱 (Ir)、铑 (Rh) 和铂 (Pt) 中的至少一种构成的组的材料。

4. 如权利要求 1 所述的结构, 还包括在该通孔周围的第一衬垫, 该第一衬垫包括该难熔金属。

5. 如权利要求 4 所述的结构, 还包括在该通孔周围形成第二衬垫, 该第二衬垫包括至少一金属扩散阻挡层和金属籽层。

6. 如权利要求 5 所述的结构, 其中该至少一金属扩散阻挡层选自包括钽、氮化钽、钛、氮化钛、钨、氮化钨、钌、以及氮化钌的组。

7. 如权利要求 5 所述的结构, 其中该金属布线包括铜, 该金属籽层选自包括铜、铜铝、铜铱、铜镍、以及铜钌中的至少一种的组。

8. 如权利要求 1 所述的结构, 其中该金属布线位于另一介电层中, 且还包括在该金属布线和该另一介电层之间的衬垫。

9. 如权利要求 1 所述的结构, 其中该介电层包括与该金属布线形成无衬界面的阻挡层、以及在该阻挡层上方的层间电介质。

10. 一种方法, 包括:

设置金属布线于第一介电层中;

在该金属布线上形成第二介电层以在该金属布线和该第二介电层之间形成无衬界面;

形成穿过该第二介电层且到该金属布线中的开口;

在该第二介电层下从该开口制作底切;

形成难熔金属环于该底切中; 以及

用金属填充该开口以形成通孔。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其中所述设置包括仅沿该金属布线的底部和侧面设置衬垫于该金属布线和该第一介电层之间。

12. 如权利要求 10 所述的方法,其中所述形成开口包括进行镶嵌工艺以在该第一介电层中形成所述开口,且进行气体溅射工艺以将该开口延伸到该金属布线中。

13. 如权利要求 10 所述的方法,其中所述制作底切包括进行各向异性湿法/干法蚀刻。

14. 如权利要求 10 所述的方法,还包括在所述填充之前形成第一衬垫于该开口中,该第一衬垫包括该难熔金属。

15. 如权利要求 14 所述的方法,还包括在所述填充之前形成第二衬垫于该开口中,该第二衬垫包括至少一金属扩散阻挡层和金属籽层。

16. 如权利要求 15 所述的方法,其中该至少一金属扩散阻挡层选自包括钽、氮化钽、钛、氮化钛、钨、氮化钨、钌、以及氮化钌的组。

17. 如权利要求 15 所述的方法,其中该金属布线包括铜,该金属籽层选自包括铜、铜铝、铜铱、铜镍、以及铜钌中的至少一种的组。

18. 一种结构,包括:

铜布线,与其上的介电层具有无衬界面;

通孔,从该铜布线向上延伸穿过该介电层,该通孔包括在该铜布线中的基本截头圆锥形的部分;

在该通孔周围的第一衬垫,该第一衬垫包括难熔金属;以及
难熔金属环,从该通孔的侧面部分沿该无衬界面延伸。

19. 如权利要求 18 所述的结构,其中该难熔金属环包括选自由钽(Ta)、钛(Ti)、钨(W)、钌(Ru)、铱(Ir)、铑(Rh)和铂(Pt)中的至少一种构成的组的材料。

20. 如权利要求 18 所述的结构,其中该介电层包括与该铜布线形成该无衬界面的阻挡层、以及在该阻挡层上方的层间电介质。

包括通孔的结构及其制造方法

技术领域

本发明总地涉及集成电路（IC）芯片制造，更特别地，涉及在铜布线和介电层无衬界面处具有难熔金属环的包括通孔的结构及相关方法。

背景技术

在集成电路芯片制造工业中，电迁移（electromigration, EM）导致的故障是高级线后端（back end of line）技术的主要关注点。特别地，早期电迁移导致的故障显著减小产品芯片在操作条件下的预期电流限制。一种电迁移导致的故障是“线损耗（line-depletion）”。如图 1A-1C 所示，线损耗电迁移包括从向上延伸的通孔 10 向下流入下面的金属布线 12 的电流。当电流流动时，原子移动造成“狭缝空缺（slit void）”故障 14（图 1C），其例如始于通孔 10 与无衬界面 18 之间的位点（site）16（图 1B），无衬界面 18 在金属线 12 与其上的介电层 20 之间。众所周知，该狭缝空缺会在电路运行期间在电迁移条件下造成非常早的故障，因为不用多长时间就可形成这样的小空缺。图 1A 和 1B 中的箭头显示了电迁移流的方向（例如电迁移期间的原子流）。一般地，狭缝空缺故障 14（图 1C）在通孔 10 与金属布线 12 之间的界面附近的缺陷位点 16（图 1B）开始（或成核），且生长到通孔 10 的底部 22，直到它延伸在整个界面上且造成电开口 24，如图 1C 所示。狭缝空缺故障 14 出现在有（如图所示）或没有通孔刨槽（via gouging）（即通孔 10 延伸到金属线 12 中）的结构中。

发明内容

本发明提供一种结构及相关方法，该结构包括在金属布线和介电层的无衬界面处的难熔金属环（collar）。在一实施例中，一结构包括：与其上的介电层具有无衬界面的铜布线；通孔，从该铜布线向上延伸穿过该介电层；以及难熔金属环，从该通孔的侧面部分沿着该无衬界面延伸。难熔金属环通过改善通孔周围的界面来防止电迁移造成的狭缝空缺，并防止空缺成核出现在

通孔附近。另外，在通孔和介电层无衬界面附近存在空缺时，难熔金属环提供供电冗余。

本发明的第一方面提供一种结构，包括：与其上的介电层具有无衬界面的铜布线；通孔，从该铜布线向上延伸穿过该介电层；以及难熔金属环，从该通孔的侧面部分沿着该无衬界面延伸。

本发明的第二方面提供一种方法，包括：提供铜布线于第一介电层中；在该铜布线上形成第二介电层，以在该铜布线和该第二介电层之间形成无衬界面；形成开口贯穿该第二介电层且到该铜布线中；在该第二介电层下从该开口产生底切 (undercut)；形成难熔金属环于该底切中；以及用金属填充该开口以形成通孔。

本发明的第三方面提供一种结构，包括：与其上的介电层具有无衬界面的铜布线；通孔，从该铜布线向上延伸穿过该介电层，该通孔包括在该铜布线中的基本截头圆锥形的部分；在该通孔周围的第一衬垫，该第一衬垫包括难熔金属；以及难熔金属环，从该通孔的侧面部分沿着该无衬界面延伸。

本发明的示例性方面用于解决这里描述的问题和/或未论述的其他问题。

附图说明

本发明的这些和其他特征将从下面结合附图对本发明各方面的详细描述变得更易于理解，附图示出本发明的各实施例，附图中：

图 1A-1C 示出其中电迁移导致故障的常规通孔和金属布线界面；

图 2 示出根据本发明实施例的结构。

图 3-7 示出形成图 2 结构的方法。

注意，本发明的附图不是按比例绘制的。该附图仅意在表现本发明的一般方面，因此不应认为是对本发明的范围的限定。在附图中，类似的附图标记代表类似的元件。

具体实施方式

图 2 示出根据本发明实施例的结构 100。结构 100 包括通孔 110，其从金属布线 112 (例如铜) 向上延伸穿过介电层 120。在一实施例中，通孔 110 包括在金属布线 112 中的基本截头圆锥形的部分 122。但是，本发明的教导不限于此类通孔。金属布线 112 位于另一介电层 124 中，且包括在金属布线

112 和介电层 124 之间的衬垫 (liner) 126。衬垫 126 可包括任意现在已知的或将来开发的金属扩散阻挡材料, 例如钽、氮化钽、钛、氮化钛、钨、氮化钨、钨、氮化钨等。但是需要注意的是, 衬垫 126 仅沿着金属布线 112 的底部 128 和侧面 130 将金属布线 112 和介电层 124 分隔开。因此, 金属布线 112 包括与其上的介电层 120 的无衬界面 118。

介电层 120 包括与金属布线 112 形成无衬界面 118 的阻挡层 132、以及在阻挡层 132 上的层间电介质 134。阻挡层 132 可包括任意现在已知的或将来开发的介电阻挡层, 诸如碳化硅 (SiC)、氮化硅 (Si₃N₄)、二氧化硅 (SiO₂)、氮或氢掺杂的碳化硅 (SiC(N,H)) 等。层间电介质 134 可包括任意现在已知的或将来开发的多孔或非多孔层间电介质材料, 诸如硅氧化物, 硅氮化物, 氢化碳氧化硅 (SiCOH), 倍半硅氧烷 (silsesquioxane), 包含硅、碳、氧、和/或氢原子的碳掺杂氧化物 (即有机硅酸酯), 热固性聚芳醚 (polyarylene ether), SiLK (可从 Dow Chemical Corporation 得到的聚芳醚), JSR (可从 JSR Corporation 得到的旋涂含硅碳聚合物材料), 其它低介电常数 (< 3.9) 材料, 或其层。

结构 100 还包括难熔金属环 140, 其从通孔 110 的侧面 142 部分沿着无衬界面 118 延伸。另外, 第一衬垫 144 可形成于通孔 110 周围, 第一衬垫 144 包括相同的难熔金属。在一实施例中, 该难熔金属包括钨, 但是, 其它难熔金属诸如钽 (Ta)、钛 (Ti)、钨 (W)、铱 (Ir)、铑 (Rh)、铂 (Pt) 等或其混合物也可被采用。通孔 110 还可包括在通孔周围的第二衬垫 146, 其中第二衬垫 146 包括至少一金属扩散阻挡层 150 (即衬垫) 和为形成通孔 110 的金属 158 做种的金属籽层 152。在一实施例中, 金属 158 包括铜, 但是, 其它金属诸如铜合金、铝 (Al)、铝合金、银 (Ag) 等可被采用。金属扩散阻挡层 (或多层) 150 可包括例如钽/氮化钽、钛/氮化钛、钨/氮化钨、钨/氮化钨等。当金属 158 是铜时, 金属籽层 152 可包括铜 (Cu) 或其它合金材料, 例如铜、铜铝合金、以及其它铜合金诸如铜铱、铜镍、和/或铜钨。

难熔金属环 140 和金属布线 112 界面有一慢电迁移路径, 其中电迁移流 (即电迁移期间的原子流) 被迫向下至金属布线 112 中 (如箭头所示) 而不是聚集在无衬界面 118 附近 (如图 1A-1B 所示)。特别地, 由于界面处的粘合相较于金属和电介质基阻挡层 132 材料间的粘合有很大的提高, 因此金属布线 112 (例如铜) 和难熔金属环 140 之间的界面对电迁移导致的空缺形成

有很强的抵抗性。因此，在通孔 110 周围的无衬界面 118 处的局部电迁移流大大减少。另外，由于难熔金属环 140 只形成于通孔 110 周围，而不是直接在通孔 110 和金属线 112 接触处的下方，所以通孔接触电阻不受该特征影响。即使空缺形成于通孔 110 之下，通孔 110 周围的难熔金属环 140 也用作冗余导电路径，因此防止结构 100 电断开。

结构 100 还减少了热循环故障。热循环测试是反映产品经历的温度偏移的必要的可靠性试验。由于金属和它周围电介质（或多种电介质）之间的热膨胀不匹配，故障或裂纹会发生在通孔和金属布线界面处，导致电断开。难熔金属环 140（机械上远强于铜）用作锚（anchor）以防止通孔 110 在应力下拉出金属布线 112。

下面将结合图 3-7 描述形成结构 100（图 2）的方法的实施例。要理解的是，多种方法可被采用，下面是一个示例。在图 3 中，使用任意现在已知的或将来开发的技术将金属布线 112 设置在介电层 124 中。例如，将介电层 124 沉积在基板（未显示）上，图案化（包括光刻）一掩膜（未显示），蚀刻该掩膜，蚀刻一开口，沉积衬垫 126，沉积一金属（布线 112），以及化学机械抛光（CMP）。如前所指，衬垫 126 仅沿着金属布线 112 的底部 128 和侧面 130 将金属布线 112 和介电层 124 分隔开。

图 3 还示出在金属布线 112（和介电层 124）上方形成介电层 120 以形成金属布线 112 和介电层 124 之间的无衬界面 118。如前所指，介电层 120 可包括与金属布线 112 形成无衬界面 118 的介电阻挡层 132（例如氮化硅）、以及位于介电阻挡层 132 之上的层间电介质 134（例如 SiCOH）。图 3 还示出形成穿过介电层 134 和介电阻挡层 132 到金属布线 112 的开口 160。尽管开口 160 示出为使用双镶嵌工艺形成，但是需要理解的是，可以使用单个通孔开口（单镶嵌工艺）。如果需要，开口 160 还可延伸到金属布线 112 中。

图 4 示出将开口 160 延伸到金属布线 112 中的可选工艺即气体溅射工艺。在该溅射工艺中使用的气体可包括氩（Ar）、氦（He）、氖（Ne）、氙（Xe）、氮（N₂）、氢（H₂）、氨（NH₃）、二氮烯（N₂H₂）、或其混合物中的一种，优选地包括氩。基本截头圆锥形的开口 162 产生在金属布线 112 中。

图 5 示出在介电层 120 下（即在介电阻挡层 132 下）从开口 160 制作底切 164。在一实施例中，制作底切可包括进行各向异性湿法/干法蚀刻。

图 6 示出例如通过原子层沉积（ALD）和/或化学气相沉积（CVD）在

底切 164(图 5)中形成难熔金属环 140。如前所指,难熔金属可包括钽(Ta)、钛(Ti)、钨(W)、钌(Ru)、铱(Ir)、铑(Rh)和/或铂(Pt)等,或其混合物。图 6 还示出在用金属填充开口 160(图 2)之前在开口 160 内形成第一衬垫 144。在该情况下,第一衬垫 144 可包括用于难熔金属环 140 的难熔金属。

图 7 示出在用金属填充开口 160 之前在开口 160 内形成第二衬垫 146。如前所指,第二衬垫 146 可包括至少一金属扩散阻挡层 150(即衬垫)和金属籽层 152。如前所指,金属扩散阻挡层(或多层)150 可包括例如钽/氮化钽、钛/氮化钛、钨/氮化钨、钌/氮化钌等。又如前所指,当金属 158(图 2)是铜时,金属籽层 152 可包括例如铜,铜铝合金,以及其它铜合金诸如铜铱、铜镍、和/或铜钌。

回到图 2,用金属 158 例如诸如铜的金属填充开口 160(图 7)以形成通孔 110,以及任何必需的平坦化完成结构 100。需要理解的是,本发明的教导可在 IC 芯片的层级内重复多次,且可对于 IC 芯片的不同层级重复多次。

上述结构和方法用于集成电路芯片的制造。所得集成电路芯片可由制造者以原始晶片(raw wafer)形式(即作为具有多个未封装芯片的单个晶片)作为裸芯片分发,或以封装形式分发。在后一情况中,该芯片安装在单芯片封装中(诸如塑料载具,用连接到主板(motherboard)或其它更高级别载具的引线),或安装在多芯片封装中(诸如具有任一表面互联或两表面互连、或者埋设互连的陶瓷载具)。在任何情况中,芯片又与其它芯片、离散电路元件、和/或其它信号处理装置集成,作为(a)中间产品诸如主板或(b)最终产品的一部分。最终产品可以是包括集成电路芯片的任意产品,涵盖从玩具和其他低端应用到具有显示器、键盘或其它输入设备、以及中央处理器的高级计算机产品。

前面对本发明各方面的描述是用于示例和说明,其无意详尽本发明或将本发明限制到所公开的精确形式,显然地,许多修改或变型是可行的。这样的修改和变型,其对本领域技术人员而言是显然的,意在包括在所附权利要求定义的本发明的范围内。

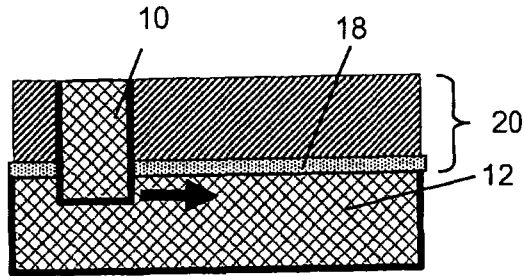


图 1A

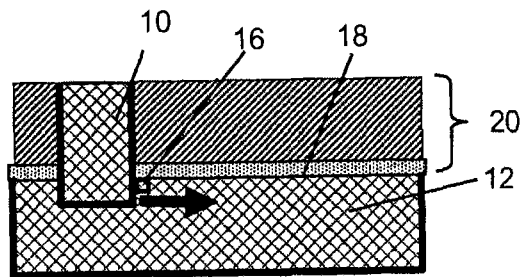


图 1B

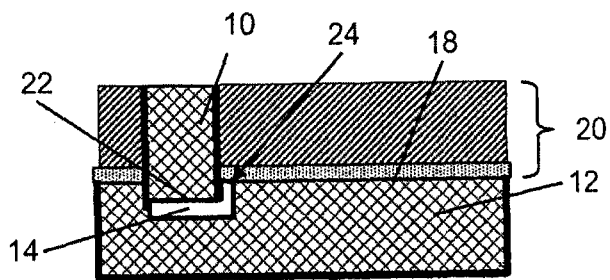


图 1C

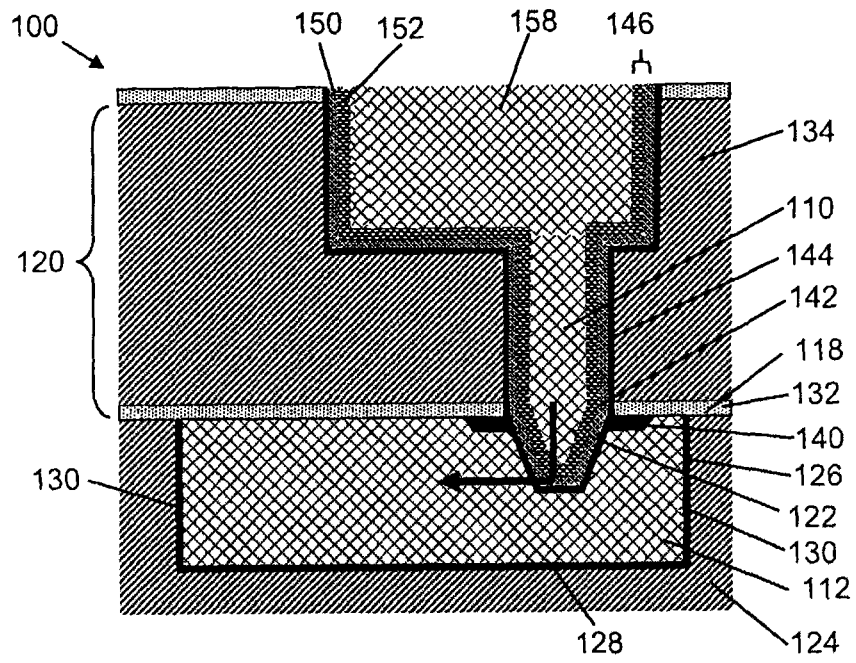


图 2

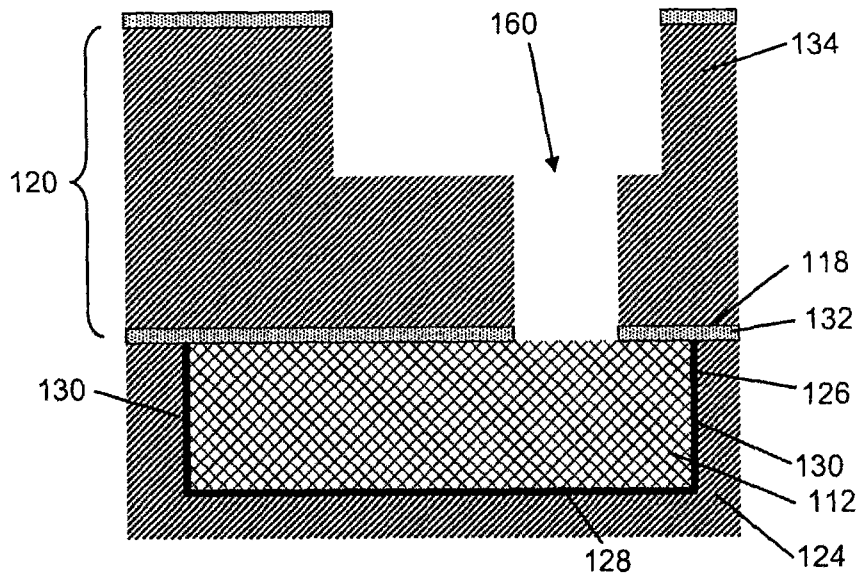


图 3

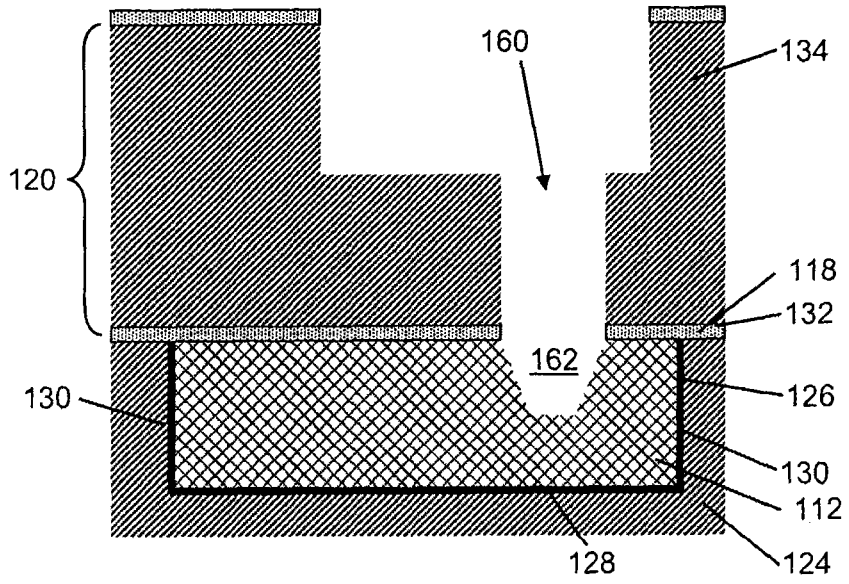


图 4

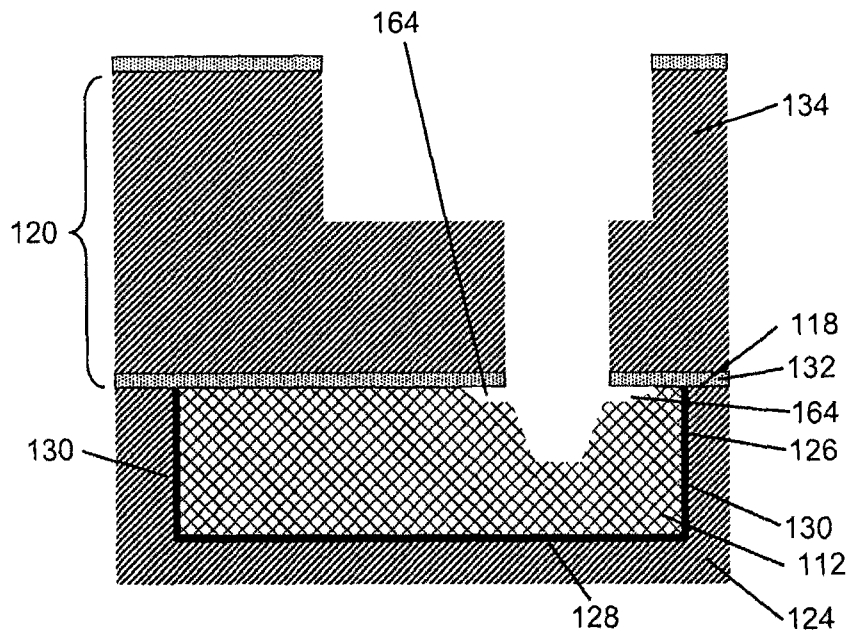


图 5

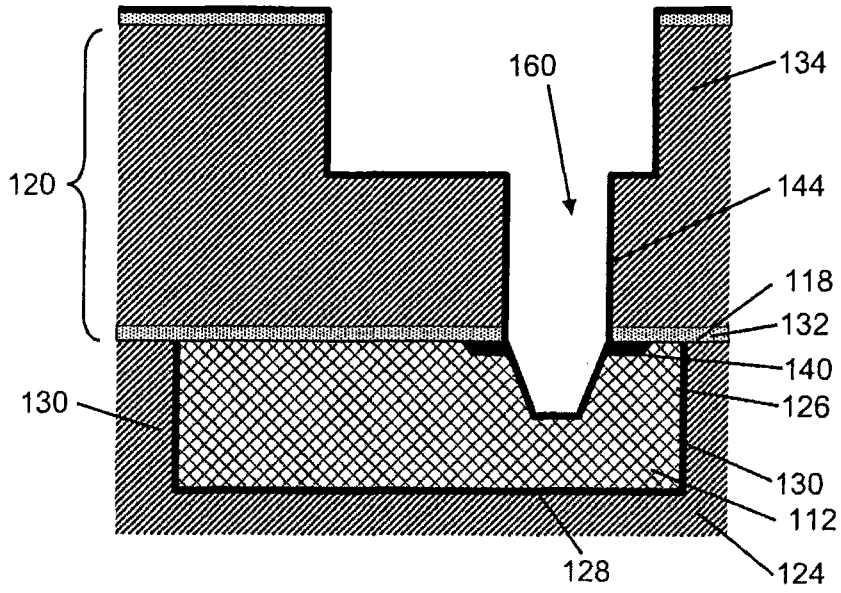


图 6

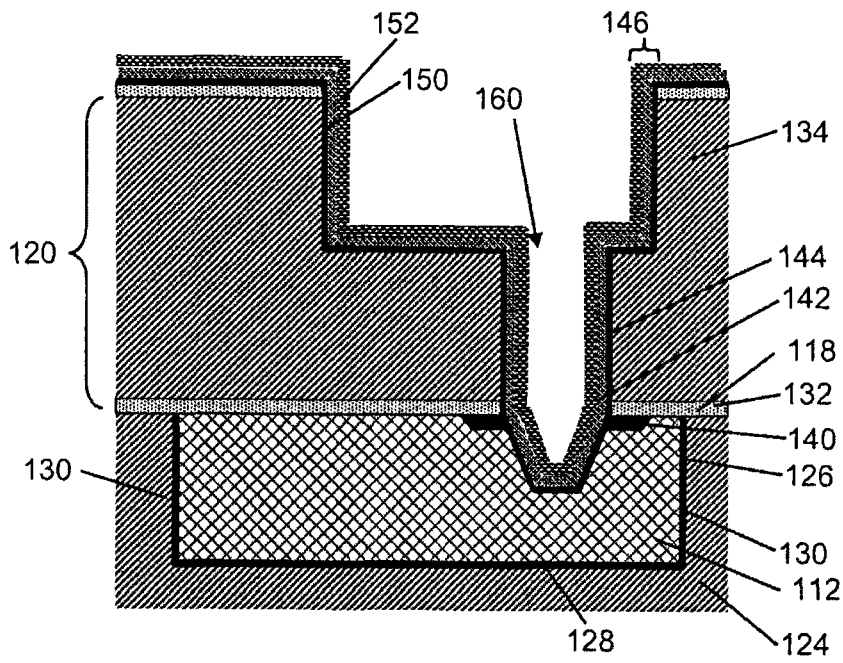


图 7