



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103180933 A

(43) 申请公布日 2013.06.26

(21) 申请号 201180043205.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011.08.10

H01L 21/3205(2006.01)

H01L 21/28(2006.01)

(30) 优先权数据

12/885,596 2010.09.20 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013.03.07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/047152 2011.08.10

(87) PCT申请的公布数据

W02012/039850 EN 2012.03.29

(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 鲍军静 N·E·勒斯蒂格 郑天人

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 张宁

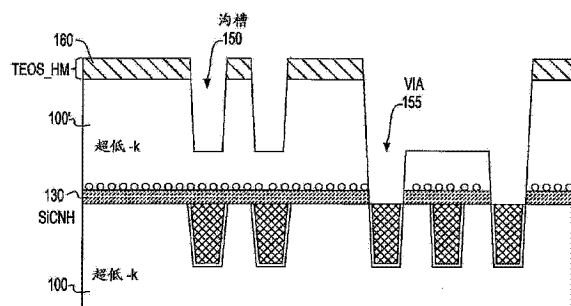
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

提高具有纳米颗粒的半导体互连的机械性质的方法

(57) 摘要

在BEOL工艺中,在超低k(ULK)电介质100的固化工艺中使用UV辐射。这一辐射经过ULK材料渗透并且到达在它下面的盖层膜。在UV光与膜之间的相互作用造成盖层膜的性质的改变。特别关注盖层的应力状态从压缩应力改变成拉伸应力。这造成更弱的电介质-盖层界面和ULK膜的机械失效。在盖层130与ULK膜之间插入纳米颗粒层120。纳米颗粒在UV光可以损坏盖层膜之前吸收UV光,因此维持ULK电介质的机械完整性。



1. 一种多层半导体结构,包括:
一个或者多个超低 k(ULK) 电介质层 100,而每个交替 ULK 电介质层具有在其中形成的多个金属填充沟槽和过孔;
盖层 130,覆盖和密封具有所述多个金属填充沟槽 180 和过孔 150 的所述 ULK 电介质层 100;以及
纳米颗粒 120,在所述 ULK 电介质层与所述盖层之间的界面处形成单层。
2. 如权利要求 1 所述的多层结构,其中所述纳米颗粒为多尺寸。
3. 如权利要求 2 所述的多层结构,其中在所述盖层与所述 ULK 层之间插入的所述纳米颗粒在 ULK 固化期间衰减和吸收 UV 辐射。
4. 如权利要求 1 所述的多层结构,其中在化学溶液中合成所述纳米颗粒,并且随后通过去除所述溶液来干燥所述纳米颗粒。
5. 如权利要求 4 所述的多层结构,其中所述溶液是有机的,所述溶液包括甲醇、乙醇和更高醇。
6. 如权利要求 1 所述的多层结构,其中所述纳米颗粒的尺寸在 1nm 与 4nm 之间变化。
7. 如权利要求 1 所述的多层结构,还包括具有多分布尺寸以吸收波长范围在 200nm 与 600nm 之间的 UV 的所述纳米颗粒。
8. 如权利要求 1 所述的多层结构,其中所述纳米颗粒在损坏影响所述盖层之前吸收 UV 光。
9. 如权利要求 1 所述的多层结构,其中所述纳米颗粒由金属氧化物制成。
10. 如权利要求 9 所述的多层结构,其中所述金属氧化物是 ZnO 或者 TiO₂。
11. 如权利要求 1 所述的多层结构,其中在所述盖层上均匀旋涂所述纳米颗粒。
12. 一种形成多层结构的方法,包括:
形成一个或者多个超低 k(ULK) 电介质层 100,而每个交替 ULK 电介质层具有在其中形成的多个金属填充沟槽 180 和过孔 155,
形成盖层 130,所述盖层 130 覆盖和密封具有所述多个金属填充沟槽 180 和过孔 155 的所述 ULK 电介质层;并且
旋涂覆盖纳米颗粒 120,所述纳米颗粒 120 在所述 ULK 电介质层与每个所述盖层 130 之间的界面处形成单层。
13. 如权利要求 12 所述的方法,还包括:
 - a. 在所述纳米颗粒上旋涂溶液,继而进行从溶剂干燥出所述纳米颗粒;
 - b. 用 UV 固化沉积下一级 ULK;
 - c. 蚀刻所述 ULK 并且从蚀刻的打开区域去除所述纳米颗粒;
 - d. 沉积难熔衬垫 185 和传导层,继而进行电镀铜填充所述打开区域,继而进行退火;
 - e. 抛光所述衬垫和传导层;并且
 - f. 在其上沉积电介质盖层。
14. 如权利要求 13 所述的方法,其中所述传导层由 Cu 或者 Cu 合金制成。
15. 如权利要求 13 所述的方法,其中所述电介质盖层由 SiCHN 制成。
16. 如权利要求 13 所述的方法,其中通过加热来执行所述干燥。
17. 如权利要求 13 所述的方法,其中使用有机溶剂来执行所述纳米颗粒的所述干燥。

18. 如权利要求 13 所述的方法,其中在所述抛光之后是清理所述溶剂和其它残留物。
19. 如权利要求 13 所述的方法,其中所述难熔衬垫由 TaN、Ta、W、WN_x、TiN_x、Ru 或者 Co 制成。
20. 如权利要求 18 所述的方法,其中使用稀释氢氟酸 (DHF) 来执行清理所述溶剂和残留物。
21. 如权利要求 12 所述的方法,其中通过电化学镀制执行所述沟槽填充。
22. 如权利要求 13 所述的方法,其中通过化学机械抛光 (CMP) 执行所述抛光。
23. 如权利要求 13 所述的方法,还包括固化所述超低 k (ULK) 电介质。
24. 如权利要求 13 所述的方法,其中辐射穿透经过所述 ULK 电介质,从而到达所述盖层。
25. 一种形成多级后端工艺 (BEOL) 堆叠物的方法,每级包括:
 - 旋涂包含纳米颗粒 120 的溶液,继而进行干燥所述溶液;
 - 形成 ULK 电介质层 100,继而进行 UV 固化;
 - 光刻图案化线或者过孔 155;
 - 通过蚀刻向所述 ULK 电介质层 100 中转移所述图案化的线或者过孔;
 - 在通过用有机溶剂冲洗来创建的打开区域的底部去除所述纳米颗粒 120;
 - 通过涂敷 DHF 并且清洗所述溶剂和所述蚀刻残留物进行表面清理;
 - 形成由 TaN、Ta、W、WN_x、TiN_x、Ru、Co 制成的衬垫 185,继而进行 Cu 或者 Cu 合金沉积 190,继而进行所述 Cu 的电化学工艺,继而进行退火所述 Cu;并且
 - 应用所述过多铜和衬垫的化学机械抛光;并且沉积 SiCNH 盖层 130。

提高具有纳米颗粒的半导体互连的机械性质的方法

技术领域

[0001] 本发明主要地涉及半导体集成电路和器件,并且更具体地涉及在半导体互连处理中应用纳米颗粒。

背景技术

[0002] 基于半导体的器件和电路由硅晶片表面上的通常为晶体管的有源器件和互连它们的传导线的集合构成。这一接线集合通常称为后端工艺 (BEOL),而有源晶体管称为前端工艺 (FEOL)。需要传导互连的复杂网络以便电接线大量器件,由此创建功能电路。这通过构建由绝缘介电介质中嵌入的金属线构成的多级结构来实现。现代高速互连通常由通过低介电常数 (低 k) 材料相互绝缘的铜 (Cu) 导体构成。互连结构可以由多达十五个竖直堆叠的金属级构成而在级之间有称为过孔的传导路径。接线由它们的线宽和到最近邻居的距离表征。这一接线宽度和间隔之和称为节距。以如光刻确定的最小允许技术节距构建第一数个接线级。紧密节距允许构建最密集电路,而以最小节距的倍数构建更高级。这一分级结构在通常用于跨越芯片分发信号和功率的更高级允许也称为胖接线的粗字线。除了用作电绝缘体之外,介电材料提供用于多级结构的机械支撑。

[0003] 目前,通常通过双大马士革处理形成 Cu/低 k 多级结构如下:电介质材料被沉积为毯 (blanket) 膜、光刻图案化、然后反应离子蚀刻 (RIE) 从而创建沟槽和过孔二者。图案然后由难熔金属屏障 (诸如 Ta 和 TaNx)、继而由薄溅射铜籽晶层涂覆。籽晶层允许电化学沉积 (ECD) 厚铜层,该铜层填充孔。去除过量铜并且通过化学机械抛光 (CMP) 平坦化表面。最后,在图案化的铜线之上沉积也称为‘盖层’的薄电介质膜。在构建的更高级中的每级重复这一双大马士革工艺。

[0004] 如摩尔定律预测的那样,半导体器件继续按比例缩减以便提高器件性能并且在衬底上放置更多晶体管。互连结果的对应按比例缩减引起与铜/低 k 互连关联的寄生电阻 (R) 和电容 (C) 的增加。RC 乘积是 BEOL 向电路中引入的时间延迟的测量。为了减少 RC 延迟,使用低 k 和超低 k (ULK) 材料作为电介质。

[0005] 典型类型的低 k 电介质是也称为 SiCOH 的有机硅酸盐玻璃材料。它由作为骨干的交联 SiO₂ 式四面结构和作为用于降低可极化性、引入有孔性并且减少体积密度的端基团或者侧链的一些 -CH₃ 或者 -H 构成。通常通过等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 工艺沉积低 k 电介质,该工艺混合用于牺牲造孔 (porogen) 的有机前体 (例如环己烯等) 和用于低 k 骨干结构的基质前体 (例如十甲基环戊硅氧烷 (decamethylcyclopentasiloxane)、甲基二乙氧基硅烷 (diethoxymethylsilane)、二甲氧基二甲基硅烷 (dimethyldimethoxysilane)、四甲基环四硅氧烷 (tetramethylcyclotetrasilane)、八甲基环四硅氧烷 (octamethylcyclotetrasilane) 等)。在沉积步骤之后是用于去除松弛键合到低 k 骨干的挥发性有机造孔的紫外线 (UV) 固化工艺。因而向低 k 电介质中引入有孔性。此外,UV 固化工艺也引起低 k 电介质的交联从而提高机械强度。然而已知 ULK 膜比它们的非有孔低 k 对应物在机械上更弱。有孔性和减少的介电常数伴随有膜的杨氏模量的减少。典型 ULK 模

量依赖于有孔性的程度在 2-8Gpa 范围中从而使 ULK 膜在 BEOL 处理期间和在芯片封装期间尤其易受机械应力影响。

[0006] 覆盖大马士革金属结构的顶部的电介质膜防止铜向外扩散到周围低 k 电介质中。从性能和可靠性的观点来看,盖层电介质的物理和机械性质(诸如击穿电压、与下层金属和电介质的粘合性、密封性、内部应力以及弹性模量)颇为重要。一般而言,与铜具有良好粘合性的机械压缩膜帮助抑制 Cu 电迁移并且提供在机械上鲁棒的结构。更密集的压缩膜也往往具有更高击穿电压并且提供铜线的增强密封性和钝化。在高级半导体制造中使用的典型电介质屏障是非晶态碳氮化硅(SiCNH)。

[0007] 在 ULK 电介质的固化工艺中使用的 UV 辐射波长范围从 200nm 到 600nm 并且由 UV 灯泡生成,下文参照图 1 举例说明。辐射可以经过 ULK 膜渗透并且损坏 SiCNH 盖层,从而造成它的机械应力状态从压缩改变成拉伸。这继而可以造成在盖层以上的有孔 ULK 材料的自发破裂和在芯片封装操作期间的不良可靠性。现有解决方案是用双层低 k 盖层替换常规单层 SiCNH。这一解决方案具有两个问题:首先,盖层的应力状态仍然以更慢速率改变。仅如果 UV 固化时间短(< 70 秒),则膜才保持压缩。典型 ULK 固化时间大于 100 秒。对于这些更长固化时间,双层盖层应力状态变成拉伸;并且其次,在底部上有富氮 SiCNH 而在顶部上有富碳 SiCNH 的双层盖层往往在 UV 辐射之下收缩。粗略估计在 UV 固化的 70 秒之下约为 2% 厚度,而高 k(标准)SiCNH 的厚度改变在相同照射条件之下约等于零。盖层的这一收缩不合需要并且可能造成 BEOL 结构上的附加机械应力。

[0008] 参照图 2,图示在 ULK 固化期间由于曝光于 UV 所致的 SiCNH 盖层膜的内部应力改变(以 MPa 为单位测量)。针对在不同 UV 固化时间的不同盖层材料示出应力测量。更具体而言,在 ULK 固化期间由于曝光于 UV 所致的应力改变示出内部应力随着 UV 固化时间增加而从负值(压缩应力)改变成正值(拉伸应力)。标识为 SiCNH 高 k 的曲线代表常规沉积工艺,而引用为 SiCNH 低 k 的第二曲线代表双层沉积工艺。虽然双层盖层可以减缓应力改变速率,但是膜最终变成拉伸(即从负到正值穿越 y 轴)。可以在吸收高能 UV 光子时 SiCNH 膜中的键合断裂机制方面理解从压缩到拉伸应力的这一改变。所得断裂(也称为悬摆(dangling))的键造成内部打开空间的增加和减少的压缩应力。拉伸膜更易于破裂和失去与下层图案的粘合性。

[0009] 图 3 示出在曝光于 UV 辐射时收缩的双层低 k 盖层的厚度。这一盖层膜由于失去膜中的键合氢和碳基团而失去它的初始厚度的约 2%。常规高 k SiCNH 在相似曝光于 UV 辐射时厚度未收缩。

[0010] 参照图 4,示出与关联反应物一起分散于双蒸馏水中的典型金属氧化物(例如 ZnO)的 UV-VIS 吸收特征曲线。曲线 1、2 和 3 分别对应于 PVP(用来防止凝聚的聚乙烯吡咯烷酮)、ZnO(纳米颗粒)和 $Zn(NO_3)_2$ 。可以通过不同类型的醇溶液(比如甲醛、乙醇、丙醇或者更高醇)合成 ZnO 纳米颗粒。

[0011] X 射线衍射、TEM 和 EDAX 用来验证 ZnO 纳米颗粒的形成。在落在体 ZnO 的 388nm($E_g = 3.2eV$)的带隙波长(表示为图 4 中的虚线)以下的 262nm 观测到用于 ZnO 纳米颗粒的吸收峰值。吸收边缘中的向更低波长的移位是纳米颗粒的基本性质并且归结于带隙在颗粒尺寸变小时加宽。

[0012] 参照图 5,针对各种颗粒直径图示纳米颗粒尺寸对峰值吸收波长的影响。ZnO 纳米

颗粒在平均颗粒尺寸为 2.1nm 时在近似 262nm 示出峰值吸收。图 5 中的圆点指示如从 TEM 分析获得的平均颗粒尺寸的值。根据前文不言而喻, ZnO 纳米颗粒针对少于约 8nm 的颗粒直径表现显著限制效果。

附图说明

[0013] 在说明书中并入的并且构成说明书的部分的附图图示本发明的当前优选实施例, 这些实施例与上文给出的一般描述和下文给出的优选实施例的具体描述一起用于说明本发明的原理, 在附图中, 相似标号表示相似单元和部分, 在附图中:

[0014] 图 1 是示出如现有技术中已知的 UV 灯泡的光谱输出的、辐射功率比对波长的绘图;

[0015] 图 2 是示出如现有技术中已知的在 ULK 固化期间由于曝光于 UV 辐射所致的单层和双层 SiCNH 盖层膜的内部应力改变的绘图;

[0016] 图 3 示出如下图形, 该图形绘制双层低 k 盖层的百分比膜厚度收缩比对 UV 固化时间。如现有技术中已知, 这一收缩归结于失去键合氢和碳;

[0017] 图 4 示出如现有技术中已知的 ZnO 纳米颗粒的 UV-VIS 吸收特征曲线;

[0018] 图 5 图示如现有技术中已知的纳米颗粒 (例如 ZnO 纳米胶体) 的尺寸对峰值吸收波长的影响;

[0019] 图 6 图示根据本发明一个实施例的结构侧视截面图, 该图示出在超低 k (ULK) 电介质与 SiCNH 盖层之间的多分布尺寸纳米颗粒允许吸收具有宽波长的 UV 射线;

[0020] 图 7 示出通过用 UV 固化沉积第二 ULK 级将结构转换成多级互连配置的侧视截面图;

[0021] 图 8 是一个实施例的侧视截面图, 该图示出形成用于光刻目的的 TEOS HM 层、继而为用于形成沟槽和过孔的 ULK 蚀刻、继而为纳米颗粒的选择性去除;

[0022] 图 9 示出侧视截面图, 该图图示填充沟槽和过孔 155 (图 8) 的原位 Cu 籽晶和 TaN/Ta 衬垫沉积、继而为电镀铜沉积。

[0023] 图 10 是侧视截面图, 该图示出根据本发明一个实施例的最终 BEOL 堆叠物, 该堆叠物描绘在 ULK 电介质与 SiCNH 盖层之间的界面中放置的多级结构纳米颗粒。

发明内容

[0024] 在一个方面中, 本发明描述在覆盖金属互连的盖层材料与在它以上的 ULK 绝缘电介质材料之间插入纳米颗粒。使用纳米颗粒造成在处理期间的减少的紫外线 (UV) 辐射损坏。在无辐射损坏时, 盖层材料保持在机械上压缩, 因此增加 BEOL 结构的强度。在本发明的一个实施例中使用的紫外线照射优选地由具有如下光谱的 UV 灯泡生成, 该光谱范围从 200nm 至 600nm 而波长的大部分优选地在 400nm 以下。

[0025] 在盖层与 UL 之间插入多尺寸纳米颗粒层以在 ULK 固化工艺期间吸收 UV 辐射。纳米颗粒优选地由直径范围从 1nm 至 4nm 的金属氧化物制成。这一纳米颗粒尺寸范围保证上至近似 375nm 的 UV 辐射的高度吸收。根据膜的碳含量的用于 SiCNH 膜的吸收边缘对于 26% 的碳近似地为 400nm。在一个实施例中, 如 RBS 确定的那样, 膜的范围在 20-26% 碳之间。波长比 400nm 更长的辐射经过 SiCNH 膜透射并且不能引起损坏, 该损坏将膜驱动成拉

伸应力。另一方面,纳米颗粒吸收可以损坏 SiCNH 膜的落在 200nm 至 400nm 之间的 UV 灯泡光谱的约 90%。

[0026] 纳米颗粒单层的形成有助于提供特别是在制造半导体后端 (BEOL) 和后续集成期间能够应对机械应力的鲁棒结构。提供优选地由金属氧化物 (诸如 ZnO 或者 TiO₂) 制成并且能够衰减和吸收在形成超低 k 电介质时使用的 UV 辐射的纳米颗粒单层。

[0027] 在又一方面中,在本发明的一个实施例中,在 SiCNH 盖层与超低 k 电介质之间放置纳米颗粒,从而吸收 UV 辐射,保护盖层免受 UV 损坏和关联的压缩到拉伸应力改变。(注意:盖层适用于下一级用作为用于下一纳米颗粒沉积的基础,因为在构建的多级结构的每个 ULK 级都需要纳米颗粒保护以防 UV)。调整纳米颗粒的尺寸以在某些波长时高效吸收 UV 辐射。

[0028] 在又一方面中,本发明提供在盖层上旋涂并且通过去除溶液来干燥的纳米颗粒,溶液由甲醇或者其它有机醇制成。

[0029] 在又一方面中,本发明的一个实施例包括:a) 旋涂 (spinning) 纳米颗粒并且通过有机溶液干燥它们,溶液由甲醇或者其它有机醇制成;b) 用 UV 固化沉积下一级 ULK;c) ULK 蚀刻,继而在通过蚀刻来创建的打开区域处用有机溶剂去除纳米颗粒,使用 DHF 以清理溶剂和其它残留物;d) 原位沉积 TaN/Ta 衬垫和 Cu 籽晶,继而电镀铜和退火;并且 e) 通过 CMP 去除过多 (过量) Cu/ 衬垫,继而沉积 SiCNH 盖层层。

[0030] 在又一方面中,本发明取代 UV 对盖层造成的损坏,该盖层在来自更高级的 UV 辐射之下变成拉伸,这造成在 ULK/ 盖层界面形成破裂。引入双层低 k 盖层仅在某些 UV 条件内起作用,该盖层的厚度在 UV 辐射之下收缩。另外,尺度改变可能破坏 BEOL 结构的完整性。

[0031] 在又一方面中,本发明的一个实施例提供一种多层结构,该结构包括:一个或者多个超低 k (ULK) 电介质层而每个交替 ULK 电介质层具有在其中形成的多个金属填充沟槽和过孔;盖层,覆盖和密封具有多个金属填充沟槽和过孔的 ULK 电介质层;以及纳米颗粒,在 ULK 电介质层与盖层之间的界面处形成单层。

[0032] 在又一方面中,本发明提供一种形成多层结构的方法,该方法包括:形成一个或者多个超低 k (ULK) 电介质层而每个交替 ULK 电介质层具有在其中形成的多个金属填充沟槽和过孔;形成盖层,覆盖和密封具有多个金属填充沟槽和过孔的 ULK 电介质层;以及旋涂覆盖在 ULK 电介质层与每个盖层之间的界面处形成单层的纳米颗粒。

具体实施方式

[0033] 现在将参照本申请附带的附图通过以下讨论更具体描述本发明。注意仅出于示例目的而提供本申请的附图。

[0034] 下文将描述本发明的一个实施例。为了简化和清楚图示,在附图中示出的单元未必按比例绘制。例如一些单元的尺度可以相对于其它尺度而夸大以求清楚。

[0035] 图 6 图示本发明结构的一个实施例,该结构包括在 Cu 层 140 上面的 SiCNH 盖层层 130 上面旋涂的纳米颗粒 120,其中优选地通过有机溶液干燥纳米颗粒。SiCNH 膜可以用范围在 150Å 与 500Å 之间的厚度来制成并且用来覆盖在下面的大马士革铜图案。在纳米颗粒之上旋涂的 ULK 层 100 优选地由厚度范围为 500Å-10000Å 的低 K 有机硅酸盐电介质 (诸如 SiCOH) 制成。

[0036] 纳米颗粒 120 优选地由金属氧化物（例如 ZnO）制成。可以理解，可以有利地使用具有相似特性的其它材料，诸如 TiO₂ 等。纳米颗粒的优选直径范围在 1nm 与 4nm 之间。均匀旋涂（旋涂）纳米颗粒从而形成单层。已经示出可以包括甲醇、乙醇和更高醇的不同类型的醇溶液中成功合成 ZnO 或者 TiO₂ 纳米颗粒。

[0037] 可以调整纳米颗粒的尺寸，以在某些波长频率时高效吸收 UV 辐射。如先前描述的那样，纳米颗粒的目的是保护 SiCNH 盖层免受 UV 射线辐射，因此保护盖层，以免将它的内部应力从压缩改变成拉伸。如沉积的盖层为压缩性。在曝光于 UV 辐射时，盖层如图 2 中先前所示变成拉伸。拉伸膜往往比压缩膜更容易破裂。盖层膜中的破裂可能在它与之接触的低模量 ULK 膜中引起破裂。纳米颗粒优选地被制成为具有多分布尺寸（主要为 1nm 至 4nm），从而可以高效吸收多数 UV。

[0038] 峰值吸收如先前参照图 5 所示随颗粒尺寸而变化。吸收峰值随着颗粒尺寸由于量子限制效果而减少移向更短波长。旨在于吸收波长比约 400nm 更短的辐射，其中 UV 灯泡如先前参照图 1 所示发出它的 UV 辐射的多数，并且其中 SiCHN 盖层具有吸收边缘。

[0039] 纳米颗粒通过从共价带的顶部上至传导带的电子转变来吸收辐射。受激电子通常通过经过光学带隙中的缺陷状态的转变序列回落至共价带。所得光致发光光谱对于 ZnO 而言峰值约为 550nm（可见光）。

[0040] 参照图 7，然后在所选位置处形成具有范围从 40nm 至 1000nm 的临界尺度（CD）的沟槽，这些沟槽的侧部通过衬垫 170 来加衬，该衬垫优选地、但不限于由 Ta/TaN 制成并且具有近似 10nm 或者更少的厚度。然后例如使用溅射、优选地用 PVD（物理气相沉积）Cu 籽晶涂覆沟槽，这些沟槽的厚度具有约 100nm 或者更少这一量级的厚度。在这之后进行电镀铜填充 180。

[0041] 将这样形成的结构转换成多级互连配置。在纳米颗粒单层 120（即具有范围为 1nm-4nm 的尺寸）上面优选地使用 PECVD、继而为 UV 固化来沉积与先前超低 k 层相似的新超低 k 层 100'。如先前描述的那样，可以再次通过添加沟槽和过孔以提供附加互连或者通过将 Cu 连接到先前级来变更上 ULK 级。

[0042] 参照图 8 说明前文，该图图示通过 ULK 蚀刻上级、在通过 RIE 蚀刻来创建的打开区域处优选地用有机溶剂去除纳米颗粒、继而通过 DHF（稀释氢氟酸）以清理溶剂和其它残留物。有利地通过向顶级提供出于光刻目的而优选地使用 PECVD 来形成的 TEOS 硬掩模（HM）沉积 160 来实现该工艺。TEOS HM 的厚度可以优选地范围从 15nm 至 50nm。在图 8 中也描绘示出通过蚀刻来形成的若干沟槽 150 和过孔 155，该蚀刻包括纳米颗粒的选择性的去除，其中需要与第一 ULK 衬底中的镀 Cu 沟槽接触。这样形成的附加沟槽的目的是使得有可能形成 VLSI 芯片所必需的多级互连网络。

[0043] 参照图 9，示出先前描述的 TEOS HM 沉积 160 具有原位 TaN/Ta 衬垫沉积 185、继而进行 Cu 籽晶沉积和 ECP 铜 190、填充沟槽和过孔以及退火。优选地使用 CMP 来平坦化这样形成的结构。电化学镀制用来用铜填充双大马士革沟槽、通常在室温（25℃）执行。使用物理沉积技术（诸如溅射）来沉积由铜合金（即铝、镁或者其它合金元素）构成的籽晶层。

[0044] 参照图 10，示出在低 k 与 SiCNH 盖层之间有纳米颗粒的最终 BEOL 堆叠物的方案。通过 CMP 抛光和平坦化该结构。在该工艺之后是 SiCNH 盖层沉积。可以在 SiCNH 盖层覆盖的 ULK 层的每个后续组合上面形成附加纳米颗粒单层，由此创建多级结构。

[0045] 概括而言,本说明书描述一种通常为 15 至 22 级这一量级的用于创建 BEOL 堆叠物的多级结构。用于形成堆叠物的每级的优选工艺包括:

[0046] 1. 旋涂纳米颗粒并且干燥溶液;

[0047] 2. 沉积下一级 ULK,继而进行 UV 固化;

[0048] 3. 线或者过孔的光刻图案化;

[0049] 4. 通过蚀刻向 ULK 电介质中转移线或者过孔图案;

[0050] 5. 用有机溶剂在打开区域(即通过 RIE 工艺形成的打开区域,其中在 ULK 膜中打开线和过孔)的底部去除纳米颗粒;

[0051] 6. 稀释 HF (DHF) 清洗溶剂和 RIE 残留物;

[0052] 7. 通过物理气相沉积 (PVD) 原位沉积 TaN/Ta 衬垫和 Cu 籽晶,继而进行电化学镀制 (ECP) 铜并且退火所述 Cu;

[0053] 8. CMP 过多的铜和衬垫;

[0054] 9. 沉积 SiCNH 盖层;并且

[0055] 10. 返回到步骤 1。

[0056] 尽管已经参照本发明的优选实施例具体示出和描述本发明,但是本领域技术人员将理解可以进行形式和细节上的前述和其它改变而未脱离本发明的精神实质和范围。因此旨在于本发明不限于描述和图示的确切形式和细节、但是落入所附权利要求的范围内。

[0057] 工业适用性

[0058] 本发明发现在集成电路芯片中并入的高性能半导体场效应晶体管 (FET) 器件的设计和制作中的工业适用性,这些集成电路芯片发现在大量多种电子和电气装置中的应用。

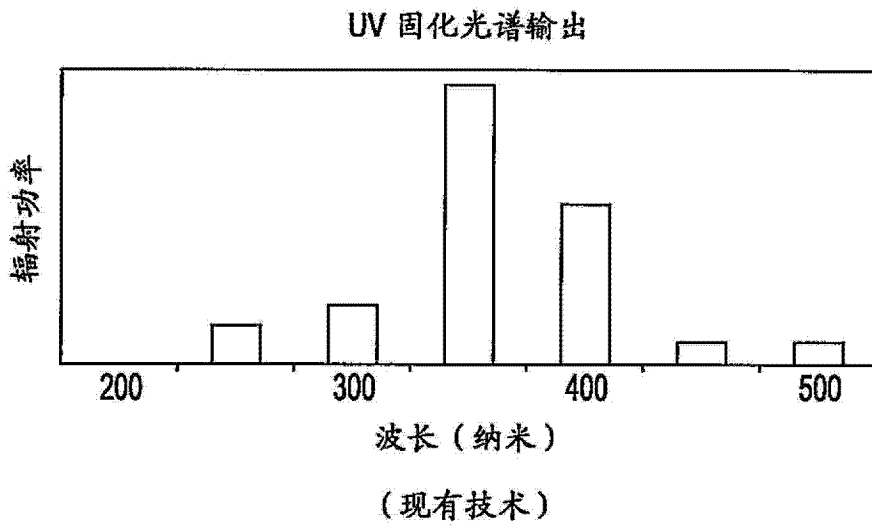


图 1

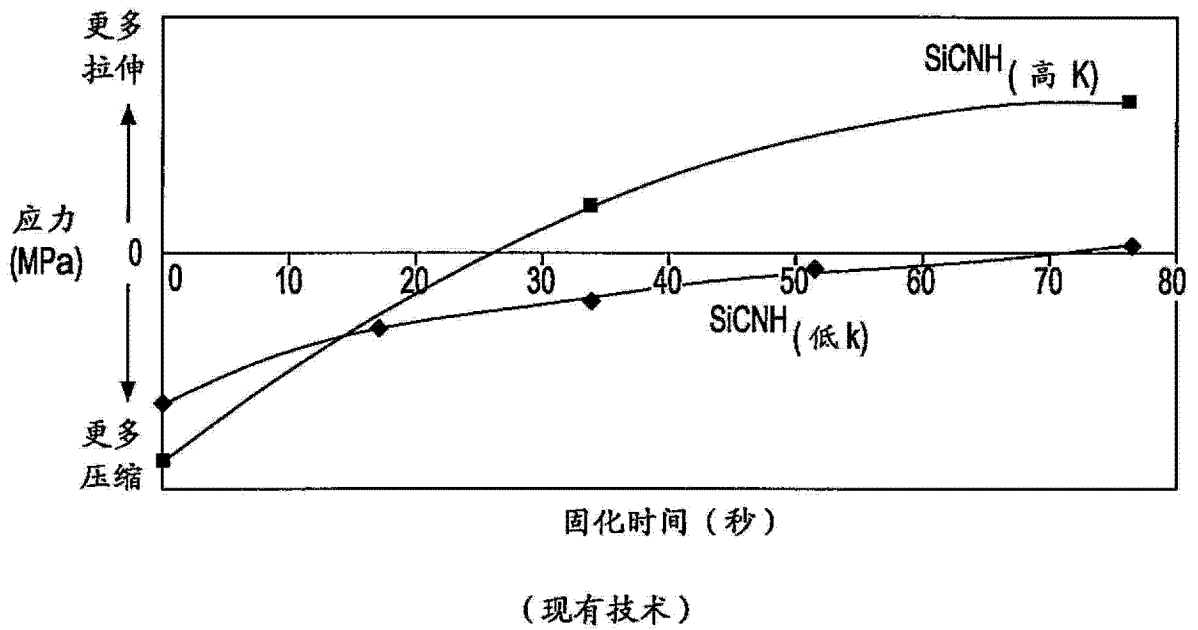


图 2

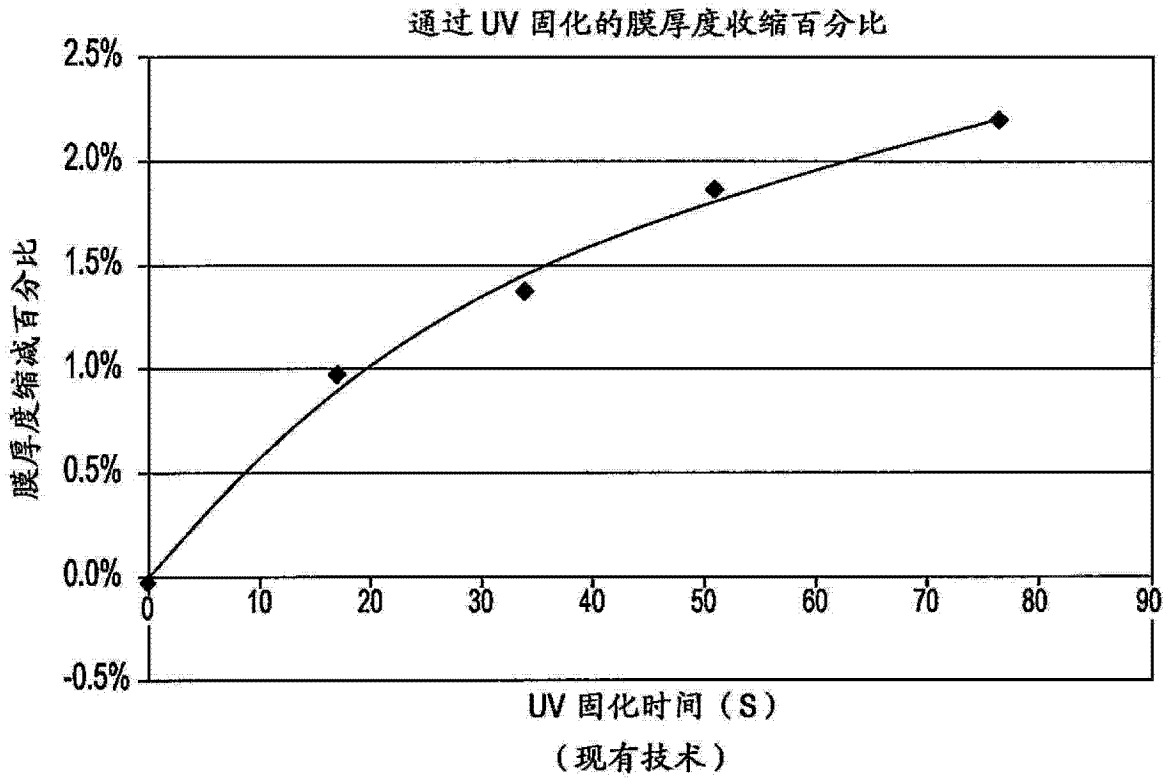


图 3

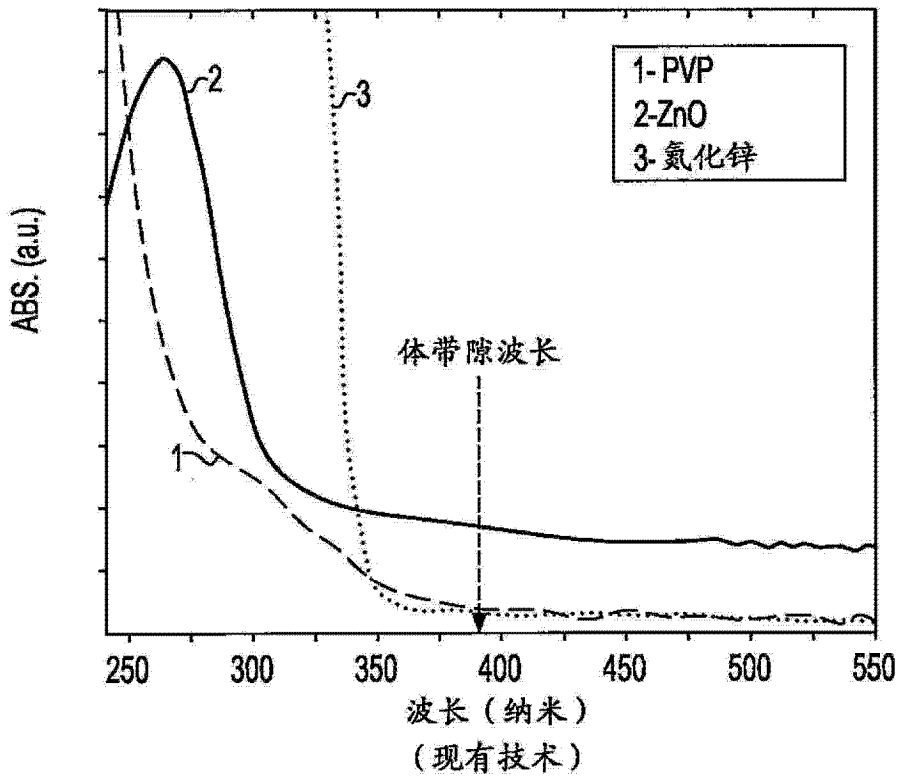


图 4

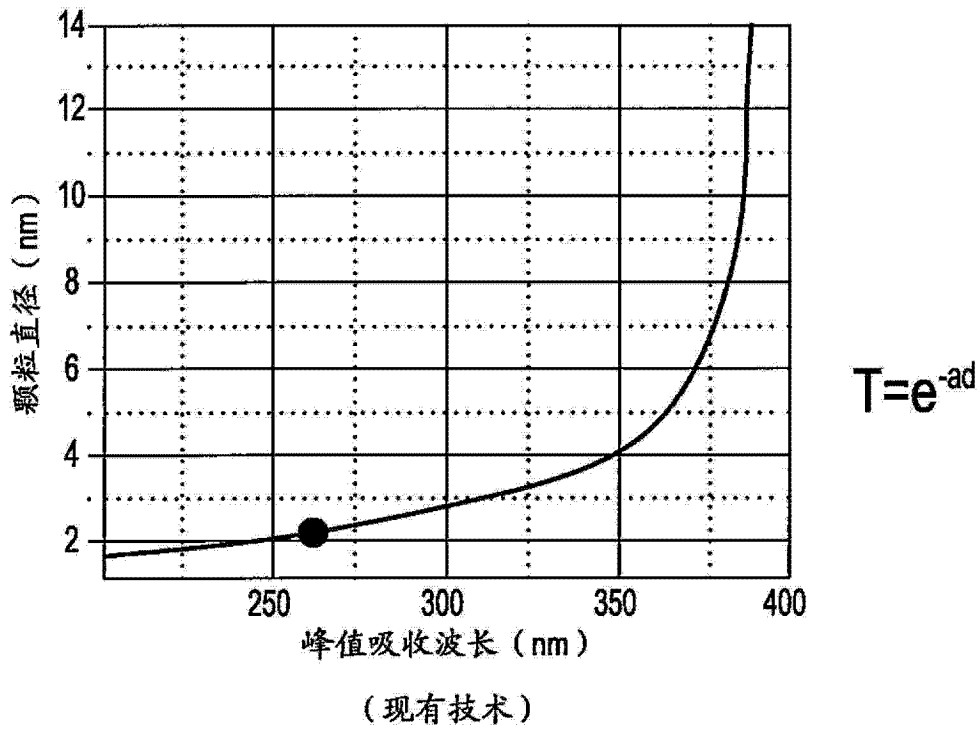


图 5

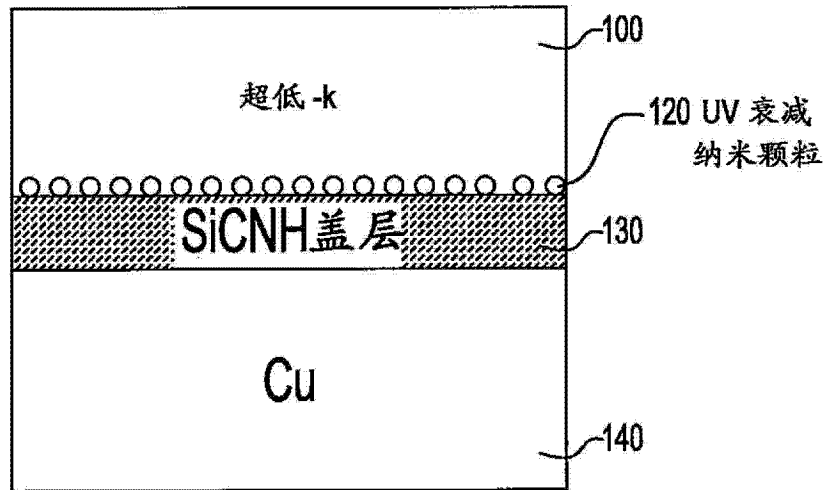


图 6

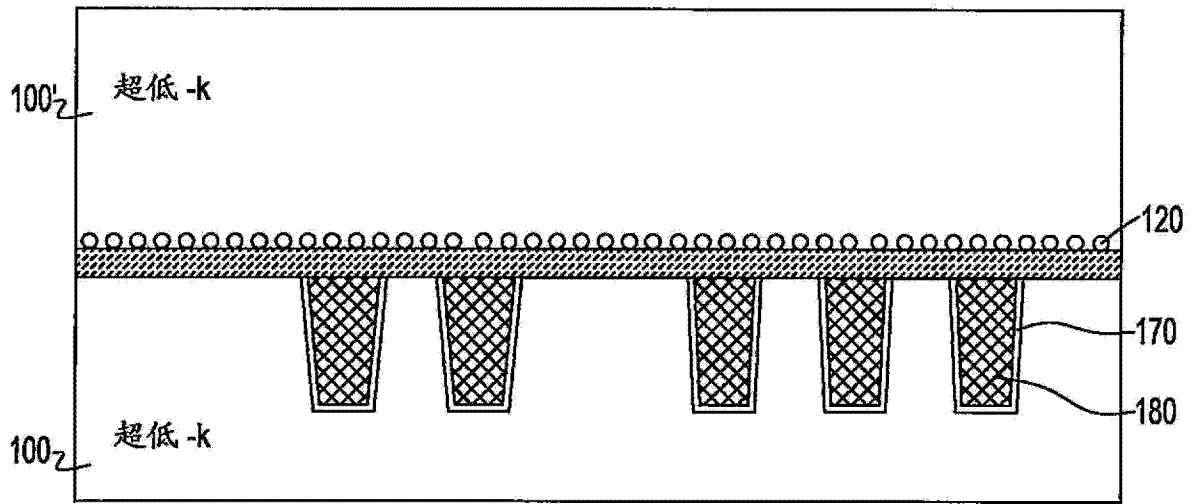


图 7

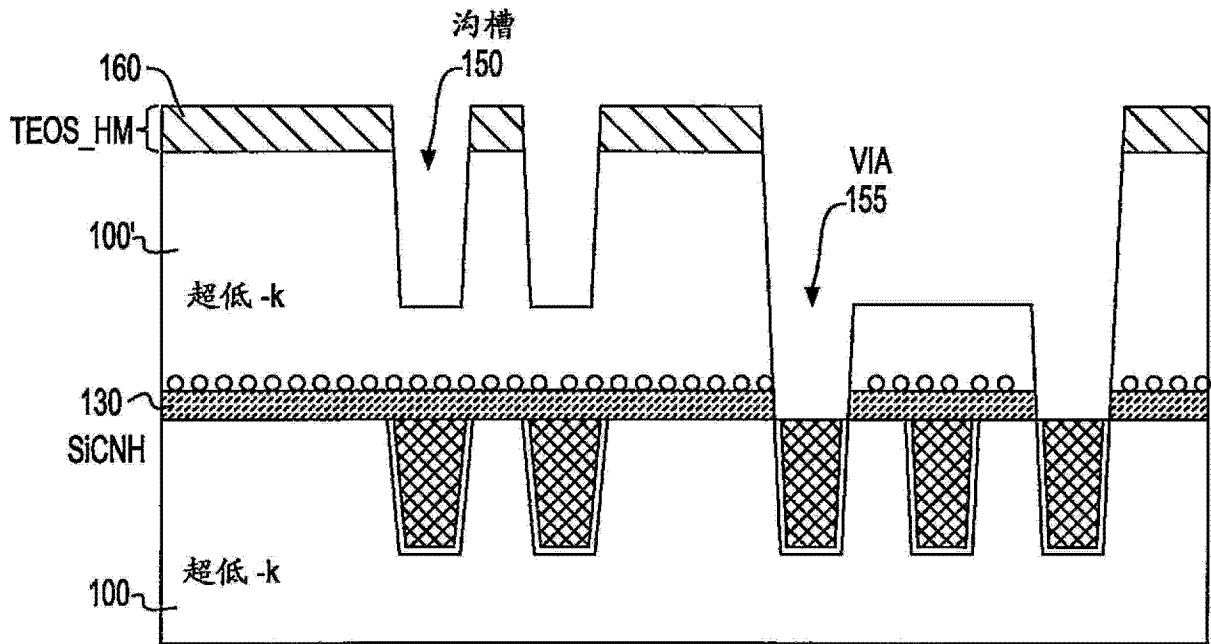


图 8

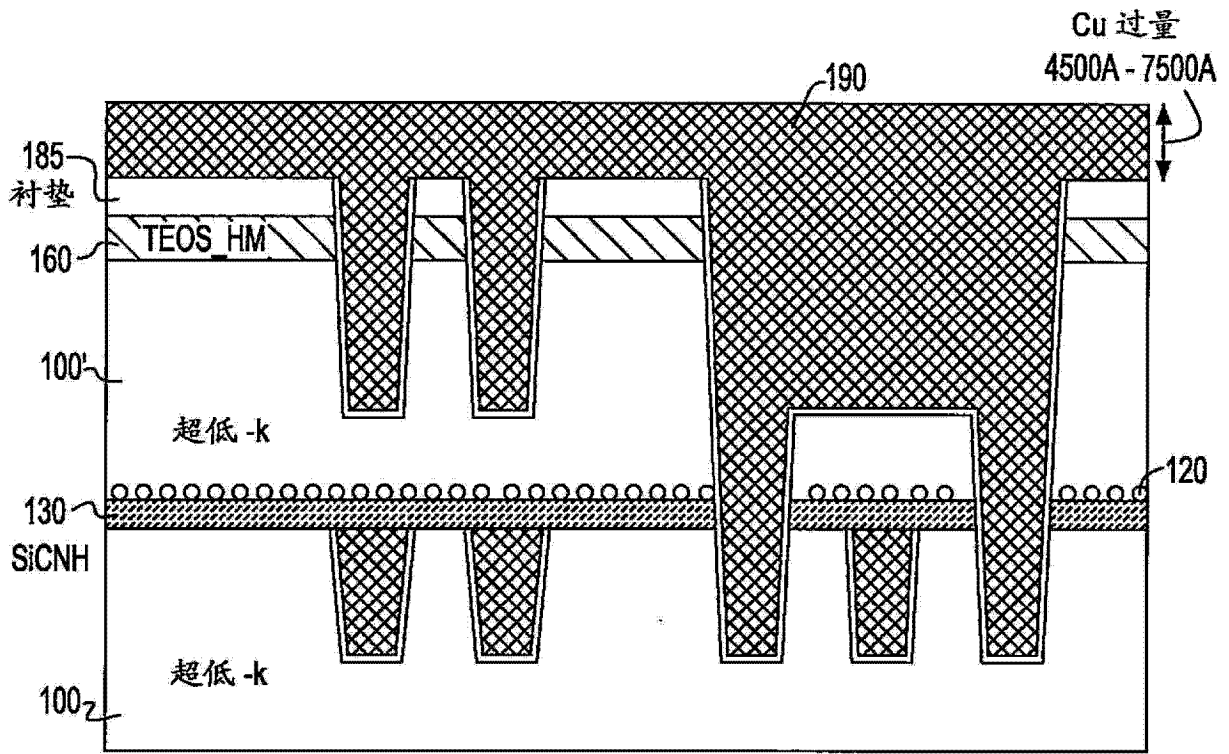


图 9

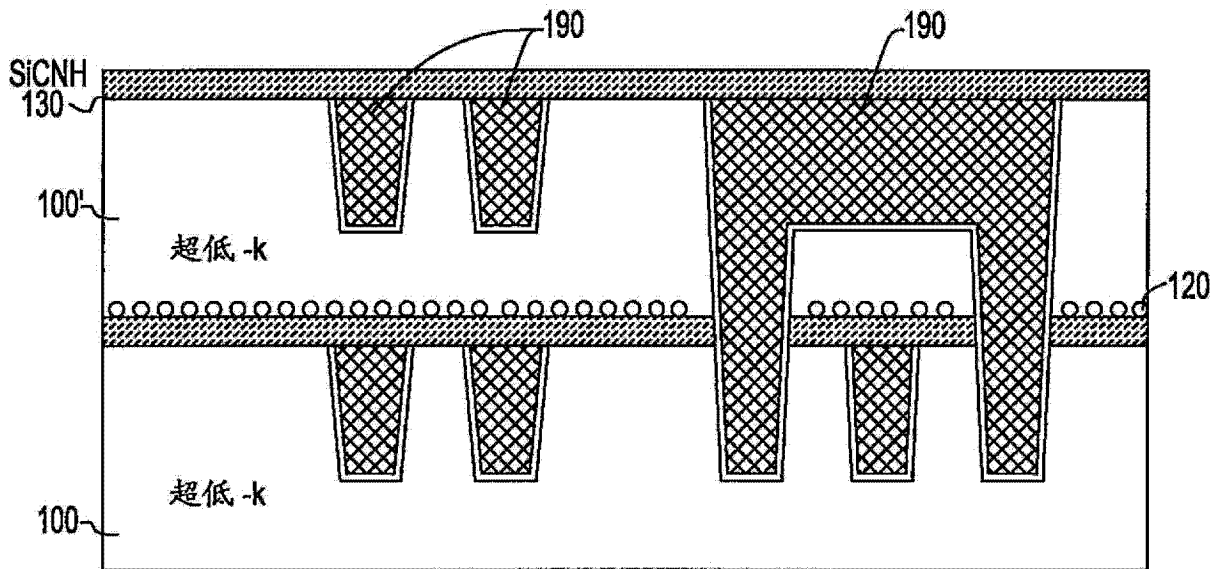


图 10