

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 9/00 (2006.01)

G03F 1/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02816634.5

[45] 授权公告日 2006年8月30日

[11] 授权公告号 CN 1272673C

[22] 申请日 2002.8.2 [21] 申请号 02816634.5

[30] 优先权

[32] 2001.8.24 [33] US [31] 09/939,184

[86] 国际申请 PCT/US2002/024628 2002.8.2

[87] 国际公布 WO2003/019290 英 2003.3.6

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.24

[71] 专利权人 自由度半导体公司

地址 美国德克萨斯

[72] 发明人 韩相仁 帕维特·曼格特

詹姆斯·R·沃森

斯高特·D·赫克托

审查员 卞喜双

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

代理人 朱海波

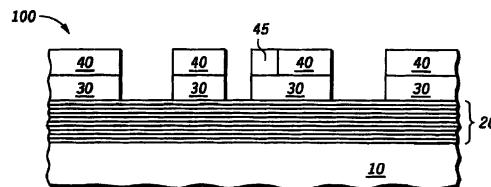
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

使用反射掩膜的集成电路

[57] 摘要

使用一个反射掩膜在覆盖一个半导体晶片的光刻胶层(170、180)中形成一个所需图案。该掩膜是通过顺序地淀积反射层(20)、吸收层(30)个防反射(ARC)层(40)。该ARC层(40)被根据该所需图案而构图。该ARC层(40)检查不获得所需图案的区域。然后,该ARC层(40)被修复,以用保护该反射层的该吸收层(30)获得所需图案。所需图案被发送到该吸收层(30)以揭示掩膜的反射部分。辐射被从反射掩膜上反射,以揭示掩膜的各个部分。辐射被从该反射掩膜上反射到该半导体晶片(160),以用所需图案对覆盖该半导体晶片(160)的光刻胶层(170、180)进行曝光。



1、一种使用反射掩膜对在半导体晶片上的第一光刻胶层进行构图的方法，其中包括：

5 提供具有反射层的掩膜基片；

在该反射层上淀积吸收层；

在该吸收层上淀积防反射涂层；

在该防反射涂层上淀积第二光刻胶层；

对该第二光刻胶层进行构图，以形成一个被构图的光刻胶层；

10 使用被构图的光刻胶层作为第一掩膜蚀刻该防反射涂层，以形成被构图的防反射涂层；

除去该被构图的光刻胶层；

检查并修复该被构图的防反射涂层，以形成一个被构图并被修复的防反射涂层，其中在所述防反射涂层上形成任何吸收层之前进行至少所述检查；

15 使用该被构图并被修复的防反射涂层作为第二掩膜蚀刻该吸收层，以形成一个被构图的吸收层和该反射层的被暴露区域；

对该半导体晶片施加第一光刻胶层；以及

20 从该反射层的暴露区域上把辐射反射到该半导体晶片上的第一光刻胶层，以在该第一光刻胶层上提供一个被曝光图案。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中该防反射涂层的特征在于可以相对于该吸收层被有选择地蚀刻。

25 3、根据权利要求 2 所述的方法，其中该防反射涂层是电介质材料。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其中该防反射涂层包括氮化硅。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其中该吸收层包含金属。

6、根据权利要求5所述的方法，其中该吸收层包含选自铬、氮化铬、氮化钽、氮化钽硅、氧化钽硅和钒的材料。

5 7、根据权利要求1所述的方法，其中该反射层包含多个交替的钼和硅层。

8、根据权利要求1所述的方法，其中该吸收层可相对于该反射层被有选择地蚀刻。

10

9、根据权利要求1所述的方法，其中该防反射涂层是可修复的层。

10、根据权利要求1所述的方法，其中该反射层主要反射在大约4和25nm之间的波长的光。

15

11、一种方法，包括：

提供具有反射层的掩膜基片；

在该反射层上淀积吸收层；

在该吸收层上淀积可修复层；

20 在该可修复层上淀积第一光刻胶层；

对该第一光刻胶层进行构图以获得图案，其中该图案由于构图出现在所述第一光刻胶层中；

把所述图案从该光刻胶层转印到该可修复层；

25 检查该可修复层，以确定其是否具有所述图案，其中在所述可修复层上形成任何吸收层之前进行所述检查；

如果检查表明该可修复层没有所述图案，则把该可修复层修复为所述图案；

把所述图案从该可修复层转印到该吸收层，以形成反射掩膜；

把第二光刻胶层施加到该半导体晶片上；以及

从该反射掩膜上反射辐射，以用所述图案对第二光刻胶进行曝光。

12、根据权利要求 11 所述的方法，其中该可修复层是通过 PVD 淀积的防反射涂层。

5

13、根据权利要求 12 所述的方法，其中该反射层包括多个交替的钼和硅层，并且该可修复层是电介质材料。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中该可修复层是氮氧化硅。

10

15、根据权利要求 11 所述的方法，其中该吸收层包含可相对于该反射层被有选择地蚀刻的材料。

15

16、根据权利要求 15 所述的方法，其中该可修复层包含可相对于该吸收层被有选择地蚀刻的材料。

17、根据权利要求 16 所述的方法，其中该反射层包含多个交替的钼和硅层，该吸收层包含金属，并且该可修复层包含电介质材料。

20

18、根据权利要求 11 所述的方法，其中该吸收层与该反射层直接接触。

19、一种用于在半导体晶片上形成所需图案的方法，其中包括：
提供具有反射层的掩膜基片；

25

在该反射层上淀积吸收层，该吸收层可相对于该反射层被有选择地蚀刻；

在该吸收层上淀积防反射涂层，其中该防反射涂层是电介质材料；
根据所需的图案对该防反射涂层进行构图；

在该防反射涂层进行构图之后，检查该防反射涂层，其中在所述

防反射涂层上形成任何吸收层之前进行所述检查；

如果检查表明该防反射涂层没有所需图案，则把该防反射涂层修复为所需图案；

把所需图案从防反射涂层转印到该吸收层，以形成反射掩膜；

5 使用该反射掩膜在该半导体晶片上形成所需图案。

20、根据权利要求 19 所述的方法，其中淀积防反射涂层的步骤的特征是通过物理汽相淀积来执行。

使用反射掩膜的集成电路

5 技术领域

本发明涉及用于制造集成电路的方法，特别涉及用于使用 EUV 光刻技术制造集成电路的方法及其反射掩膜。

背景技术

10 在制造集成电路中，需要通过使用越来越短的波长来对半导体晶片上的光刻胶曝光以改进光刻技术。这些更短的波长可以获得更高的分辨率，并且需要特殊的掩膜来获得该更高的分辨率。已经被开发用于大规模制造的一种技术是使用远紫外（extreme ultraviolet, EUV）频率，其具有非常短的波长。从 4 至 25 纳米（nm）的波长被认为是 EUV。
15 该技术通常需要与透射掩膜不同的一个反射掩膜，因为用作为掩膜材料的材料在 EUV 波长容易具有高吸收率。EUV 光被从该掩膜上反射，并且根据掩膜图案对该光刻胶进行曝光。该掩膜具有一个反射部分和吸收部分，使得该反射图案被实际在该光刻胶上曝光。在制造这些掩膜中，最终反射到该集成电路上的特征是极其精细的特征。相应地，该掩膜必
20 须具有极高的质量，并且仅仅提供所需图案。

非常难以获得没有任何缺陷的掩膜，从而按照这样的方式制造这些掩膜，使得它们可被修复，以获得实际的所需图案。为了有效地实现修复，该掩膜必须被非常精确地检查，以发现所有缺陷。这些缺陷通常为
25 两类之一。一类是在应当存在的一部分吸收层被除去。另一类是在不应当存在的区域中具有吸收材料。为了确定这两类缺陷，已经开发出用于池目的的设备。该设备用影响精确地实现所需检查的能力的波长对该掩膜成像。一种当前使用的普通频率在 240 至 260 纳米的深紫外光（deep ultraviolet, DUV）范围内，其比被用于在该半导体晶片上产生光刻胶

图案的 EUV 波长大一个量级。用于检查的波长导致在要存在有吸收材料的区域和不希望存在该吸收材料的区域之间的有限分辨率。使得检查图像对比度最大化在能够确定所有缺陷被检测方面是关键的。

5 当前 EUV 掩膜的另一个问题是在吸收材料和反射材料之间的缓冲层加剧一些吸收材料的泄漏。该缓冲层一般是被用作为在该吸收层的修复过程中保护该反射层的修复缓冲器。由于该缓冲层所导致的增加的吸收泄漏导致在要被曝光的光刻胶和不要被在该集成电路上曝光的光刻胶之间的边界比没有增加的吸收材料泄漏的情况更模糊。

10 相应地，需要一种掩膜，其通过提供在吸收区域和不吸收区域之间更高的对比度而更容易检查，并且减小吸收材料泄漏。

发明内容

15 本发明提供一种使用反射掩膜对在半导体晶片上的第一光刻胶层进行构图的方法，其中包括：提供具有反射层的掩膜基片；在该反射层上淀积吸收层；在该吸收层上淀积防反射涂层；在该防反射涂层上淀积第二光刻胶层；对该第二光刻胶层进行构图，以形成一个被构图的光刻胶层；使用被构图的光刻胶层作为第一掩膜蚀刻该防反射涂层，以形成被构图的防反射涂层；除去该被构图的光刻胶层；检查并修复该被构图的防反射涂层，以形成一个被构图并被修复的防反射涂层，其中在所述防
20 反射涂层上形成任何吸收层之前进行至少所述检查；使用该被构图并被修复的防反射涂层作为第二掩膜蚀刻该吸收层，以形成一个被构图的吸收层和该反射层的被暴露区域；对该半导体晶片施加第一光刻胶层；以及从该反射层的暴露区域上把辐射反射到该半导体晶片上的第一光刻胶层，以在该第一光刻胶层上提供一个被曝光图案。

25 本发明提供一种方法，包括：提供具有反射层的掩膜基片；在该反射层上淀积吸收层；在该吸收层上淀积可修复层；在该可修复层上淀积第一光刻胶层；对该第一光刻胶层进行构图以获得图案，其中该图案由于构图出现在所述第一光刻胶层中；把所述图案从该光刻胶层转印到该可修复层；检查该可修复层，以确定其是否具有所述图案，其中在所述
30 可修复层上形成任何吸收层之前进行所述检查；如果检查表明该可修复层没有所述图案，则把该可修复层修复为所述图案；把所述图案从该可

修复层转印到该吸收层，以形成反射掩膜；把第二光刻胶层施加到该半导体晶片上；以及从该反射掩膜上反射辐射，以用所述图案对第二光刻胶进行曝光。

5 本发明提供一种用于在半导体晶片上形成所需图案的方法，其中包括：提供具有反射层的掩膜基片；在该反射层上淀积吸收层，该吸收层可相对于该反射层被有选择地蚀刻；在该吸收层上淀积防反射涂层，其中该防反射涂层是电介质材料；根据所需的图案对该防反射涂层进行构图；在对该防反射涂层进行构图之后，检查该防反射涂层，其中在所述防反射涂层上形成任何吸收层之前进行所述检查；如果检查表明该防反
10 射涂层没有所需图案，则把该防反射涂层修复为所需图案；把所需图案从防反射涂层转印到该吸收层，以形成反射掩膜；使用该反射掩膜在该半导体晶片上形成所需图案。

附图说明

15 本发明通过在附图中的非限制性例子而说明，其中相同的参考标号表示类似部件，其中：

图 1-6 示出根据本发明一个实施例的连续制造阶段中的掩膜的截面视图；以及

图 7 示出使用该掩膜来制造一个集成电路的装置。

20 本领域的普通技术人员应当认识到在该图中的部件仅仅是为了简化和清楚地说明，并且不一定按照比例来绘制。例如，在该图中的一些部件的尺寸可能相对于其他部件被夸大，以有助于促进对本发明的实施例的理解。

25 具体实施方式

在一个实施例中，一个反射掩膜具有紧接着在该反射层上的 EUV 吸收层和在该吸收层上的一个 DUV 防反射涂层 (ARC)。当紧接着在该反射层上的吸收层改善吸收材料泄漏时，该 DUV ARC 提高用于在准备修复时执行掩膜检查的对比度。

30 在图 1 中所示的是一个掩膜 100，其包括具有一个覆盖反射层 20 的基片 10。反射层 20 包括多个交替的硅和钼层。在当前的实践中，该

层面的数目分别 40 个，并且可以被一个薄的硅保护层所覆盖。这些层面被选择以提供 13.4nm 的高反射率的入射 EUV 波长。这些层面的厚度可以根据可能在被使用的 EUV 光的特定波长中出现的变化而改变。对于 13.4nm 的波长，该硅层的所需厚度大约为 4nm，并且该钼层的所需厚度大约为 3nm。

在图 2 中所示的是在一个吸收层 30 之后的掩膜 100，并且一个 ARC 层 40 已经被淀积在反射层 20 上。吸收层 30 是大约 70 纳米厚的铬，其在该厚度上对入射的 EUV 提供大于 99% 的吸收率。被考虑作为一个吸收层的其他材料包括氮化钽、氮化钽硅、氧化钽硅、氮化铬、钨和钨。其他金属也可以被使用。ARC40 被淀积在吸收层 30 上。ARC40 为一种电介质材料，其最好为氧化硅、氮化硅或者氧化铝，但是还可以是氮化硅。

该 ARC40 的厚度被选择为这样一个厚度，其造成入射光的四分之一波长的延迟。因此，通过 ARC40 并且从吸收层 30 反射的光线两次通过 ARC40，因此相对于从 ARC40 的上表面上反射的光具有 180° 的相差，导致相消性干扰。在这种情况下，对于该检查设备的入射光当前处于 DUV 范围中（240 至 260nm）。为了由 ARC40 获得四分之一波长的延迟，必须进行试验。所选择的材料将具有大的不同。所用的特殊处理使得被选择用于 ARC40 的材料还影响其光学常数，例如折射率和消光系数。并且，该检查波长可以不同，使其也将影响所选择的厚度。被选择用于该吸收层 30 的吸收材料还将对 ARC 层 40 的厚度具有一些影响。假设选择氧化硅、氮化硅、氧氮化硅或氧化铝，则该厚度将在 10 至 40nm 的范围内。用于试验的开始点可以基于与这些材料的折射率相关的被公布的信息以及由特定检查设备所使用的确切波长的知识。

用于存在于一个吸收层 30 之上的 ARC 层 40 的所需特性是在长期暴露于 EUV 辐射之下后保持稳定的光学特性的能力。从这一点，通过等离子体增强的化学汽相淀积（PECVD）所淀积的氧氮化硅、氧化硅或者上述其他薄膜表现出较大的缺点。特别在低温下，由 PECVD 所淀积的薄膜包含高百分比的氢，其在紫外光的影响下发生变化，改变该薄

膜的光学特性。因此，用于一个 EUV 掩膜的 ARC 膜 40 的优选淀积方法是物理汽相淀积 (PVD)，其中不涉及被淀积薄膜的氢化作用，并且在 150℃ 之下的低温淀积是不困难的。因此，包含通过 PVD 淀积的氧化硅、氧化铝和氮化硅的用于 ARC40 的示例薄膜在长期暴露于 EUV 辐射之下后没有由于氢的演化而改变它们的光学特性。

在图 3 中示出在淀积光刻胶 50 以及随后对光刻胶 50 进行构图之后的掩膜 100。实际在该光刻胶中形成的图案一般与所需图案具有一些不同。这是不希望出现但是已经在制造掩膜的情况中出现的特征。

在图 4 中所示的是把在光刻胶 50 中的图案转印到 ARC40 的情况。这通过使用被构图的光刻胶层 50 作为掩膜对 ARC40 进行蚀刻而实现。该蚀刻剂在 ARC40 的材料和吸收层 30 的材料之间具有选择性，以避免在该处理中在这一点处对吸收层 30 造成任何严重的蚀刻。这种蚀刻剂是已知的。一种这样的蚀刻剂是 CHF₃。根据在光刻胶 50 中的图案，在图 4 中所示的 ARC40 被构图。存在于被构图的 ARC40 中的该图案被检查缺陷。这些缺陷可以是外来的 ARC 材料或者可以是需要附加 ARC 材料的区域。利用作为氧氮化硅并且在 DUV 检查波长上具有四分之一波长的厚度的 ARC40，在从吸收层 30 和 ARC 层 40 反射的 DUV 光之间产生良好的对比度。

在图 5 中示出的是在已经对被构图的 ARC40 执行修复之后的掩膜 100。其示出添加到被构图的 ARC40 的附加部分 45，以获得所需的图案。来自被构图的 ARC40 的材料还可以根据需要被除去，以获得所需图案。在这种情况下，没有材料被表示需要从被构图的 ARC 层 40 除去。因此，该被构图的 ARC40 加上部分 45，如图 5 中所示，导致具有所需图案的一个被修复掩膜。被选择用于部分 45 的材料是铂，其在聚焦离子束 (FIB) 修复中是有效的。如果要除去材料，则它也由 FIB 所除去，用于除去和替换的 FIB 修复方法是本领域所公知的。

在图 6 中所示的是在图 5 中所示的所需图案被转印到吸收层 30 之后的掩膜 100。这通过使用被修复的 ARC 层 40 作为一个蚀刻掩膜通过吸收层 30 的蚀刻而实现。该蚀刻剂被选择用于在吸收层 30 的材料和

ARC 层 40 以及反射层 20 的材料之间选择。这种蚀刻剂是众所周知的。对于铬吸收器的情况，氯 (Cl₂) 和氧 (O₂) 的混合物是这样一种蚀刻剂。该结果最好是根据所需图案被构图的吸收层 30。在吸收层 30 的蚀刻之后，执行另一个检查。在该检查之后，如果发现附加缺陷，则它们被修复。通常，修复的次数，如果有的话，在对 ARC 层 40 的初始修复之后在对吸收层 30 的构图之前是相当小的。在图 6 中所示的掩膜 100 是完整的掩膜。

如图 7 中所示的是一种装置 210，其包含具有被构图的吸收层 30 和被构图的 ARC 层 40 的掩膜 100、激光器 110、等离子体源 120、聚光光学器件 130、缩小光学器件 140 以及半导体晶片 150。聚光器 110 提供一个来源，以对该等离子体源 120 提供能量。等离子体源 120 提供 EUV，其被发送到该聚光光学器件 130。聚光光学器件 130 照亮掩膜 100，其根据在掩膜 100 上的图案而反射该 EUV。通过适当的修复，掩膜 100 应当具有所需图案。被反射的 EUV 通过缩小光学器件 140 并且被成像到晶片 150。晶片 150 具有一个基片 160，其上具有至少一个半导体材料层。在该基片 160 上是一个光刻胶层，其具有一个曝光部分 180 和一个非曝光部分 170。曝光部分 180 对应于在掩膜 100 所示的区域 138。区域 170 对应于具有吸收层 30 和 ARC 层 40 的区域。掩膜 100 在所有附图中被简化，以示出非常少的特征，以有助于说明本发明。在一个实际掩膜中，一般可以有几百万、甚至几十亿个在掩膜上的特征。该数目稳定地增加。

掩膜 100 提供一种优点，即在用于检查的波形上，在出现吸收的区域和出现反射的区域之间具有良好对比度。该结果是能够查找在该图案上的所有缺陷，以修复该所有缺陷，从而获得所需图案。这提供避免在制造过程中刮擦掩膜的功能。另一个优点是吸收层 30 直接与反射层 20 相接触。因此，在吸收层 30 和反射层 20 之间没有间隔。这导致减小吸收材料的泄漏，以及伴随的不希望出现的图像模糊。

如图 6 和图 7 中所示的掩膜 100 包括作为完成的掩膜的 ARC 层 40。另一种替换选择是除去 ARC40，这将提供减小被构图的材料的高度的

优点。另一方面，把 ARC40 保留在掩膜 100 上的优点是掩膜 100 的后期检查将更加容易实现。在一个掩膜已经制成一段时间之后，通常希望再次检查它。由于 ARC40 的存在，这种后续的检查将会更加有效和可靠。被选择用于 ARC40、吸收层 30 和反射层 20 的材料已经被发现是有效的，但是其他材料也是有效的。例如，ARC40 可以是另一种电介质材料，例如氧化硅、氧化铝、氮化铝或者碳化硼。目前，考虑到希望在淀积反射层 20 之后把处理温度保持在 150℃ 之下。如果该温度可以被升高，则可以有材料的更多选择。类似地，吸收层 30 被选择为铬，但是其他吸收材料也可以使用，特别是如果温度范围可以被升高用于淀积的情况下。用于部分 45 的修复材料也可以被改变。在本例中，部分 45 是铂。另一种替换材料包括钨和钽。当前的 FIB 被用于层面的修复，但是可以使用其他技术。如果用于后期反射层淀积的可用温度范围改变，则将可能影响对所有材料的选择。

在上述说明书中，已经参照具体实施例描述本发明。但是，本领域的普通技术人员应当知道可以作出各种改变和变化而不脱离在下面的权利要求中给出的本发明的范围。相应地，本说明书和附图被认为是说明性而非限制性的，并且所有这种变型被认为是包含在本发明的范围内。

上文已经对具体实施例描述本发明的好处、其他优点和对问题的解决方案。但是，该好处、优点、对问题的解决方案以及所出现或变得更加显著的可能造成任何好处、优点或解决方案的任何要素不被认为是任何或所有权利要求的关键、必要或本质的特征或要素。如在此所用的，术语“包含”、“包括”或者任何其他变型是非排他性的包括，例如包括一系列要素的过程、方法、物体或装置不仅仅包含这些要素，而且可以包含没有被明确列出的用于该过程、方法、物体或者装置的其他要素。

图1

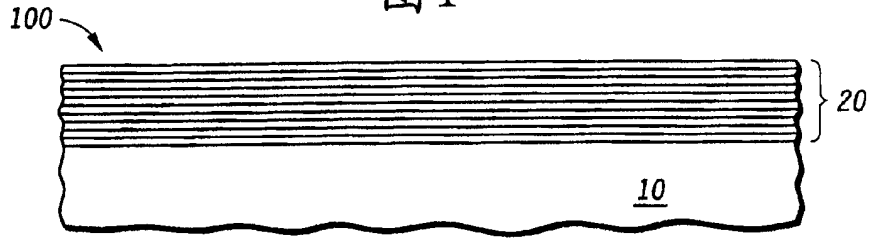


图2

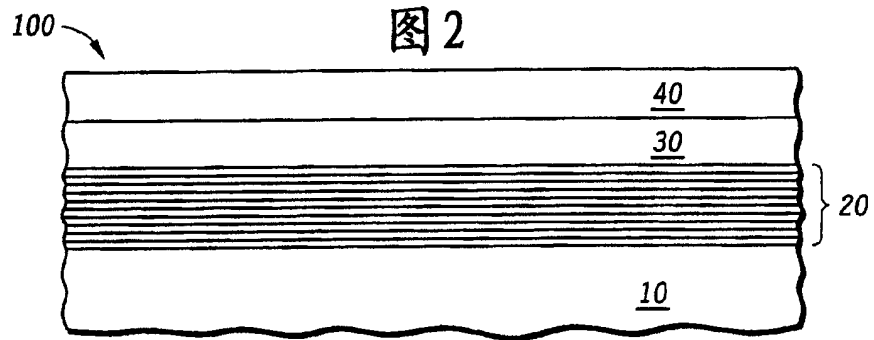


图3

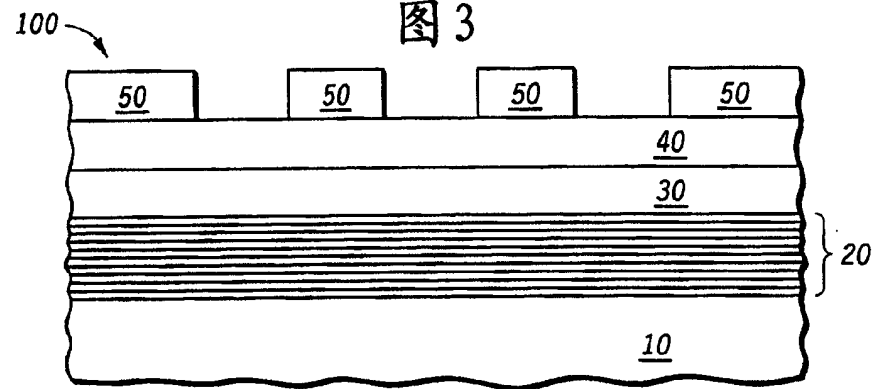


图4

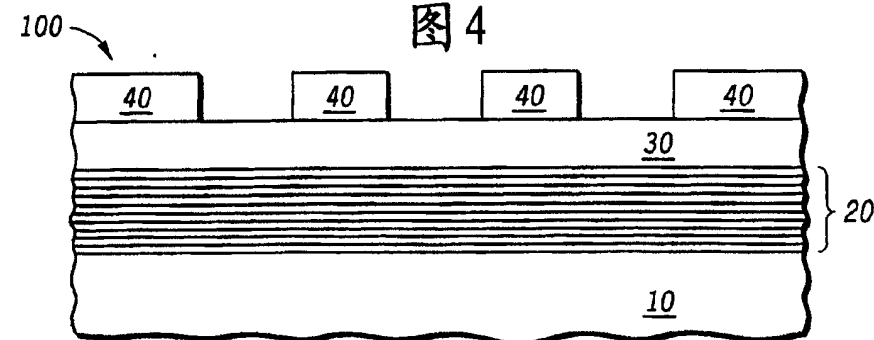


图5

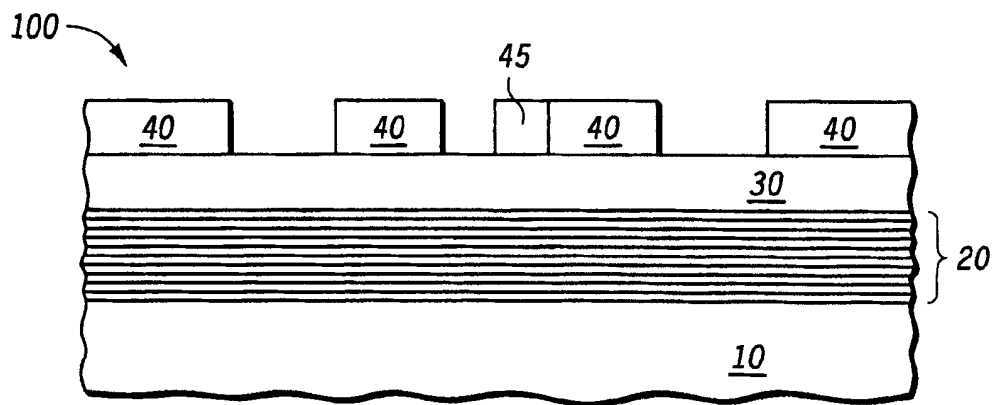


图6

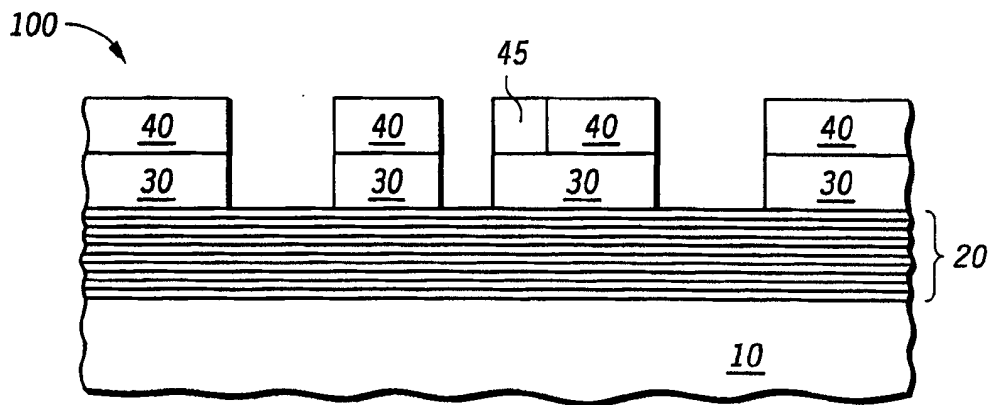


图7

