

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610154202.7

[51] Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)

H01L 21/768 (2006.01)

H01L 21/28 (2006.01)

[43] 公开日 2007年5月23日

[11] 公开号 CN 1967777A

[22] 申请日 2006.9.13

[21] 申请号 200610154202.7

[30] 优先权

[32] 2005.11.1 [33] US [31] 11/163,836

[71] 申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 J·J·梅扎佩莱

[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 蔡胜有

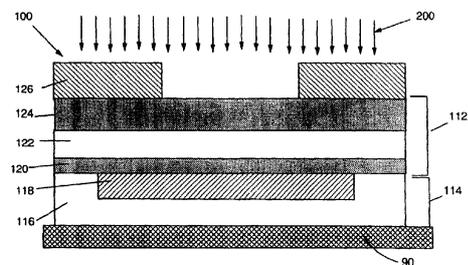
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

使导体露出的刻蚀方法

[57] 摘要

公开了在导体上刻蚀介电层及覆盖层以露出导体的刻蚀方法。在一个实施方案中,该方法包括使用含有八氟环丁烷(C_4F_8)的化学物质刻蚀二氧化硅(SiO_2),和含有四氟甲烷(CF_4)的化学物质刻蚀氮化钛(TiN)。该方法可阻止刻蚀速率的下降,并表现出减少的静电释放缺陷(ESD)。



1. 一种露出导体的刻蚀方法，该方法包括以下步骤：

使用含有八氟环丁烷(C_4F_8)的化学物质刻蚀穿含有二氧化硅(SiO_2)的第一介电层；

使用含有四氟甲烷(CF_4)的化学物质刻穿含有氮化钛(TiN)的覆盖层，以露出导体。

2. 权利要求1的方法，其中第一介电层刻蚀步骤包括采用以下条件：约90-110mTorr的压力，在约27MHz和约2MHz下的950-1050W的射频能量，约375-425标准立方厘米(sccm)的氩(Ar)气流，约13-17标准立方厘米的八氟环丁烷(C_4F_8)，及约5-7标准立方厘米的氧(O_2)。

3. 权利要求1的方法，其中覆盖层刻蚀步骤包括采用下列条件：约255-285mT的压力，在约27MHz下1350-1450W的射频能量及在约2MHz下约650-750W的射频能量，约135-165标准立方厘米的四氟甲烷(CF_4)和约90-110标准立方厘米的氮(N_2)的气流。

4. 权利要求1的方法，其中每一个刻蚀步骤均在反应离子刻蚀工具中进行。

5. 权利要求1的方法，其中每一个刻蚀步骤均包括采用下列条件：固定晶片的卡盘压力约为18-22Torr的氦(He)，卡盘温度约为18-22°C。

6. 权利要求1的方法，该方法进一步包括刻蚀步骤前的去除污垢步骤。

7. 权利要求6的方法，其中去除污垢步骤包括采用含氮(N_2)及氢(H_2)的气流。

8. 权利要求1的方法，该方法进一步包括在刻蚀第一介电层前，刻穿含有氮化硅(Si_3N_4)的第二介电层，第二介电层位于第一介电层之上。

9. 权利要求1的方法，该方法进一步包括刻蚀覆盖层之后的灰化步骤。

10. 一种露出导体的刻蚀方法，该方法包括以下步骤：

刻穿含有氮化硅 (Si_3N_4) 的第一介电层；

采用含有约 13-17 标准立方厘米八氟环丁烷 (C_4F_8) 气流的化学处理刻穿含有二氧化硅 (SiO_2) 的第二介电层；和

采用约 135-165 标准立方厘米四氟甲烷 (CF_4) 气流的化学处理刻穿含有氮化钛 (TiN) 的覆盖层，以露出导体。

11. 权利要求 10 的方法，其中第二介电层刻蚀步骤包括采用以下条件：约 90-110mTorr 的压力，在约 27MHz 及约 2MHz 下约 950-1050W 的射频能量，所述气流还包含约 375-425 标准立方厘米的氩 (Ar) 和约 5-7 标准立方厘米的氧 (O_2)。

12. 权利要求 10 的方法，其中覆盖层刻蚀步骤包括采用以下条件：约 255-285mTorr 的压力，在约 27MHz 下 1350-1450W 的射频能量及在 2MHz 下约 650-750W 的射频能量，且该气流进一步包括约 90-110 标准立方厘米的氮 (N_2)。

13. 权利要求 10 的方法，其中每一个刻蚀步骤均在反应离子刻蚀工具中进行。

14. 权利要求 10 的方法，其中每一个刻蚀步骤均包括采用以下条件：晶片固定卡盘压力约为 18-22Torr 的氦 (He)，卡盘温度为约 18-22 $^{\circ}\text{C}$ 。

15. 权利要求 10 的方法，该方法进一步包括第一次刻蚀步骤前的去除污垢步骤，去除污垢步骤包括使用氮 (N_2) 和氢 (H_2) 的气流。

16. 权利要求 15 的方法，其中去除污垢步骤包括采用以下附加条件：晶片固定卡盘压力约为 18-22 Torr 的氦 (He)，卡盘温度为约 18-22 $^{\circ}\text{C}$ 。

17. 权利要求 10 的方法，该方法进一步包括刻蚀覆盖层后的灰化步骤。

18. 一种露出叠层下的导体的方法，该叠层从上至下包括图形化的光刻胶、氮化硅 (Si_3N_4) 层、二氧化硅 (SiO_2) 层、氮化钛 (TiN) 覆盖层，该方法包括以下步骤：

刻穿氮化硅 (Si_3N_4) 层;

用以下条件刻穿二氧化硅 (SiO_2) 层: 约 90-110mTorr 的压力, 在约 27MHz 及约 2MHz 下约 950-1050W 的射频能量, 约 375-425 标准立方厘米的氩 (Ar)、约 13-17 标准立方厘米的八氟环丁烷 (C_4F_8) 及约 5-7 标准立方厘米的氧 (O_2) 的气流;

用以下条件刻穿氮化钛 (TiN) 层: 约 255-285mTorr 的压力, 在约 27MHz 下约 1350-1450W 的能量及在 2MHz 下约 650-750W 的能量, 约 135-165 标准立方四氟甲烷 (CF_4) 和约 90-110 标准立方厘米的氮 (N_2) 的气流。

19. 权利要求 18 的方法, 其中该刻蚀步骤在去除污垢步骤之后, 而位于灰化步骤之前。

20. 权利要求 18 的方法, 其中每一个刻蚀步骤包括采用以下条件: 晶片固定卡盘压力约为 18-22Torr 的氦 (He), 卡盘温度可以为约 18-22 $^{\circ}\text{C}$ 。

使导体露出的刻蚀方法

发明背景

技术领域

本发明一般涉及半导体加工，尤其是使用八氟环丁烷 (C_4F_8) 刻蚀二氧化硅 (SiO_2) 和使用四氟甲烷 (CF_4) 刻蚀氮化钛 (TiN) 的刻蚀方法。

背景技术

在半导体工业中，利用反应离子刻蚀 (RIE) 技术在半导体芯片上打开电路路径。用反应离子刻蚀技术形成的一种结构例如是将不同的层中导体进行电连接的通路。反应离子刻蚀技术是等离子 (气态) 刻蚀的一种变体，其中半导体晶片置于一个射频 (RF) 电极上，然后将刻蚀物质从等离子抽取出来并向待刻蚀物体表面加速。化学刻蚀反应的发生可以去除该表面的部分物质。反应离子刻蚀在半导体加工中是一种最为常用的刻蚀技术。

参见图 1，显示了一种传统的半导体结构 10，它包括刻蚀前的层 12 和层 14。结构 10 包含：导体层 14，它包含围绕着导体层 18 (例如，铜或铝) 的介电层 16 (例如，二氧化硅 (SiO_2) 层)；位于导体层 14 的上面的覆盖层 20 (例如，氮化钛 (TiN) 层)；位于覆盖层 20 上面的介电层 22 (例如，二氧化硅 (SiO_2) 层)；位于介电层 22 上面的另一介电层 24 (例如，氮化硅 (Si_3N_4) 层)；和已图形化的光刻胶层 26。

典型的反应离子刻蚀方法在一个等离子腔中进行，该等离子腔包含两种射频设置，例如，约 2MHz (底部射频源电极) 和约 27MHz (顶部偏压功率电极)。下面描述一种用于叠层的反应离子刻蚀方法，该叠层具有以下厚度：6 μm 的光刻胶层 26 (例如，Gpoly)，4000 \AA 的氮化硅介电层 24，4500 \AA 的二氧化硅介电层 22 和 250-350 \AA 的氮化钛覆盖层 20。传统的反应离子刻蚀方法可能包括以下步骤：使用氩气 (Ar)、

四氟甲烷 (CF_4) 和一氧化碳 (CO)，去除污垢，刻蚀介电层 24，刻蚀介电层 22，然后两步刻蚀覆盖层 20。第一个覆盖层刻蚀步骤可能使用氩 (Ar)，八氟环丁烷 (C_4F_8)，氧 (O_2) 和三氟甲烷 (CHF_3)，第二个覆盖层刻蚀步骤可能使用氩 (Ar)，三氟化氮 (NF_3)。最后，进行氧 (O_2) 等离子化学处理 (灰化) 将导体 18 上残余的反应离子刻蚀聚合物去除。

在介电刻蚀工具中去除氮化钛 (TiN) 的常规反应离子刻蚀工艺会遇到许多问题。首先，会使工具老化，更特殊的是会使刻蚀速率下降，使随后的反应离子刻蚀处理的一致性降低，从而降低产量。其次，典型的等离子处理会使晶片剥蚀。例如，上述方法显示了在晶片的切口处增高的静电放电缺陷 (ESD)。一种针对这种情况的解决办法是采用金属刻蚀体系，而不是介电刻蚀体系。然而，这些体系会引起覆盖层 20 下保留的导电层 18 (如 Al) 的轮廓产生缺陷。也就是说，它们对铝不具有选择性。

综上所述，该领域中存在对改良反应离子刻蚀工艺的需求，该技术又不会受相关技术问题的影响。

发明内容

本发明包含刻蚀介电层和位于导体上的覆盖层以使导体露出的方法。在一个实施方案中，该方法包含：使用含有八氟环丁烷 (C_4F_8) 的刻蚀二氧化硅 (SiO_2) 的化学物质，和含有四氟甲烷 (CF_4) 的用于刻蚀氮化钛 (TiN) 的化学物质。该方法可阻止刻蚀速率的劣化，并表现出减少的静电放电缺陷。

本发明的第一个方面涉及露出导体的刻蚀方法，该方法包括如下步骤：以含有八氟环丁烷 (C_4F_8) 的化学物质刻穿含二氧化硅 (SiO_2) 的第一介电层；以含四氟甲烷 (CF_4) 的化学物质刻穿含氮化钛 (TiN) 的覆盖层，以使导体露出。

本发明的第二方面包含一种用于露出导体的刻蚀方法，该方法包括以下步骤：刻穿含有氮化硅 (Si_3N_4) 的第一介电层；以含有约 13-17 标准立方厘米 (sccm) 八氟环丁烷 (C_4F_8) 气流的化学物质刻穿含有二

氧化硅 (SiO_2) 的第二介电层; 以含有 135-165 标准立方厘米四氟甲烷 (CF_4) 气流的化学物质刻穿含氮化钛 (TiN) 的覆盖层, 以使导体露出。

本发明的第三个方面涉及露出叠层下面的导体的方法, 该叠层由上至下包括图形化的光刻胶层、氮化硅 (Si_3N_4) 层、二氧化硅 (SiO_2) 层、氮化钛 (TiN) 覆盖层, 该方法包括以下步骤: 刻穿所述氮化硅 (Si_3N_4); 采用以下列条件所述刻穿二氧化硅 (SiO_2): 约 90-110mTorr (mT) 的压力, 在大约 27MHz 及 2MHz 下约 950-1050W 的射频能量, 约 375-425 标准立方厘米的 Ar 气气流, 约 13-17 标准立方厘米的八氟环丁烷 (C_4F_8) 及约 5-7 标准立方厘米的 O_2 ; 采用以下列条件刻穿含氮化钛 (TiN) 的氮化钛层: 约 255-285mT 的压力, 在约 27MHz 条件下的约 1350-1450W 的射频能量及在约 2MHz 下的约 650-750W 的射频能量, 约 135-165 标准立方厘米的四氟甲烷 (CF_4) 及约 90-110 标准立方厘米的 N_2 气流。

从下面的本发明的实施方案的详细说明中将清楚地了解本发明的前述及其它特性。

附图说明

本发明的实施方案将根据下面的附图进行详细描述, 其中相同的标记指示相同的部件, 其中:

图 1 显示了一种在刻蚀前含有介电层的常规半导体结构。

图 2-6 显示了根据本发明的刻蚀方法的一个实施方案。

应当指出, 该发明的附图不是按比例绘制的。附图的目的仅仅是为了描述发明的一些典型特征, 因此不应认为是限制本发明的范围。附图中, 相同的编号代表着各图间的相同部件。

具体实施方式

参考附图, 图 2-6 显示了根据本发明形成开口以露出导体的刻蚀方法的一个实施方案。通过光刻胶提供开口的图形。该法改进了传统的方法, 从而减少了静电放电缺陷 (ESD) 并且不降低刻蚀速率。该方

法在典型的电介质反应离子刻蚀 (RIE) 工具中进行, 而不是在一种金属反应离子刻蚀 (RIE) 工具中进行。所使用的反应离子刻蚀腔能够采用两种射频设置, 即约 2MHz (底部射频源电极) 和约 27MHz (顶部偏压功率电极)。

该方法从传统的半导体结构 100 开始, 该结构 100 包括含有介电层 112 的叠层 (有时指大通路垫叠层 (large-via pad stack)), 与图 1 所示相似。结构 100 包括导体层 114, 该导体层包含围绕着导体 118 (例如铜或铝的导体) 的介电层 116 (例如, 二氧化硅 (SiO_2), 或任何其它合适的介电材料的层)。导体 118 上叠层包括覆盖层 120, 该层包括位于导体层 114 上的氮化钛 (TiN); 介电层 122, 它包括位于覆盖层 120 上的二氧化硅 (SiO_2); 另一介电层 124, 它包括位于介电层 122 上的氮化硅 (Si_3N_4) 层; 和图形化的光刻胶 126。图形化的光刻胶 126 包括待形成所述开口以露出导体 118 的图形。介电层 122 可包括任何二氧化硅 (SiO_2) 型材料, 比如氢化的氧碳化硅 (SiCOH), Novellus 公司的 CORAL™, 硅酸四乙酯 ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) (TEOS), 掺 F 的 TEOS (FTEOS), 掺 F 的硅酸盐玻璃 (FSG), 未掺杂硅酸盐玻璃 (USG), 硼磷硅酸盐玻璃 (BPSG) 等。覆盖层 120 可包括任何典型的氮化钛基覆盖材料。

采用具有以下厚度的叠层描述本发明: $6\mu\text{m}$ 的光刻胶 126 (例如 Gpoly), 4000\AA 的氮化硅介电层 124, 4500\AA 的包含二氧化硅的介电层 122 和 $250\text{-}350\text{\AA}$ 含氮化钛的覆盖层 120。应当认识到, 当叠层厚度不同时, 至少刻蚀时间可适当变化。

如图 2 所示, 该方法的初始步骤包括清除污垢 200。该清除污垢步骤可去除刻蚀前的光刻步骤中留下的残留物, 这将允许对氮化硅表面更均匀的刻蚀。在一个实施方案中, 通过 N_2 和 H_2 气流进行污垢去除。本说明书及权利要求中, 将会用到术语“约 X-Y”。该近似要理解为适用于所述范围中的下限值及上限值。去除污垢步骤将需约 8-12 秒。该去除污垢步骤也可以包括使用如下附加条件: 固定晶片的卡盘 90 (图 2-6), 压力约为 18-22Torr 的 He, 卡盘温度可为约 18-22°C。

如图 3 所示, 随后是穿透介电层 124 如氮化硅的刻蚀 202。所用的刻蚀条件 202 可以是任何常规的方法的。例如, 刻蚀条件 202 可包括使用氩 (Ar), 四氟甲烷 (CF_4), 三氟甲烷 (CHF_3) 及氧 (O_2) 等的气流。举例来说, 可以使用 Dupont 的商品名为 Freon®23 的三氟甲烷 (CHF_3) (也称为氟仿)。刻蚀 202 可以持续约 40-50 秒。卡盘 90 压力可以是例如约 18-20Torr 的氦 (He), 卡盘 90 的温度可以是约 18-20°C。

然后, 如图 4 所示, 刻蚀含有二氧化硅 (SiO_2) 的介电层 122。在一个实施方案中, 刻蚀化学处理 204 包括采用下列条件: 约 90-110mTorr 的压力, 在 27MHz 及 2MHz 频率下约 950-1050W 的射频能量, 约 375-425 标准立方厘米的氩 (Ar) 气流, 约 13-17 标准立方厘米的八氟环丁烷 (C_4F_8) 及约 5-7 标准立方厘米的氧 (O_2)。刻蚀 204 可以持续约 80-95 秒。刻蚀 204 还可以采用下列条件: 固定晶片的卡盘 90 压力约为 18-22Torr 的 He, 卡盘温度可以为约 18-22°C。

参照图 5, 下一步包括刻蚀含有氮化钛 (TiN) 的覆盖层 120。刻蚀 206 可以采用以下条件: 约 255-285mTorr 的压力, 在约 27MHz 频率下 1350-1450W 的射频能量及在 2MHz 频率下约 650-750W 的射频能量, 约 135-165 标准立方的四氟甲烷 (CF_4) 及约 90-110 标准立方厘米的氮 (N_2) 气流。刻蚀 206 可以持续约 85-100 秒。刻蚀 206 也可以采用以下条件: 固定晶片卡盘 90 压力约为 18-22Torr 的 He, 卡盘温度可以为约 18-22°C。

图 6 显示了下一步, 包括进行灰化步骤 208 以从导体 118 上去除残留的反应离子刻蚀聚合物。灰化步骤 208 可以包括任何目前已知或今后开发出的基于氧的灰化化学处理。

上述的发明提供了刻蚀二氧化硅 (SiO_2) 及氮化钛 (TiN) 两步法。该方法与传统反应离子刻蚀方法相比, 对 Al 具有选择性, 并且耗费更少的光刻胶 126。该法改进了传统的工艺, 使静电放电缺陷 (ESD) 减少, 而刻蚀速率则不会劣化。此外, 该方法在典型的绝缘反应离子刻蚀工具中进行, 而不是在金属反应离子工具中进行。

尽管结合上述的特定实施方案对本发明进行了描述，然而许多替换、修改及变化对那该领域的技术人员来说是很明显的。相应地，本发明中上述提及的实施方案是为了举例说明，而不是有所限制。根据下面的权利要求，在不背离本发明的精神和范围的情况下，可以做出多种变化。

图1 现有技术

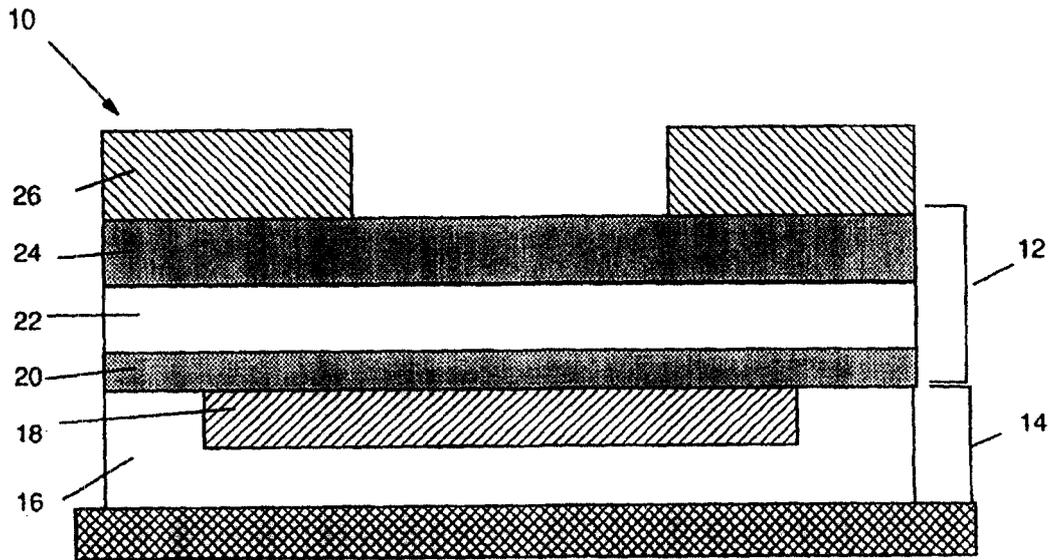


图2

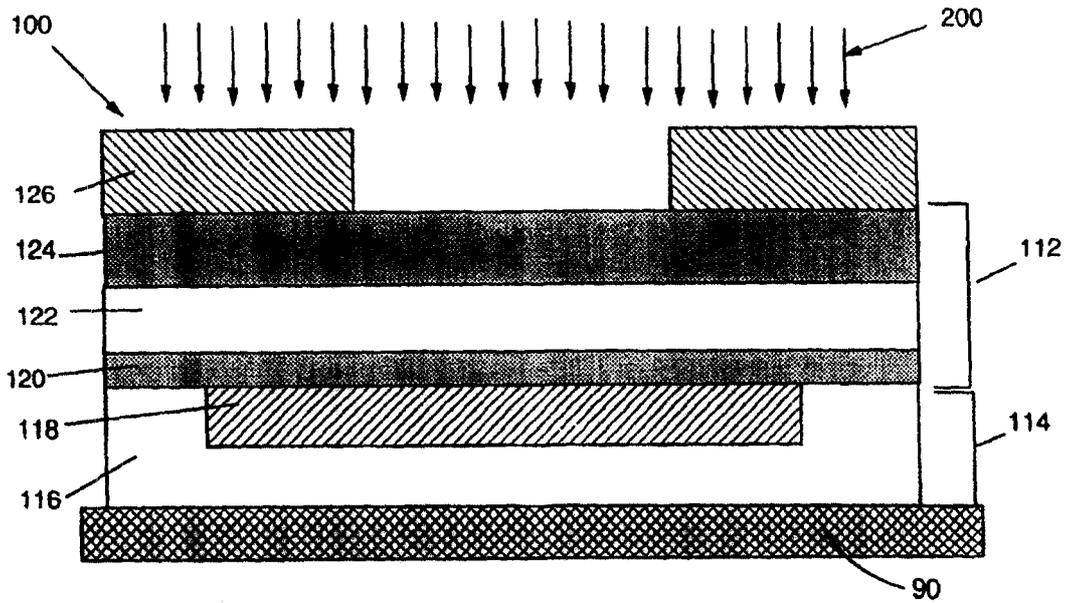


图3

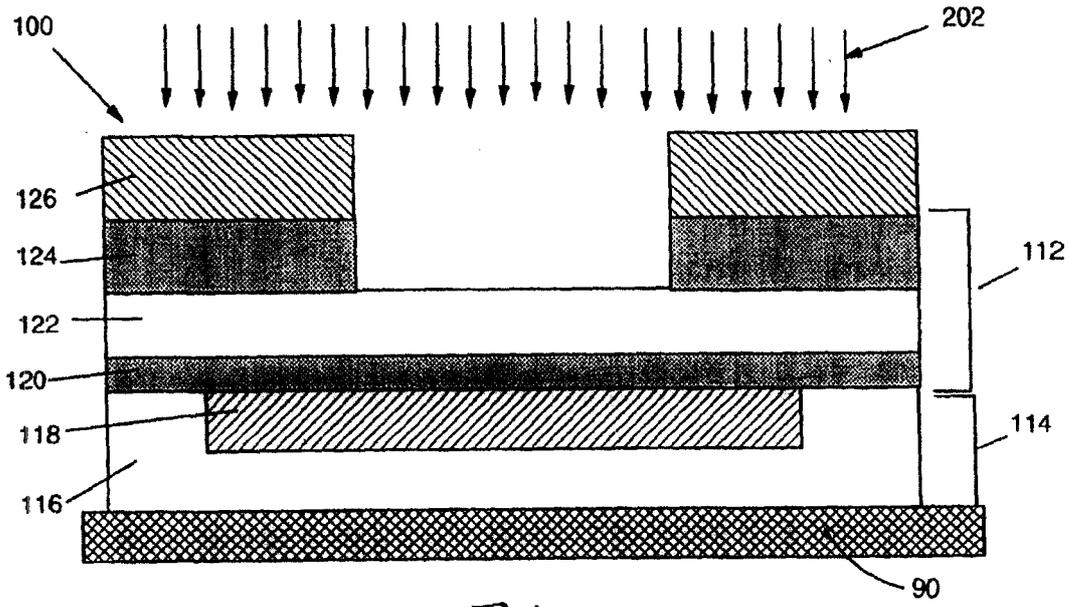


图4

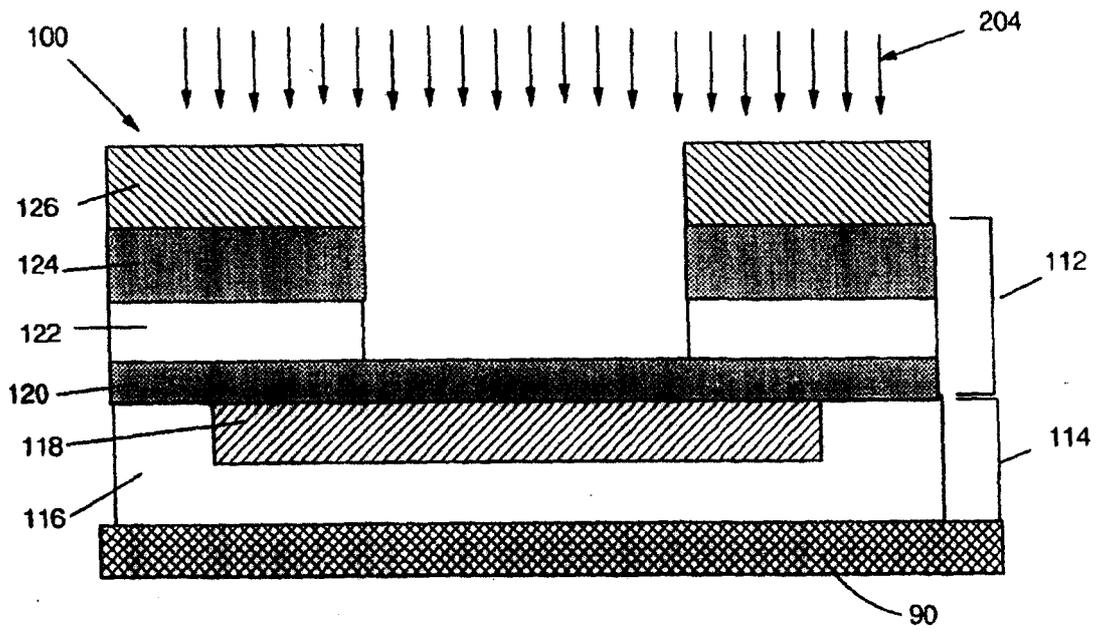


图5

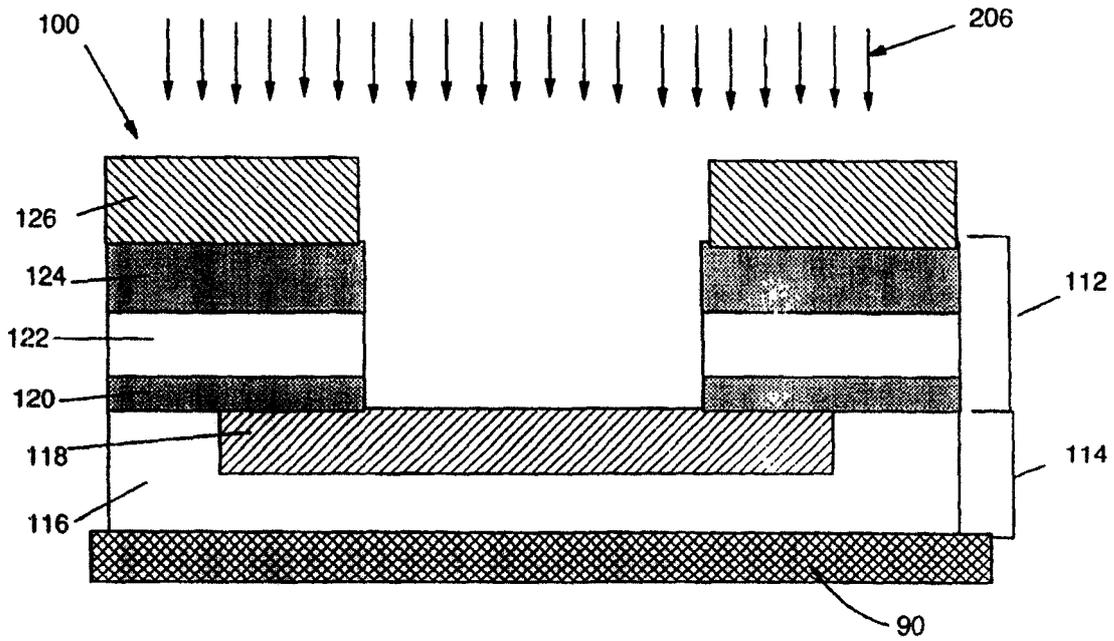


图6

