

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96122097. X

[45]授权公告日 2001 年 10 月 17 日

[11]授权公告号 CN 1073281C

[22]申请日 1996. 10. 30

[21]申请号 96122097. X

[30]优先权

[32]1995. 10. 30 [33]JP [31]281602/1995

[73]专利权人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 宗佐美达矢 本间哲哉

[56]参考文献

JP 平 6 - 291097A 1994. 10. 18 H01L21/302

审查员 沈 丽

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

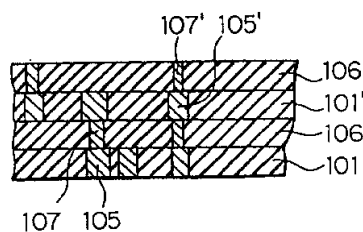
代理人 叶恺东 萧掬昌

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 半导体器件及其制造方法

[57]摘要

一种制造半导体器件的方法,包括下列步骤:制备树脂制成的有机层(101),树脂选自由聚酰亚胺树脂和氟树脂组成的材料群,其相对介电常数在 1.8 至 3.5 的范围,有机层上有一沟槽;将第一金属(105)埋设在沟槽中;在有机层上形成含氟氧化硅层(106)从而使氧化硅层在第一金属上有一孔;将第二金属埋设在该孔中。最好是在氧化硅层上形成所述树脂制成的另一有机层,从而使该另一有机层在第二金属上有另一沟槽。在此情况下,将另一第一金属(105')埋设在另一沟中。(图 3J)



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种半导体器件,其特征在於,它包括:

5 有机层(101),由树脂制成,树脂选自聚酰亚胺树脂和氟树脂组成的材料群,其相对介电常数在 1.8 至 3.5 的范围,所述有机层上有一沟槽;

第一金属(105),埋设在所述沟槽中;

氧化硅层(106),含有氟,且在所述有机层上形成,从而在所述第一金属上有一孔;和

10 第二金属(107),埋设在所述孔中。

2.如权利要求 1 所述的半导体器件,其特征在於,它还包括:

另一有机层(101'),由所述树脂制成,在所述氧化硅层上形成,从而在所述第二金属上有另一沟槽;和

另一第一金属(105'),埋设在所述另一沟槽中。

15 3.如权利要求 2 所述的半导体器件,其特征在於,它还包括:

另一氧化硅层(106'),含氟,在所述另一有机层上形成,从而在所述另一第一金属上有另一孔;和

另一第二金属(107'),埋设在所述另一孔中;

4.一种制造半导体器件的方法,其特征在於,它包括下列步骤;

20 制备有机层(101),有机层(101)由树脂制成,树脂选自聚酰亚胺树脂和氟树脂组成的材料群,其相对介电常数在 1.8 至 3.5 的范围,所述有机层开有一沟槽;

将第一金属(105)埋设在所述沟槽中;

25 在所述有机层上形成含氟氧化硅层(106)从而在所述第一金属上有一孔;和

将第二金属(107)埋设在所述孔中。

5.如权利要求 4 所述的制造半导体器件的方法,其特征在於,所述制备步骤包括下列步骤:

用旋转涂敷法形成所述有机层;和

30 对所述有机层进行热处理。

6.如权利要求 4 所述的制造半导体器件的方法,其特征在於,所

述制备步骤包括下列步骤:

用等离子体化学汽相淀积法形成所述有机层。

7.如权利要求4所述的制造半导体器件的方法,其特征在于,所述形成步骤包括下列步骤:

5 用等离子体化学汽相淀积法形成所述氧化硅层。

8.如权利要求4所述的方法,其特征在于,它还包括下列步骤:

在所述氧化硅层上形成所述树脂制成的另一有机层(101'),从而使所述另一有机层在所述第二金属上有另一沟槽;和

将另一第一金属(105')埋设在所述另一沟槽中。

10 9.如权利要求8所述的制造半导体器件的方法,其特征在于,所述另一有机层的所述形成步骤包括下列步骤:

用旋转涂敷法形成所述另一有机层;

对所述另一有机层进行热处理。

15 10.如权利要求8所述的制造半导体器件的方法,其特征在于,所述形成所述另一有机层的包括用等离子体化学汽相淀积法形成所述另一有机层的步骤。

11.如权利要求8所述的方法,其特征在于,它还包括下列步骤:

在所述另一有机层上形成另一含氟氧化硅层(106')从而使所述另一氧化硅层在所述另一第一金属上有另一孔;和

20 将另一第二金属(107')埋设在所述另一孔中。

12.如权利要求11所述的制造半导体器件的方法,其特征在于,所述形成所述另一氧化硅层的步骤包括用等离子体化学汽相淀积法形成所述另一氧化硅层的步骤。

说 明 书

半导体器件及其制造方法

5 本发明涉及一种半导体器件，特别是一种多级或多层布线结构的能防止金属线路之间串扰的半导体器件。本发明还涉及这种半导体器件的制造方法。

近几年来，半导体集成电路的结构越来越精密。这种倾向在逻辑电路的多级或多层布线中特别显著。随着多级布线金属线路间的间距
10 越来越精细，金属线路之间的串扰(线路上的信号漏泄到毗邻线路上的现象)成为不可避免的事了。为避免发生这种串扰，有人建议采用介电常数低的绝缘层作为金属线路之间的线间绝缘层。

例如 Shin-Pun Jeng 等人在《1994 年超大规模集成电路技术研讨会技术文件的文摘论文集》第 73-74 页上发表的题为“埋置聚合物的
15 介电常数低供亚四分之一微米应用的平面化多级互连方案”的文章公开了用低介电常数绝缘层抑制这种串扰的方法。这种方法只在相对介电常数等于或小于 3.5 的情况下才起作用。

目前，采用等离子体化学汽相淀积法制取的 P-SiO 层时，相对介电常数在 4 与 4.5 之间。因此，相信用相对介电常数在 1.8 与 3.5 之间的
20 的有机层代替 P-SiO 层是有益的。

采用这种有机层的现行技术有各种各样，日本未经审查的专利公报 3-34558(34558/1991)公开的制造多级布线结构的方法即为其中的一种。这里就举该方法作为第一种传统方法的一个实例。

上述 Jeng 等人的文章公开了现行采用有机层的各种方法的另一个实例，这里称此实例为第二种传统方法。
25

第一种和第二种传统方法各有各的缺点，说明如下。

参看图 1A 至 1H。为更好地理解本发明的内容，先说明使用有机层的第一种传统方法。第一种传统方法相当于上述日本未经审查的专

利公报 3-34558(34558/1991)中公开的方法。图 1A 至 1H 示出了按第一种传统方法制造两级铝布线结构时所需要的多级布线过程的一系列步骤。

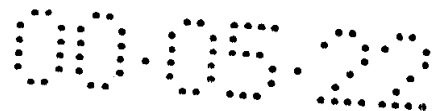
5 参看图 1A。第一铝线路 303 通过绝缘层 302 在半导体基片 301 上形成，其厚度约 1 微米。用旋转涂敷法将含硅的形成聚酰亚胺涂层的溶液涂敷到第一铝线路 303 上。接着，在烘炉中在氮气氛围下在 150℃ 温度进行 30 分钟的热处理。于是形成厚约 0.2 微米的含硅聚酰亚胺层 304，如图 1B 中所示。

10 接着，用旋转涂敷法涂敷四氟乙烯全氟烷基乙醚共聚物的分散体。分散体事先是这样制备的：制取直径在 0.1 与 0.5 微米之间的四氟乙烯全氟烷基乙醚共聚物细粒料，将细粒料以大约 30% 重量的浓度散布在纯水中。接着，在烘炉中在氮气氛围中在 80℃ 下进行 10 分钟的热处理。再在电炉中在氮气氛围中在 380℃ 下进行另一个 10 分钟的热处理，使细粒米融化。于是形成了 1.3 微米厚的氟树脂层 305，
15 如图 1C 中所示。

接下去，在溅射设备中将氟树脂层表面暴露在氩气等离子体中以改变其品质。接着，在同一个溅射设备中依次用溅射法形成厚约 0.3 微米的钛层 306，用周知的光刻法形成光刻胶层 307 并形成线路图形，如图 1D 中所示。这之后，如图 1E 中所示，借助于反应离子蚀刻法用 CCl_4 气与 SF_6 气组成的混合气体在钛层 306 上开个孔。接着，
20 蚀除光刻胶层 307 时，通过反应离子蚀刻法用 O_2 气和 CF_4 气组成的混合气体在氟树脂层和含硅聚酰亚胺层上同时开孔 308，如图 1F 所示。

接下去，浸入铵和过氧化氢组成的混合物的水溶液。如图 1G 中所示，钛层 306 除去之后，用溅射法形成厚约 1 微米的铝层。用周知的光蚀刻法形成第二铝线路 309，如图 1H 所示。重复上述各步骤就
25 形成了多级布线结构。

翻看图 2A 至图 2D。为更好地理解本发明的内容，这里也说明一下采用有机层的第二种传统方法。第二种传统方法相当于上述 Jeng



等人的文章公开的方法。图 2A 至 2D 是按第二种传统方法制造两级布线结构所需要的多级布线工艺一系列工序的侧向剖视图。

5 参看图 2A。金属线路 402 通过蚀刻形成，其上涂敷有 SiO_2 层 401。接着，如图 2B 中所示，蚀除各金属线路 402 之间的狭窄部分，在 SiO_2 层 401 上开孔。然后，在 SiO_2 层 401 上和其上开设的诸孔中淀积介电常数低的聚合物层 403。接着，如图 2C 中所示，蚀除聚合物层 403，只保留在 SiO_2 层 401 上开设的诸孔中的聚合物层 403。在 SiO_2 层 401 上形成 SiO_2 层(覆盖层)404。在 SiO_2 层 404 上开一个通孔，在该通孔中埋设一个辅助孔 405。重复上述各步骤就形成多级布线结构，如图 2D 中所示。

10 在上述第一种传统方法中，辅助孔 308 形成之后，含硅的聚酰亚胺层 304 不可避免地通过辅助孔 308 暴露出来。由于含硅的聚酰亚胺层 304 吸水性高，因而含硅聚酰亚胺层 304 暴露时，辅助孔 308 的铝线路(金属线路)309 的互连电阻率提高，从而降低了金属线路 309 的可靠性。

另一方面，在上述第二种传统方法中， SiO_2 层 401 上开的各孔中埋设有介电常数低的聚合物层 403。具体地说，聚合物层 403 必须埋设在长宽比大的各孔中，因而只能成为高覆盖区层。

20 此外，在上述第二种传统方法中 SiO_2 层 404 是用来覆盖有机层 403 的。由于 SiO_2 的相对介电常数较高，达大约 4，因而垂直方向的线路间电容增加。这使信号在上下金属层之间的传输速率降低。

25 在第一和第二种传统方法中，金属线路对光刻胶层的选择比约为 3。因此，精细布线工艺受到在光刻胶层上形成电路图形时在精确度上的限制。这样就难以精确而细致地形成金属线路使多级布线结构达到预期的高精密度。

因此，本发明的目的是克服上述缺点，提供一种能避免各金属线路之间出现串扰的多级布线结构的半导体器件。

本发明的另一个目的是克服上述缺点，提供一种制造多级布线结

构能防止各金属线路之间出现串扰的半导体器件的方法。

5 本发明提供的半导体器件包括：有机树脂层，树脂选自由聚酰亚胺树脂和氟树脂组成的材料群，其相对介电常数在 1.8 至 3.5 的范围，有机树脂层上开有一裂缝；第一金属，埋设在裂缝中；氧化硅层，含有氟，且在有机层上形成，使在第一金属上有一个孔；和第二金属，埋设在该孔中。

10 本发明提供的制造半导体器件的方法包括下列步骤：制备一有机树脂层，树脂选自由聚酰亚胺树脂和氟树脂组成的材料群，其相对介电常数在 1.8 至 3.5 的范围，有机树脂层上开有一裂缝，埋设第一金属于该裂缝中；在有机层上形成含氟的氧化硅层，使在第一金属上有一个孔；将第二金属埋设在该孔中。

15 本发明克服了上述缺点。就是说，本发明旨在提供一种能避免各金属线路之间产生串扰、避免互连电阻率因层间绝缘层吸湿而提高、避免金属腐蚀且在层间绝缘层的埋置能力上集成度高的多级布线结构半导体器件，并提供制造这种半导体器件的方法。

图 1A 至 1H 是说明制造半导体器件的第一种传统方法一系列步骤的侧向剖视图；

图 2A 至 2D 是说明制造半导体器件的第二种传统方法一系列步骤的侧向剖视图；

20 图 3A 至 3J 是说明本发明第一实施例制造半导体器件的方法一系列步骤的侧向剖视图；

图 4A 至 4I 是说明本发明第二实施例制造半导体器件的方法一系列步骤的侧向剖视图。

25 图 3A 至图 3J 示出了本发明第一实施例制造半导体器件的方法。

现在参看图 3J，简单说明半导体器件的结构。半导体器件的有机层 101 由树脂制成，树脂选自由聚酰亚胺树脂和氟树脂组成的材料群，其相对介电常数在 1.8 至 3.5 的范围。有机层 101 上开有裂缝，

在本工艺中称做沟槽。第一金属 105 埋设在该裂缝中，作为一金属线路。有机层 101 上形成有含氟的氧化硅层 106，从而在第一金属 105 上有一孔。第二金属 107 埋设在该孔中。

5 另一树脂有机层 101' 在含氟的氧化硅层 106 上形成，从而在第二金属 107 上有另一裂缝。另一第一金属 105' 埋设在该另一裂缝中，作为另一线路。另一含氟氧化硅层 106' 在另一有机层 101' 上形成，从而在另一第一金属 105' 上形成有另一孔。另一第二金属 107' 埋设在另一孔中。

10 先形成有机层 101，然后用例如反应离子蚀刻法在有机层 101 上形成裂缝。接着，将第一金属 105 埋设在该裂缝中，再在有机层 101 上形成吸水性较差的含氟氧化硅层 106。然后在第一金属 105 上开孔。这样，有机层 101 就不会在孔处暴露从而避免孔的第二金属 107 的互连电阻率增加和第二金属 107 的腐蚀。此外，由于有机层 101 先形成，有机层 101 的埋置能力没有受到限制，因而不致使器件的可靠性下降。由于介电常数较高的含氟氧化硅层 106 淀积在有机层 101 上，因而抑制了垂直方向上的线路间电容，使其变小，从而使信号行进速率几乎没有下降。此外，在上述各步骤中，第一金属 105 埋设在裂缝中，因而进一步提高了精细布线工艺的精确度，使其超过形成有机层的精确度，这是因为这里无需任何对光刻胶层的选择比。

15 现在参看图 3A 至图 3J 详细说明本发明第一实施例制造半导体器的方法。

25 参看图 3A。在半导体基片(图中未示出)上用旋转涂敷法淀积一层厚约 7000 埃、相对介电常数在 1.8 至 3.0 范围的氟树脂层 101。在 N_2 氛围中在 300~400°C 之间的温度下烘焙 10 分钟。接着，在溅射设备中令含氟树脂层 101 暴露在氩气等离子体中以改变其品质。然后，连续在同一个设备中用溅射法形成 3000 埃厚的钛层 102，如图 3B 所示。

接下去，用周知的光蚀刻法在光刻胶层 103 上绘制线路图形，如图 3B 所示。接着，用反应离子蚀刻法用 CCl_4 气与 SF_6 气组成的混合

气体在钛层 102 中形成多个裂缝 104, 如图 3C 所示。

然后, 浸入铵和过氧化氢组成的混合物的水溶液中以除去钛层 102, 如图 3E 所示。这之后, 如图 3F 所示, 在氟树脂层 101 和各裂缝 104 上淀积 Cu 覆盖层(第一金属)105 使其在氟树脂层 101 上的厚度为 1 微米左右。

接下去, 为将表面磨平使 Cu 层 105 只保留在各裂缝中, 进行了化学机械磨光(CMP), 如图 3G 所示。接着, 用高密度等离子体 CVD(化学汽相淀积法)用 SiF_4 气、 O_2 气和 Ar 气形成含 2-15%重量氟的氧化硅层 106, 如图 3H 所示。

接着, 用周知的光蚀刻法形成另一光刻胶层 103 并在其上绘制线路图形。然后, 用反应离子蚀刻法用 CF_4 气和 O_2 气组成的混合气体在含氟氧化硅层 106 上形成多个孔。接着, 除去光刻胶层 103 并在孔中形成 Al 塞堵(第二金属), 如图 3H 所示。重复这些步骤, 就制成了多级布线结构, 如图 3J 所示。

翻看图 4A 至图 4I, 现在说明本发明第二实施例制造半导体器件的方法。

第二实施例与第一实施例的不同点在于, 用含氟氧化硅层 202 代替了在氟树脂 101 中形成裂缝 104 的步骤中用作掩模件的金属层(钛层 102)。这样做的好处是, 掩模件无须卸除, 因而不需要进行第一实施例中祛除金属和蚀除单层氟树脂层 101 的步骤。在第一实施例中, 由于金属层对光刻胶层的选择比小到只有 3 左右的程度, 因而在掩模件绘制精细的线路图形时精确度不够。另一方面, 在第二实施例中, 绝缘层的光刻胶层的选择比大到 7 至 8 的范围, 因而提高了精确度。

在第二实施例中, 先形成氟树脂层 101 然后进行烘焙以形成如图 4A 中所示的结构。接着, 淀积上 3000 埃厚的含氟氧化硅层 202, 如图 4B 所示。

接下去, 用周知的光蚀刻法在光刻胶层上绘制线路图形, 如图 4B 所示。然后, 用反应离子蚀刻法用 O_2 气和 CF_4 气组成的混合气体

在含氟氧化硅层 202 和氟树脂层 101 上同时绘制线路图形，以形成多个裂缝 104，如图 4C 所示。接着，如图 4D 所示，只除去光刻层胶层 103。接下去，履行图 4E 至图 4H 中的各步骤，这些步骤与第一实施例图 3F 至图 3I 中的步骤类似。最后重复上述各步骤，就制成了具有 Cu 层(第一金属)105 和 Al 塞堵(第二金属)107 的多级布线结构，如图 4I 所示。

在上述第一和第二实施例中，氟树脂层 101 用作有机层。不然也可以采用聚酰亚胺树脂层。在有机层中形成沟槽使用的掩模件，在第一实施例中采用了钛层 102。不然也可以采用下面各种金属层的起码一种金属层：钨层，含钛钨层，钼层，铝层，和铝合金层。在第二实施例中则采用含氟氧化硅层 202。不然也可以采用下列用等离子体化学汽相淀积法或溅射法形成的各种无机层的至少其中之一：氧化硅层，氟化硅层和氧化氮硅层。此外，还可以用反应离子蚀刻法用 CF_4 气或 O_2 气改变象氟树脂层之类的有机层的表面。

另一方面，应该注意第一金属 105 和 105' 以及第二金属 107 和 107'。在第一和第二实施例中，分别采用了 Cu 层作为第一和第二金属 105,105',107 和 107'。这里应该指出的是，第一和第二金属既可采用 Cu 也可采用 Al。不然也可以采用象 W、Au 等之类的不同金属层。为提高第一和第二金属的可靠性，可以加入 Pd、Cu、Si 等之类的元素。此外，视乎金属材料而定。可以采用单层 Ti、TiN、TiN 或聚硅或它们的混合物层作为阻挡层。

另一方面，为形成有机层 101 和 101'，第一和第二实施例采用了旋转涂敷法然后烘焙。不然也可以采用等离子 CVD 法进行淀积。在第一和第二实施例中，各含氟氧化硅层 106 和 106' 是用高密度等离子体 CVD 法用 SiF_4 气、 O_2 气和 Ar 气形成的。不然也可以采用平行板等离子 CVD 法。此外， SiF_4 还可以用 SiH_4 与选自 C_2F_6 、 CF_4 、 NH_3 和 SF_6 的添加气体的混合气体或 TEOS(原硅酸四乙基酯)与选自 C_2F_6 、 CF_4 、 NF_3 和 SF_6 的添加气体的混合气体代替。不然也可以采用 FTES(氟

三乙氧基硅烷)。这里应该指出的是, O_2 可以用 N_2O 、 NO 、 CO_2 、 CO 、 O_3 和 H_2O 代替, Ar 则不一定要加。

综上所述, 本发明的半导体器件及其制造方法, 可以避免各金属线路之间出现串扰, 避免互连电阻率因层间绝缘吸湿而增加和避免金属腐蚀, 而且可以提高层间集成度高的埋置能力的可靠性。下面具体说明一下这些优点:

(1) 多级布线有机层不会在辅助孔暴露出来的这种结构有效地防止了辅助孔互连电阻率的增加, 从而提高了金属线路的可靠性。

(2) 由于有机层是在形成金属线路之前形成的, 因而无需利用孔眼金属结构来提高有机层的埋置能力。因而可以避免器件的可靠性因有空隙而降低。

(3) 由于 $SiOF$ 层在垂直方向夹在各金属之间, 因而相对介电常数可降低到 3.0 与 3.7 之间(上述另一个传统实例采用 SiO_2 的情况下介电常数值在 4 与 4.5 之间)。因此, 信号在上金属线路与下金属线路之间的行进速率有所迟缓, 从而当线路宽度为例如 0.6 微米时串扰可减少 10% 左右。

(4) 由于有机层是在金属线路形成之前形成然后形成沟槽的, 因而进一步扩大了容限。这是因为精细加工绝缘层的容许范围比金属线路优异所致。因此无须考虑金属加工容许范围就可以形成非常精细的金属线路。

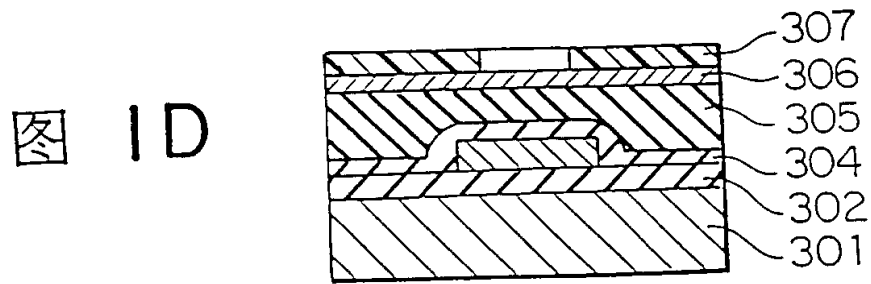
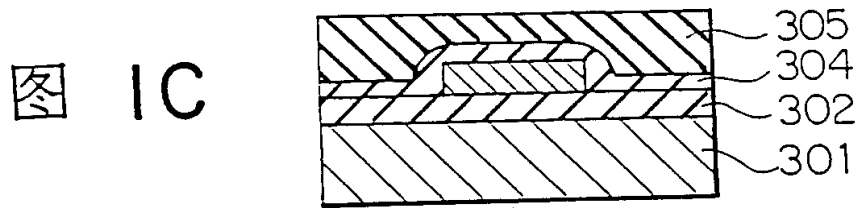
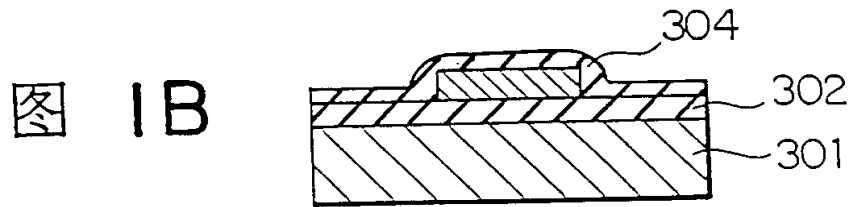
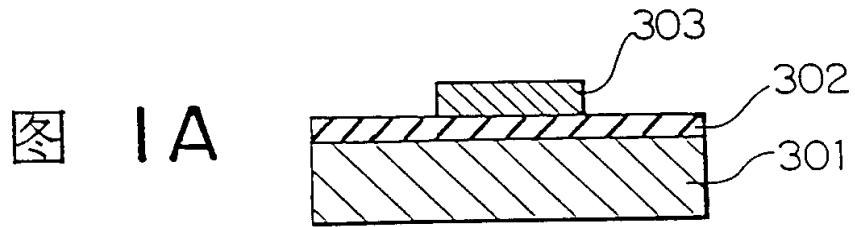


图 IE

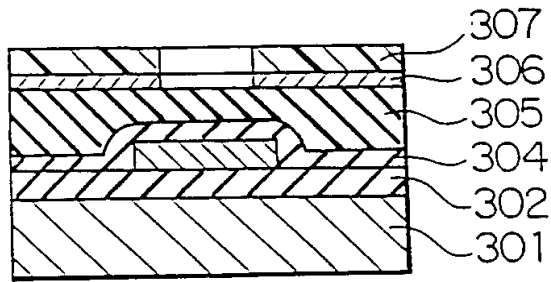


图 IF

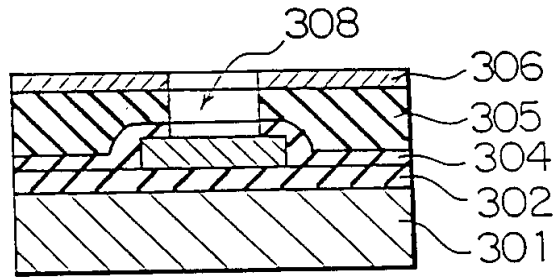


图 IG

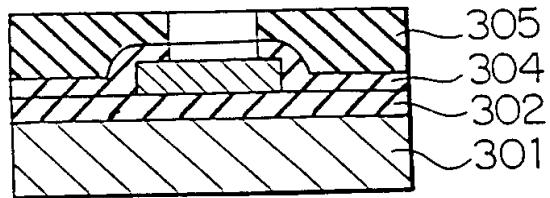


图 IH

