

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02123040.4

[51] Int. Cl.

H01L 21/28 (2006.01)

H01L 21/44 (2006.01)

H01L 21/768 (2006.01)

H01L 21/60 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006 年 6 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1261979C

[22] 申请日 2002.6.12 [21] 申请号 02123040.4

[30] 优先权

[32] 2001.6.12 [33] US [31] 09/878,271

[71] 专利权人 卓联科技有限公司

地址 中国香港

[72] 发明人 周洋明 葛以廉

审查员 曲宝壮

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 程伟梁洁

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

下层块金属的阻挡层盖

[57] 摘要

一种在具有金属焊接垫(4)的半导体薄片上制造焊料块的方法,包括步骤:(a)至少在焊接垫上提供一层或多层金属附着/阻挡层/电镀接触层(8);(b)形成一层具有确定所述焊接垫的开口预定图案的保护层(10);(c)在块金属(12)下的开口内提供一层焊料可附着层;(d)从开口区域去掉一定量的保护层,在可附着金属层的边缘和该保护层(10)之间形成一个开口;(e)在焊料可附着金属层(12)包括步骤(d)形成的所述开口上提供一层阻挡层金属层(14),它能够封装该可附着金属层;(f)在该阻挡层金属层上形成一个焊料块;(g)去除该保护层材料;及(h)去除任何曝光的附着/阻挡层。

1. 一种在具有金属焊接垫的半导体薄片上制造焊料块的方法，包括步骤：

- (a) 至少在该焊接垫上提供一层金属电镀接触层；
- 5 (b) 形成一层具有确定所述焊接垫开口的预定图案的保护层；
- (c) 在该电镀接触层上该开口内形成一层焊料可附着金属层；
- (d) 从该开口区域去掉一定量的保护层，在焊料可附着金属层的边缘和该保护层之间形成一个开口；
- (e) 在焊料可附着金属层包括步骤(d)形成的所述开口上提供
- 10 一层阻挡层金属层，它能够封装该焊料可附着金属层以及该焊料可附着金属层的边缘区域；
- (f) 在该阻挡层金属层上形成一个焊料块；
- (g) 去除该保护层材料；及
- (h) 去除任何曝光的电镀接触层。

15

2. 如权利要求1的方法，其中在步骤(d)中，该保护层利用等离子腐蚀法去除。

3. 如权利要求2的方法，其中该等离子腐蚀法是一种氧等离子腐蚀法。

20

4. 如权利要求1的方法，其中在步骤(d)中，该保护层利用一种离子束腐蚀法去除。

5. 如权利要求1的方法，其中在步骤(d)中，该保护层利用一种活性离子腐蚀法去除。

25

6. 如权利要求1的方法，其中在步骤(d)中，该保护层利用化学方法去除。

30

7. 如权利要求6的方法，其中该保护层是光致抗蚀剂，该化学方

法包括显影。

8. 如权利要求 1 的方法，其中该焊料可附着金属层具有铜。
- 5 9. 如权利要求 1 的方法，其中该阻挡层金属是镍。
10. 如权利要求 1-8 之一的方法，其中该阻挡层金属是钯。
11. 如权利要求 1 的方法，其中该阻挡层的厚度为 0.5-10 微米。
- 10 12. 如权利要求 1 的方法，其中该阻挡层的厚度为 1-3 微米。
13. 如权利要求 1 的方法，其中该焊料块由纯锡或含锡合金制成。
- 15 14. 如权利要求 1 的方法，其中在步骤 (a) 提供的电镀接触层是一个或数个金属层，该金属选自 Cr、Cr/Cu 合金、Ti、Ti/W 合金、Ni/V 合金、Cu、Ni 和 Au。
15. 如权利要求 14 的方法，其中该电镀接触层包括第一层 Cr 层和
20 第二层 Cu 层。
16. 如权利要求 8 的方法，其中铜层的厚度为 1-10 微米。
17. 如权利要求 8 的方法，其中铜层的厚度为 5-6 微米。
- 25 18. 如权利要求 1 的方法，其中在步骤 (h) 之后，具有制得的焊料块的薄片被加热，使焊料块重熔而大体形成球形。
19. 一种具有焊料块的薄片，其上包括一个在选定位置上形成有金属焊接垫的半导体衬底、位于焊接垫上的一层或多层金属电镀接触层、
30 在接触层上的一层焊料可附着金属层、一层重叠在该焊料可附着金属层及其边缘区域上并封装该焊料可附着金属层及其边缘区域的阻挡层

金属层、以及一个在所述阻挡层金属层上形成的焊料块。

20. 如权利要求 19 的薄片，其中该阻挡层金属是镍。

下层块金属的阻挡层盖

技术领域

- 5 本发明涉及一种在下层块金属上形成一个金属“盖”的方法，该金属盖在倒装法焊接（flip-chip bonded）的集成电路中制造焊料块时用作一个阻挡层。

背景技术

- 10 在集成电路的制造中，已经知道通过多个焊料块互连而将一个半导体薄片附着于衬底上，这些焊料块首先形成在该集成电路上，然后该半导体薄片面朝下安装在该衬底上。此外，正如提供电接点一样，这些焊料块形成了半导体薄片和衬底之间的机械和热连接。焊料成分通常是锡合金，最普通的是铅-锡。

- 15 这些焊料块通常提供于一系列金属间化合物层上。更具体而言，该半导体薄片包括通常具有铝的金属衬垫，其上提供有薄的铬和铜中间层，中间层上电镀有一层较厚的铜作为一种下层块金属（UBM）层。焊料提供于该 Cu UBM 层上。厚度为 5-8 微米的电镀 Cu UBM 层通常用于倒装法制造铅-锡焊料块。该 Cu UBM 层为重熔焊料附着提供了一个基础，在焊料和该 IC 焊接垫之间起阻挡层的作用，防止焊料向内扩散到该半导体薄片内。
- 20

- 但是，在铅-锡焊料的熔点温度下，通常形成一种锡-铜金属间化合物，尽管需要一个可靠的机械连接，但是特别当该层太厚时也容易折断并有出现裂纹的倾向。因此需要限制该金属间化合物层的厚度，这在多次重熔循环之后或使该块长时间保持靠近该焊料熔点时可能变得更加重要。金属间化合物层的快速形成主要是由于铜扩散到锡内的扩散比例特性，在共晶铅-锡焊料的情况下，上述锡占该合金的 63%（重量）。由于高铅块中具有 3%或 5%的锡，因此该问题不是那么重要，但是随着锡含量的增加问题变得更严重了。多种材料已经被考虑用做阻挡层金属。
- 25
- 30

镍特别适合用作形成厚锡-铜 (Sn_6Cu_5) 金属间化合物层的阻挡层, 因为它比铜扩散慢 25 倍 (在 250°C 的正常共晶焊料重熔温度下)。钯也适合, 尽管由于其成本高而很少使用。

在 International Business Machines Corp. 的美国专利 US5937320 中已经披露了这种阻挡层金属的使用, 其中通过电镀在该 UBM 上提供一层含有镍的阻挡层, 这里称为球状-极限冶金 (ball-limiting metallurgy)。该方法涉及在一层的薄镍层下面过度腐蚀该 Cu UBM, 从而防止焊料和 Cu UBM 曝光面之间接触, 该曝光面如果与焊料接触, 那么将引起 Cu 溶解并形成一层厚的金属间化合物 Sn-Cu 层。尽管该阻挡层能够有效减少 Cu 在焊料内溶解, 但是该公开的制造技术和所获得的结构具有可靠性问题, 特别是在该阻挡层的边缘区域有可靠性问题, 在该处 Cu 仍然能够形成金属间化合物。

本发明的目的是提供形成这样一种阻挡层的改进技术。

15 发明内容

本发明的第一方面在于提供了一种在具有金属焊接垫的半导体薄片上制造焊料块的方法, 其包括如下步骤: (a) 至少在该焊接垫上提供一层金属电镀接触层; (b) 形成一层具有预定图案的保护层, 该图案形成所述焊接垫上的开口; (c) 在该电镀金属接触层上所述开口内提供一层焊料可附着金属层; (d) 从开口区域去除一定量的保护层, 这样在焊料可附着金属层的边缘和该保护层之间形成一个开口; (e) 在焊料可附着金属层包括步骤 (d) 形成的所述开口上提供一层阻挡层金属层, 封装该焊料可附着金属层以及该焊料可附着金属层的边缘区域; (f) 在该阻挡层金属层上形成一个焊料块; (g) 去除掉该保护材料; 及 (i) 去除任何曝光的金属电镀接触层。

该技术能够迅速形成一个阻挡层金属盖, 而不需要额外的中间遮蔽步骤。

该阻挡层最优选是镍, 但是也可以是钯。该阻挡层盖的厚度可以是 0.5-10 微米, 更优选为 1-3 微米。

在一种优选技术中, 该保护层通过等离子腐蚀去除, 例如氧等离子腐蚀。也可以采用其它腐蚀技术如等离子束或活性离子腐蚀。

在另一种优选的技术中，该保护层通过化学方法去除。在该保护层是通用的光致抗蚀剂的情况下，该化学方法可以是显影，其中采用现有的保护层的过度显影来进行必要的清除。

焊料可附着层的下层块金属优选是铜，该金属电镀接触层优选具有铬或铜-铬合金，能够加强下层块金属的附着力和可靠性。下层块金属的厚度优选为 1-10 微米，更优选为 5-6 微米。

本发明的另一方面在于提供一种在半导体薄片上制造焊料块互连的方法，在半导体薄片上有待进行电连接的位置处具有金属焊接垫，在该焊接垫上具有开口的钝化层，该方法包括步骤：(a) 提供一层或多层金属层，该金属选自 Cr、Cr/Cu 合金、Ti、Ti/W 合金、Ni/V 合金、Cu、Ni 和 Au 或它们的合金；(b) 提供一层光致抗蚀剂层，在所要求的图案内曝光，并进行显影，去除光致抗蚀剂，在所述焊接垫上在所要求的图案内留下开口；(c) 在所述开口内提供一层铜；(d) 采用氧等离子腐蚀去除至少开口周边的附加保护层，在铜层边缘和剩余的光致抗蚀剂之间形成一条缝隙；(e) 提供一层镍层，在铜层上包括铜层侧面形成一个盖；(f) 在该镍层上形成一个焊料块；(g) 去除掉光致抗蚀剂；(h) 除了焊料块下面的地方之外，从该半导体薄片上去除步骤 (a) 提供的该层或这些层；及(i) 加热该半导体薄片，使焊料块重熔。

本发明的又一个方面在于提供一种在半导体薄片上制造焊料块互连的方法，在半导体薄片上有待进行电连接的位置处具有金属焊接垫，在该焊接垫上具有开口的钝化层，该方法包括步骤：(a) 提供一层或多层金属层，该金属选自 Cr、Cr/Cu 合金、Ti、Ti/W 合金、Ni/V 合金、Cu、Ni 和 Au 或它们的合金；(b) 提供一层光致抗蚀剂层，在所要求的图案内曝光，并进行显影，去除光致抗蚀剂，在所述焊接垫上在所要求的图案内留下开口；(c) 在所述开口内提供一层铜；(d) 通过进一步显影曝光的光致抗蚀剂而去除至少开口周边的附加保护层，在铜层边缘和剩余的光致抗蚀剂之间形成一条缝隙；(e) 提供一层镍层，在铜层上包括铜层侧面形成一个盖；(f) 在该镍层上形成一个焊料块；(g) 去除掉光致抗蚀剂；(h) 除了焊料块下面的地方之外，从该半导体薄片上去除步骤 (a) 提供的该层或这些层；及(i) 加热该半导体薄片，使焊料块重熔。

本发明的又一个方面在于一种其上具有焊料块的薄片，包括一个在选定位置上具有金属焊接垫的半导体衬底、一层或数层在该焊接垫上的金属电镀接触层、一层在该接触层上的焊料可附着金属层、一层在该焊料可附着金属层及其边缘区域上并封装该焊料金属层及其边缘区域的阻挡层金属层、以及一个形成在所述阻挡层金属层上的焊料块。

附图说明

现在将参照下面的附图并仅通过举例对本发明的实施方案进行说明，其中：

10 图 1(a)是其上面形成有焊接垫和钝化层的部分半导体薄片的剖视图；

图 1 (b) 表示图 1 (a) 中具有 Cr 和 Cu 沉积层的半导体薄片；

图 1(c)表示一种具有图案的光致抗蚀剂；

图 1 (d) 表示电镀后的下层块金属；

15 图 1 (e) 表示在光致抗蚀剂内的一个边缘开口的形成；

图 1 (f) 表示阻挡层金属的镀层；

图 1 (g) 表示添加焊料；

图 1 (h) 表示去除掉光致抗蚀剂；

图 1 (i) 表示去除掉 Cr 和 Cu 层；及

20 图 1 (j) 表示已重熔的焊料块。

具体实施方式

现在将参照附图 1 (a) -(j)对一个焊料块的制造进行说明，其中上述焊料块包括在下层块金属之上的一个阻挡层。

25 图 1 (a) 表示一个半导体薄片 2，该半导体薄片通常由硅制成，但是还可以是本领域公知的其它常规的半导体材料。在该半导体薄片上具有一个铝 (Al) 制金属焊接垫 4，通过该焊接垫 4 形成与半导体薄片 2 活性区域接触的电接点。尽管 Al 是用作该焊接垫的最通用的金属，但是也可以使用其它金属，如涂有 Si 或 Cu 的 Al，或纯 Cu，或多种本领域公知的其它材料。在该半导体薄片上形成有一层钝化层 6 并在该焊接垫 4 上留下曝光的区域。

在进行后面的工艺之前，利用在真空下进行的后溅射法清洁该覆

盖后的半导体薄片 2，从而去除焊接垫 4 上自然形成的氧化层。如图 1

(b) 所示，通过溅射沉积形成了一层或多层附着/阻挡/电镀接触层 8。该接触层 8 可以包括 Cr、Cr/Cu 合金、Ti、Ti/W、Ni/V、Cu、Ni 和 Au 中的一种或多种。一种优选结构的第一层是 Cr，其上面的第二层 8 是 Cu。该第一层具有如下几个功能，其中包括增加下层与该焊接垫的附着力、防止这些焊接垫再氧化、及形成对焊料的阻挡扩散层。第二 Cu 层（可任选）为下面的块金属形成一个种层，还提供了—个可附着的接触电镀（电接触）层。

图 1 (c) 表示—厚的光致抗蚀剂层 10，它通过旋涂或通过液体保护层单旋或多旋在该半导体薄片上能够形成厚度为 50-100 微米的图案。或者，可以在其上直接层压形成—层厚 100-150 微米的干膜。该光致抗蚀剂层通过选择性地曝光于通过光掩膜紫外光而形成图案，该光掩膜具有开口，上述开口设置于适当位置上用来确定有待隆起的区域，及显影曝光后的光致抗蚀剂产生所需要图案的光致抗蚀剂。

形成厚光致抗蚀剂的典型参数包括最初对半导体薄片的清洁，之后在 120℃ 的温度下脱水烘焙 30 分钟。该薄片接着被冷却到室温并在该温度下被保留 20 分钟。通过在 800RPM 下旋涂 30 秒之后在室温下保持 20 分钟而形成了 Clariant AZ4903 的第一层光致抗蚀剂层。第一预烘焙在电烤盘上在 110℃ 的温度下进行 6.5 分钟，该半导体薄片被冷却到室温，并在该温度下被保留 30 分钟。通过在 800RPM 下旋涂 30 秒之后在室温下保持 20 分钟而形成 Clariant AZ4903 的第二层涂层。第二预烘焙在电烤盘上 110℃ 的温度下进行 6.5 分钟。该热的半导体薄片被冷却到室温，并在该温度下被保留 30 分钟。该喷涂后的半导体薄片接着被曝光于 $15\text{MW}/\text{cm}^2$ 的紫外线 (UV) 光下 120 秒。曝光的光致抗蚀剂使用 AZ400K 的显影剂显影，其中该半导体薄片被浸入到利用去电离水稀释的 1: 4 的稀释液中轻轻搅拌 2.5 分钟，并接着利用以去电离水稀释的 1: 2 的稀释液中轻轻搅拌 1 分钟。显影后的半导体薄片在 80℃ 的电烤盘中烘烤 10 分钟。最后在 50℃ 的温度下清除氧等离子体内的浮渣 0.7 分钟。

优选通过电镀给具有图案的半导体薄片提供—层 Cu 层 12，它形成该焊料块的可附着基层，被称为下层块金属 (UBM)。

该层厚约 1-10 微米，通常厚 5-6 微米。常规的电镀参数包括喷泉式电镀技术，它采用一种电镀溶液如 Shipley Ronal 的 Cupronal BP，具有铜：磷阳极，电镀槽温度为 25℃，电流密度 7ASD（安培/平方厘米），电镀时间 10 分钟。正如本领域的普通技术人员能够理解的那样，显然也能够使用多种其它电镀技术、参数和溶液。

该层 12 也可以是镍，但是这不是最优选的，因为纯镍 UBM 会产生严重的应力集结因此极其坚硬。

替代在通常使用 UBM12 之后的成块技术，该已经被覆盖的半导体薄片经过一个步骤去除毗邻 UBM 的光致抗蚀剂 10 边缘区域，从而对封装该 UBM 的阻挡层盖 14 进行随后淀积。已经发现几种技术在适当去除该 UBM 时都特别有效，特别是等离子腐蚀及过度显影法。

一种等离子腐蚀法采用了气体等离子体，优选是氧等离子体，该方法能够剥去其曝光表面的光致抗蚀剂，从而减少开口内的厚度和宽度，这样在该 UBM12 的边缘和该光致抗蚀剂侧壁之间形成一条缝隙。在腐蚀处理之前，在 110℃ 的温度下进行约 1 分钟的适度预烘烤。已经发现在 50℃ 的温度下，氧气流速为 500CCM（立方厘米/分钟），RF 功率为 13.56kHz 下 400W 时持续 3.5 分钟的腐蚀能足以产生一个约 1 微米的适当边缘开口。已经发现等离子腐蚀不能均匀地腐蚀光致抗蚀剂侧壁，而是形成一个稍微凹入的外形。

在该过度显影法中，已经被覆盖后的半导体薄片受到精密的光致抗蚀剂过度显影。在上述 UBM 层电镀之前在曝光的光致抗蚀剂的原始显影中，对工艺参数进行选择，以便制造所需尺寸的有图案的清晰确定的保护层。但是，在形成该开口的区域内，该光致抗蚀剂的 UV 曝光在曝光和非曝光区域没有精确限定的边界线，而是存在有一个过渡区，该过渡区 UV 曝光度对进一步的显影是敏感的。这些过度显影的参数被选择为能够保证使光致抗蚀剂在开口内被精密地腐蚀，以便在该 UBM12 和限定该开口的光致抗蚀剂之间形成必要的缝隙。但是还有远离这些开口的大量光致抗蚀剂的化学腐蚀，因此减少了未曝光区域内光致抗蚀剂的厚度。一种合适的显影剂是室温下过度显影时间约为 5 分钟的 Clariant AZ 400K 或 AZ421k。这通常在 UBM12 和该光致抗蚀剂之间得到一条约 3 微米的缝隙。

也可以利用去除该光致抗蚀剂的其它技术,如离子束和活性离子腐蚀,两种技术都能够有效地去除整个保护层表面以及开口处的光致抗蚀剂。活性腐蚀用作活性气体 CCl_4 已经被发现能够有效地去除光致抗蚀剂。适当倾斜该样品和在该倾斜方向转动该样品促进了光致抗蚀剂侧壁的腐蚀,促进 UBM12 和该光致抗蚀剂侧壁之间所需缝隙的形成。

这种离子束腐蚀技术更完整地描述在例如下面的参考资料中:

1.D.F.Downey、W.R.Bottoms 和 P.R.Hanley 的“活性离子束腐蚀介绍(Introduction to Reactive Ion Beam Etching)”, 固态技术学(Solid State Technology), February 1981,pp.121-127。

2.L.D.Bollinger 的“具有活性气体的离子束腐蚀 (Ion Beam Etching with Reactive Gases)”, 固态技术学, January 1983,pp.65-72。

3.J.D.Chinn、I.Adeisa 和 E.D.Wolf 的"CAIBE 内轮廓的形成(Profile Formation in CAIBE)", 固态技术学, May 1984,pp.123-130。

4.L.D.Bollinger、S.Lida,和 O.Matsumoto 的“活性离子腐蚀: 其基础和展望 (Reactive Ion Etching: Its Basis and Future)”, 固态技术学, May 1984 pp.111-117。

5.J.P.Ducommun、M.Cantagrel 和 M.Moulin 的“限定良好的表面轮廓经受离子轰击后的演变: 计算机模拟和实验研究 (Evolution of Well-Defined Surface Contour Submitted to Ion Bombardment: Computer Simulation and Experimental Investigation)”, 材料科学杂志(Journal of Material Science), Volume10,1975,pp.52-62。

为了得到图 1 (e) 所示的在 UBM12 的边缘和光致抗蚀剂之间具有缝隙的被覆盖的半导体薄片, 提供了如图 1 (f) 所示的阻挡层金属层 14。

优选的阻挡层材料是镍, 其淀积厚度为 0.5-10 微米, 更优选为 1-3 微米。这能够通过电镀最方便的提供。常规工艺参数包括电镀溶液如 Shipley Ronal 的 Nikal PC3、采用喷泉式电镀技术、采用快速搅拌器搅拌、一个镍阳极、槽温度为 50°C 、电镀电流流密度为 2ASD 并持续 7 分钟。但是应该理解, 这种参数在必要时可以改变, 以便形成一层所需厚度的镍层。另外, 也可以使用其它电镀技术。如能够从图 1 (f)

中所见，该镍盖 14 封装了该 UBM12，包括 UBM 的边缘区域。

如上所述，钯也可以用作阻挡层金属盖。对钯的电镀要求使用数种可能专有的钯电镀溶液中的一种。

如图 1 (g) 所示，接着给以镍（钯）加盖 UBM 的被覆盖的半导体薄片提供焊料块 16。该焊料块 16 可以包括各种成分。铅锡合金是最通用的，尤其是共晶铅：锡，尽管这样，但是也越来越多地使用其它焊料成分。可以使用在序列号 US09/552560 的本申请人共同未决的专利申请中描述的成分如无铅焊料，包括纯锡、锡-铜合金、锡-银合金、锡-铋合金和锡-银-铜合金，所有这些都包括相当比例的锡。该焊料块 16 可以利用多种技术如丝网印刷或焊料球放置提供，但是电镀是最普通的技术。共晶铅：锡的电镀已经被充分记载下来了。在序列号为 US09/552560 的本申请人共同未决的专利申请中已经描述过无铅焊料电镀，其内容在此引入作为参考。如将要看见的那样，该焊料块 16 只被提供给镍或钯盖 14，因此形成 UBM12 和焊料块 16 之间的一个阻挡层。

该焊料块的电镀之后，图 1(h)表示已去除光致抗蚀剂 10 的状况。这是利用本领域公知的液体剥离化学技术获得的。也如公知的那样，接着是通过化学或电化学后腐蚀技术去除曝光的一层或多层溅射附着/阻挡层/电接触层 8。

接着也可以对电镀块 16 使用焊剂，通过在烤炉内加热到高于焊料熔点的温度使该焊料块重熔，得到如图 1 (j) 所示的球形，被保留在重熔焊料块 16' 内的结晶上。如图所示，重熔发生在镍盖 14 的侧面，但是该焊料块通过该盖 14 与 UBM 保持分离。

利用 SEM, Auger 和 EDX 扫描对根据上述技术制造的重熔焊料块 16 的分析结果表明，镍盖明显限制了锡-铜金属间化合物的快速和不均匀成型，表明组分之间具有明显的分界线，将铜有效地限制在镍盖 14 下面，将限制于焊料块的锡限制在该镍盖 14 的上面。

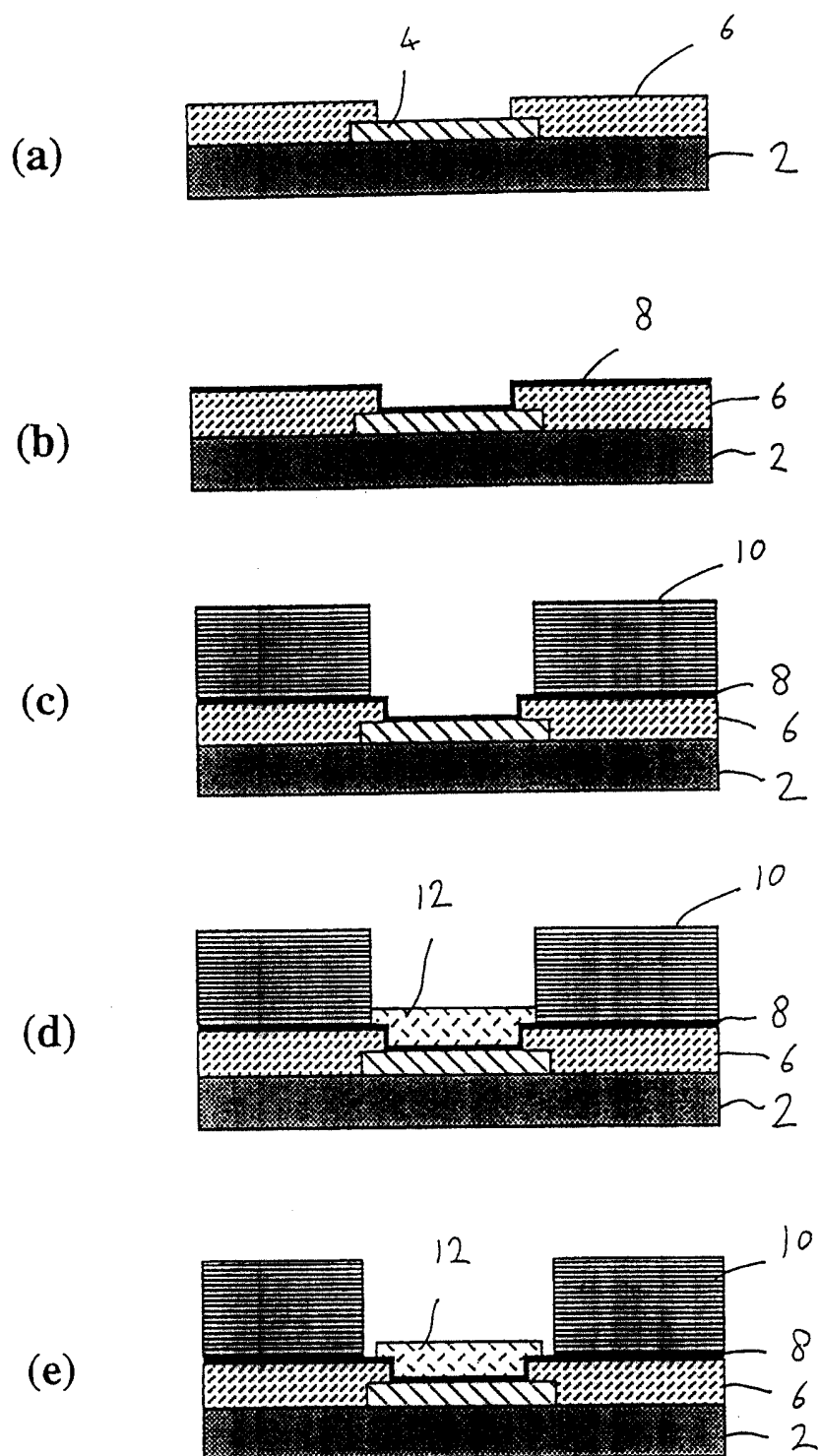


图 1

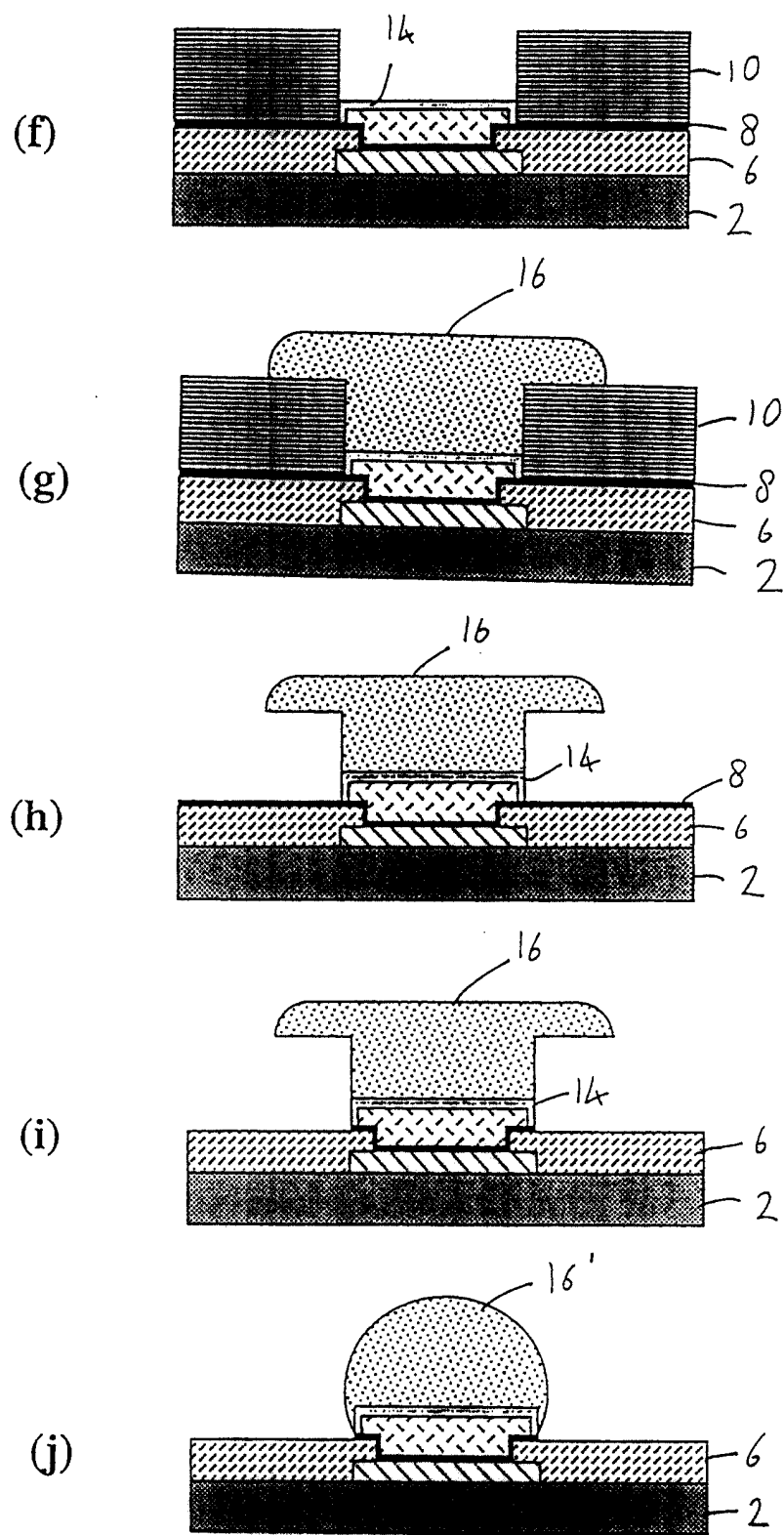


图 1