[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
H01L 21/60
H01L 21/768
H01L 23/488 H01L 23/50

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95116346.9

[45]授权公告日 2002 年 4 月 17 日

[11]授权公告号 CN 1083155C

[22]申请日 1995.8.7 [24]颁证日 2002.4.17
[21]申请号 95116346.9
[30]优先权
[32]1994.8.8 [33]US [31]287,453
[73]专利权人 艾加伦特技术公司
地址 美国加利福尼亚州
[72]发明人 M·K·施韦伯特 D·T·坎贝尔
M·海丁格 R·E·克拉夫特
H·A·范德普拉斯
审查员 韩 锦

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 罗才希

权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图页数 9 页

[54]发明名称 通过容纳焊膏堆积使衬底隆起的方法

[57]摘要

把焊料隆起物通过模版印刷到衬底上,提供间距小于 400 微米 的隆起的衬底。通过模版/掩模和焊膏法施加焊料,但在回流时掩 模仍附着于衬底。通过本发明也可获得大于 400 微米的间距。本发 明还提供了生产体积均匀且可控制的金属球的方法。

ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种在具有多焊接点的衬底上形成焊料隆起物的方法，包括:

选择一种不可浸润的焊料的掩模，该掩模具有第一和第二的平面侧;

当掩模放置于接近衬底上时，使位于选择的掩模的侧面之间的开孔与焊接点对准以形成预制的掩模;

将预制的掩模与衬底对齐，以使掩模第一平面侧平放在衬底上，且使掩模对准衬底，将开孔置于焊接点上;

用焊接用的金属粉末和焊药填塞开孔直至掩模的第二平面侧，以使焊接用的金属粉末和焊药接触焊接点，且充分地填塞开孔;

加热衬底、掩模及焊接用的金属粉末和焊药以使开孔内的焊接用金属粉末融合成焊料隆起物，然后冷却衬底和焊料隆起物，使焊料隆起物成形并固定在焊接点上。

2.根据权利要求 1 的方法，还包括预混合焊接用的金属粉末和焊药以包括锡和铋的粉末，并将含有焊药的粉末混合而形成混合物，使加热时该混合物融合而形成基本上具有均匀组分的焊料。

3.根据权利要求 1 的方法，其中选择掩模包括选择非金属掩模。

4.根据权利要求 1 的方法，其中选择掩模包括选择硅基掩模。

5.根据权利要求 1 的方法，其中选择掩模包括选择具有用于形成焊料球的开孔的掩模，所说焊料球之间的间距为 150－350 微米。

6.根据权利要求 1 的方法，其中

加热衬底、焊接用金属粉末和焊药包括仍将掩模对准于衬底，加热衬底、掩模、焊接用金属粉末和焊药；和

所说方法还包括在冷却后从衬底上移去掩模，留下的焊料隆起物粘附在焊接点上，该焊接点是用于随后使用焊料隆起物将衬底电气装

配到另外的装置上。

7.根据权利要求1的方法，其中还包括:

加热衬底、焊接用的金属粉末和焊药包括仍将掩模对准衬底，加热衬底、掩模、焊接用金属粉末和焊药；和

所说方法还包括冷却后从衬底上移去掩模，使加热以后焊料隆起物保持粘附在焊接点上，该焊接点是用于随后使用焊料隆起物将衬底电气装配到另外的装置上。

8.根据权利要求1的方法，其中所说的方法还包括:

衬底和焊料隆起物冷却后，将第二衬底置于焊料隆起物顶上，使焊料隆起物连接两衬底以此提供两衬底之间的电气的互相连接。

9.根据权利要求8的方法，其中所说方法还包括:

衬底和焊料隆起物冷却后，在隆起物附近未填满处堆积焊料，结合电气连接使两衬底互相连接。

10.根据权利要求1的方法，其中选择掩模包括选择一种聚合物掩模。

11.根据权利要求1的方法，还包括预混合焊接用的金属粉末和焊药而形成含有大于40%重量的铅的焊料隆起物。

12.根据权利要求1的方法，其中选择掩模包括选择粘附于衬底的薄膜物质。

13.根据权利要求1的方法，该方法包括:

当掩模置于邻近衬底时，在选择的掩模对准焊接点的位置上时使在掩模上形成多孔，以形成预制的掩模，并以焊接用的金属粉末和焊料装填开孔使焊接用的金属和焊料充分地填塞开孔;

将预制的掩模对准衬底，使开孔压在焊接点上，加热衬底和掩模，使焊料隆起物粘附于焊接点上，然后冷却焊料隆起物；和

从衬底上移去掩模。

14.根据权利要求 13 的方法，其中选择掩模包括选择非金属掩模。

15.根据权利要求 13 的方法，其中选择掩模包括选择硅基掩模。

16.根据权利要求 13 的方法，其中选择掩模包括选择聚合物掩模。

17.根据权利要求 13 的方法，其中加热衬底和掩模包括将掩模对准衬底，加热衬底、掩模、焊接用的金属粉末和焊药以使焊料球在焊接点上融合。

说　　明　　书

通过容纳焊膏堆积使衬底隆起的方法

本发明涉及把导电物质附着于衬底的方法和工艺，更具体地，涉及把焊料隆起物附着于衬底的工艺，在要求间距小于400微米的应用中具有特殊的优点。

对于以低成本大批量地制造和组装集成电路或“芯片”的方法，在世界范围内的持久研究，花费了大量的研究和开发资源。芯片组装的集成片要制成电气互连。焊料隆起的倒装式技术已成为非常流行的了，这是因为它提供了所有的接线端均在一侧(以焊盘或隆起物的形式)的超小型半导体管芯，对芯片表面处理之后，可把其翻转并附着于装配衬底。为了构成连接，倒装式技术包括使导电材料的隆起物固定于包括电路板、封壳和芯片的衬底上的技术。倒装芯片隆起技术还被证实适用于带自动压焊(TAB)。焊料隆起物的其它应用包括光—电子和硅—硅互连。

倒装片技术具有多种优点，使其成为电子互连的优选形式。倒装改善了电性能。对于高频应用例如主机和机算机工作站，倒装式互连是最有效的电互连。除了在功能的效率之外，倒装在形式上也是有效的，因为其尺寸小。随着功率不断增大的器件的尺寸的减小，倒装提供了最小的互连选择。其它优点包括对热量易于处理、降低了电磁干扰(EMI)发射和降低了射频干扰(RFI)敏感度。

焊料隆起倒装式组装可与实在的表面安装技术(SMT)兼容(对SMT详细的介绍，请参看《表面安装技术手册》，Stephen W. Hinch, Longman Scientific & Technical, UK, 1988)。对焊料隆起物冶金学性质的适当选择可使SMT组装生产线在产品通过生产线时，同时装配倒装组件和表面安装组件。这种兼容性提供了SMT组装线的安装基础的利用，以及把倒装片引入较大SMT组件的设计封装的灵活性。优于其它组装技术的倒装片的最显著的优点也许是其低的成本。倒装片消除了互连的整个高度—组件高度(见图2中的步骤B-E)。通过对消组件高度，系统成本显著降下。在IC行业，通常潜在的成本节约证明了以几百万美元对倒装片技术研究的投资是合算的。

制造倒装片互连的主要方式是采用焊料隆起物。施加焊料隆起物可通过蒸发、电镀、模版印刷和系列方法。但是，这些方法中的每一种具有具体的限制，并已经和正在进行着许多研究，以克服这些方法的限制。

在过去的三十年中，许多公司例如IBM已经利用蒸发来形成高铅(Pb)隆起物，用于倒装晶片。蒸发的一个主要缺点是高成本：至少需要价值千万美元的基本设备。加工成本也很高，因为工具和掩模成本、加工延迟、低生产量、低产出率、必须频繁地手工去除有毒的铅废料。然后，合金组成受到限制，因为许多金属不适合蒸发。特别的限制是锡(Sn)的淀积速率使得其不容易被蒸发。高锡合金(63Sn-37Pb，即“低共熔点”)被高度期望作为隆起物材料，因为低共熔点锡的熔点(Tm=183°C)与现行SMT材料和工艺(通常在200-210°C进行)是兼容的。与此相反，铅的熔点是327°C，

此温度将使SMT所用的许多有机材料(例如环氧树脂电路板，其最高承受温度是230°C，还有其它元件)熔化。

在蒸发工艺的改进上不乏已公布的专利。由于蒸发工艺涉及汽化的铅以及使铅淀积在所有被掩盖和未被掩盖的表面，所以金属荫罩的清洗是脏的而且有毒害。金属掩模在不能再清洗之前仅能重复利用三或四次，然后必须废弃。废料铅包括被铅包壳的掩模，造成了环境和工作者的安全问题，以及提高了制造费用。近来的专利、美国专利No. 5152878着重提到掩模清洗的问题并提出了某些节省清洗技术的方法。但是，尽管改进可以加快隆起降低工作成本至一定程度，但蒸发所需的设备仍旧很贵，废料铅的毒害仍旧存在。

与伴随着汽化铅的毒害的蒸发技术不同，电镀是一种湿法技术，采用化学液作为介质，在其中淀积隆起物。化学电镀液含有铅和其它有害材料，这造成了操纵和放置上的问题。此外，电镀在效率上受到限制，因为它是分批作业。因此，大批量生产面对设备紧张的系列工艺的伴随的困难，作为IC的生产者都敏锐地知道，成本受生产批量和容量限制的影响。电镀的其它缺点包括对合金组成的控制困难，以小的隆起物间距一致地达到满意的隆起高度的问题，以及难于消除表面杂质。

如图2A所示，模版印刷(也称为丝网印刷)至少在概念上是最为简单的方式，但是在隆起物尺寸和间距上存在看起来是不可克服的限制(通常可参见《表面安装技术手册》，第245-260页)。

如图2A所示，模版印刷包括：把掩模10或丝网置于衬底12上，使用刮板16来刮压焊膏，在掩模上面厚厚地涂一层焊膏，用力使

焊膏进入掩模的所有开孔，刮去多余的焊膏， 在对焊膏进行回流之前移走掩模。回流是基本上可控的熔化， 以使构成焊膏的金属小球凝聚形成电互连。

在较小芯片上组装更多的互连， 要求有小的隆起物且有小的间距(间距是两个相邻隆起物中心距)。 传统的模版印刷方法具有低的间距极限，为400微米，这主要是由于实在的模版在开孔宽度与掩模厚度的比(约2.5:1)上受到的限制。此种限制是来源于模版中各孔的空隙与模版厚度之间相互作用， 以及焊膏的物理和化学性能。众所周知的间距限制使得IC的制造者确信， 模版印刷在大多数的倒装式隆起应用上是没有前途的，因为后者要求小于400微米的间距。

AT&T已经采用模版印刷来制造硅—硅组合器件。 该工艺包括安装掩模， 通过在硅元件之间由模版印刷的焊膏使硅与硅接合再回流，从而产生硅与硅的附着。掩模开孔受高宽比限制。

已经提出了一系列的方法，但只是在理论上引起兴趣， 还没有一种能形成商业化。已提出的方法包括带有丝焊装置的(也称为“丝焊隆起物”)“焊柱—隆起”、移画印花法和焊料喷射法。为简化系列工艺所提出的方法仍要求多步骤。授予Kumar等人的美国专利No，5156997披露了简化的工艺，其组成为：淀积阻挡和扩散层，利用聚焦的液态金属离子源由金属形成隆起物， 利用腐蚀去除裸露的阻挡/附着层。该工艺需要用13个多小时隆起200 个管芯晶片。所以，即使简化的系列工艺也存在工艺缺点， 例如缓慢的产率。

引人注目和显著的改进，应是简单的、低成本的，大批量的，

对环境有利的(或环境中性的)、无害的工艺， 用来把各种合金的隆起物施于衬底，而且隆起物的高度是均匀的，间距小，而且，从理想角度来说， 这种方法将提供与现行表面安装技术组装线兼容的隆起物合金。

本发明提供了一种无害的， 对环境无影响的用来使用于电互连的衬底(包括硅片在内)隆起的工艺。 本发明的工艺提供了在回流期间在被附着的掩模所掩盖的衬底上的容纳焊膏堆积(CPD)。本发明的工艺提供了适用于间距小于400微米的倒装片或应用的隆起物。通过本发明的方案降低了工艺成本， 这包括在一个实施例中的可重复使用的金属掩模，在另一实施例中的可光致成象的聚合物涂层，可移走或可不移走。

另外， 本方法采用的制造技术具有显著的特征并适合于批量生产。

CPD把隆起物的组成控制与隆起物的体积控制分离开。例如，在蒸发和电镀中，体积和组成同时决定于单一的工艺步骤。 对于CPD，金属的组成取决于焊膏制造，而形成隆起物的工艺决定了金属隆起物的体积。

实际上根据本发明可以用任何合金组成来隆起晶片。 完全克服了蒸发方法的限制，因为CPD可以选用任何合金，而许多合金不能有效地蒸发。当期望与SMT兼容时，在合金的选择上，基本上仅有对熔点特性的限制。本发明的方法对合金组成的控制， 比现行在合金和元素电镀方法中可达到的更为精确。 本发明的方法提供了解决与蒸发施加铅(Pb) 的现行方法或者由电镀液产生的化学废料相关的对环境和工作者安全的影响的方法。 可达到一致的隆起

高度、体积和间距。

本发明的一种在具有多焊接点的衬底上形成焊料隆起物的方法，包括:

选择一种不可浸润的焊料的掩模，该掩模具有第一和第二的平面侧;

当掩模放置于接近衬底上时，使位于选择的掩模的侧面之间的开孔与焊接点对准以形成预制的掩模;

将预制的掩模与衬底对齐，以使掩模第一平面侧平放在衬底上，且使掩模对准衬底，将开孔置于焊接点上;

用焊接用的金属粉末和焊药填塞开孔直至掩模的第二平面侧，以使焊接用的金属粉末和焊药接触焊接点，且充分地填塞开孔;

加热衬底、掩模及焊接用的金属粉末和焊药以使开孔内的焊接用金属粉末融合成焊料隆起物，然后冷却衬底和焊料隆起物，使焊料隆起物成形并固定在焊接点上。

上述方法，还包括预混合焊接用的金属粉末和焊药以包括锡和铋的粉末，并将含有焊药的粉末混合而形成混合物，使加热时该混合物融合而形成基本上具有均匀组分的焊料。

上述方法中选择掩模包括选择非金属掩模。

上述方法中选择掩模包括选择硅基掩模。

上述方法中选择掩模包括选择具有用于形成焊料球的开孔的掩模，所说焊料球之间的间距为 150－350 微米。

上述方法，其中

加热衬底、焊接用金属粉末和焊药包括仍将掩模对准衬底，加热衬底、掩模、焊接用金属粉末和焊药；和

所说方法还包括在冷却后从衬底上移去掩模，留下的焊料隆起物粘附在焊接点上，该焊接点是用于随后使用焊料隆起物将衬底电气装配到另外的装置上。

上述方法还包括:

加热衬底、焊接用的金属粉末和焊药包括仍将掩模对准衬底，加热衬底、掩模、焊接用金属粉末和焊药；和

所说方法还包括冷却从衬底上移去掩模，使加热以后焊料隆起物保持粘附在焊接点上，该焊接点是用于随后使用焊料隆起物将衬底电气装配到另外的装置上。

上述方法还包括:

衬底和焊料隆起物冷却后，将第二衬底置于焊料隆起物顶上，使焊料隆起物连接两衬底以此提供两衬底之间的电气的互相连接。

上述方法还包括:

衬底和焊料隆起物冷却后，在隆起物附近未填满处堆积焊料，结合电气连接使两衬底互相连接。

上述方法中选择掩模包括选择一种聚合物掩模。

上述方法，还包括预混合焊接用的金属粉末和焊药而形成含有大于40%重量的铅的焊料隆起物。

上述方法中选择掩模包括选择粘附于衬底的薄膜物质。

上述方法包括:

当掩模置于邻近衬底时，在选择的掩模对准焊接点的位置上时使在掩模上形成多孔，以形成预制的掩模，并以焊接用的金属粉末和焊料装填开孔使焊接用的金属和焊料充分地填塞开孔;

将预制的掩模对准衬底，使开孔压在焊接点上，加热衬底和掩

模，使焊料隆起物粘附于焊接点上，然后冷却焊料隆起物；和

从衬底上移去掩模。

上述方法中选择掩模包括选择非金属掩模。

上述方法中选择掩模包括选择硅基掩模。

上述方法中选择掩模包括选择聚合物掩模。

上述方法中加热衬底和掩模包括将掩模对准衬底，加热衬底、掩模、焊接用的金属粉末和焊药以使焊料球在焊接点上融合。

图 1 包括 1A 和 1B，展示了本发明的掩模/焊膏/衬底和掩模/隆起物/衬底组合的截面图。

图2包括2A-2I，展示了传统模板法，传统的表面安装技术装配，和表面安装技术组合工艺中所用的传统模板法。

图3A-3H展示了本发明的倒装式隆起物形成和倒装式组成。

图4是根据本发明的隆起物形成法的流程图。

图5展示了在优选实施例中掩模在衬底上的组合。

图6A-6C展示了提供附装的支座隆起物的本发明。

图7展示了提供体积可控的焊球形成的容纳焊膏淀积。

如图4所概述，本发明的方法包括以下步骤：衬底、掩模和焊膏的选择410；衬底和掩模的组合412；衬底—掩模的对准414，焊膏的堆积416；衬底—掩模—焊膏的回流422，掩模的去除424；掩模的清洗430;在另一处理循环中重复使用掩模。另一实施例中删除了掩模去除步骤424；其余还包括了中间检测418、426和修整420、428步骤，以此保证焊膏堆积厚度的均匀和焊球的布置。如果使用不可浸润的衬底，则不是隆起的衬底，而是采用产生体积可控的

焊球的方法。

图3A-3H，展示本发明的工艺。图3A-3E 展示了倒装式隆起物的形成，图3F-3H展示了倒装式组合，被选择的衬底320 具有表面321或激活侧，用于形成电互连，其上已附着了可浸润或可焊接区322或者可焊接的隆起物限定金属(BLM)区。在优选实施例中， 所选的衬底是具有可被堆积的合金浸润的BLM的硅片。具有锌酸盐焊盘(由无电Zn、Ni处理的Al焊盘，然后镀Au)并由SiN(氮化硅)钝化的硅片是优选实施例的衬底/BLM组合。制备具有间距在400微米以下的可焊接(或可浸润的)BLM 的晶片是简易有效的。 每个可浸润BLM的中心与中心的距离对应于隆起物的间距；优选实施例提供的间距在150-350微米的范围。这种最小间距界限通常是掩模技术的功效，以在掩模制造技术上改进的本发明， 可实现甚至更小的间距。

衬底表面321的其余区域必须是不可浸润的区324(例如由不可浸润的材料如聚酰亚胺、氮化硅或二氧化硅覆盖的衬底区域)。在对于63Sn-37Pb隆起物的优选实施例中，硅片具有Ni-Au 可浸润区和氮化硅的不可浸润区。

图1A和1B中分别展示了掩模/衬底/焊膏和掩模/衬底/ 隆起物一对组合的截面。开孔的设计(切割成为掩模的孔或槽，用于容纳焊膏)决定了作为可浸润隆起物限定金属的直径(d)、开孔尺寸(L)、焊膏堆积因子(PF)和掩模厚度(t) 的函数的最终焊膏隆起物高度(h)和隆起物与掩模之间的间隙(c)。

回流的隆起物的期望体积($V_{隆起物}$)可表示为h和d的函数的截

顶球体的体积：

$$V_{隆起物}=\pi\left(\frac{h^3}{6}+d^2\frac{h}{8}\right)$$

焊膏开口体积(已被堆积的焊膏体积$V_{焊剂}$)通过焊膏堆积因子(PF)与最终隆起物的球体体积相关，该因子(PF) 定义为隆起物体积与焊膏体积的比例：

$$V_{焊膏}=\frac{V_{隆起物}}{PF}$$

等直径球最有效的堆积是六角密堆积(HCP)或者面心立方堆积，其结果PF=0.74。但实际上，堆积因子多少低于此值。

开孔(L)和掩模厚度(t)确定为所需开孔体积($V_{焊剂}$)、隆起物间距(P)、可允许的最小腹板宽度(W) 和可允许的隆起物与掩模的最小间隙(c)的函数。

隆起物与掩模的间距(c)是：

$$C=\frac{(L-D)}{2}$$

其中，焊球直径(D)是

$$D=h+\frac{d^2}{4h}$$

开孔之间的腹板宽度W是

$$W=P-L$$

实际中，针对适当的模板脱模，　对可允许的最小腹板宽度(W)、以及可允许的最小隆起物与掩模的间隙(C)有所限制。

优选实施例中，开孔是圆筒形，这样:

$$V_{焊膏}=\frac{\pi L^2 t}{4}$$

优选实施例中，掩模/衬底/隆起物的参数是:

p [μm]	d [μm]	h [μm]	L [μm]	t [μm]	$V_{焊膏}$ [x10⁶μm³]	$V_{隆起物}$ [x10⁶μm³]	PF	D [μm]	w [μm]	c [μm]
356	200	118	225	100	4.0	2.7	0.65	203	131	11
250	150	118	190	100	2.8	1.9	0.65	166	60	13
175	100	90	125	85	1.0	0.74	0.70	117	50	4

其它的掩模变型包括非圆筒形开孔，　用于较大的体积和较大的腹板，还有非垂直侧壁，例如锥形开孔，用于改善脱模。

可以包括多焊道印刷/回流循环，用以提供增大的隆起物体积，而且如果需要还可提供非均匀隆起物。

掩模

如图3B所示，掩模326置于衬底320的表面321上。在优选实施例中，掩模326由金属制成，具体是75-100微米厚的应力均匀的压

片合金42。掩模材料可以包括可光致成象的聚酰亚胺、 干膜光掩模、液态可光致成象的光掩模、硅和陶瓷。掩模开孔330的布置及定位对应于衬底320的可浸润322区的布置及定位。如图5所示，衬底表面546和掩模544均具有一对孔或精调图形540、542。 这些可用做对准导向，当掩模置于衬底上时，使待定位的掩模开孔330对应于衬底表面的可浸润区。

掩模具有两个用途。第一是提供储槽， 控制待堆积的焊膏体积。第二是直至或在回流工艺期间起容纳焊膏的堤坝或其它作用。第二种用途是本工艺与标准的SMT工艺的差别所在。

由于用于间距小于400微米的开孔的高宽比不允许从衬底移去掩模(不移去具有掩模的焊膏)， 在回流处理时掩模必须留在原位置。为了起焊膏储槽和堤坝的作用，必须解决在SMT工艺中不会遇到的问题。

(1)掩模的热膨胀系数(CTE)必须与衬底的紧密匹配， 以使在回流工艺中不会因热应变失配而产生对准失调。在优选实施例中，要求使用合金42作为掩模材料，以便与硅衬底的CTE紧密匹配 (硅的CTE=2.5E-6 吋/吋/℃， 合金 42 的 CTE = 4.4E-6 吋/吋/℃)。

(2)把掩模保持在衬底的适当位置的支承结构，必须不向掩模或衬底施加应力。在SMT模板印刷中，掩模绷紧在框架上。为了能使用标准的框架安装技术，框架材料必须与掩模的CTE相同，而且在回流期间，框架的热量必须降至最小， 以此消除掩模的变形或者破裂(由于加热及冷却步骤中的偏移及导致的应力)。 在优选实施例中，采用高温磁体(AlNiCo)使掩模附着于衬底， 从而无需框架。由于掩模材料是铁类的， 所以磁体可以置于衬底与掩模对置

的一侧。如果需要更大的附着力，则可把磁体置于掩模/衬底夹层的两侧。另外的实施例包括把衬底机械地夹持在掩模上， 以及使用与掩模的CTE匹配的框架使掩模绷紧。

(3)模板表面必须是不能被所选金属焊膏所浸润的。如果掩模表面是可浸润的，则在回流期间金属焊剂将粘着(或浸润)于掩模，而不是与掩模分离并仅与焊盘粘着。为了消除这一问题， 对掩模镀铬，因为铬(和氧化铬)不会被所用的低熔点Sn-Pb焊膏所浸润。

掩模—替换的实施例

其它的替换实施例包括为与衬底CTE匹配所设计的，并且对所选用的金属焊膏不浸润的不同金属或非金属可分离掩模。

用于完成两个所提到的掩模功能的另一方法是利用对衬底表面可移动的掩模，其上具有适当的开孔尺寸， 以获得所期望的隆起物尺寸。在此实施例中，聚合物掩模应施于衬底表面， 具有的开孔是通过在位于可浸润焊盘之上的掩模上利用化学、机械、 等离子腐蚀或激光烧蚀所形成的。工艺的其余部分应是相同的， 但清洁处理除外，这要求使用能在流动(或两个清洁步骤) 中去除临时掩模及剩余物的溶剂。

此外， 替换的实施例包括其它可由化学腐蚀或清洗剥蚀除去的掩模材料(液态可光致成象光掩模、干膜光掩模、剥落/ 剥蚀聚酰胺、陶瓷或硅)。

对准

图5展示了掩模544和衬底546的组合，利用磁体548 通过的磁吸引把掩模从下面保持在衬底上，并使掩模开孔与衬底BLM焊盘对准。对应的掩模开孔330与表面321的可浸润区322对准，以此接收

隆起物。可采用显微镜手动完成此种对准，并且相对掩模放入晶片，同时对准开口和焊盘。另外，也可采用工具销钉和对应的孔来完成对准。也可采用工具销钉或基准或目测系统来完成自动对准。

掩模开孔330尺寸通常(但并不要求)稍大于可浸润区的尺寸。开孔尺寸由所需的隆起物尺寸所决定。并不要求开孔具有与可焊焊盘相同的形状。为了增大隆起物的尺寸同时还保持小间距，掩模开孔可以是长方形和BLM圆形或者八角形。通过回流，焊料在BLM圆形焊盘上变为球形。

掩模开孔也可设计成对非常细的间距(小于175μm)覆盖多于一个焊盘。

焊膏堆积

如图3B所示，对准之后，把含有球形金属粉末和焊药的膏状组合物334堆积在掩模表面336并铺开，以使其充入每个掩模开孔330。此工艺通常称为“补缝”。

把一大团金属焊膏置于掩模表面。然后推刮焊膏通过所有开孔并再推刮来清除掩模表面。这使焊膏仅留存于开孔内。然后检查焊膏淀积物，保证所有开孔均被填充。如果查出有任何未填充或部分填充的开孔，则再次推刮焊膏团通过开孔，然后再次推刮从清除掩模表面。如果检查表明所有开孔均已填充，则从掩模上除去剩余的焊膏团，如果仍未填充，则重复推刮/检查工艺。

可以全自动化地进行焊膏堆积。

焊膏：在标准的SMT模板印刷工艺中，原始的实施例使用为低熔点Pb-Sn焊料用途所配制的标准焊膏。焊药载体SMQ51AC 由美国

的铟公司(36 Robinson Road, Clinton, New York 13323)提供。仅仅颗粒尺寸分布改善至“-400+500”目分布，以满足CPD的要求。

焊膏是金属粉末均匀、稳定的分散在助剂载体中。助剂载体不仅含有助剂，而且还有其它成分，这些成分决定了在模板印刷、定位和回流工艺中焊膏的性能。头一个实施例使用为用低熔点Pb-Sn焊料的标准表面安装模板印刷所设计的焊膏。由以下方法可确定获得一致的金属隆起物形成的最佳能力：

1. 金属粉末尺寸分布：金属粉末中颗粒尺寸范围是对所堆积的焊膏中金属成分最大化与金属氧化物成分最小化之间的综合平衡。尺寸分布的上限由掩模厚度设定。最大可允许的颗粒直径应小于掩模厚度的40%。对于100微米厚的掩模，给出的最大颗粒直径约为40微米。尺寸分布的下限取决于使金属氧化物成分最小的需要。对于Pb-Sn基焊料，焊料的氧化物成分在颗粒直径小于25微米时显著增多。因此，就此观点的原始证明来说，最小颗粒直径为25微米。此尺寸分布通常称为“-400，+500”。颗粒尺寸分布的优化是使此观点得以改进的一部分。在本发明的使用其它冶金术方法的其它实施例中，不同的颗粒尺寸分布可能是必需的。

2. 焊膏助剂载体：“焊膏助剂载体”一词是用表述焊膏中的所有非金属成分。为用于标准SMT模板工艺所设计的焊膏含有多种CPD所不需要的成分。

a. 流变剂：这些成分添加在焊膏助剂载体中，用来在标准模版印刷操作的推刮和模版脱模部分过程中控制焊膏的性能(常常添加各种高沸点溶剂作为流变剂)。此外，添加这些成分，用以在回

流处理时防止孤立的焊膏块坍塌，并引起焊桥。 这些成分中的一些对于推刮操作是必不可少的，必须存在于焊膏中。但是， 这些对CPD来说不一定是必需的。

b. 增粘剂： 此成分是在布局和回流工艺中把表面安装元件保持在衬底或印刷电路板上所需要的。 由于在容纳焊膏堆积时来布置元件，这种成分也许可以从焊膏中去掉。 去掉这种成分将有助于在回流之后从焊膏隆起物上卸下掩模。

c. 催化剂： 这些成分对存在于金属粉末表面和隆起物下金属化表面上的氧化膜化学腐蚀是需要的。在CPD工艺中对催化剂的需要与在容纳焊膏堆积中对催化剂的需要是相同的， 并且比其它的形成金属隆起物的方法具有明显的优点。 这些催化剂为在隆起物形成期间从隆起物下金属化去除氧化物提供了一种方法。 其它技术中每一种均要求在隆起处理开始之前， 隆起物下金属化上无氧化物。

配制焊膏助剂载体， 以满足对每种应用所选择的特定冶金学方法的要求。例如，在具有重量百分比大于90%的Pb的Pb-Sn 焊膏中的助剂必须承受比低熔点Sn-Sb焊膏更高温度。低温焊料例如低熔点Sn-Bi焊料要求比低熔点Pb-Sn焊料更低温度的活化系统。 为了满足每种所选金属的特定冶金术和温度的需要， 无论何种改进均是必需的，据此，CPD为助剂载体成分的选择提供了灵活性。

3.金属粉末组分：CPD 的主要优点在于能够使用可制成金属粉末并能熔化从而凝聚成单个、大的金属隆起物的任何金属。

金属粉末与助剂载体混合形成“焊膏”；金属粉末的冶金学组分变成金属隆起物组分。因此，在容纳焊膏堆积中， 金属隆起物

的冶金术被一种与现行的金属隆起物形成工艺相比，存在差异且更好控制的工艺决定。例如，在蒸发工艺中，在隆起物形成工艺期间，必须对两种不同的蒸发源进行控制，以此产生对金属隆起物的组分和体积的控制。一般对蒸发的或电镀的隆起物在组成上的控制为+/-5%，由于Pb和Sn在蒸发速率上存在较大差异，所以通常以蒸发工艺不易获得低熔点Sn-Pb焊料隆起物。对金属粉末在组分上的控制一般为+/-0.5%，比替换方式高出整整一个量级。此外，低熔点Sn-Pb焊料可以做到与高Pb焊料相同的组分控制。对其它金属的组分控制将取决于处理技术。如果采用雾化技术，则组分控制一般为+/-0.5%。

回流

接着，对衬底320、掩模326和焊料334的整个组合加热，以使焊料334回流(见图3C)。这就是说，对其加热直至焊膏金属球334熔化并凝聚成为单个球形或焊料隆起物338，每个掩模开孔330 有一个隆起物338。

在容纳焊膏堆积中的回流工艺几乎与用于标准表面安装工艺(SMT)的相同。为了促进金属粉末凝聚成金属隆起物，在回流模式中必须含有三个众所周知的时间-温度区间:

1. 溶剂蒸发：在焊膏中添加溶剂，用以控制工艺中的推刮部分。在回流过程(金属熔化之前)中必须使这些溶剂蒸发。在具有低熔点Sn-Pb焊料和铟公司的SMQ51AC焊膏的头一个实施例中，必须使衬底和焊膏的温度保持在90和110°C至少达50秒。其它的焊膏配方将要求不同的温度和时间。

2. 助剂活化：为了使金属粉末凝聚成为单个金属隆起物，以

及形成对隆起物下金属化的冶金粘合，必须使焊膏和衬底在预定温度保持一定的时间，以使焊膏中的活化剂从隆起物下金属化和各金属颗粒的每个表面除去金属氧化物。在具有低熔点Sn-Pb焊料和铟公司的SMQ51AC焊膏的头一个实施例中，衬底和焊膏的温度在150和170°C之间最少保持50秒。其它的焊膏配方要求不同的温度和时间。

最高温度：一般回流焊实际上采用的最高焊料温度应高于焊料粉末熔点30-50°C。对于头一个实施例中所用的低熔点Sn-Pb 焊料，回流的最高温度在210-230°C之间。其它金属合金具有不同的熔点，要求采用不同的最高温度。

与通常的表面安装组合工艺相比，最高温度变化率稍有不同。在通常的表面安装回流工艺中，最高温度变化率取决于一定的表面安装元件经受快速温度变化的能力。在容纳焊膏堆积中，最高温度变化率取决于掩模和衬底以相同速率改变温度的要求。

清洗：回流工艺中形成了隆起物和组合件冷却之后，焊膏助剂载体部分仍残留着，并且可能会使掩模326粘到衬底320上。通过在适当的溶剂中清洗掩模和衬底来溶解这些残余物。在头一个实施例中，用于 50 %异丙醇和50%水的混合物来溶解残余物，并使掩模从衬底上卸下。分离之后，对衬底和掩模彻底清洗。清洗之后，把掩模送回至工艺起点，在另一衬底上重复使用。

可重复使用的掩模是本工艺的新的和有创造性的特征。在堆积和回流过程中，掩模留在原位。这消除传统模版印刷所固有的工艺限制。此外，本发明为细间距的较小隆起物的堆积提供了可重复的体积。

与现行的方式相比，本工艺是简单的，所以成本降低了。 由于较好地确立了制造焊接所用金属粉末的技术， 所以可以控制合金组分。合金组分可以控制在+/-0.5%之内，并与隆起物尺寸、晶片尺寸、隆起物在晶片上的布置无关。

由于本发明的实施几乎不需要专用设备， 而且由于适用于模版印刷、回流和清洗的大多数设备是市售商品且性能良好， 所以保证了本发明的制造能力。 在不考虑适当改进和开发成本的情况下，可实际地保证大批量生产。大多数主要工艺步骤均可自动化。无需过高温度(对于低熔点焊料)，也无需化学罐或真空条件。 本工艺可在两处进行检查及返工：焊膏堆积后的修整， 掩模去除后的隆起物修整/置换(图4-418、420、426、428)。

图3F-3H展示了由倒装式组合工艺实现的两个衬底的组合。已隆起的衬底342被倒置，隆起物338布置得与接收衬底350接触。对于倒装式组合的实施是周知的回流352和下充354步骤， 产生了完整的衬底与衬底的互连(图3H)。

这里给出的方法提供了大批量生产，以每15分钟20000个隆起物为基础，其数量级为每小时80000-100000个隆起物。

无需苛刻的电镀化学物，也避免了处置有毒害的电镀液。 由于Pb金属合金是以膏状存在的，被良好地包容， 从而不会给操作造成危害，浪费问题也很小。

其它的工艺选择 -

在衬底上形成了金属隆起物之后，可能需要一定的处理， 即用不同组分的金属涂覆金属隆起物。上述CPD所用工艺可用来涂覆金属隆起物。

某些应用要求设置支座设定及控制两个衬底之间的高度。参看图6A。采用CPD，可在衬底上形成支座隆起物610 和用于互连的金属隆起物612。通常，支座的材料在期望的处理温度下不会熔化。因此，必须首先在衬底上形成支座。如图6所示，通过采用CPD 工艺，在衬底的适当位置上淀积支座材料，可实现此目的。

完成第一步骤时，衬底在适当位置含有金属支座隆起物。然后对衬底做第二次的容纳焊膏堆积处理，在互连位置形成低温隆起物，如图6B所示。

在互连隆起物处理期间，把低温金属焊膏堆积在所有适当的位置。在支座位置，存在两种选择。

选择1：部分蚀刻模版的衬底一侧，提供支座金属所用空隙，而不淀积低温金属焊膏。

选择2：在支座隆起物顶部堆积低温金属焊膏，并应在支座上形成覆盖层。

球的产生

本发明工艺的另一实施例是产生不附着的金属球，而不是金属隆起物。

如图7所示，CPD步骤的产物是球体或球形710，与图3E类似，但有几点重要不同。在形成球的CPD中，第一步骤的材料选择相对于焊膏选择是相同的。但是，衬底712可能没有可浸润表面，而掩模714可以构成有开孔，以便使产生的球710的数量增至最大。由于衬底没有可浸润表面，所以无需对准步骤且可取消。焊膏堆积和回流是相同的。如果掩模是金属的则可去除，或者在用于球的收集和重复使用前的掩模—衬底组合的清洗的实施例中，不去除

掩模。对于任何实施例来说，均收集球710并清洗衬底和掩模以重复使用。

可光致成象掩模方法还可用于制造球，只要衬底是不可浸润的。可以期望，在衬底—掩模组合多次使用后，从衬底去除本方法中的掩模。组合可以重复使用，而不去除掩模，只要能进行仔细的适当清洗即可。衬底可以重复使用，而与掩模是否重复使用无关。

由CPD产生的球，可以用做独立的基础，来修整由CPD 隆起的衬底。CPD产生的球还可以用于OMPAC、BGA或者其它隆起或堆积方法。CPD代替了球产生的方法，例如把熔融金属吹入油中。正如这里所述的，CPD产生了所需数量精确形成体积球的良好控制方法。

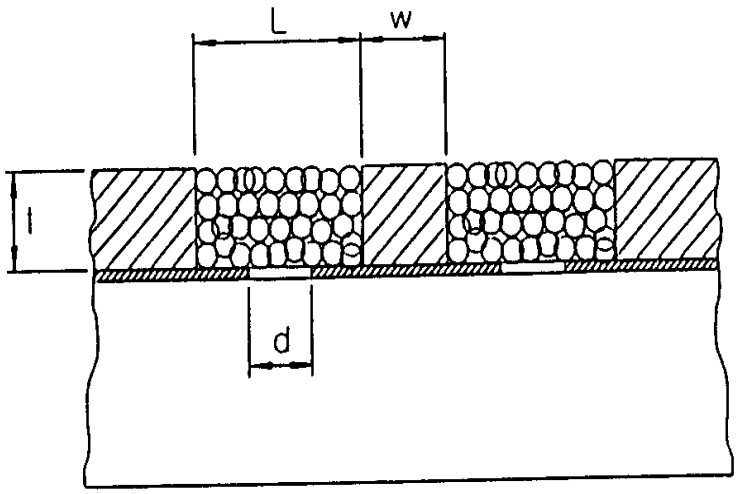

图 1A

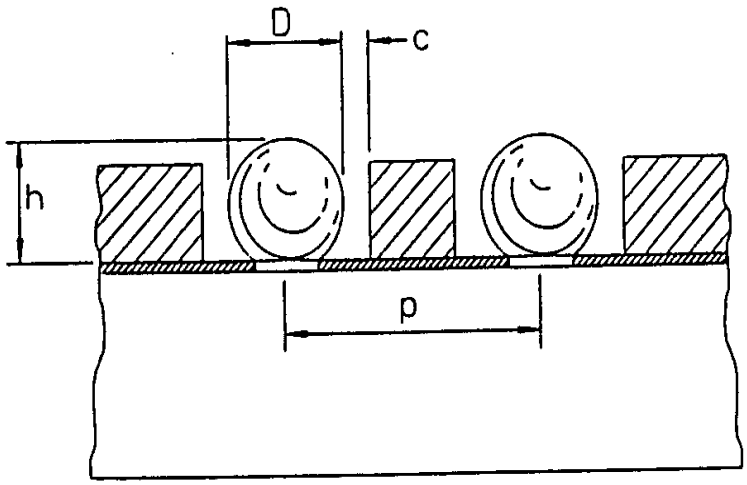

图 1B

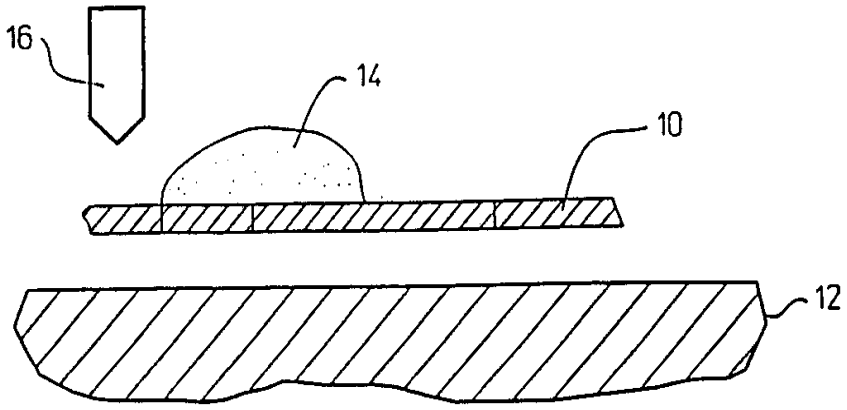

图 2AA（已有技术）

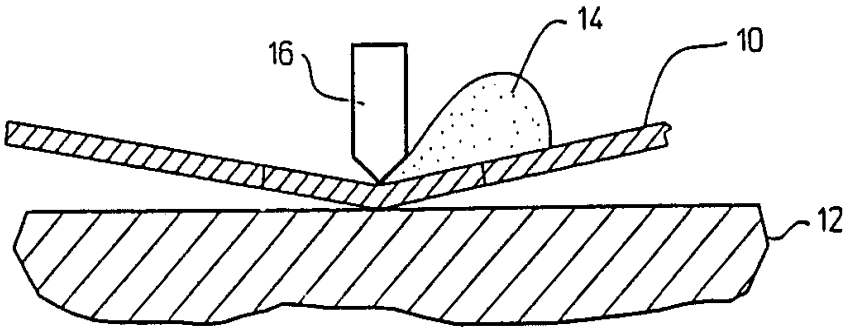

图 2AB（已有技术）

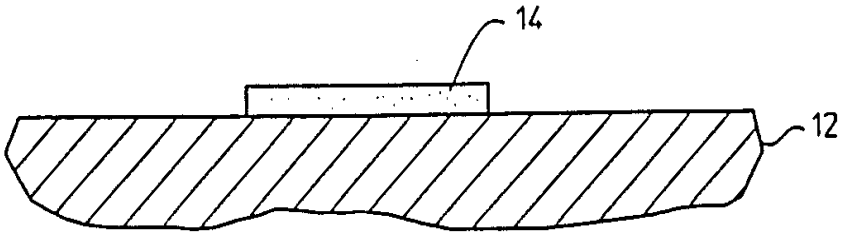

图 2AC（已有技术）



图 2B（已有技术）



图 2C（已有技术）

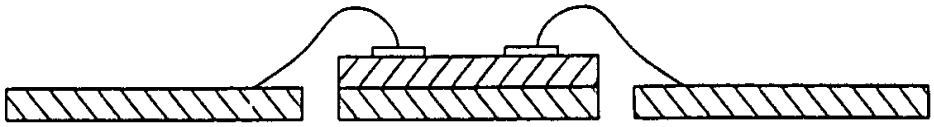

图 2D（已有技术）

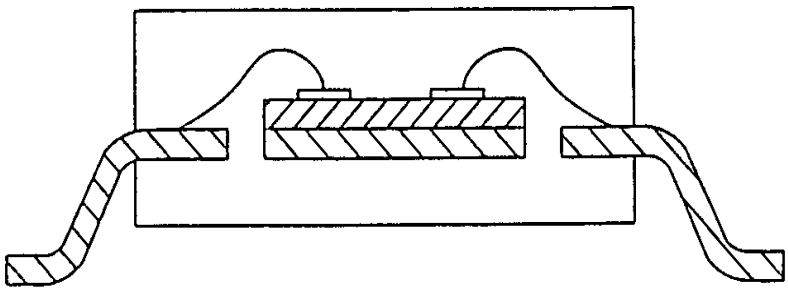

图 2E（已有技术）

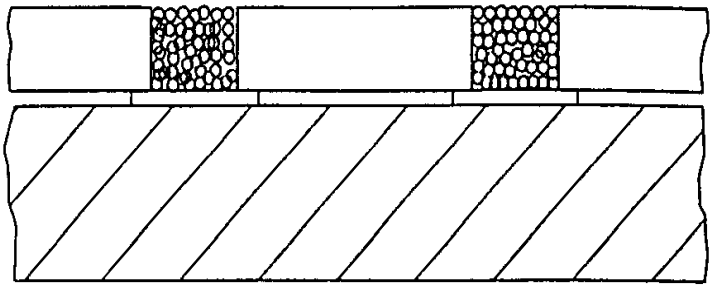

图 2F（已有技术）

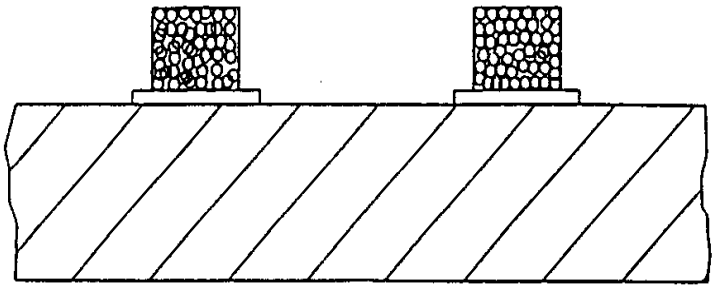

图 2G（已有技术）

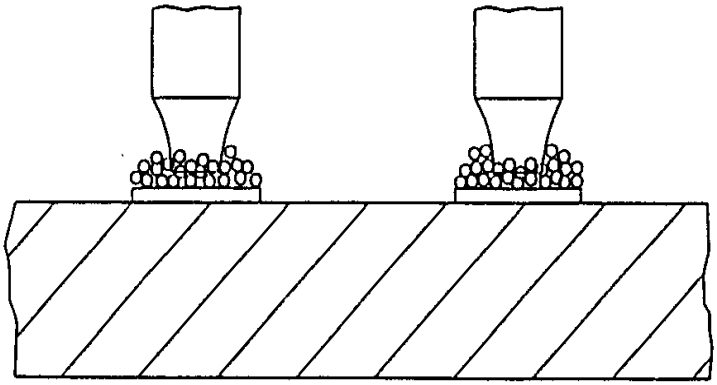

图 2H（已有技术）

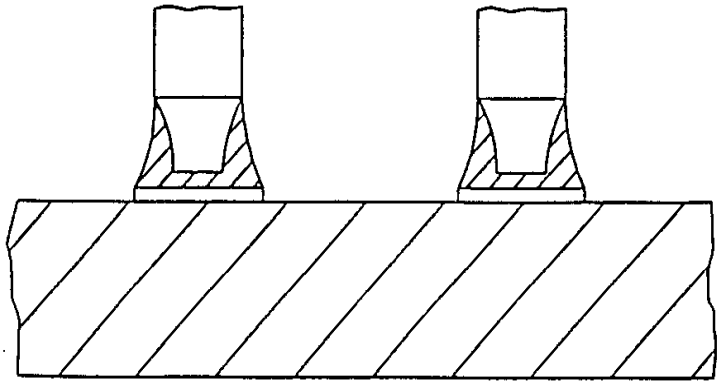

图 2I（已有技术）

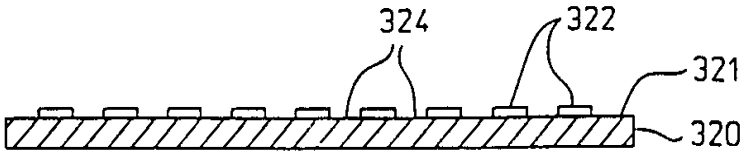

图 3A

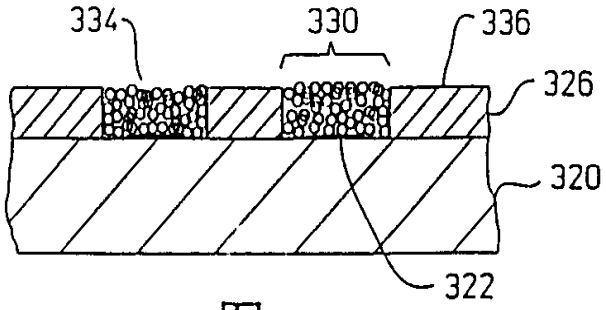

图 3B

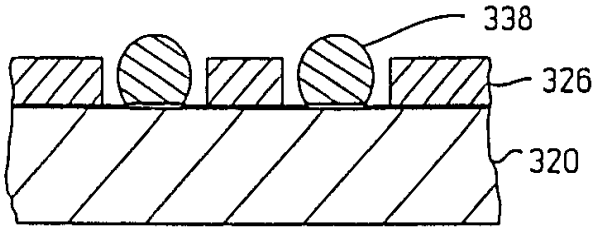

图 3C

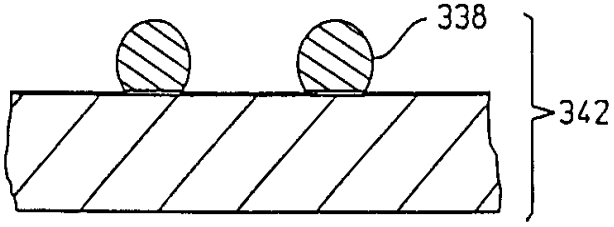

图 3D

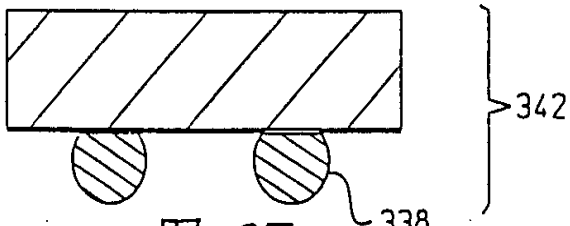

图 3E

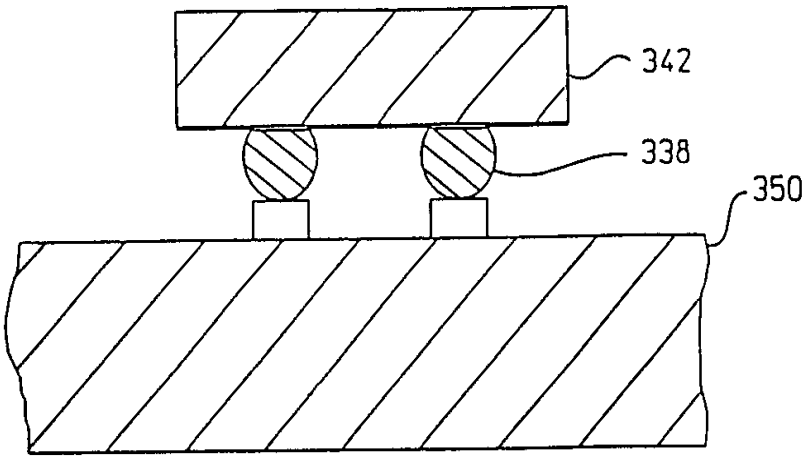

图 3F

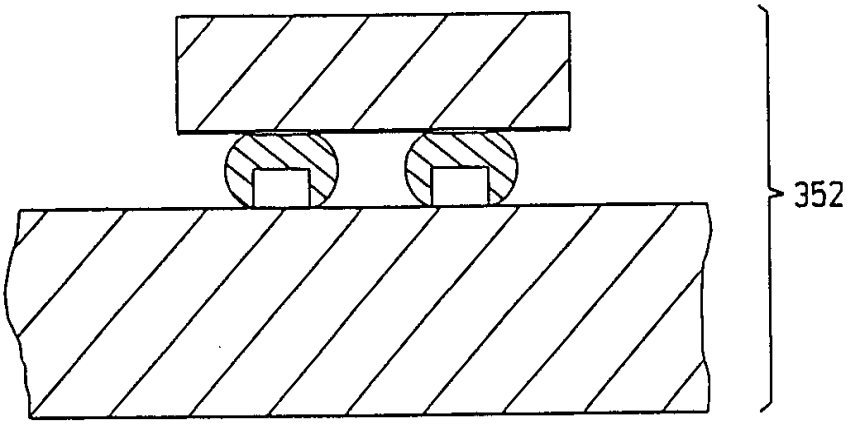

图 3G

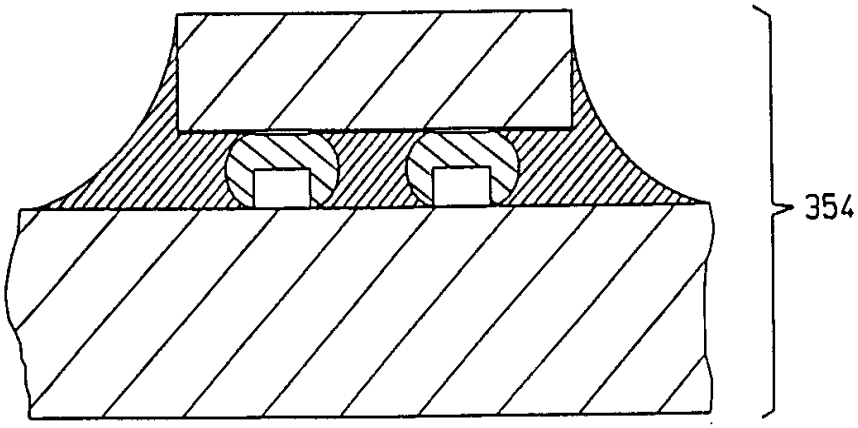

图 3H

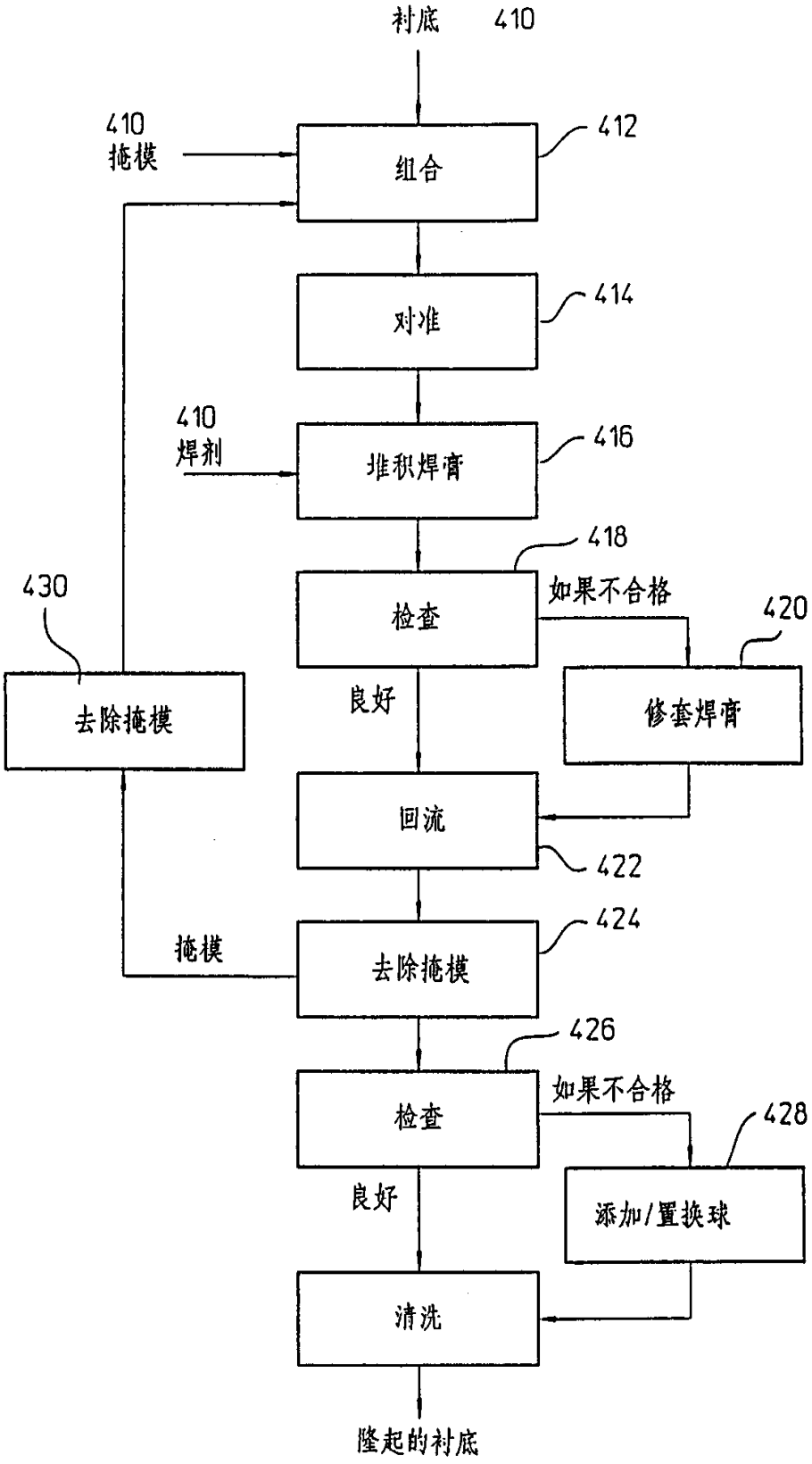
衬底 410
410
掩模
组合
412
对准
414
410
焊剂
堆积焊膏
416
418
检查
如果不合格
420
430
去除掩模
良好
修套焊膏
回流
422
掩模
去除掩模
424
426
检查
如果不合格
428
良好
添加/置换球
清洗
隆起的衬底

图 4

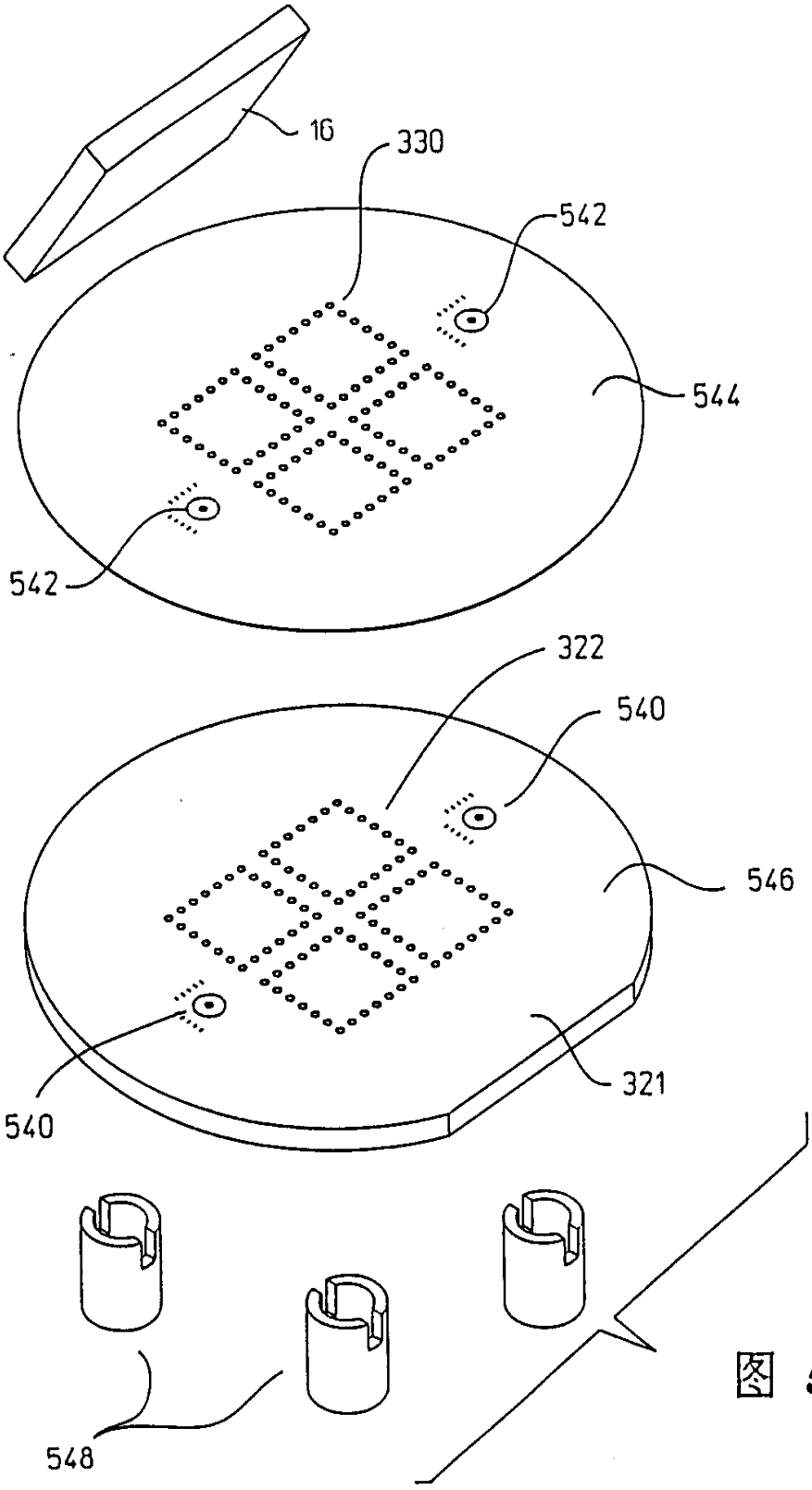

图 5

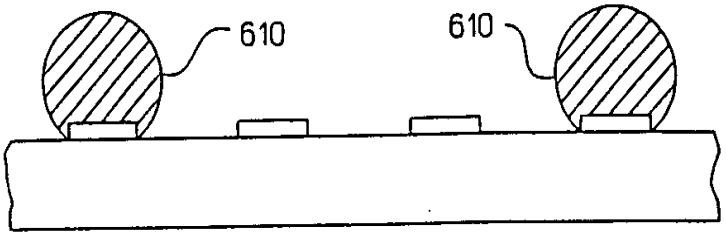

图 6A

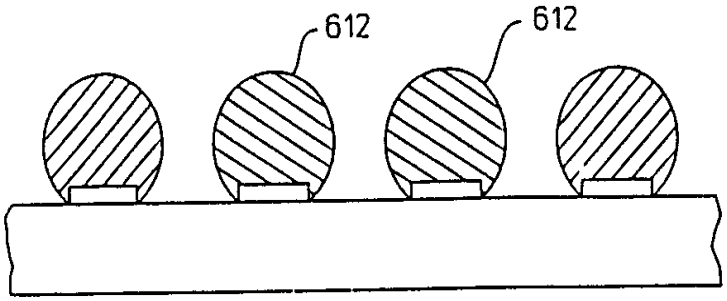

图 6B

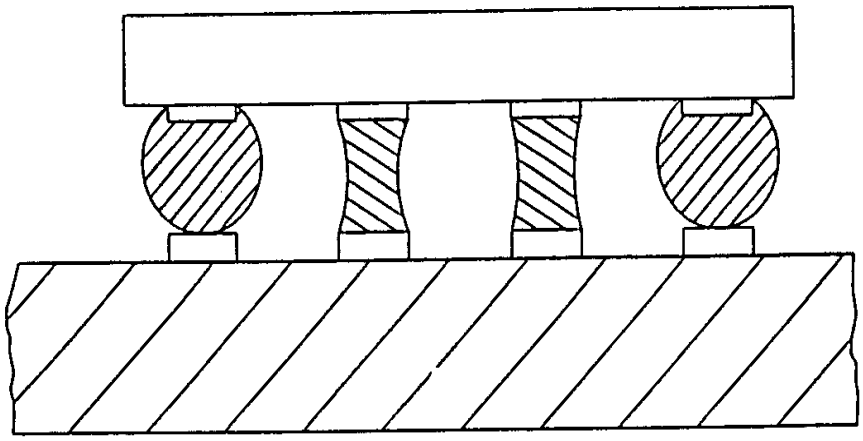

图 6C

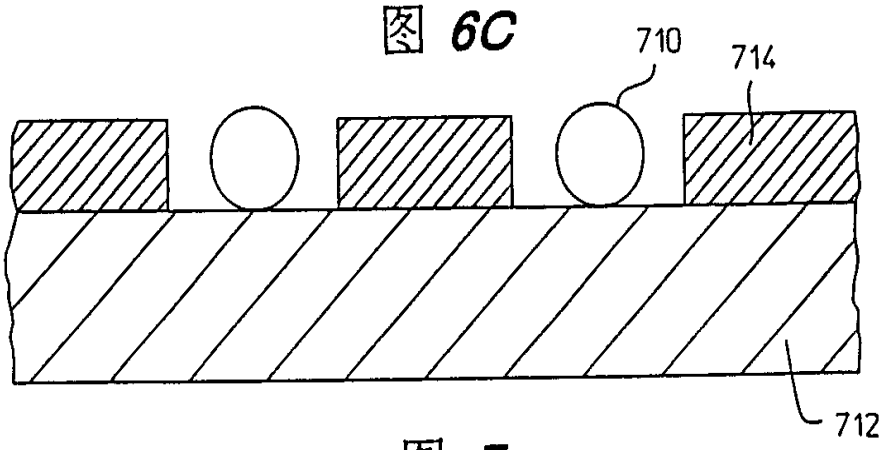

图 7