



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110085521 B

(45) 授权公告日 2020.12.25

(21) 申请号 201910388328.8

H01L 21/60 (2006.01)

(22) 申请日 2019.05.10

H05K 3/34 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

(56) 对比文件

申请公布号 CN 110085521 A

US 2019088505 A1, 2019.03.21

(43) 申请公布日 2019.08.02

审查员 邱广猷

(73) 专利权人 哈尔滨理工大学

地址 150080 黑龙江省哈尔滨市南岗区学  
府路52号

(72) 发明人 赵智力 丁欣 郭壮 曹荣楠

胡明灯

(74) 专利代理机构 黑龙江立超同创知识产权代

理有限责任公司 23217

代理人 杨立超

(51) Int. Cl.

H01L 21/48 (2006.01)

权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法

(57) 摘要

一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法,涉及微电子封装技术领域。为解决传统方法器件植柱质量受辅助模具影响易出现传热不良、焊点气孔和焊柱刮伤等问题。本发明在芯片载体基板和印刷电路板阵列排布的焊盘上印刷非共晶点钎料成分的焊锡膏,并通过回流焊实现焊盘上的植球;再利用微型精密钻床在阵列焊球中形成相同尺寸的定位孔;将相同规格的铜柱插装到两端基板阵列排布的焊球的定位孔中后,采用超声辅助固液共存区钎料回流焊的方法实现阵列铜柱的双面植柱连接。超声空化可促进铜柱表面氧化膜的破坏、钎料的微观流动及界面原子的互扩散,可细化钎料组织、降低气孔率并提高接头强度。本发明用于无模具辅助的CuCGA器件植柱。

1. 一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、在阵列排布的焊盘上印刷非共晶点钎料成分的焊锡膏;

步骤1所述的非共晶点钎料成分的焊锡膏中的钎料种类为SnPb系、SnCu系、SnAg系、SnAgCu系、SnBi系、SnZn系、SnSb系、SnIn系非共晶点成分的软钎料中的任意一种,且该非共晶点钎料成分的焊锡膏中的钎料对应的固相线与液相线温度差大于等于40℃;

步骤2、通过回流焊实现阵列排布的焊盘上的植球;

步骤3、在单个焊球中形成定位孔:

将直径为d的钢质钻头装夹于微型高精度钻床的夹头中,通过程序控制待植柱焊盘所在的基板运动,使待植柱焊盘位于钻头正下方并与钻头轴心对中,随后利用钻床带动钻头旋转同时向待植柱焊盘上的焊球运动,待钻头下压钻入焊球内预定的深度S后,提起钻头,在单个焊球中形成深度为S、直径为d的定位孔;

步骤4、阵列焊球中的定位孔的形成:

以相同的尺寸参数和工艺参数重复上述步骤3的过程,在芯片载体基板和印刷电路板上阵列排布的每个焊球中获得相同深度和直径的定位孔;

步骤5、阵列铜柱插装到两端基板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔中:

将相同规格的铜柱的一端逐个插入到印刷电路板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔中,确保其完全嵌入到定位孔底部并使阵列铜柱的露出端共面;再将阵列铜柱的露出端与芯片载体基板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔一一对中、并施加适当压力使其完全嵌入到定位孔底部;

步骤6、超声辅助回流焊实现阵列铜柱的双面植柱连接:

将插装装配后的封装结构置于热风加热区,按照设计的回流焊温度曲线加热封装结构,待工艺温度超过焊球中钎料的固相线温度后,在印刷电路板的四个特定金属镀层区施加超声;待回流焊后期、焊球温度降至钎料的固相线温度以下后停止施加超声;

在回流焊植柱过程中,焊球处于固液共存温度区期间,铜柱与焊球的空间位置关系不会改变;同时,超声振动由印刷电路板阻焊膜下的金属镀层传递至阵列排布的焊盘及其上处于固液共存状态的钎料中,其超声空化作用可加速铜柱表面的氧化膜的破坏及钎料的微观流动,使铜柱与钎料的界面通过原子的扩散形成可靠连接;

步骤6所述的设计的回流焊温度曲线的特征是,回流焊峰值温度范围为钎料的固相线以上5℃~钎料液相线以下15℃,峰值温度下的停留时间的范围为120~180秒;

步骤6所述的施加超声的四个特定金属镀层区为预先设计的、位于印刷电路板上阵列排布的焊盘的周边0.5mm距离的、对应焊盘阵列四边边长的中心位置的、与邻近焊盘相连且厚度相同的铜镀层区;

步骤6所述的施加的超声的功率范围为400~800W,超声频率范围为30~40KHz,超声压力为0.15~0.3MPa。

2. 根据权利要求1所述的一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法,其特征在于,所述的阵列排布的焊盘为印刷电路板上阵列排布的焊盘和芯片载体基板上阵列排布的焊盘,所述的阵列排布的焊盘的材质为铜、金、银、镍、锡青铜、黄铜中的任意一种,或由铜、金、银、镍、锡青铜、黄铜搭配组合形成的多层金属膜焊盘。

3. 根据权利要求2所述的一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法,其特征在于,

所述的阵列排布的焊盘的直径为 $D$ ,  $0.9\text{mm} \leq D \leq 3\text{mm}$ , 所述阵列排布的焊盘的厚度为 $35\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法, 其特征在于, 步骤2所述的通过回流焊实现阵列排布的焊盘上的植球的峰值温度范围为焊锡膏钎料液相线以上 $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ , 高温停留时间为100秒, 步骤2所述的通过回流焊实现阵列排布的焊盘上的植球形成的焊球高度 $h$ 大于等于焊盘直径 $D$ 的 $7/10$ 。

5. 根据权利要求4所述的一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法, 其特征在于, 步骤3所述的钢质钻头的直径为 $d$ , 获得的定位孔的直径也为 $d$ ,  $\frac{1}{4}D \leq d \leq \frac{1}{3}D$ ,  $D$ 为印刷电路板和芯片载体基板上阵列排布的焊盘的直径; 步骤3所述的定位孔的深度为 $S$ ,  $\frac{3}{5}h \leq S \leq \frac{9}{10}h$ ,  $h$ 为焊球高度。

6. 根据权利要求5所述的一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法, 其特征在于, 步骤5所述的铜柱为依据标准制备的统一规格尺寸的无氧铜铜柱, 所述的铜柱的直径为 $d_1$ , 铜柱的长度为 $l$ ,  $\frac{1}{4}D \leq d_1 = d \leq \frac{1}{3}D$ ,  $l = 6 \sim 12 d_1$ ,  $D$ 为印刷电路板和芯片载体基板上阵列排布的焊盘的直径,  $d$ 为钢质钻头的直径。

## 一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微电子封装技术领域,具体涉及一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法。

### 背景技术

[0002] 面阵列封装中,CuCGA (Ceramic Copper Column Grid Array) 封装因为阵列铜焊柱具有更高的高度和更大的柔性,因此较CBGA (Ceramic Ball Grid Array) 封装具有更好的散热能力并能够借助铜柱的挠曲变形有效释放互连结构的内应力,因此具有更高的热循环寿命。CuCGA封装被广泛用于高频率、高功率、高I/O的大芯片封装以及高可靠性要求的航空、航天、军工用电子器件的封装。

[0003] 铜柱被阵列排布并垂直连接到阵列排布的焊盘上的过程称为植柱。但铜柱长径比大、稳定性差的特点使得CuCGA器件的植柱工艺的难度远大于CBGA器件的植球工艺。目前的植柱工艺,多依靠带阵列孔的模具或多层金属钢网叠合并设置压块进行焊接前及焊接过程中铜柱与焊盘的对中和相对位置的固定;采用回流焊实现阵列铜柱一端与芯片载体基板上阵列焊盘之间的连接后,需要将带阵列孔的模具或多层金属钢网拆除。现有植柱方法存在如下问题:

[0004] 焊后模具或金属钢网拆卸所需的预留间隙(模具或钢网孔的内径与铜柱外径之间的间隙)的存在使铜柱的垂直度、对中度及固定效果变差。焊后模具或钢网拆卸时还容易刮伤铜焊柱、使焊柱打弯,导致植柱质量及阵列焊柱端面的共面性均难以保证。同时,焊接过程中模具或金属钢网的存在还会影响热源热量有效的传递到各焊接位置和焊锡膏中助焊剂气体的散发,导致回流焊工艺的调试难度加大及焊点气孔率的增加。另外,不同器件的焊盘间距和焊柱数量不同,还需要制作不同规格的模具或钢网,制作成本也很高。CuCGA器件的植柱问题已经成为该高可靠性器件推广应用的瓶颈。

[0005] 此外,该植柱方法仅完成阵列铜柱一端与芯片载体基板上阵列焊盘之间的连接,之后还需要借助回流焊再将阵列铜柱的另一端与印刷电路板上的阵列焊盘形成连接,为防止第二次回流焊期间第一次回流焊的钎料焊球熔化及铜柱相对位置改变,需要第一次回流焊采用的焊锡膏中的钎料的熔点更高、焊接温度更高。这导致结构承受的热冲击也大,而且铜柱两端不能采用相同种类和成分的钎料,制作工艺也较繁琐。

### 发明内容

[0006] 本发明为了解决现有CuCGA器件封装中阵列铜柱的植柱难度大、植柱质量受辅助模具影响大而容易出现焊接传热不良、焊点气孔和焊柱刮伤受损等问题。

[0007] 一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1、在阵列排布的焊盘上印刷非共晶点钎料成分的焊锡膏;

[0009] 步骤2、通过回流焊实现阵列排布的焊盘上的植球;

[0010] 步骤3、在单个焊球中形成定位孔:

[0011] 将直径为d的钢质钻头装夹于微型高精度钻床的夹头中,通过程序控制待植柱焊盘所在的基板运动,使待植柱焊盘位于钻头正下方并与钻头轴心对中,随后利用钻床带动钻头旋转同时向待植柱焊盘上的焊球运动,待钻头下压钻入焊球内预定的深度S后,提起钻头,在单个焊球中形成深度为S、直径为d的定位孔;

[0012] 步骤4、阵列焊球中的定位孔的形成:

[0013] 以相同的尺寸参数和工艺参数重复上述步骤3的过程,在芯片载体基板和印刷电路板上阵列排布的每个焊球中获得相同深度和直径的定位孔;

[0014] 步骤5、阵列铜柱插装到两端基板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔中:

[0015] 将相同规格的铜柱的一端逐个插入到印刷电路板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔中,确保其完全嵌入到定位孔底部并使阵列铜柱的露出端共面;再将阵列铜柱的露出端与芯片载体基板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔一一对中、并施加适当压力使其完全嵌入到定位孔底部;

[0016] 步骤6、超声辅助回流焊实现阵列铜柱的双面植柱连接:

[0017] 将插装装配后的封装结构置于热风加热区,按照设计的回流焊温度曲线加热封装结构,待工艺温度超过焊球中钎料的固相线温度后,在印刷电路板的四个特定金属镀层区施加超声;待回流焊后期、焊球温度降至钎料的固相线温度以下后停止施加超声。

[0018] 在回流焊植柱过程中,焊球处于固液共存温度区期间,铜柱与焊球的空间位置关系不会改变;同时,超声振动由印刷电路板阻焊膜下的金属镀层传递至阵列排布的焊盘及其上处于固液共存状态的钎料中,其超声空化作用可加速铜柱表面的氧化膜的破坏及钎料的微观流动,使铜柱与钎料的界面通过原子的互扩散形成可靠连接。

[0019] 优选地,所述的阵列排布的焊盘为印刷电路板上阵列排布的焊盘和芯片载体基板上阵列排布的焊盘。

[0020] 优选地,所述的阵列排布的焊盘的材质为铜、金、银、镍、锡青铜、黄铜中的任意一种,或由铜、金、银、镍、锡青铜、黄铜搭配组合形成的多层金属膜焊盘。

[0021] 优选地,所述的阵列排布的焊盘的直径为D,  $0.9\text{mm} \leq D \leq 3\text{mm}$ , 所述阵列排布的焊盘的厚度为  $35\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 。

[0022] 优选地,步骤1所述的非共晶点钎料成分的焊锡膏中的钎料种类为SnPb系、SnCu系、SnAg系、SnAgCu系、SnBi系、SnZn系、SnSb系、SnIn系非共晶点成分的软钎料中的任意一种,且该非共晶点成分钎料对应的固相线与液相线温度差大于等于  $40^\circ\text{C}$ 。

[0023] 优选地,步骤2所述的回流焊植球工艺的峰值温度范围为焊锡膏钎料液相线以上  $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ , 高温停留时间为100秒。

[0024] 优选地,步骤2所述的植球工艺形成的焊球高度h大于等于焊盘直径D的  $7/10$ 。

[0025] 优选地,步骤3所述的钢质钻头的直径为d,获得的定位孔的直径也为d,

$\frac{1}{4}D \leq d \leq \frac{1}{3}D$ , D为印刷电路板和芯片载体基板上阵列排布的焊盘的直径。

[0026] 优选地,步骤3所述的定位孔的深度为S,  $\frac{3}{5}h \leq S \leq \frac{9}{10}h$ , h为焊球高度。

[0027] 优选地,步骤5所述的铜柱为依据标准制备的统一规格尺寸的无氧铜铜柱。

[0028] 优选地,步骤5所述的铜柱的直径为 $d_1$ , $\frac{1}{4}D \leq d_1 = d \leq \frac{1}{3}D$ ,D为焊盘直径,d为钢质钻头的直径。

[0029] 优选地,步骤5所述的铜柱的长度为 $l$ , $l = 6 \sim 12d_1$ , $d_1$ 为铜柱的直径。

[0030] 优选地,步骤6所述的设计的回流焊温度曲线的特征是,回流焊峰值温度范围为钎料的固相线以上 $5^\circ\text{C}$ ~钎料液相线以下 $15^\circ\text{C}$ ,峰值温度下的停留时间的范围为120~180秒。

[0031] 优选地,步骤6所述的施加超声的四个特定金属镀层区为预先设计的、位于印刷电路板上阵列排布的焊盘的周边0.5mm距离的、对应焊盘阵列四边边长的中心位置的、与邻近焊盘相连且厚度相同的铜镀层区。

[0032] 优选地,步骤6所述的施加的超声的功率范围为400~800W,超声频率范围为30~40KHz,超声压力为0.15~0.3MPa。

[0033] 本发明具有以下有益效果:

[0034] 第一,本发明阵列铜柱的两端的植柱连接一次性实现,与传统植柱方法下铜柱的两端需通过两次回流焊来实现连接不同,其不需要两侧基板焊盘上的钎料的熔点具有一定幅度的差异。印刷电路板和芯片载体基板焊盘上的钎料可采用相同种类和成分的钎料,二级封装不必采用更高熔点的钎料,相应的也不必经历更高峰值温度的回流焊。

[0035] 第二,本发明阵列铜柱的两端的植柱连接一次性实现,其植柱连接过程中不需借助带阵列孔的模具或金属钢网等辅助装置进行阵列铜柱的相对位置固定,故不存在植柱回流连接中热源热量传递受模具或钢网阻挡、焊接工艺难调试、进而影响植柱质量的问题。

[0036] 第三,本发明阵列铜柱的两端的植柱连接一次性实现,其植柱连接过程中不需借助带阵列孔的模具或金属钢网等辅助装置进行阵列铜柱的位置固定,故不存在植柱回流连接中模具或钢网阻碍焊锡膏中助焊剂气体的有效散发而造成的焊点气孔率增加的问题,本发明的铜柱植柱后的焊点气孔率可降至0%。

[0037] 第四,本发明阵列铜柱的两端的植柱连接一次性实现,其植柱连接过程中不需借助带阵列孔的模具或金属钢网等辅助装置进行阵列铜柱的相对位置固定,故不存在焊柱因辅助植柱装置的焊后拆卸而产生刮伤和弯曲、进而影响植柱质量的问题。

[0038] 第五,本发明阵列铜柱的两端的植柱连接一次性实现,其植柱连接过程中不需借助带阵列孔的模具或金属钢网等辅助装置进行阵列铜柱的相对位置固定,不存在每种阵列规格的器件定制一套高精度辅助模具装置而导致的制造成本大大增加的问题。适于多种规格器件的生产。

[0039] 第六,本发明通过程序控制钻头与焊盘及其上焊球的对中,植柱后焊柱的位置度好,植柱质量和焊点成型质量可因此显著提高。

[0040] 第七,本发明的植柱过程能够在保持铜柱与焊盘相互垂直的位置关系的同时,还能够借助回流焊期间的超声空化作用加速铜柱表面的氧化膜的破坏及钎料的微观流动,促进铜柱与焊球的界面通过原子的扩散形成可靠连接。与无超声辅助的、在钎料固液共存区一次回流双面植柱的方法相比,铜柱与钎料界面的气孔、裂纹发生率可降至0%,连接强度可提高15%以上,达到了在钎料液相线以上 $20^\circ\text{C}$ ~ $40^\circ\text{C}$ 的常规回流焊获得的连接强度水平。

[0041] 第八,本发明采用非共晶点成分的钎料,若钎料的液相线温度和固、液相线的温差

足够大,可在芯片载体基板上植球之后再行进行芯片固定到芯片载体基板上的连接,所植焊球在芯片固定连接期间不会完全熔化而脱落,芯片也可免受高熔点钎料植球时的高回流焊温度的冲击。

### 附图说明

[0042] 图1为超声辅助回流焊植柱后CuCGA器件的单个焊柱互连的结构示意图。图1中,1为印刷电路板;2为芯片载体基板;3为印刷电路板和芯片载体基板上的焊盘;4为钎料焊球;5为铜柱。

### 具体实施方式

[0043] 具体实施方式一:

[0044] 一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法,包括以下步骤:

[0045] 步骤1、在阵列排布的焊盘上印刷非共晶点钎料成分的焊锡膏:

[0046] 与传统BGA植球工艺相同,在印刷电路板和芯片载体基板的阵列排布的焊盘上借助成熟的模板印刷工艺印刷足够量的非共晶点钎料成分的焊锡膏;

[0047] 步骤2、通过回流焊实现印刷电路板和芯片载体基板上阵列排布的焊盘上的植球:

[0048] 印刷电路板和芯片载体基板上阵列排布的焊盘上的焊锡膏被加热熔化,焊锡膏中的助焊剂去除焊盘上的氧化膜,焊锡膏中的钎料在焊盘上润湿,并在表面张力的作用下形成阵列排布的焊球;

[0049] 步骤3、在单个焊球中形成定位孔:

[0050] 将直径为 $d$ 的钢质钻头装夹于微型高精度钻床的夹头中,通过程序控制待植柱焊盘所在的基板运动,使待植柱焊盘位于钻头正下方并与钻头的轴心对中,随后利用钻床带动钻头旋转的同时向待植柱焊盘上的焊球运动,待钻头下压钻入焊球内预定的深度 $S$ 后,提起钻头,在单个焊球中形成深度为 $S$ 、直径为 $d$ 的定位孔;

[0051] 步骤4、阵列焊球中的定位孔的形成:

[0052] 以相同的尺寸参数和工艺参数重复上述步骤3的过程,逐个钻削芯片载体基板和印刷电路板上阵列排布的焊盘上的焊球,并在每个焊球中获得相同深度和直径的定位孔;

[0053] 步骤5、阵列铜柱的两端插装到两端基板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔中:

[0054] 将相同规格的铜柱的一端逐个插入到印刷电路板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔中,确保其完全嵌入到定位孔底部并使阵列铜柱的露出端共面;再将阵列铜柱的露出端与芯片载体基板上阵列排布的焊盘上的焊球中的定位孔一一对中、并施加适当压力使其完全嵌入到定位孔底部;

[0055] 步骤6、超声辅助回流焊实现阵列铜柱的双面植柱连接:

[0056] 将插装装配后的封装结构置于热风加热区,在焊球钎料的固相线以上 $5^{\circ}\text{C}$ ~液相线以下 $15^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内设置回流焊的峰值温度并在该峰值温度下停留120秒~180秒进行回流焊接。在该回流焊植柱期间,焊球处于固液共存温度区间,铜柱与焊球的空间位置关系不会改变,确保了铜柱两端被垂直地连接于两侧芯片载体基板和印刷电路板的阵列焊盘上。同时,该回流焊过程中,当工艺温度超过钎料的固相线温度后,在印刷电路板的四个特

定金属镀层区施加超声。超声振动由印刷电路板阻焊膜下的金属镀层传递至阵列排布的焊盘及其上处于固液共存状态的钎料中,在超声空化作用下铜柱表面的氧化膜被破坏,钎料微观流动加剧,铜柱与钎料的界面通过原子扩散形成可靠连接。在回流焊后期,焊球温度降至钎料的固相线温度以下后,超声施加停止。

[0057] 本发明可用于实现高可靠性要求的面阵列封装器件及大芯片面阵列封装器件的阵列铜柱的植柱连接。

[0058] 具体实施方式二:

[0059] 本实施方式所述的阵列排布的焊盘的材质为铜、金、银、镍、锡青铜、黄铜中的任意一种,或由铜、金、银、镍、锡青铜、黄铜搭配组合形成的多层金属膜焊盘,也可以是其他锡基软钎料在其上可良好润湿的金属或合金中的一种。

[0060] 其他步骤和参数与具体实施方式一相同。

[0061] 具体实施方式三:

[0062] 本实施方式所述的阵列排布的焊盘的直径为 $D$ , $0.9\text{mm} \leq D \leq 3\text{mm}$ ,所述阵列排布的焊盘的厚度为 $35\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 。

[0063] 其他步骤和参数与具体实施方式一或二相同。

[0064] 具体实施方式四:

[0065] 本实施方式步骤1所述的非共晶点钎料成分的焊锡膏中的钎料种类为SnPb系、SnCu系、SnAg系、SnAgCu系、SnBi系、SnZn系、SnSb系、SnIn系非共晶点成分的软钎料中的任意一种,且该非共晶点成分钎料对应的固相线与液相线温度差大于等于 $40^\circ\text{C}$ ,也可以是其他固相线与液相线温度差大于等于 $40^\circ\text{C}$ 的非共晶点成分的锡基软钎料中的一种。

[0066] 其他步骤和参数与具体实施方式一至三之一相同。

[0067] 具体实施方式五:

[0068] 本实施方式步骤2所述的回流焊植球工艺的峰值温度的范围为焊锡膏钎料液相线以上 $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ ,峰值温度下的停留时间为100秒。

[0069] 其他步骤和参数与具体实施方式一至四之一相同。

[0070] 具体实施方式六:

[0071] 本实施方式步骤2所述的植球工艺形成的焊球高度 $h$ 大于等于焊盘直径 $D$ 的 $7/10$ 。

[0072] 其他步骤和参数与具体实施方式一至五之一相同。

[0073] 具体实施方式七:

[0074] 本实施方式步骤3所述的定位孔的深度为 $S$ , $\frac{3}{5}h \leq S \leq \frac{9}{10}h$ , $h$ 为焊球高度。

[0075] 其他步骤和参数与具体实施方式一至六之一相同。

[0076] 具体实施方式八:

[0077] 本实施方式步骤3所述的钢质钻头的直径为 $d$ ,获得的定位孔的直径也为 $d$ ,

$\frac{1}{4}D \leq d \leq \frac{1}{3}D$ , $D$ 为印刷电路板和芯片载体基板上阵列排布的焊盘的直径。

[0078] 其他步骤和参数与具体实施方式一至七之一相同。

[0079] 具体实施方式九:

[0080] 本实施方式步骤5所述的铜柱为依据标准制备的统一规格尺寸的无氧铜铜柱,且

直径 $d_1$ 与步骤3所述的钢质钻头的直径 $d$ 相同,且铜柱的长度 $l=6\sim 12d_1$ , $d_1$ 为铜柱直径。

[0081] 其他步骤和参数与具体实施方式一至八之一相同。

[0082] 具体实施方式十:

[0083] 本实施方式步骤6所述的回流焊峰值温度范围为钎料的固相线以上 $5^{\circ}\text{C}$ ~液相线以下 $15^{\circ}\text{C}$ ,峰值温度下的停留时间的范围为 $120\sim 180$ 秒。

[0084] 其他步骤和参数与具体实施方式一至九之一相同。

[0085] 具体实施方式十一:

[0086] 本实施方式步骤6所述的施加超声的四个特定金属镀层区为预先设计的、位于印刷电路板上阵列排布的焊盘的周边 $0.5\text{mm}$ 距离的、对应焊盘阵列四边边长的中心位置的、与邻近焊盘相连且厚度相同的铜镀层区。

[0087] 其他步骤和参数与具体实施方式一至十之一相同。

[0088] 具体实施方式十二:

[0089] 本实施方式步骤6所述的施加的超声的功率范围为 $400\sim 800\text{W}$ ,超声频率范围为 $30\sim 40\text{KHz}$ ,超声压力为 $0.15\sim 0.3\text{MPa}$ 。

[0090] 其他步骤和参数与具体实施方式一至十一之一相同。

[0091] 实施例

[0092] 实施例1:

[0093] 针对CuCGA器件的二级封装互连工艺,本发明所述一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法,包括以下步骤:

[0094] 步骤一、芯片载体基板和印刷电路板上的无氧铜焊盘尺寸相同,依据设计标准,制备符合焊盘直径 $D$ 的统一规格尺寸(铜柱直径为 $d_1$  ( $\frac{1}{4}D \leq d_1 \leq \frac{1}{3}D$ , $D$ 为焊盘直径),铜柱高度为 $l$ 、长径比为8;

[0095] 步骤二、在阵列排布的焊盘上印刷非共晶点钎料成分的焊锡膏:

[0096] 与传统BGA植球工艺相同,在印刷电路板和芯片载体基板的阵列排布的焊盘上借助模板印刷工艺印刷Sn22Bi焊锡膏,焊锡膏的印刷量应使回流焊后的焊球高度 $h$ 大于等于 $7/10$ 倍的焊盘直径 $D$ ;

[0097] 步骤三、通过回流焊实现阵列排布的焊盘上的植球:

[0098] 采用常规设备及设置常规回流工艺温度曲线进行焊锡膏在印刷电路板和芯片载体基板的阵列排布焊盘上的回流焊接,其中,回流工艺曲线的峰值温度为钎料液相线以上 $30^{\circ}\text{C}$ ,峰值温度停留时间为 $100$ 秒,焊锡膏在焊盘上润湿并形成阵列焊球,植球工艺完成;

[0099] 步骤四、在单个焊球中形成定位孔:

[0100] 将直径为 $d$  ( $\frac{1}{4}D \leq d_1 = d \leq \frac{1}{3}D$ , $D$ 为焊盘直径, $d_1$ 为铜柱直径)的钢质钻头装夹于微型高精度钻床的夹头中,通过程序控制待植柱焊盘所在的基板运动,使待植柱焊盘位于钻头正下方并与钻头的轴心对中,随后利用钻床带动钻头旋转同时向待植柱焊盘上的焊球运动,待钻头下压钻入焊球内预定的深度 $S = \frac{4}{5}h$  ( $h$ 为焊球高度)后,提起钻头,在单个焊球中形成深度为 $S$ 、直径为 $d$ 的定位孔;

[0101] 步骤五、阵列焊球中的定位孔的形成：

[0102] 以相同的尺寸参数和工艺参数重复上述步骤四的过程，逐个钻削芯片载体基板和印刷电路板上阵列排布的焊盘上的焊球，并保证获得的定位孔的深度和直径相同；

[0103] 步骤六、阵列铜柱的两端插入装配至两端芯片载体基板和印刷电路板上阵列排布的焊球的定位孔中：

[0104] 将相同尺寸的铜柱的一端逐个插入到印刷电路板上阵列排布的焊球中的定位孔中，并确保其完全嵌入到定位孔底部以使阵列铜柱的露出端共面；再将阵列铜柱的露出端与芯片载体基板上阵列排布的焊球中的定位孔对中、并施加适当压力使其完全嵌入到定位孔底部；

[0105] 步骤七、超声辅助回流焊实现阵列铜柱的双面植柱连接：

[0106] 将插装装配后的封装结构置于热风加热区，设置回流焊的峰值温度为Sn22Bi钎料焊球的固相线以上35℃，并在该峰值温度下停留150秒进行回流焊接。在该回流焊植柱期间，焊球处于固液共存温度区间，铜柱与焊球的空间位置关系不会改变，确保了铜柱两端被垂直地连接于两侧芯片载体基板和印刷电路板的阵列焊盘上。同时，该回流焊过程中，当工艺温度超过钎料的固相线温度后，在印刷电路板的四个特定金属镀层区施加超声。施加的超声的功率为500W，超声频率为30KHz，超声压力为0.2MPa。超声振动由印刷电路板阻焊膜下的金属镀层传递至阵列排布的焊盘及其上处于固液共存状态的钎料中，在超声空化作用下铜柱表面的氧化膜被破坏，钎料微观流动加剧，铜柱与钎料的界面通过原子扩散形成可靠连接。在回流焊后期，焊球温度降至钎料的固相线温度以下后，超声施加停止。焊球中钎料凝固结晶并冷却到常温后，植柱过程完成。

[0107] 本实施例中铜柱/钎料之间的连接界面峰值温度为173℃，较常规植柱连接方法的峰值加热温度(260℃)约降低90℃，连接过程中的热冲击程度大大降低，对微结构造成的组织劣化和力学损伤程度必然大大降低。同时，连接过程中超声的施加能够细化焊球中的钎料组织并促进界面原子扩散和界面连接层的形成、降低气孔的发生率，可获得良好的连接强度。

[0108] 实施例2：

[0109] 针对CuCGA器件的二级封装互连工艺，本发明所述一种用于CuCGA器件封装的超声辅助植柱方法，包括以下步骤：

[0110] 步骤一、芯片载体基板和印刷电路板上的无氧铜焊盘尺寸相同，依据设计标准，制备符合焊盘直径D的统一规格尺寸 of 无氧铜铜柱，铜柱直径为 $d_1$  ( $\frac{1}{4}D \leq d_1 \leq \frac{1}{3}D$ , D为焊盘直径)，铜柱高度为1、长径比为10；

[0111] 步骤二、在阵列排布的焊盘上印刷非共晶点钎料成分的焊锡膏：

[0112] 与传统BGA植球工艺相同，在印刷电路板和芯片载体基板的阵列排布的焊盘上借助模板印刷工艺印刷Sn2.0Cu焊锡膏，锡膏的印刷量应使回流焊后的焊球高度h大于等于7/10倍的焊盘直径D；

[0113] 步骤三、通过回流焊实现阵列排布的焊盘上的植球：

[0114] 采用常规设备及设置常规回流工艺温度曲线进行焊锡膏在印刷电路板和芯片载体基板的阵列排布焊盘上的回流焊接，其中，回流工艺曲线的峰值温度为Sn2.0Cu钎料液相

线以上25℃,峰值温度停留时间为100秒,焊锡膏在焊盘上润湿并形成阵列焊球,植球工艺完成;

[0115] 步骤四、在单个焊球中形成定位孔:

[0116] 将直径为 $d$  ( $\frac{1}{4}D \leq d_1 = d \leq \frac{1}{3}D$ ,  $D$ 为焊盘直径,  $d_1$ 为铜柱直径)的钢质钻头装夹于微型高精度钻床的夹头中,通过程序控制待植柱焊盘所在的基板运动,使待植柱焊盘位于钻头正下方并与钻头的轴心对中,随后利用钻床带动钻头旋转同时向待植柱焊盘上的焊球运动,待钻头下压钻入焊球内预定的深度 $S = \frac{7}{10}h$  ( $h$ 为焊球高度)后,提起钻头,在单个焊球中形成深度为 $S$ 、直径为 $d$ 的定位孔。

[0117] 步骤五、阵列焊球中的定位孔的形成:

[0118] 以相同的尺寸参数和工艺参数重复上述步骤四的过程,逐个钻削芯片载体基板和印刷电路板上阵列排布的焊盘上的焊球,并保证获得的定位孔的深度和直径相同;

[0119] 步骤六、阵列铜柱的两端插入装配至两端芯片载体基板和印刷电路板上阵列排布的焊球的定位孔中;

[0120] 将相同尺寸的铜柱的一端逐个插入到芯片载体基板上阵列排布的焊球中的定位孔中,并确保其完全嵌入到定位孔底部以使阵列铜柱的露出端共面;再将阵列铜柱的露出端与印刷电路板上阵列排布的焊球中的定位孔对中、并施加适当压力使其完全嵌入到定位孔底部;

[0121] 步骤七、超声辅助回流焊实现阵列铜柱的双面植柱连接:

[0122] 将插装装配后的封装结构置于热风加热区,设置回流焊的峰值温度为Sn2.0Cu钎料焊球的固相线以上30℃,并在该峰值温度下停留180秒进行回流焊接。在该回流焊植柱期间,焊球处于固液共存温度区间,铜柱与焊球的空间位置关系不会改变,确保了铜柱两端被垂直地连接于两侧芯片载体基板和印刷电路板的阵列焊盘上。同时,该回流焊过程中,当工艺温度超过钎料的固相线温度后,在印刷电路板的四个特定金属镀层区施加超声。施加的超声的功率范围为550W,超声频率范围为35KHz,超声压力为0.25MPa。超声振动由印刷电路板阻焊膜下的金属镀层传递至阵列排布的焊盘及其上处于固液共存状态的钎料中,在超声空化作用下铜柱表面的氧化膜被破坏,钎料微观流动加剧,铜柱与钎料的界面通过原子扩散形成可靠连接。在回流焊后期,焊球温度降至钎料的固相线温度以下后,超声施加停止。焊球中钎料凝固结晶并冷却到常温后,植柱过程完成。

[0123] 本实施例中铜柱两端均采用同一材质的Sn2.0Cu无铅钎料,与常用的SnAg系、SnAgCu系等无铅钎料相比钎料成本大大降低,铜柱/钎料之间的连接界面峰值温度为257℃,与常规植柱连接方法的峰值加热温度(260℃)极为接近,实现了无模具辅助定位的双面一次性植柱连接。连接过程中超声的施加能够细化焊球中的钎料组织并促进界面原子扩散和界面连接层的形成,并可降低气孔的发生率,可获得良好的连接强度。

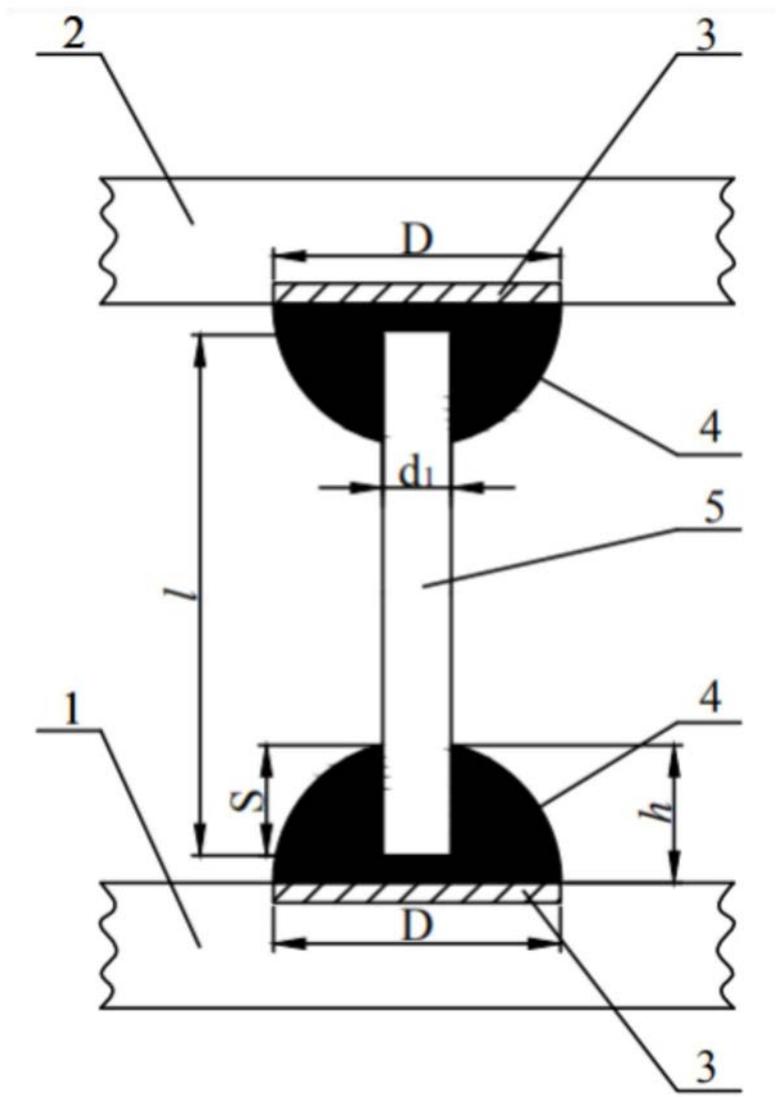


图1