



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112171055 B

(45) 授权公告日 2022.05.10

(21) 申请号 202010783718.8

B23K 26/21 (2014.01)

(22) 申请日 2020.08.06

B23K 26/082 (2014.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B23K 26/064 (2014.01)

申请公布号 CN 112171055 A

B23K 26/70 (2014.01)

(43) 申请公布日 2021.01.05

审查员 覃佩婷

(73) 专利权人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72) 发明人 贺斌 黄江波 赵卫

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

专利代理师 王少文

(51) Int. Cl.

C03B 23/203 (2006.01)

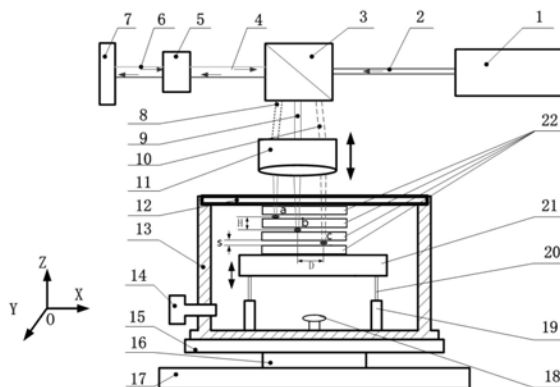
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种玻璃材料超快激光精密焊接系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及激光加工技术领域玻璃材料的焊接,具体涉及一种玻璃材料超快激光精密焊接系统及方法,解决了现有两层或多层玻璃板焊接过程中存在玻璃表面不能精密贴合导致的焊接质量问题,以及相邻两层玻璃间应力分布产生的焊接质量问题。本发明玻璃材料超快激光精密焊接系统包括装夹及预处理模块、光学模块、平面运动模块及竖直运动机构,其中光学模块包括超快激光器和由偏振分光棱镜、法拉第旋光器、反射式光束调制器以及远心微聚焦透镜组成的光束调制单元,通过光束调制单元对激光束进行精密调控,实现双层或多层玻璃板焊接强度及层间应力分布一体化控制。同时,本发明还提出了基于上述玻璃材料超快激光精密焊接系统的焊接方法。



1. 一种玻璃材料超快激光精密焊接系统,其特征在于:包括装夹及预处理模块、光学模块、平面运动模块及竖直运动机构;

所述装夹及预处理模块包括仓体(13)、设置在仓体(13)上表面的窗口玻璃(12)、设置在仓体(13)内的载物台(21)以及驱动装置;

所述载物台(21)设置在所述驱动装置上,通过驱动装置将载物台(21)上待焊接玻璃(22)沿竖直方向压在窗口玻璃(12)的下表面;

所述光学模块包括超快激光器(1)和光束调制单元;所述光束调制单元包括沿光路依次设置的偏振分光棱镜(3)、法拉第旋光器(5)、反射式光束调制器(7),以及远心微聚焦透镜(11);

所述超快激光器(1)发生的超快激光束(2)全部穿过偏振分光棱镜(3)后,通过法拉第旋光器(5)进行相位旋转,然后经过反射式光束调制器(7)相位调制后分为多束激光反射回来,反射的多束激光透过法拉第旋光器(5)后,全部经偏振分光棱镜(3)反射至远心微聚焦透镜(11),再经远心微聚焦透镜(11)分别聚焦至窗口玻璃(12)下方的待焊接玻璃(22)的结合面上;

所述平面运动模块用于驱动仓体(13)在XOY平面移动;

所述竖直运动机构用于驱动光学模块沿Z轴方向上下移动;

所述装夹及预处理模块还包括设置在仓体(13)内的加热温控组件(18),所述加热温控组件(18)用于加热待焊接玻璃(22)。

2. 根据权利要求1所述的一种玻璃材料超快激光精密焊接系统,其特征在于:所述仓体(13)为密封仓体,密封仓体上设置有真空泵(14)。

3. 根据权利要求2所述的一种玻璃材料超快激光精密焊接系统,其特征在于:所述驱动装置为设置在载物台(21)下方的升降气缸(19);

所述平面运动模块包括平台(17)、设置在平台(17)上的X轴运动机构(15)和Y轴运动机构(16)。

4. 一种玻璃材料超快激光精密焊接方法,基于权利要求1至3任一所述的一种玻璃材料超快激光精密焊接系统,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、将叠层好的待焊接玻璃放置在密封仓内的载物台上,然后打开加热温控组件将待焊接玻璃加热;

步骤2、驱动装置驱动载物台向上移动,直至将待焊接玻璃压在窗口玻璃的下表面,并满足压力要求;

步骤3、超快激光器出射超快激光束,通过光束调制单元设置多束激光的焦点分布和能量比例关系,将超快激光束分为多束激光,竖直运动机构带动光束调制单元沿Z轴方向上下移动,使多束激光分别聚焦至窗口玻璃下方的待焊接玻璃的结合面上;

所述待焊接玻璃为两层玻璃,光束调制单元将超快激光束分为三束激光;所述结合面上三束激光的焦点沿X轴方向的间距分布为2:3,三束激光的能量分布为1:2:2;

或者待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性相同,光束调制单元将超快激光束分为三束激光、两种焦点分布方式;三束激光的能量分布均衡,且三束激光的两种焦点分布方式为:

方式1),设置两束激光的焦点设置在上层结合面,一束激光的焦点设置在下层结合面;

方式2),设置两束激光的焦点设置在下层结合面,一束激光的焦点设置在上层结合面;

或者待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性不同,光束调制单元将超快激光束分为三束激光;三束激光的能量及焦点分布为:两束激光的能量较弱,焦点设置在可焊性较强的结合面,一束激光的能量较强,焦点设置在可焊性较弱的结合面;

步骤4、当待焊接玻璃为两层玻璃时,或者待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性不同时,平面运动模块驱动仓体沿预设的XOY平面扫描轨迹和扫描速度移动,直至完成待焊接玻璃的焊接;

当待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性相同时,平面运动模块驱动仓体沿预设的XOY平面扫描轨迹和扫描速度,按焦点分布方式1)扫描一次,然后光束调制单元,继续按焦点分布方式2)扫描一次,重复交替扫描,直至完成待焊接玻璃的焊接。

5. 根据权利要求4所述的一种玻璃材料超快激光精密焊接方法,其特征在于:步骤1中还包括对密封仓抽真空的步骤。

6. 根据权利要求4或5所述的一种玻璃材料超快激光精密焊接方法,其特征在于:步骤4中,所述扫描轨迹为同心曲线形式,或者平行线形式,且设置为由外侧向中心逼近的扫描路径。

一种玻璃材料超快激光精密焊接系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光加工技术领域玻璃材料的焊接,具体涉及一种玻璃材料超快激光精密焊接系统及方法,特别适用于玻璃基高性能电路板加工过程中两层或多层玻璃板材料的一次性高强度精密焊接。

背景技术

[0002] 随着智能手机、物联网、汽车电子、高性能计算、5G和人工智能等领域产品的兴起,特别是面向5G领域高频、高速以及多种器件集成的应用需求,对先进半导体封装技术提出了新的挑战。玻璃材料由于其具有高透明度,低损耗,高绝缘性,高化学稳定性等诸多优点,正在被越来越多的应用于微波、毫米波电路和天线的制作和封装中。目前国内外各大集成电路研究单位及企业均在不同程度上开展新一代高性能集成电路的研发,开展微波/毫米波集成电路研制,未来也将在太赫兹天线、多项反射面天线等方面投入大量研发,而这些研发无一例外的涉及玻璃基多层电路板的连接技术。

[0003] 然而,目前的两层/多层玻璃板的连接技术具有以下两个问题:(1) 预焊接的玻璃板之间必须贴合到纳米级的贴合间隙才能达到焊接的条件,这就要求焊接过程中玻璃表面实现大面积的精密贴合,这种要求在普通条件下难以完成。(2) 玻璃基电路板等器件是多层玻璃板焊接组成的,而焊接过程中如果每次只能实现相邻两层玻璃的焊接,焊接效率很低;特别是逐层焊接会导致已焊接层对微焊接层的应力分布和安装精度产生影响,这种影响将逐渐传递到后面各层造成焊接质量问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提出一种玻璃材料超快激光精密焊接系统及方法,以解决现有两层或多层玻璃板焊接过程中,存在玻璃表面大面积贴合间隙精度不足而导致的焊接质量问题,以及在焊接过程中每次只能实现相邻两层玻璃的焊接致使焊接效率低和层间已焊接层对微焊接层的应力分布和安装精度产生的焊接质量问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0006] 一种玻璃材料超快激光精密焊接系统,其特殊之处在于:包括装夹及预处理模块、光学模块、平面运动模块及竖直运动机构;

[0007] 所述装夹及预处理模块包括仓体13、设置在仓体13上表面的窗口玻璃12、设置在仓体13内的载物台21以及驱动装置;

[0008] 所述载物台21设置在所述驱动装置上,通过驱动装置将载物台21上待焊接玻璃22沿竖直方向压在窗口玻璃12的下表面;

[0009] 所述光学模块包括超快激光器1和光束调制单元;所述光束调制单元包括沿光路依次设置的偏振分光棱镜3、法拉第旋光器5、反射式光束调制器7,以及远心微聚焦透镜11;

[0010] 所述超快激光器1发生的超快激光束2全部穿过偏振分光棱镜3后,通过法拉第旋光器5进行相位旋转,然后经过反射式光束调制器7相位调制后分为多束激光反射回来,反

射的多束激光透过法拉第旋光器5后,全部经偏振分光棱镜3反射至远心微聚焦透镜11,再经远心微聚焦透镜11分别聚焦至窗口玻璃12下方的待焊接玻璃22的结合面上;

[0011] 所述平面运动模块用于驱动仓体13在XOY平面移动;

[0012] 所述竖直运动机构用于驱动光学模块沿Z轴方向上下移动。

[0013] 进一步地,所述仓体13为密封仓体,密封仓体上设置有真空泵14。在真空仓中焊接解决了待焊接玻璃板材料之间间隙过大而影响焊接质量的技术难题;同时真空焊接增强了腔体类封装零件在工作过程中抵抗高低温变化的能力。

[0014] 进一步地,所述驱动装置为设置在载物台21下方的升降气缸19,升降气缸19可以通过活塞杆20推动载物台21在竖直方向上下移动。所述平面运动模块包括平台17、设置在平台17上的X轴运动机构15和Y轴运动机构16。

[0015] 进一步地,所述装夹及预处理模块还包括设置在仓体13内的加热温控组件18,所述加热温控组件18用于加热待焊接玻璃22,可提高焊接质量,另外,加热及温控装置还可用于焊接后玻璃材料的热处理,提高焊接件的使用寿命。

[0016] 同时,本发明还提出一种玻璃材料超快激光精密焊接方法,其特殊之处在于,包括以下步骤:

[0017] 步骤1、将叠层好的待焊接玻璃放置在密封仓内的载物台上;

[0018] 步骤2、驱动装置驱动载物台向上移动,直至将待焊接玻璃压在窗口玻璃的下表面,并满足压力要求;

[0019] 步骤3、超快激光器出射超快激光束,通过光束调制单元设置多束激光的焦点分布和能量比例关系,将超快激光束分为多束激光,竖直运动机构带动光束调制单元沿Z轴方向上下移动,使多束激光分别聚焦至窗口玻璃下方的待焊接玻璃的结合面上;

[0020] 所述待焊接玻璃为两层玻璃,光束调制单元将超快激光束分为三束激光;所述结合面上三束激光的焦点沿X轴方向的间距分布为2:3,三束激光的能量分布为1:2:2;

[0021] 或者待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性相同,光束调制单元将超快激光束分为三束激光、两种焦点分布方式;三束激光的能量分布均衡,且三束激光的两种焦点分布方式为:方式1),设置两束激光的焦点设置在上层结合面,一束激光的焦点设置在下层结合面;方式2),设置两束激光的焦点设置在下层结合面,一束激光的焦点设置在上层结合面;

[0022] 或者待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性不同,光束调制单元将超快激光束分为三束激光;三束激光的能量及焦点分布为:两束激光的能量较弱,焦点设置在可焊性较强的结合面,一束激光的能量较强,焦点设置在可焊性较弱的结合面;

[0023] 步骤4、当待焊接玻璃为两层玻璃时,或者待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性不同时,平面运动模块驱动仓体沿预设的XOY平面扫描轨迹和扫描速度移动,直至完成待焊接玻璃的焊接;

[0024] 当待焊接玻璃为三层玻璃且相邻两玻璃材料的可焊性相同时,平面运动模块驱动仓体沿预设的XOY平面扫描轨迹和扫描速度,按焦点分布方式1)扫描一次,然后光束调制单元,继续按焦点分布方式2)扫描一次,重复交替扫描,直至完成待焊接玻璃的焊接。

[0025] 进一步地,为了提高焊接质量,步骤1中还包括对密封仓抽真空和/或加热的步骤。

[0026] 进一步地,为了使多层玻璃板内部应力分布均匀,步骤4中,所述扫描轨迹为同心

曲线形式,或者平行线形式,且设置为由外侧向中心逼近的扫描路径。

[0027] 本发明的有益效果是:

[0028] 1) 本发明玻璃材料超快激光精密焊接系统及方法,在真空环境下采用超快激光焊接玻璃板材料,同时采用预热增压的方法来增强焊接质量的工艺方法及装置,解决了待焊接玻璃板材料之间间隙过大而影响焊接质量的技术难题;同时真空焊接增强了腔体类封装零件在工作过程中抵抗高低温变化的能力;另外加热及温控装置还可用于焊接后玻璃材料的热处理,提高焊接件的使用寿命。

[0029] 2) 本发明提出双层/多层玻璃板焊接强度及层间应力分布一体化控制技术,通过光束调制单元对激光束进行精密调控,可在焊接不同层数及材料的玻璃板时及时调整焊缝数量、分布位置、以及每条焊缝能量大小,从而保证了焊缝的质量和焊缝之间的应力平衡,消除了由于应力分布不均而造成的焊接缺陷以及局部开裂等问题。

[0030] 3) 本发明可实现相同或不同材料多层玻璃的一次性直接焊接,且焊缝强度高,每层玻璃的焊缝强度均达到14.5MPa~30.2MPa;焊缝经过-55℃~120℃的高低温循环100次后,力学性能保持不变。

[0031] 4) 采用本发明玻璃材料超快激光精密焊接系统得到的三层玻璃焊接封装的带腔体零件密封性能良好,在氦气检漏测试中焊缝气密性可达到 $(2.8\sim 5)\times 10^{-9}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 。

附图说明

[0032] 图1为本发明玻璃材料超快激光精密焊接系统结构示意图;

[0033] 图2为本发明玻璃材料超快激光精密焊接系统中玻璃材料装夹及预处理模块结构示意图;其中,(a)为叠层好的多层待焊接玻璃放置在载物台上的初始位置;(b)为载物台通过升降气缸将多层待焊接玻璃沿竖直方向压在窗口玻璃的下表面位置;

[0034] 图3为本发明实施例1中两层玻璃激光三焦点平面分束焊接的焦点分布示意图;

[0035] 图4为本发明实施例2中三层玻璃激光空间分束焊接焦点分布示意图,其中,(a)为分束焊接焦点两上一下的分布形式;(b)为分束焊接焦点两下一上的分布形式;

[0036] 图5为本发明实施例2中三层相同玻璃材料激光分束焊接示意图;

[0037] 图6为本发明实施例3中三层不同玻璃材料激光分束焊接示意图;

[0038] 图7为本发明实施例4中三层玻璃电路板焊接样件,其中,(a)为电路板正面视图,(b)为电路板反面视图,(c)为电路板侧面视图。

[0039] 附图标记说明:

[0040] 1-超快激光器,2-超快激光束,3-偏振分光棱镜,4-第一光束,5-法拉第旋光器;6-第二光束,7-反射式光束调制器,8-第三光束,9-第四光束,10-第五光束,11-远心微聚焦透镜,12-窗口玻璃,13-仓体,14-真空泵,15-X轴运动机构,16-Y轴运动机构,17-平台,18-加热温控组件,19-升降气缸,20-活塞杆,21-载物台,22-待焊接玻璃,24-电路,25-焊缝。

具体实施方式

[0041] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0042] 本发明玻璃材料超快激光精密焊接系统基于超快激光和光束调制实现玻璃板材

料高强度精密焊接,焊接过程是在真空仓中完成,真空仓内设有针对玻璃材料的加热温控模块以及玻璃材料装夹及预处理模块,可以在抽真空后对玻璃实施预热及压紧处理;通过对超快激光束聚焦特征的精细调控,可以实现两层或多层、相同或不同玻璃材料的一次性高强度焊接,同时在焊接过程中可完成玻璃层内部应力状态的一体化控制,有效抑制了焊接区域微观缺陷的形成,最终可实现多层玻璃基电路板的高效高品质焊接。

[0043] 实施例1

[0044] 玻璃材料超快激光精密焊接系统包括光学模块、装夹及预处理模块以及机械运动模块。

[0045] 1) 光学模块

[0046] 如图1所示,该模块包括超快激光器1以及由偏振分光棱镜3、法拉第旋光器5、反射式光束调制器7以及远心微聚焦透镜11组成的光束调制单元。从超快激光器1发生的超快激光束2全部穿过偏振分光棱镜3后,经过法拉第旋光器5进行相位旋转,然后经过反射式光束调制器7进行相位调制后分为不同相位、不同能量的多束激光反射回来,透过法拉第旋光器5,然后全部经偏振分光棱镜3反射至远心微聚焦透镜11。其中,第三光束8、第四光束9及第五光束10是由超快激光束2经反射式光束调制器7调制后分解出来的多束激光,可根据实际需要设置多束激光的数量,考虑超快激光器1的功率输出,本发明实施例中均分为3束激光束。最后,第三光束8、第四光束9及第五光束10通过远心微聚焦透镜11聚焦到所需要焊接的玻璃样件中,图1中,a,b,c三个点为分束后的第三光束8、第四光束9及第五光束10的聚焦光斑,H是不同聚焦点在Z方向上的距离,D是不同焦点在X方向上的距离,均由反射式光束调制器7精确的相位调制获得。在激光束传输过程中,超快激光束2是由超快激光器1发出的单向传输的激光,第一光束4和第二光束6既包含由超快激光器1发出的单向传输的激光,也包含由反射式光束调制器7调制反射后的多束激光。

[0047] 在整个光学模块中由超快激光器1发生出来的超快激光束2可通过整体光学系统的配合灵活地实现调配,为精细焊接做好了前期的技术准备。

[0048] 2) 装夹及预处理模块

[0049] 如图1所示,玻璃材料装夹及预处理模块包括窗口玻璃12、仓体13、真空泵14、加热温控组件18、对称的升降气缸19、对称的活塞杆20以及载物台21。其中,仓体13为密封的真空仓,载物台21在升降气缸19和活塞杆20的作用下可以在Z方向做往返运动,焊接前载物台21向上移动将多层待焊接玻璃22按压在窗口玻璃12上保持玻璃之间较小的间隙值s。为了保证较小的s值,在载物台21向上运动按压前,通过真空泵14将真空仓抽到必要的真空度,同时根据待焊接玻璃材料的不同,使用加热温控组件18(如:加热灯)可以将多层待焊接玻璃22加热到合适的温度。其中,气缸的压力、真空度以及加热的温度均与待焊接玻璃材料的属性相关,如玻璃材料的表面粗糙度、不同玻璃材料的可焊性等,具体设置参数依据实际情况确定。

[0050] 3) 机械运动装置

[0051] 如图1所示,机械运动装置分为平面运动模块和竖直运动模块,平面运动模块包括平台17、拖着真空仓在XOY平面内移动的X轴运动机构15和Y轴运动机构16,竖直运动模块包括载着光学模块在Z方向往返运动的竖直运动机构。

[0052] 本发明主要以两层玻璃板的焊接和三层玻璃板的焊接为例对技术方案做进一步

说明。本实施例中,两层玻璃板材料超快激光精密焊接的主要步骤及方法如下:

[0053] 1) 预焊接玻璃材料的安装处理

[0054] 如图2所示,打开真空仓,将清洗叠层好的多层待焊接玻璃22(两层玻璃板)放置在载物台21上,打开真空泵14开始抽真空,真空度达到 $10^4\text{Pa}\sim 10^2\text{Pa}$ 之内;然后开始打开加热温控组件18将多层待焊接玻璃22加热至 $140^\circ\text{C}\sim 300^\circ\text{C}$ 开始保温;然后再由升降气缸19通过活塞杆20将托在载物台21上的多层待焊接玻璃22顶至窗口玻璃12上,升降气缸19的压力为 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 。

[0055] 2) 两层玻璃板的焊接

[0056] 焊接两层玻璃板时,通过反射式光束调制器7将超快激光束2进行分束,从而可以选择双焦点或三焦点平面焊接。

[0057] 图3为两层玻璃三焦点平面分束焊接的焦点分布示意图,第三光束8、第四光束9及第五光束10聚焦在两层玻璃板22的界面处,a、b和c为三束激光的聚焦点,三束激光的能量比例关系以及焦点a、b和c之间的距离D1和D2可以根据实际需求通过反射式光束调制器7精细调整。实际需求包括焊接强度、密封性以及透光性要求。如:焊接强度要求越高,密封性越好,需要的激光束能量越高、焦点之间的距离越小,而由于应力分布的干涉,玻璃材料的透光性会越差,因此,需要综合考虑激光束的能量和距离分布。在普通玻璃焊接封装条件下,能量分布比例关系为 $M8:M9:M10=1:2:2$,距离比为 $D1:D2=2:3$ 。

[0058] 设置X轴运动机构15和Y轴运动机构16的运动轨迹,形成扫描轨迹,三束激光按设定的扫描轨迹扫描,完成两层玻璃的焊接。

[0059] 扫描轨迹根据实际情况设定,为了确保玻璃板内部应力分布均匀,扫描轨迹可以设置为同心圆或同心矩形的形式,也可以设置为平行线形式,采用由外侧向中心逼近的扫描方式。

[0060] 实施例2

[0061] 本实施例中采用与实施例1相同的玻璃材料超快激光精密焊接系统,进行三层玻璃板的一次性焊接。

[0062] 本实施例三层玻璃板的焊接与实施例1的区别之处在于分束焊接的焦点分布不同。

[0063] 如图4所示,为三层玻璃激光空间分束焊接焦点分布示意图,激光束分解成第三光束8、第四光束9及第五光束10后聚焦在多层待焊接玻璃22的两个结合面处。在图4(a)中焦点a和c在多层待焊接玻璃22的上层结合面处,而焦点b在下层结合面处;图4(b)中焦点位置互换。

[0064] 多层待焊接玻璃22为三层相同材料的玻璃板,光束调制单元分解的第三光束8、第四光束9及第五光束10三束激光基本采用相同的能量,为了确保三层玻璃内部应力分布均匀,最好确保图4(a)所示及图4(b)所示的激光束各扫描一次,则共计6条焊缝,如图5所示。若需要6道焊缝以上的焊接则重复以上步骤即可。

[0065] 实施例3

[0066] 与实施例2不同的是本实施例的多层待焊接玻璃22为三层不同材料的玻璃板。

[0067] 如图6所示,玻璃A与玻璃B可焊性能较好,玻璃B和玻璃C可焊性能较弱,则一直选用图6所示的焦点分布方式扫描,即玻璃A与玻璃B界面处用双焦点a和c,玻璃B和玻璃C界面

处用单焦点b。另外需要按照材料属性调整第三光束8、第四光束9及第五光束10三束激光的能量比例关系,焦点b的能量相对焦点a和c的能量较强一些。

[0068] 实施例4

[0069] 本实施例是对一种镀金三层玻璃电路板进行焊接。

[0070] 焊接条件:

[0071] 三层玻璃焊接,第三次层玻璃的底部整个平面镀金,所以可认为两层玻璃为同种材料,第三层玻璃为异种材料。

[0072] 焊接步骤:

[0073] (1) 如图1所示,打开真空仓,将预制有电路的三层玻璃片(待焊接玻璃22)按定位要求堆叠后装夹到载物台21上,关闭真空仓,打开真空泵14开始抽真空,真空度保持到 $10^3\text{Pa}\sim 10^2\text{Pa}$ 。

[0074] (2) 通过加热温控组件18将三层玻璃片加热到 $150^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$,保温1-5分钟。

[0075] (3) 如图2所示,通过活塞杆20向上移动载物台21,将三层电路板定压在窗口玻璃12上,压力为 $0.1\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 。

[0076] (4) 如图4所示,将激光束分为第三光束8、第四光束9及第五光束10三束激光;3个焦点的分布采用图4(b)所示的分布方式,焦点横向间距 $D1=D2=0.05\text{mm}$,3个焦点竖直方向间距H保持一致,并与玻璃板的厚度相同,均为 0.2mm 。

[0077] (5) 焦点能量分布 $M_a:M_b:M_c=2:3:2$,扫描速度V为 $(10\sim 50)\text{mm/s}$ 。

[0078] (6) 调试完毕后激光束按设定的焊接轨迹运动,三焦点光束沿着电路24外围扫描一个由三个同心矩形形成的焊缝25,一次性完成三层玻璃的焊接。

[0079] (7) 焊接完成后半小时内温度均匀的从 $150^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ 降低到室温,然后打开真空仓门,取出焊接样件,完成镀金三层玻璃电路板的焊接。

[0080] 焊接后的效果如图7所示,其中,(a)为电路板正面视图;(b)为反面视图,焊缝为三个接近同心的矩形,焊缝间距离的偏差主要由玻璃平面之间的间隙不同引起的;(c)为电路板侧面视图。图7所示的电路板为玻璃基的高性能电路板,电路板的封装材料采用玻璃而非传统的单晶硅或陶瓷材料,由于玻璃材料优异的介电性质,导致其封装的电路电学性比传统的硅基和陶瓷基电路性能提高了将近40%。采用本发明玻璃材料超快激光精密焊接系统及焊接方法,三层玻璃连接为一次焊接完成,电路板内部应力较小且分布均匀,可有效地提升电路板的力学性能和使用寿命。

[0081] 此外,采用本发明得到的三层玻璃焊接封装的带腔体零件密封性能良好,在氦气检漏测试中焊缝气密性可达到 $(2.8\sim 5)\times 10^{-9}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 。对相同或不同材料多层玻璃进行一次性直接焊接,其焊缝强度高,每层玻璃的焊缝强度均达到 $14.5\text{MPa}\sim 30.2\text{MPa}$;焊缝经过 $-55^\circ\text{C}\sim 120^\circ\text{C}$ 的高低温循环100次后,力学性能保持不变。

[0082] 以上仅是对本发明的优选实施方式进行的描述,本发明的技术方案并不限制于此,本领域技术人员在本发明主要技术构思的基础上所作的任何公知变形都属于本发明所要保护的技术范畴。

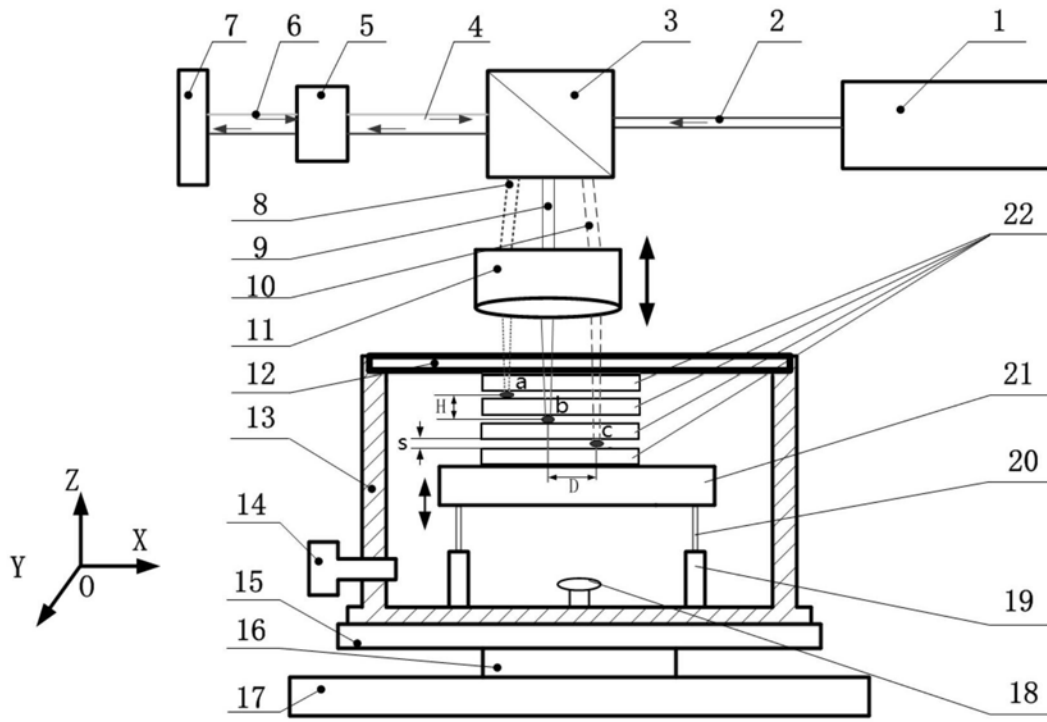


图1

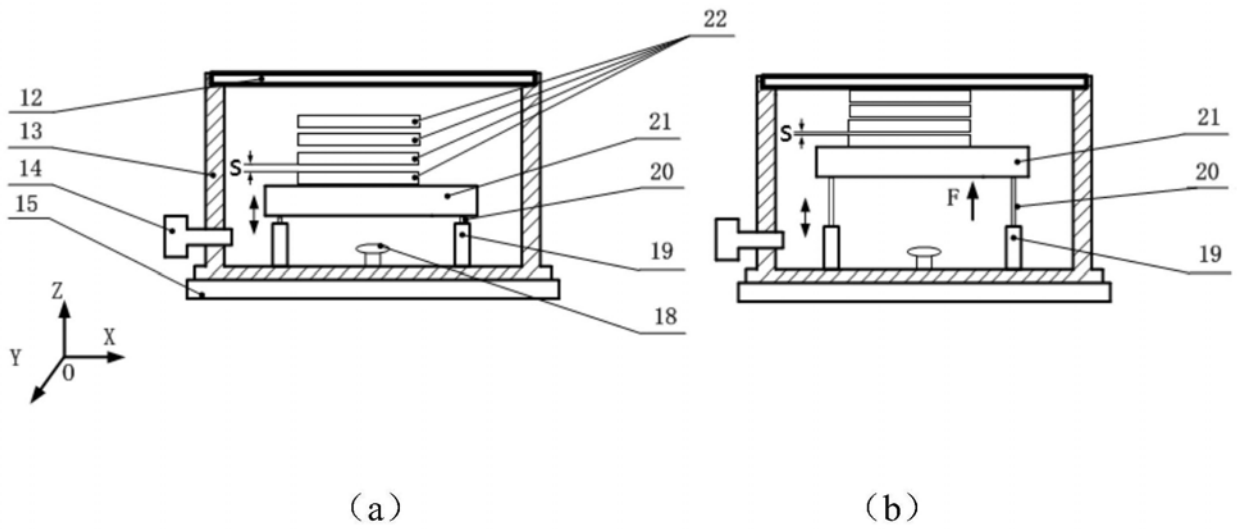


图2

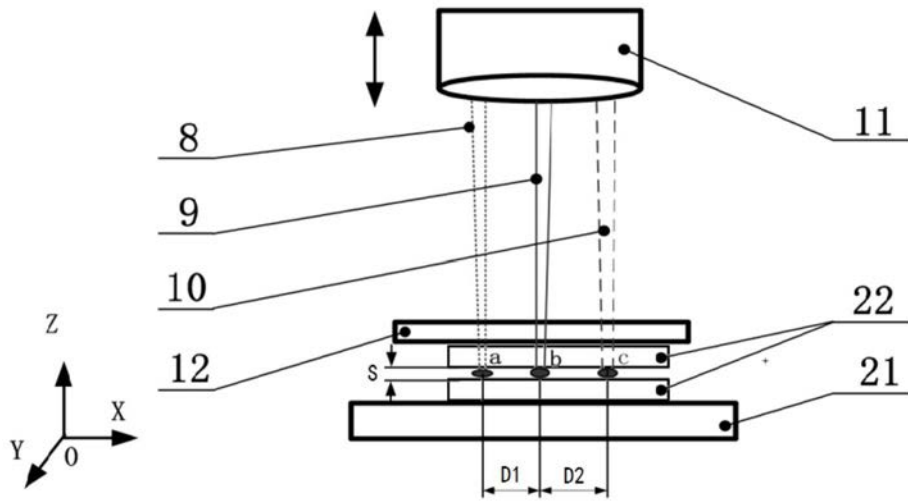


图3

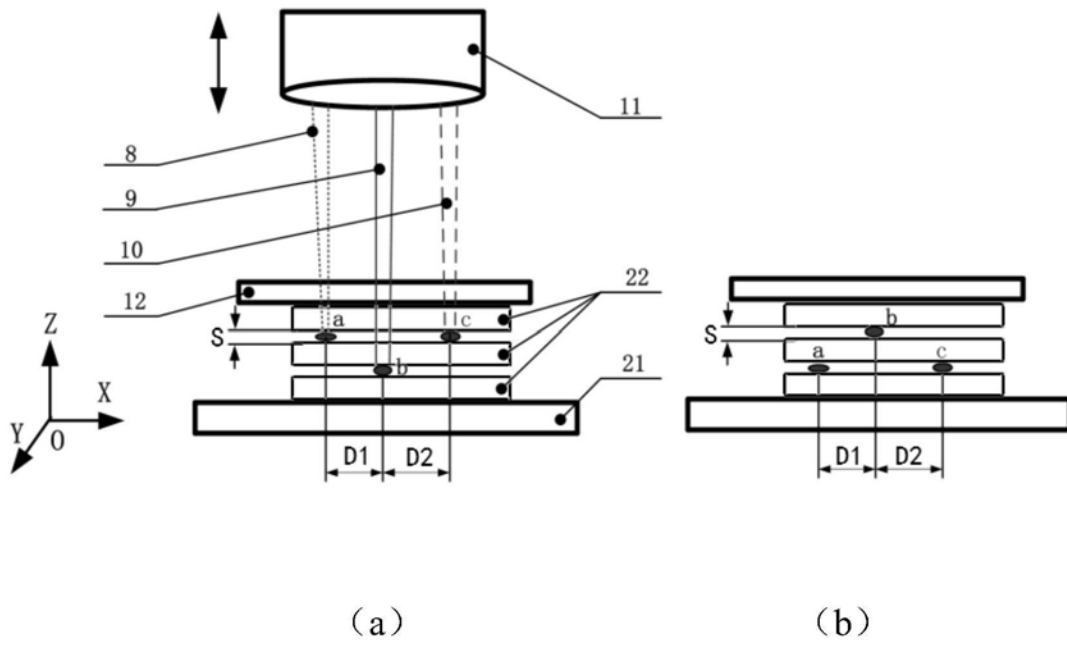


图4

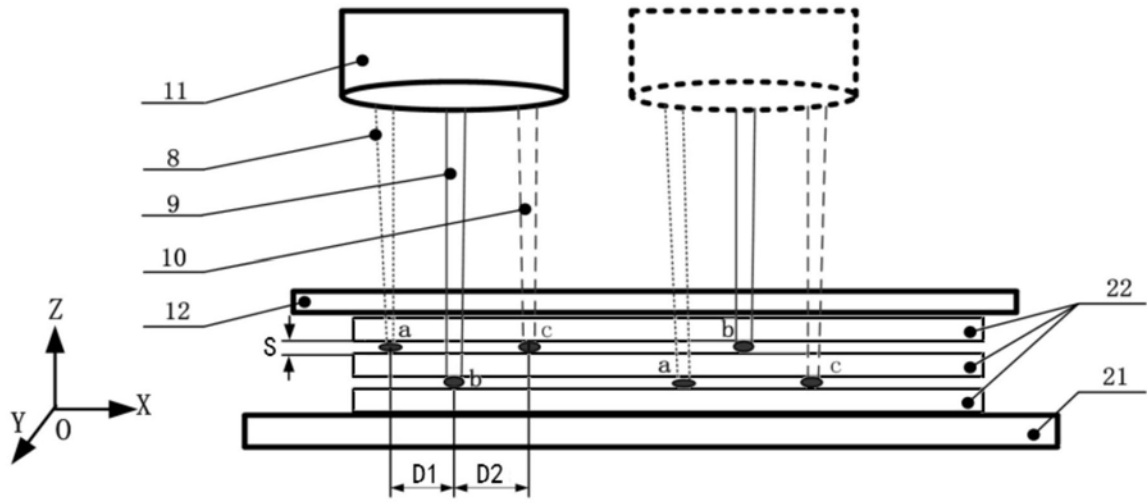


图5

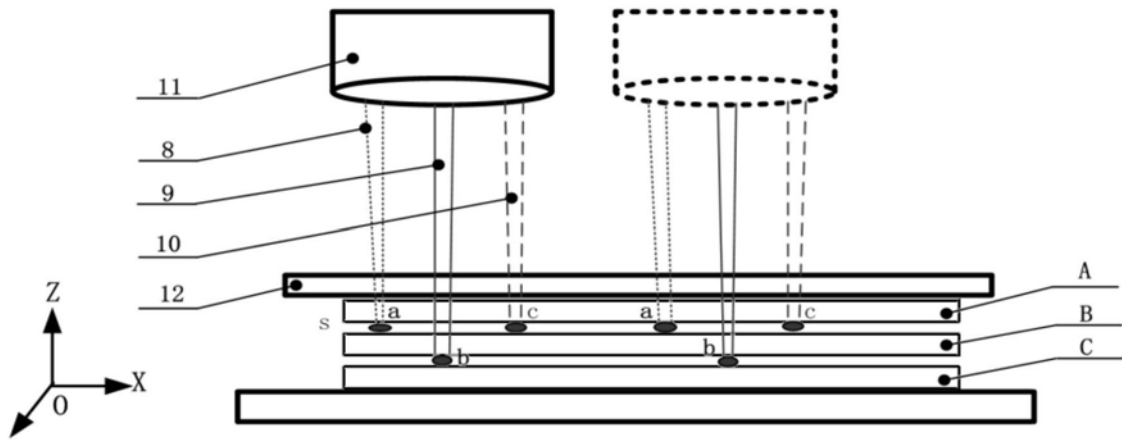
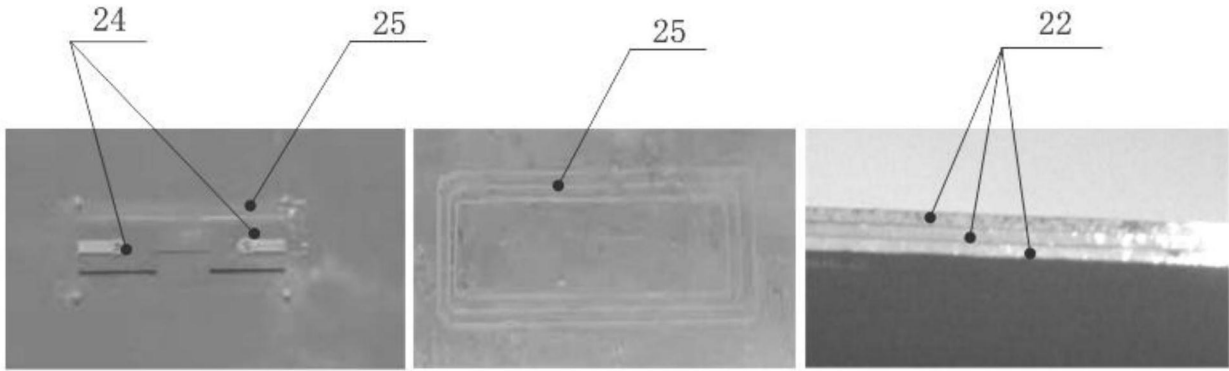


图6



(a)

(b)

(c)

图7