



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118265590 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 28

(21) 申请号 202280076453.5
(22) 申请日 2022.07.22
(30) 优先权数据
2021-193486 2021.11.29 JP
(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.05.16
(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/028424 2022.07.22
(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/095383 JA 2023.06.01
(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社
地址 日本
(72) 发明人 多谷本真聪 北村嘉朗 森正裕
(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021
专利代理师 王亚爱
(51) Int.Cl.
B23K 26/323 (2006.01)
B23K 26/067 (2006.01)
B23K 26/21 (2006.01)

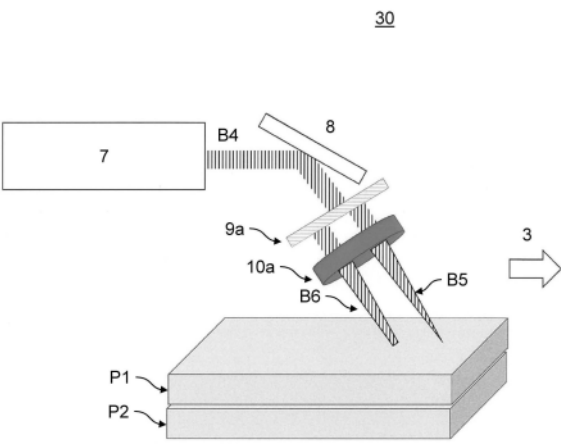
权利要求书2页 说明书10页 附图11页

(54) 发明名称

接合体、激光加工方法以及激光加工装置

(57) 摘要

激光加工方法是将包括第一金属的第一构件和包括与第一金属不同的金属的第二金属的第二构件接合的激光加工方法,包括如下步骤:第一步骤,通过扫描第一激光,形成使第一金属和第二金属熔融而成的接合部;以及第二步骤,在第一激光的扫描方向的后方,扫描光束直径比第一激光大、功率密度低的第二激光,从而对接合部的附近的金属组织进行搅拌。



1. 一种接合体,具备:
第一被加工材料,由第一金属构成;
第二被加工材料,由与所述第一金属不同的第二金属构成;以及
接合部,将所述第一被加工材料与所述第二被加工材料接合,
所述接合部包括位于所述第一被加工材料一侧的第一接合部和位于所述第二被加工材料一侧的第二接合部,
所述第一接合部所包括的金属的浓度与所述第二接合部所包括的金属的浓度不同。
2. 根据权利要求1所述的接合体,其中,
在针对与所述第一被加工材料和所述第二被加工材料的重叠的方向垂直的方向的剖视图中,所述第一接合部具有比所述第二接合部厚的厚度。
3. 根据权利要求1或者2所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料以及所述第二被加工材料分别由铁、铜、铝中的任一种构成。
4. 根据权利要求3所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料由铁构成,
所述第二被加工材料由铜构成,
所述第一接合部中的铜的浓度为15原子%以下。
5. 根据权利要求3所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料由铜构成,
所述第二被加工材料由铁构成,
所述第一接合部中的铁的浓度为20原子%以下。
6. 根据权利要求3所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料由铁构成,
所述第二被加工材料由铝构成,
所述第一接合部中的铝的浓度为65原子%以下。
7. 根据权利要求3所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料由铝构成,
所述第二被加工材料由铁构成,
所述第一接合部中的铁的浓度为24原子%以下。
8. 根据权利要求3所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料由铜构成,
所述第二被加工材料由铁构成,
所述第一接合部中的铁的浓度为15原子%以下。
9. 根据权利要求3所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料由铁构成,
所述第二被加工材料由铝构成,
所述第一接合部中的铝的浓度为65原子%以下。
10. 根据权利要求3所述的接合体,其中,
所述第一被加工材料由铜构成,
所述第二被加工材料由铝构成,

所述第一接合部中的铁的浓度为20原子%以下。

11. 根据权利要求3所述的接合体, 其中,

所述第一被加工材料由铝构成,

所述第二被加工材料由铜构成,

所述第一接合部中的铜的浓度为30原子%以下。

12. 一种激光加工方法, 将包括第一金属的第一构件和包括作为与所述第一金属不同的金属的第二金属的第二构件接合, 所述激光加工方法包括如下步骤:

第一步骤, 通过扫描第一激光, 形成使所述第一金属和所述第二金属熔融而成的接合部; 以及

第二步骤, 在所述第一激光的扫描方向的后方, 扫描与所述第一激光相比光束直径大、功率密度低的第二激光, 从而对所述接合部的附近的金属组织进行搅拌。

13. 根据权利要求12所述的激光加工方法, 其中,

所述第二激光的光束直径为所述第一激光的光束直径的2倍以上且3倍以下。

14. 根据权利要求12或者13所述的激光加工方法, 其中,

所述第一激光和所述第二激光在扫描方向上从单一的激光分支为多个,

分支为所述多个中的相邻的激光的光束间距离为所述相邻的激光中的扫描方向的前方的激光的光束直径的2倍以上且所述相邻的激光中的扫描方向的后方的激光的光束直径的2倍以下。

15. 根据权利要求14所述的激光加工方法, 其中,

所述第二激光通过光学系统将来自输出源的光束分支为多个。

16. 根据权利要求14所述的激光加工方法, 其中,

所述第二激光通过衍射光栅将来自输出源的光束分支为多个。

17. 根据权利要求12~16中的任一项所述的激光加工方法, 其中,

所述第二激光具有266nm~11 μ m的波长。

18. 一种激光加工装置, 具备:

照射光学系统, 对被加工材料照射沿着扫描方向前方的第一激光和后方的第二激光; 以及

扫描系统, 对所述被加工材料照射所述第一激光和所述第二激光, 并沿着扫描方向进行扫描。

19. 根据权利要求18所述的激光加工装置, 其中,

所述照射光学系统具备:

激光振荡器, 射出单一的激光; 以及

分支光学系统, 使从所述激光振荡器射出的单一的激光分支为第一激光和第二激光, 并沿着扫描方向照射到被加工材料。

接合体、激光加工方法以及激光加工装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通过异种金属条的重叠的激光焊接而制成的接合体以及其激光加工方法以及激光加工装置。

背景技术

[0002] 近年来,在产业界中异种金属材料的重叠焊接的需求增加。作为主要的例子,从接合物的构件轻量化、材料的导电、导热性等观点出发,可以举出铁与铝的接合、铁与铜的接合、铜与铝的接合等。但是,这些构件的焊接存在以下那样的异种金属焊接方法特有的课题,一般难以焊接。

[0003] 作为以往的异种金属材料的接合例,例如有在电池的罐与极耳的焊接的例子中对铁和铜进行激光焊接的接合例(例如,参照专利文献1)。图12是表示专利文献1所记载的以往的异种金属材料.的接合、熔深形状的截面构造的概略剖视图。在图12中,示出了作为铁材的罐26和作为铜的负极极耳27。此外,在图12中示出了将罐和负极极耳进行激光焊接时熔深从铁侧到达铜侧的熔融部28。进而,在图12中示出了在形成熔融部28后进而通过再次仅对罐的表面部分进行激光照射从而调整存在于表面的镀Ni的浓度时形成的再次熔融部分29。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:JP特愿2019-539062号公报

发明内容

[0007] 在照射激光而进行异种金属材料的焊接时,例如,在如上述所示的铁与铜的组合中,从铁或者铜侧照射激光而使其熔融、接合。在该情况下,由于铁与铜的熔点、导热率等材料特性的不同,存在接合部附近产生由焊接部的铜的偏析引起的凝固破裂的问题。

[0008] 本发明用于解决上述以往的课题,其目的在于提供一种在异种金属材料彼此的焊接中抑制焊接不良的接合方法。

[0009] 本公开所涉及的接合体具备:第一被加工材料,由第一金属构成;第二被加工材料,由与第一金属不同的第二金属构成;以及接合部,将第一被加工材料与第二被加工材料接合。接合部包括位于第一被加工材料一侧的第一接合部和位于第二被加工材料一侧的第二接合部,第一接合部所包括的金属的浓度与第二接合部所包括的金属的浓度不同。

[0010] 本公开所涉及的激光加工方法将包括第一金属的第一构件和包括与第一金属不同的金属的第二金属的第二构件接合,所述激光加工方法包括如下步骤:第一步骤,通过扫描第一激光,形成使第一金属和第二金属熔融而成的接合部;以及第二步骤,在第一激光的扫描方向的后方,扫描与第一激光相比光束直径大、功率密度低的第二激光,从而对接合部的附近的金属组织进行搅拌。

[0011] 本公开所涉及的激光加工装置具备:照射光学系统,对被加工材料照射沿着扫描

方向前方的第一激光和后方的第二激光;以及扫描系统,对被加工材料照射第一激光和第二激光,并沿着扫描方向进行扫描。

[0012] 如上所述,根据本公开所涉及的接合体、激光加工方法以及激光加工装置,在异种金属材料的激光焊接后得到的接合体中,能够控制接合部附近的组成。由此,能够避免以接合部的熔融部内的异种金属材料的偏析为原因的凝固破裂、或者可能成为使接合体的接合强度降低的原因的金属间化合物的形成,实现良好的异种金属材料的接合。

附图说明

[0013] 图1是表示实施方式1所涉及的激光加工装置中的激光振荡器以及作为分支光学系统使用了二维衍射光学元件的光学系统的结构的概略立体图。

[0014] 图2是表示实施方式1的变形例1所涉及的激光加工装置中的激光振荡器以及使用了分支光学系统的结构的概略立体图。

[0015] 图3是表示实施方式1的变形例2所涉及的激光加工装置中的激光振荡器以及作为分支光学系统使用了三维衍射光学元件的光学系统的结构的概略立体图。

[0016] 图4是按照(a)、(b)、(c)的顺序以时间序列表示在实施方式1所涉及的激光加工方法中依次扫描第一激光和第二激光时的熔融部的截面的状态的示意剖视图。

[0017] 图5是表示在实施方式1所涉及的激光加工方法中,是表示向被加工材料照射的第一激光以及第二激光的激光直径以及光束间距离的俯视图。

[0018] 图6是在实施方式1所涉及的激光加工方法中的Fe与Cu的重叠构件的激光焊接的仿真中,分为激光扫描束数将激光扫描后的截面的Cu元素的比例在(a)~(c)中示出的示意图。

[0019] 图7是以时间序列表示实施方式1所涉及的激光加工方法中的被加工材料P1、P2的接合界面附近的异种金属的混合、搅拌的情形的示意图。

[0020] 图8是表示实施方式中的、通过多分支的激光进行多次扫描的情况下的截面构造的示意剖视图。

[0021] 图9是Fe和Cu的平衡状态图。

[0022] 图10是Fe和Al的平衡状态图。

[0023] 图11是Al和Cu的平衡状态图。

[0024] 图12是表示基于以往的异种金属焊接的重叠激光焊接的熔融部的截面构造的概略剖视图。

具体实施方式

[0025] (达到本公开的过程)

[0026] 首先,考察了异种金属材料接合时的凝固破裂的产生要因。凝固破裂的产生要因根据平衡状态图可以如下那样以元素的组成比进行说明。

[0027] (1) 铁与铜的异种金属接合的接合部的组成与图10所示的Fe-Cu的平衡状态图中的区域23相比,铜的浓度为15原子%以内时,形成良好的固溶体。但是,在铜相对于铁的浓度为15原子%以上的区域中,产生溶解度间隙,容易进行二相分离。此外,具有这样的2种以上的混合组成的固溶体的相随着温度的降低而变得不稳定,在混合组成中产生波动,产生

二相分离进行的旋节分解这样的现象。报告了如下内容:在完全凝固时,成为铜在熔融部内偏析的形式,因铁与铜的机械特性差而引起凝固破裂。

[0028] (2)关于铁与铝的异种金属接合,根据图10所示的平衡状态图的区域24报告:在铁和铝中,在铝相对于铁的浓度为65原子%以上且75原子%以下的区域,富含铝的金属间化合物 Fe_2Al_5 、 FeAl_2 、 FeAl_3 形成于接合部的界面附近,接合强度降低。此外,在铝与铜的异种金属接合中,根据图11所示的平衡状态图的区域25报告:若相对于Cu的Al为30原子%以上且80原子%以下的浓度,则在接合部的界面附近形成 CuAl 以及 CuAl_2 ,接合强度降低、成为裂缝产生的起点。

[0029] 根据各自的平衡状态图可知,这些均为通过激光照射而使构件的熔融、焊接时的异种金属成为特定的范围的混合比例而产生的焊接时的不良现象。即,异种金属材料彼此的焊接作为特有的课题,存在以下课题:产生凝固破裂不良、由金属间化合物形成引起的强度降低、成为裂缝产生的起点这样的现象。

[0030] 因而,发明者们着眼于在异种金属材料的激光焊接中,在激光照射侧的金属的接合部附近多发上述不良现象。而且,为了消除上述的不良现象而反复进行了研究,结果发现,在向异种金属材料的重叠构件分支激光进行扫描/焊接时,接合部附近的异种金属的混合区域扩大,各金属的浓度整体下降,从而完成了本申请发明。

[0031] 本申请发明涉及以使用了将铁、铜、铝的任一种材质的两个板状构件进行组合的异种金属材料的构件而重叠的激光焊接。本申请发明所涉及的激光焊接的特征在于,使用扫描方向的前方的第一激光和配置于扫描方向的后方的第二激光,接着前方的第一激光的照射以及扫描,进行配置于后方的第二激光的照射以及扫描,进行重叠构件的接合。由此,通过第二激光的照射对通过第一激光的照射而形成的接合部附近的金属组织进行搅拌,使在构件的接合时混合的异种金属材料的浓度降低,由此能够制成防止凝固破裂、金属间化合物形成的接合体。

[0032] 以下示出本公开的方式。

[0033] 第一方式所涉及的接合体是通过接合部将由第一金属构成的第一被加工材料和由与所述第一金属不同的第二金属构成的第二被加工材料接合而成的接合体,接合部包括位于第一被加工材料一侧的第一接合部和位于第二被加工材料一侧的第二接合部,第一接合部和第二接合部中包含的金属的浓度不同。

[0034] 第二方式所涉及的接合体也可以是,在上述第一方式中,在与第一被加工材料和第二被加工材料的重叠的方向垂直的方向的剖视图中,第一接合部具有比第二接合部厚的厚度。

[0035] 第三方式所涉及的接合体也可以是,在上述第一或者第二方式中,第一被加工材料以及第二被加工材料由铁、铜、铝中的任一种构成。

[0036] 第四方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铁构成、第二被加工材料由铜构成时,第一接合部中的铜的浓度为15原子%以下。

[0037] 第五方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铜构成、第二被加工材料由铁构成时,第一接合部中的铁的浓度为20原子%以下。

[0038] 第六方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铁构成、第二被加工材料由铝构成时,第一接合部中的铝的浓度为65原子%以下。

[0039] 第七方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铝构成、第二被加工材料由铁构成时,第一接合部中的铁的浓度为24原子%以下。

[0040] 第八方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铜构成、第二被加工材料由铁构成时,第一接合部中的铁的浓度为15原子%以下。

[0041] 第九方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铁构成、第二被加工材料由铝构成时,第一接合部中的铝的浓度为65原子%以下。

[0042] 第十方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铜构成、第二被加工材料由铝构成时,第一接合部中的铁的浓度为20原子%以下。

[0043] 第十一方式所涉及的接合体也可以是,在上述第三方式中,在第一被加工材料由铝构成、第二被加工材料由铜构成时,第一接合部中的铜的浓度为30原子%以下。

[0044] 第十二方式所涉及的激光加工方法是将包括第一金属的第一构件和包括作为与第一金属不同的金属的第二金属的第二构件接合的激光加工方法,包括:第一步骤,通过扫描第一激光,形成使第一金属和第二金属熔融而成的接合部;以及第二步骤,在第一激光的扫描方向的后方,通过扫描与第一激光相比光束直径大、功率密度低的第二激光,来搅拌接合部的附近的金属组织。

[0045] 第十三方式所涉及的激光加工方法也可以是,在上述第十二方式中,第二激光的光束直径为第一激光的光束直径的2倍以上且3倍以下。

[0046] 第十四方式所涉及的激光加工方法也可以是,在上述第十二或者第十三方式中,第一激光和第二激光在扫描方向上从单一的激光分支为多个,分支为多个中的相邻的激光的光束间距离为相邻的激光中的扫描方向的前方的激光的光束直径的2倍以上,相邻的激光中的扫描方向的后方的激光的光束直径的2倍以下。

[0047] 第十五方式所涉及的激光加工方法也可以是,在上述第十四方式中,第二激光通过光学系统将来自输出源的光束分支为多个。

[0048] 第十六方式所涉及的激光加工方法也可以是,在上述第十四方式中,第二激光通过衍射光栅将来自输出源的光束分支为多个。

[0049] 第十七方式所涉及的激光加工方法也可以是,在上述第十二至第十六的任一方式中,第二激光具有266nm~11 μ m的波长。

[0050] 第十八方式所涉及的激光加工装置具备:照射光学系统,对被加工材料照射沿着扫描方向前方的第一激光和后方的第二激光;以及扫描系统,对被加工材料照射第一激光和第二激光并沿着扫描方向进行扫描。

[0051] 第十九方式所涉及的激光加工装置也可以是,在上述第十八方式中,照射光学系统具备:激光振荡器,射出单一的激光;以及分支光学系统,使从激光振荡器射出的单一的激光分支为第一激光和第二激光,并沿着扫描方向向被加工材料照射。

[0052] 以下,基于附图详细说明本公开的实施方式。另外,本公开并不限于以下的实施方式。此外,在不脱离起到本公开的效果的范围的范围内,能够适当变更。进而,也可以与其他实施方式组合。

[0053] 本公开所涉及的异种金属材料焊接方法能够应用于基于铁、铜、铝那样的在产业界中大量使用的金属材料的板材的组合的重叠焊接。

[0054] (实施方式1)

[0055] <激光加工装置>

[0056] 对实施方式1所涉及的激光加工装置的结构进行说明。

[0057] 图1是表示实施方式1所涉及的激光加工装置30中的激光振荡器7以及作为分支光学系统使用了二维衍射光学元件9a的光学系统的结构的概略立体图。

[0058] 该激光加工装置30具备:照射光学系统7、8、9a、10a,对被加工材料P1、P2照射沿着扫描方向3前方的第一激光B5和后方的第二激光B6;以及扫描系统(未图示),对被加工材料P1、P2照射第一激光B5和第二激光B6,并沿着扫描方向3进行扫描。上述照射光学系统具备:激光振荡器7,射出单一的激光B4;以及分支光学系统8、9a、10a,使单一的激光B4分支为第一激光B5和第二激光B6,并沿着扫描方向3照射到被加工材料P1、P2。

[0059] <被加工材料>

[0060] 作为被加工材料P1的材料的第一金属是铁,厚度为0.3mm,波长 λ 1070nm下的激光吸收率为40%,熔点为1700K。作为被加工材料P2的材料第二金属是铜,厚度为0.1mm,波长 λ 1070nm下的激光吸收率为5%,熔点为1300K。此外,在激光加工时,被加工材料P1与被加工材料P2重叠地固定,固定构件未图示。

[0061] <照射光学系统>

[0062] 激光振荡器7是波长1070nm、连续振荡的单模光纤激光器。激光B4是由激光振荡器7射出的光束的大致平行光。

[0063] 折返镜8将波长1070nm的光反射90%以上。二维衍射光学元件9a使波长1070nm的光透射90%以上。入射到二维衍射光学元件9a的平行光能够通过使透镜透射而在透镜的焦点位置形成分支光束。通过改变二维衍射光学元件9a的图案,能够任意设定分支光束数、分支间隔、强度比。 f - θ 透镜10的对应波长为1070nm,焦距为255mm,扫描范围为200mm $\times$ 200mm。另外,折返镜8、二维衍射光学元件9a以及 f - θ 透镜10相当于分支光学系统。

[0064] <二维衍射光学元件的动作>

[0065] 接下来,对二维衍射光学元件9a的动作进行说明。

[0066] 从激光振荡器7射出的激光B4通过折返镜8相对于铅垂方向向扫描方向3侧以45°的角度弯折,通过透射二维衍射光学元件9a、 f - θ 透镜10a而分支为第一激光B5和第二激光B6。此外,设定为相对于铅垂方向向扫描方向3侧以45°的角度照射的第一激光B5的焦点位置成为被加工材料P1的表面。因此,关于扫描方向3后方的第二激光B6,由于照射角度的倾斜,与关于扫描方向前方的第一激光B5相比,被加工材料P1处的照射直径变大。

[0067] <扫描系统>

[0068] 通过扫描系统(未图示)向被加工材料P1、P2照射第一激光B5和第二激光B6,并沿着扫描方向3进行扫描。扫描系统只要使照射光学系统与被加工材料相互相对移动即可。例如,也可以使照射光学系统的至少一部分沿着扫描方向3移动。或者,也可以使被加工材料P1、P2相对于照射光学系统向与扫描方向3相反的方向移动。此外,扫描方向3不限于直线方向,也可以是曲线方向,例如圆弧。进而,关于扫描系统,只要是通常使用的驱动部即可。

[0069] 另外,第一以及第二激光B5、B6的照射和扫描同时进行,因此除了分开叙述扫描和照射的情况以外,为了方便,有时在称为“扫描”的情况下也包括“照射”,省略“照射”。

[0070] (变形例1)

[0071] 图2是表示使用了实施方式1的变形例1所涉及的激光加工装置30a中的激光振荡

器7以及分支光学系统8、11、10a、10b的结构概略立体图。

[0072] 与使用图1的二维衍射光学元件的结构相同,从激光振荡器7射出激光B4,通过半反射镜11以相同的比对激光B4进行2分支。通过两个 $f-\theta$ 透镜将该二分支的第一以及第二激光B5、B6向被加工材料P1聚光。此时,对成为扫描方向3的前方的第一激光B5进行聚光的 $f-\theta$ 透镜10a和对后方的第二激光B6进行聚光的 $f-\theta$ 透镜10b,使用焦距相同的透镜。因此,在使光束直径分别不同的情况下,通过错开高度方向的透镜配置位置,能够使第二激光B6的光束直径大于第一激光B5的光束直径。此外,对第二激光B6进行聚光的 $f-\theta$ 透镜10b的焦距也可以与对第一激光B5进行聚光的 $f-\theta$ 透镜不同。

[0073] (变形例2)

[0074] 图3是表示实施方式1的变形例2所涉及的激光加工装置30b中的激光振荡器7以及作为分支光学系统使用了三维衍射光学元件9b的光学系统的结构的概略立体图。三维衍射光学元件9b不是像二维衍射光学元件9a那样在光透射透镜后的焦点平面中决定焦点直径,而是可以在光轴方向上改变分支光束的焦点。

[0075] 由此,图2的结构的 $f-\theta$ 透镜10a与 $f-\theta$ 透镜10b的干涉等装置的结构上的限制消除。此外,能够将由折返镜8进行的激光的折返角度设为通常在激光加工中使用的 90° 入射,不将反射镜的角度调节为 45° ,而将第一激光B5以及第二激光B6的光束直径设定为任意的直径,并且将光束间距离L15设为任意的光束间距离。

[0076] 另外,从本公开的图1~图3所记载的激光振荡器7射出的激光的波长也可以是能够进行激光焊接的波长 $266\text{nm} \sim 11\mu\text{m}$ 的范围。

[0077] 此外,关于反射镜角度,在图2中也设为 45° ,但只要能够制作第一激光B5与第二激光B6的焦点直径之差,则也可以是其他角度。

[0078] 图4是按照(a)、(b)、(c)的顺序以时间序列表示在实施方式1所涉及的激光加工方法中针对被加工材料P1与被加工材料P2的重叠依次扫描第一激光B5和第二激光B6时的熔融部的截面的状态的示意剖视图。

[0079] 第一熔融部12a是通过第一激光B5的入射而熔融的部分。第二熔融部12b是通过在第一激光B5的后方分支的第二激光B6而熔融的部分。光束间距离L15是第一激光B5与向后方分支的第二激光B6的光束的中心间距离。

[0080] 使用图4按照时间序列对在实施方式1所涉及的激光加工方法中形成的熔融部进行说明。

[0081] (1)如图4的(a)所示,第一激光B5入射到被加工材料P1与被加工材料P2的异种金属材料的接合部位,向扫描方向3的方向扫描。被加工材料P1和被加工材料P2熔融而形成第一熔融部12a。

[0082] (2)如图4的(b)所示,通过向第一激光B5的后方分支的第二激光B6的扫描,形成熔入到被加工材料P1的内部接合部附近的第二熔融部12b。

[0083] 此时,第二熔融部12b的熔深需要不贯通被加工材料P1而到达被加工材料P2,通过熔入至被加工材料P1的厚度的 $80\% \sim 95\%$ 的深度,能够得到理想的搅拌效果。

[0084] (3)如图4的(c)所示,向扫描方向3的方向扫描第一激光B5和第二激光B6,第一激光B5和第二激光B6都以穿过被加工材料P1以及P2的端部的方式扫描,得到接合体。

[0085] 此时,具有第一熔融部12a的熔深 $\leq$ 被加工材料P1的厚度 $\leq$ 第二熔融部12b的熔深

≤被加工材料P1+被加工材料P2的厚度的关系。如以上说明的那样,图4的(c)所示的接合体具备被加工材料P1(第一被加工材料的一例)、被加工材料P2(第二被加工材料的一例)、第一熔融部12a(第一接合部的一例)以及第二熔融部12b(第二接合部的一例)。在此,第一熔融部12a以及第二熔融部12b是将被加工材料P1与被加工材料P2接合的接合部的一例。

[0086] 图5是表示在实施方式1所涉及的激光加工方法中照射到被加工材料P1的第一激光B5以及第二激光B6的光束直径D13、D14以及光束间距离L15的俯视图。

[0087] 设为关于扫描方向3前方的第一激光B5的光束直径为D13,向后方分支的第二激光B6的光束直径为D14。第一激光B5与第二激光B6的光束间距离为L15。

[0088] 照射到被加工材料P1的表面的第一激光B5和第二激光B6隔开光束间距L15在扫描方向3上以相同的速度进行扫描。向后方分支的第二激光B6的加工点处的聚光直径比第一激光B5大。若光束直径D14较小,则被搅拌的熔融池的体积变小,未被充分搅拌。相反,若光束直径D14变得过大,则会形成第一激光B5与第二激光B6成为一体的大的匙孔(key hole),无法获得目标的搅拌效果。因此,为了控制熔融部的组成并充分地进行搅拌,优选光束直径D14相对于光束直径D13为2倍以上且3倍以下的直径。

[0089] 此外,若光束间距离L15过小,则成为第一激光B5与第二激光B6成为一体的大的匙孔,因此无法得到目标的搅拌效果。此外,在光束间距离过大的情况下,被第一激光B5熔融的第一熔融部12a的凝固推进,不促进第二激光B6扫描的部分的对流,得不到充分的搅拌效果。因此,通过将光束间距离L15设为光束直径D13的2倍以上且光束直径D14的2倍以下的距离,能够得到充分的搅拌效果。

[0090] 图6是在实施方式1所涉及的激光加工方法中的Fe与Cu的重叠构件的激光焊接的仿真中,分为激光扫描束数将激光扫描后的截面的Cu元素的比例而在(a)~(c)中表示的示意图。

[0091] 图6的(a)是表示激光照射前的模型的示意图。模型的上部的厚的长方形构件表示被加工材料P1的Fe,模型的下部的薄的长方形构件表示被加工材料P2的Cu。

[0092] 图6的(b)是表示仅扫描第一激光B5,将被加工材料P1和被加工材料P2接合后的截面的Cu浓度的示意图。在基于通常的1束激光的重叠焊接中,在由Fe构成的被加工材料P1的内部存在很多区域16a、17a那样的Cu的浓度超过15原子%、产生凝固破裂的区域。

[0093] 图6的(c)是在第一激光B5的扫描之后扫描在后方分支的第二激光B6时的剖视图。接合部附近被第二激光B6搅拌的结果是,在与图6的(b)中Cu的浓度超过15原子%的区域16a、17a同样的部位的区域16b、17b中,能够将Cu的浓度大幅减少至不产生凝固破裂的10原子%以下。

[0094] 图7是按照(a)、(b)、(c)的顺序以时间序列表示在实施方式1所涉及的激光加工方法中,进行被加工材料P1与被加工材料P2的重叠而利用第一激光B5和第二激光B6进行扫描时的被加工材料P1与被加工材料P2的接合界面附近的异种金属的混合、搅拌的情形的示意图。

[0095] 按照时间序列进行说明。

[0096] a)在图7的(a)中,对被加工材料P1与被加工材料P2的异种金属材料的重叠照射第一激光B5,在被加工材料P1与被加工材料P2的接合部上部形成被加工材料P1与被加工材料P2的异种金属混合层的区域m18。在该异种金属混合层的区域m18中,如前述的图6的(b)那

样,存在构成被加工材料P2的金属的比例为数10原子%以上的部位。

[0097] b)在图7的(b)中,示出照射在第一激光B5的后方分支的第二激光B6,熔入到被加工材料P1与被加工材料P2的界面附近,进行扫描时的情形。第二激光B6比用于接合的第一激光B5的光束直径大2~3倍左右,因此通过扫描该光束来促进对流,在被加工材料P1内部的大范围内构成区域m18内部的被加工材料P2的金属元素被搅拌。沿着扫描方向3扫描第二激光B6。

[0098] c)如图7的(c)所示,遍及包括区域m18的大范围而构成被加工材料P2的金属元素被搅拌,形成与区域m18相比构成被加工材料P2的金属元素的比例减少的异种金属混合层的区域m19。

[0099] 在图7的(c)中,由第一激光B5形成的被加工材料P1与被加工材料P2的重叠构件的接合以及向后方分支的第二激光B6到达被加工材料P1和被加工材料P2的端部,全面涂抹了异种金属混合层的区域m18的区域m19形成至构件端。

[0100] (关于焊接不良)

[0101] 如以上课题所述,例如在为由Fe构成的被加工材料P1与由Cu构成的被加工材料P2的焊接的情况下,作为异种金属接合的不良而产生凝固破裂。此外,在其他金属的Fe与Al、Cu与Al的焊接中,通过金属间化合物的形成而产生接合强度的降低。认为其主要原因为,被加工材料P1与被加工材料P2接合时,接合部附近的异种金属混合层的区域m18、m19所包括的异种金属材料的原子的比例成为特定的范围的比例所带来的影响。在本公开所涉及的激光加工方法中,从采用该区域m18、区域m19的比例抑制凝固破裂、抑制金属间化合物层的形成的观点出发,控制如以下那样规定的组织的比例。

[0102] 使用本次的本公开的方法,在被加工材料P1为Fe、被加工材料P2为Cu的情况下,将区域m19中的Cu的比例控制为15原子%以下以使得不成为图9所示的平衡状态图的区域23的区域的区域的比例。另一方面,在被加工材料P1为Cu、被加工材料P2为Fe的情况下,通过使区域m19中的Cu的比例为90原子%以上,从而不会产生凝固破裂,形成良好的固溶体。

[0103] (金属间化合物层形成的抑制)

[0104] (1)在被加工材料P1和被加工材料P2的组合是Al和Cu的情况下,通过激光的扫描来焊接重叠构件,接合部附近的异种金属混合层的区域m18、m19成为Al和Cu的混合层。根据图11的Al-Cu的平衡状态图,在该Al与Cu的异种金属混合层的区域m18、m19中,若成为Cu的比例为52.5原子%~90原子%的区域,则形成作为金属间化合物的 CuAl_2 。

[0105] (2)此外,在被加工材料P1和被加工材料P2的组合为Fe和Al的情况下,同样地焊接接合部附近的M1成为Fe和Al的混合层。如果设为图10的Fe-Al的平衡状态图的区域24所示的Al的比例为65原子%~67原子%以下的区域,则形成 FeAl_2 这样的富含铝的金属间化合物,如果为71原子%~73原子%则形成 Fe_2Al_5 这样的富含铝的金属间化合物,如果为76原子%则形成 FeAl_3 这样的富含铝的金属间化合物。

[0106] 这些金属间化合物与Cu、Al、Fe的单质相比,机械特性硬且脆,因此在产生负荷时,容易成为裂缝的起点,成为焊接接合部的强度降低的原因。

[0107] 使用本公开的方法,利用从用于接合的第一激光B5分支出的第二激光B6将混合区域m18在更大的范围内搅拌,制作使Al、Cu、Fe、Al的混合比例降低的区域m19那样的异种金属混合层的区域,由此能够抑制金属间化合物层形成。

[0108] 此外,图1以后所示的本公开中的激光照射侧的被加工材料P1以及被加工材料P2是以铁、铜、铝为主材料的板材,即使实施几 μm 左右的Ni等的镀覆处理也能够发挥效果。

[0109] (关于多分支照射)

[0110] 在本发明中,构成为以在接合用的第一激光B5的后方搅拌熔融部的目的从后方扫描第二激光B6,但有时无法通过该一次搅拌充分地搅拌熔融部的异种金属混合部。在这样的情况下,如图8所示,也可以进一步扫描从后方分支的第三激光B20进行,从而对一次被搅拌的熔融部进行再次搅拌。

[0111] 图8的(a)是表示关于通过第二激光B6的扫描而形成的异种金属混合层的区域m18,通过包括后方分支的第二激光B6的更向后方分支的第三激光B20在内的三个光束扫描,进一步搅拌后的第三熔融部22的示意剖视图。第三熔融部22是利用第三激光B20对由第二激光B6搅拌了一次的第二熔融部12b再次进行搅拌而得到的。

[0112] 此时,第三熔融部22通过熔入到第二熔融部12b的熔深的80%~95%的深度,从而得到搅拌大范围的效果。

[0113] 此外,图8的(b)是上述说明的、通过从后方扫描过一次搅拌的熔融部的第三束激光再次搅拌时的仿真结果。

[0114] 在图8的(b)的仿真结果中,确认了与图6的(c)所示的、实施方式中的一次搅拌扫描所产生的异种金属混合区域整体中的Cu的浓度相比,两次搅拌扫描所产生的Cu的浓度在整个区域中降低,可知形成有良好的接合部。

[0115] (3关于分支搅拌扫描的实施方式)

[0116] 优选在后方分支的第三激光B20的加工点直径的聚光直径(光束直径D20)比第一激光B5、第二激光B6大。此外,为了根据仿真的结果控制熔融部的组成,并且在大范围内得到搅拌效果,期望光束直径D20为相对于第二激光B6的光束直径D14为2倍以上且3倍以下的直径。

[0117] 关于光束间距离L21,通过仿真,若光束间距离L21过小,则成为第二激光B6与第三激光B20成为一体的大的匙孔,因此无法得到目标的搅拌效果。此外,在光束间距离过大的情况下,不促进第三激光B20的扫描激光的部分的对流,得不到充分的搅拌效果。因此,通过将光束间距离L21设为与光束间距离L15相同程度的距离,能够得到充分的搅拌效果。

[0118] 另外,在本公开中,包括将前述的各种实施方式和/或实施例中的任意的实施方式和/或实施例适当组合的情况,能够起到各个实施方式和/或实施例具有的效果。

[0119] 工业上的可利用性

[0120] 根据本公开所涉及的激光加工方法以及激光加工装置,接着前方的第一激光的照射以及扫描,进行配置于后方的第二激光的照射以及扫描来进行重叠构件的接合。由此,通过第二激光的照射对接合部附近的金属组织进行搅拌,使接合部的异种金属材料的浓度降低,由此能够制成防止凝固破裂、金属间化合物形成的接合体。因而,对异种金属材料的接合有用。

[0121] -附图标记说明-

[0122] 3扫描方向

[0123] 7激光振荡器

[0124] 8折返镜

- [0125] 9a、9b二维衍射光学元件
- [0126] 10、10a $f-\theta$ 透镜
- [0127] 11半反射镜
- [0128] 12a第一熔融部
- [0129] 12b第二熔融部
- [0130] 22第三熔融部
- [0131] 23区域
- [0132] 24区域
- [0133] 25区域
- [0134] 26罐
- [0135] 27负极极耳
- [0136] 28熔融部
- [0137] 29再次熔融部分
- [0138] 30、30a、30b激光加工装置
- [0139] P1被加工材料
- [0140] P2被加工材料
- [0141] B4激光
- [0142] B5第一激光
- [0143] B6第二激光
- [0144] B20第三激光
- [0145] D13光束直径
- [0146] D14光束直径
- [0147] D20光束直径。

30

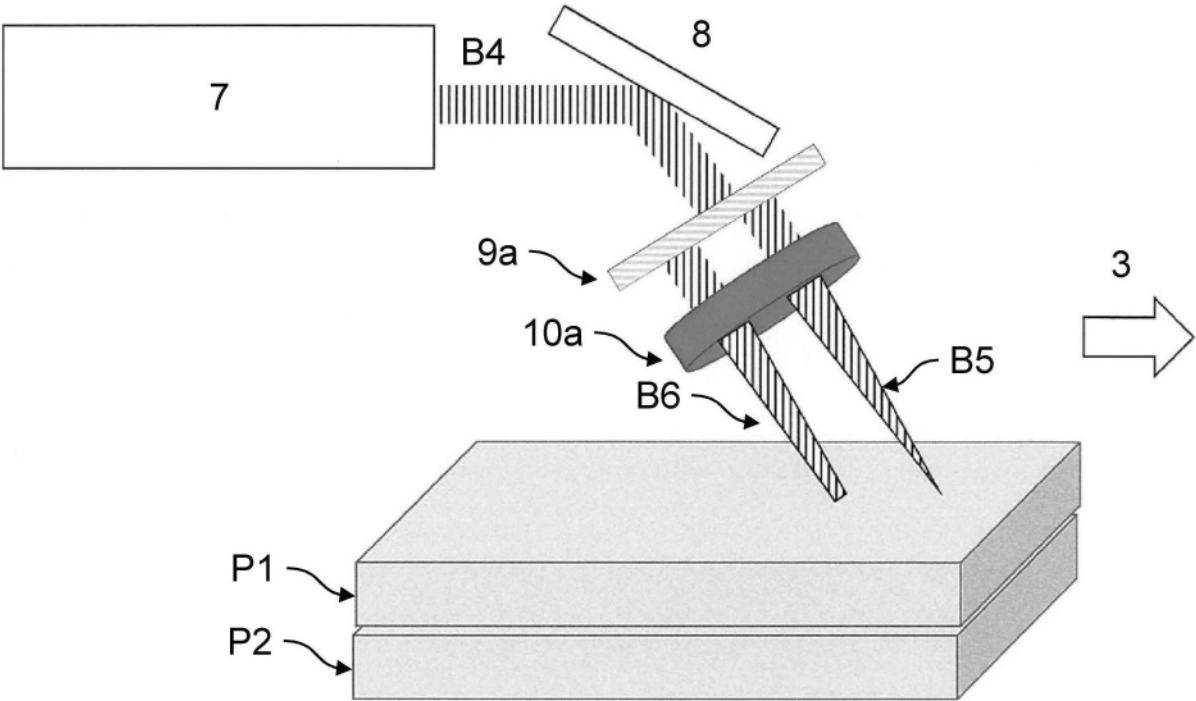


图1

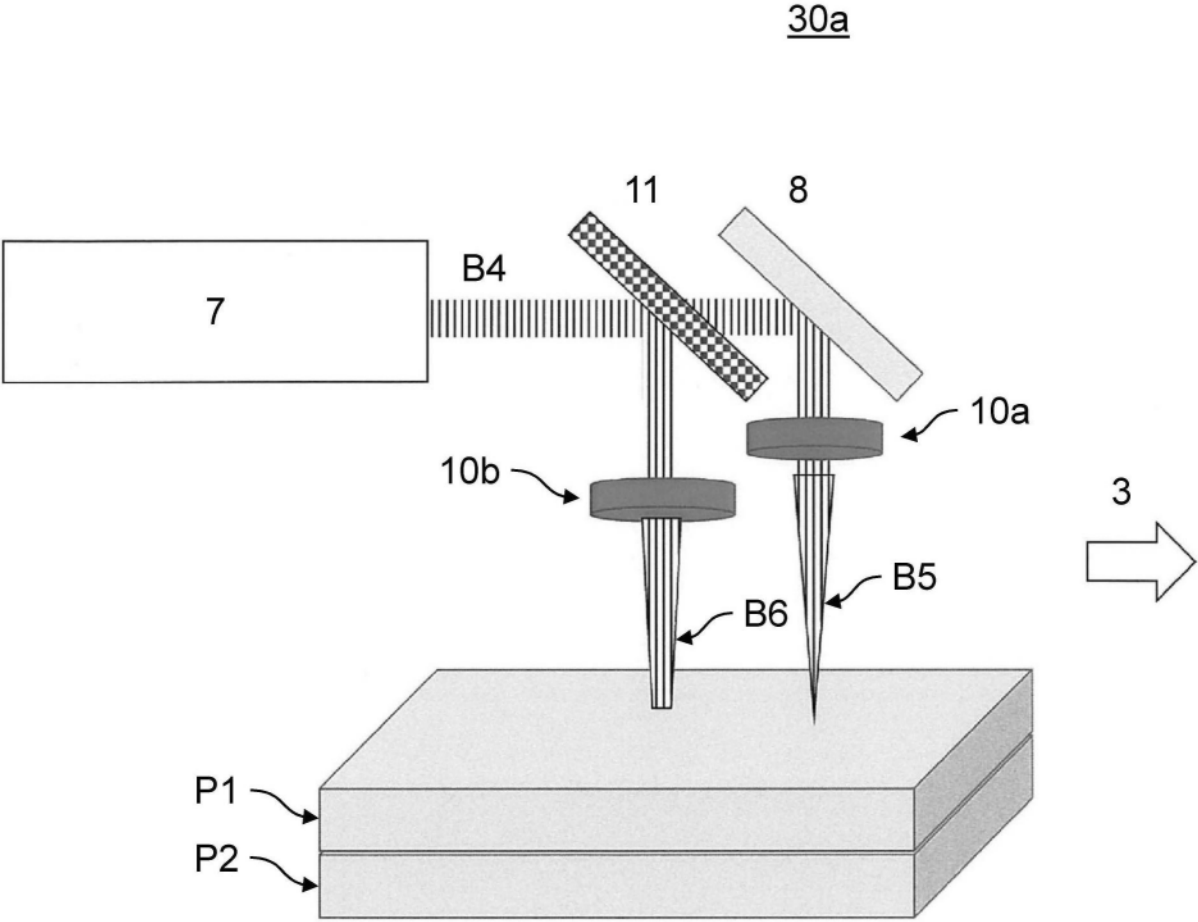


图2

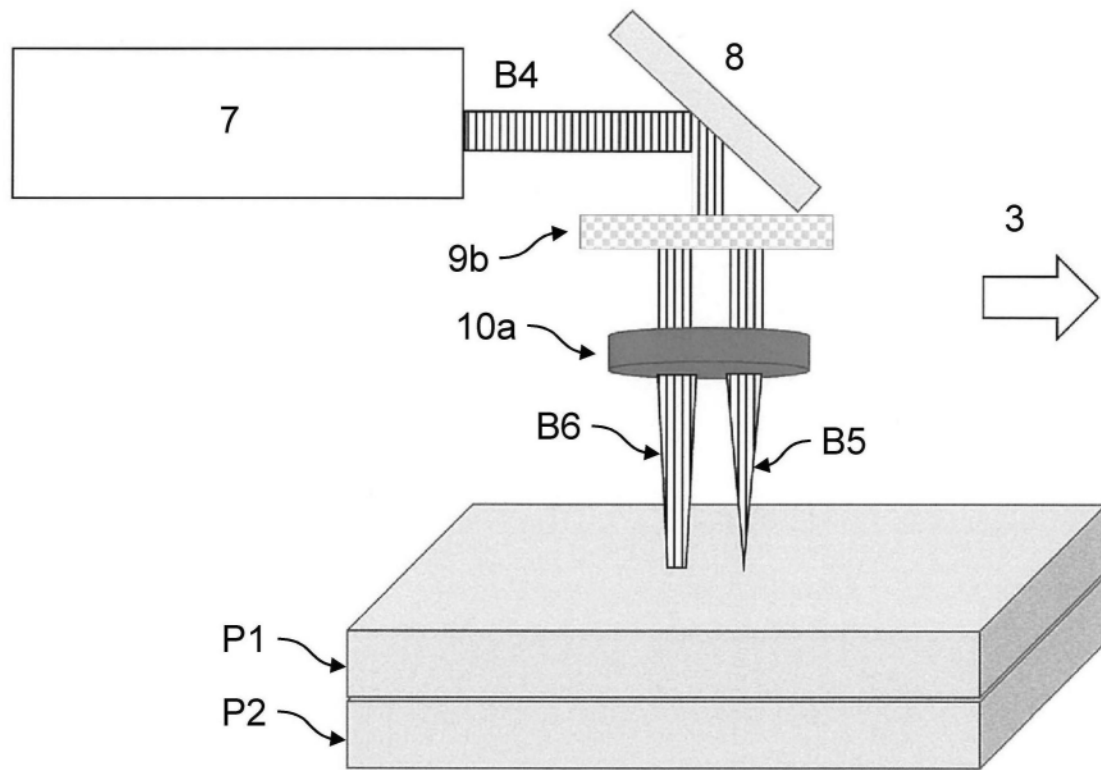
30b

图3

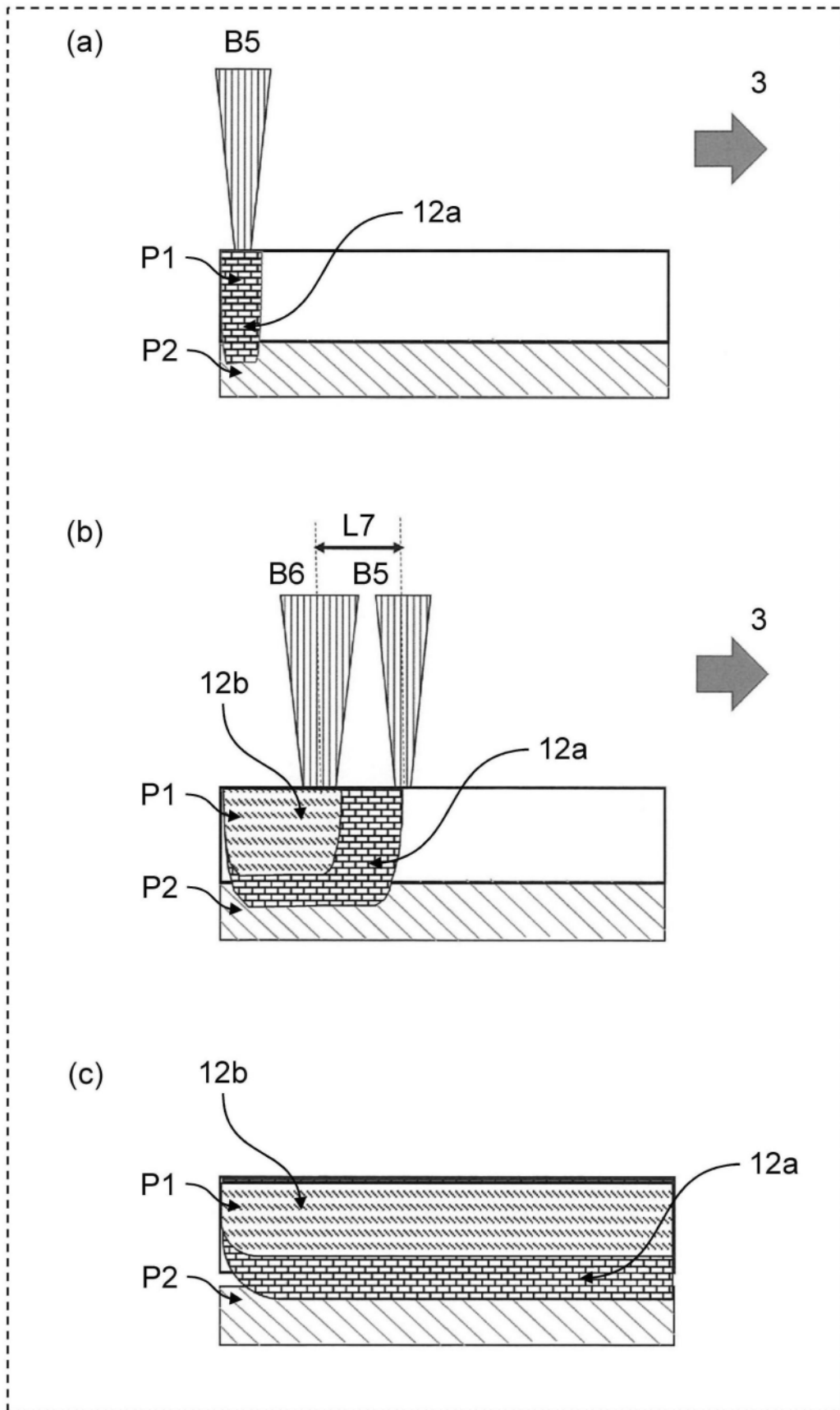


图4

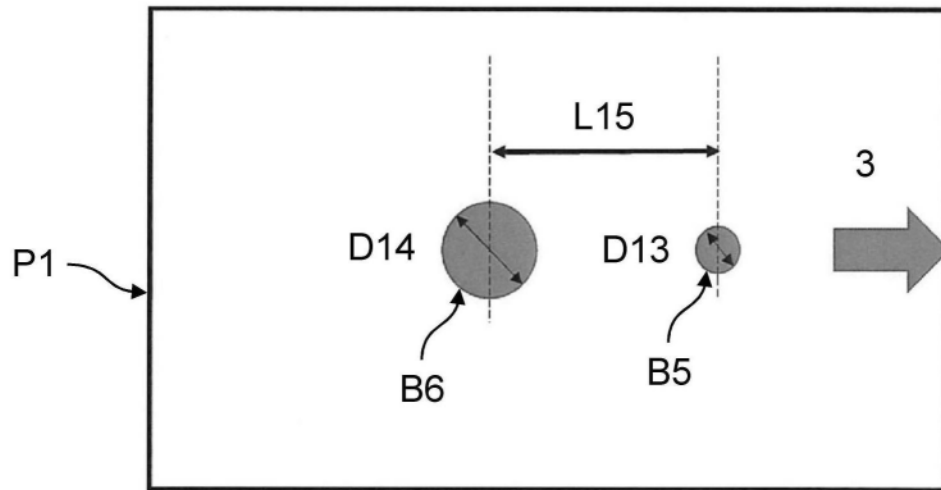


图5

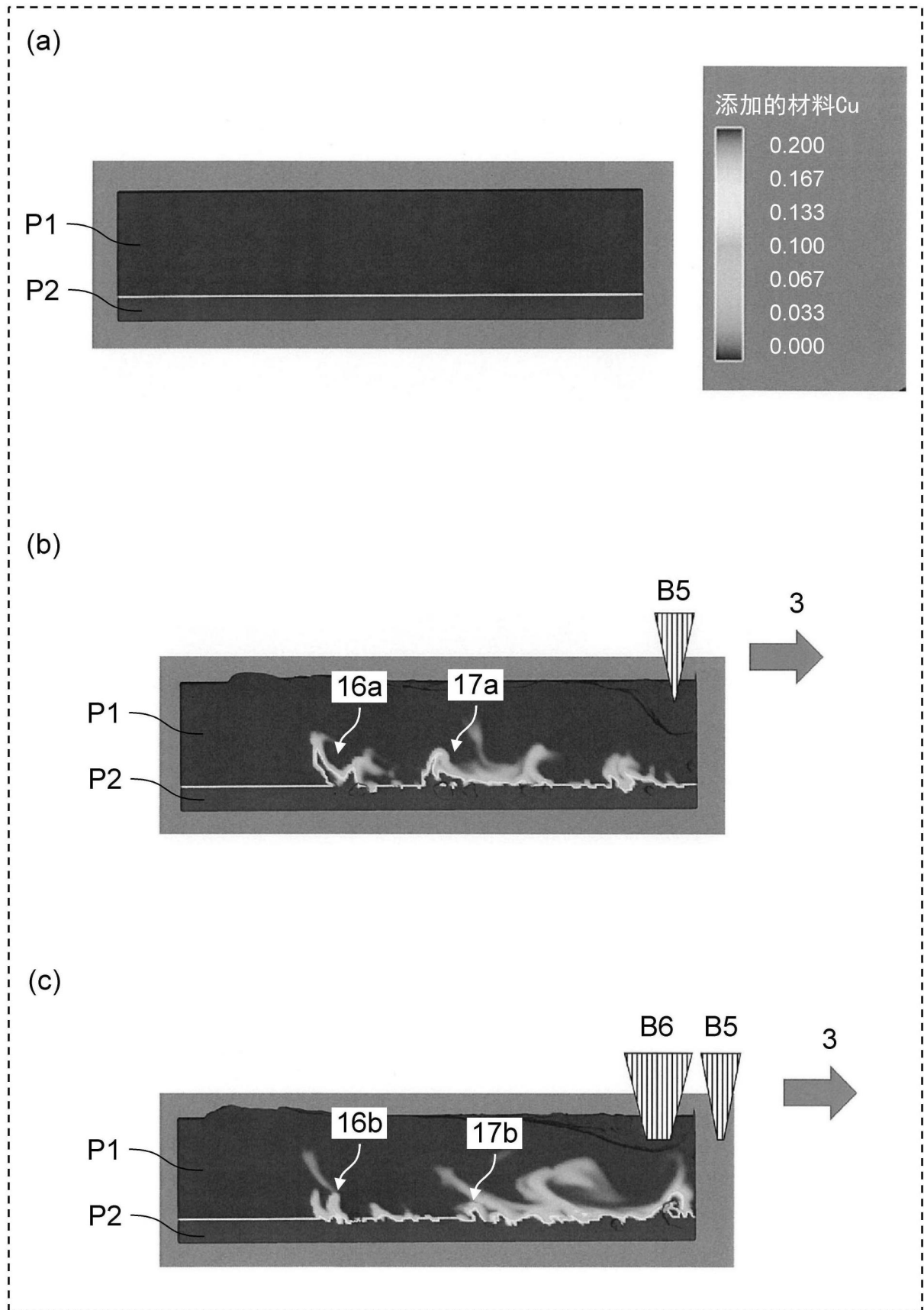


图6

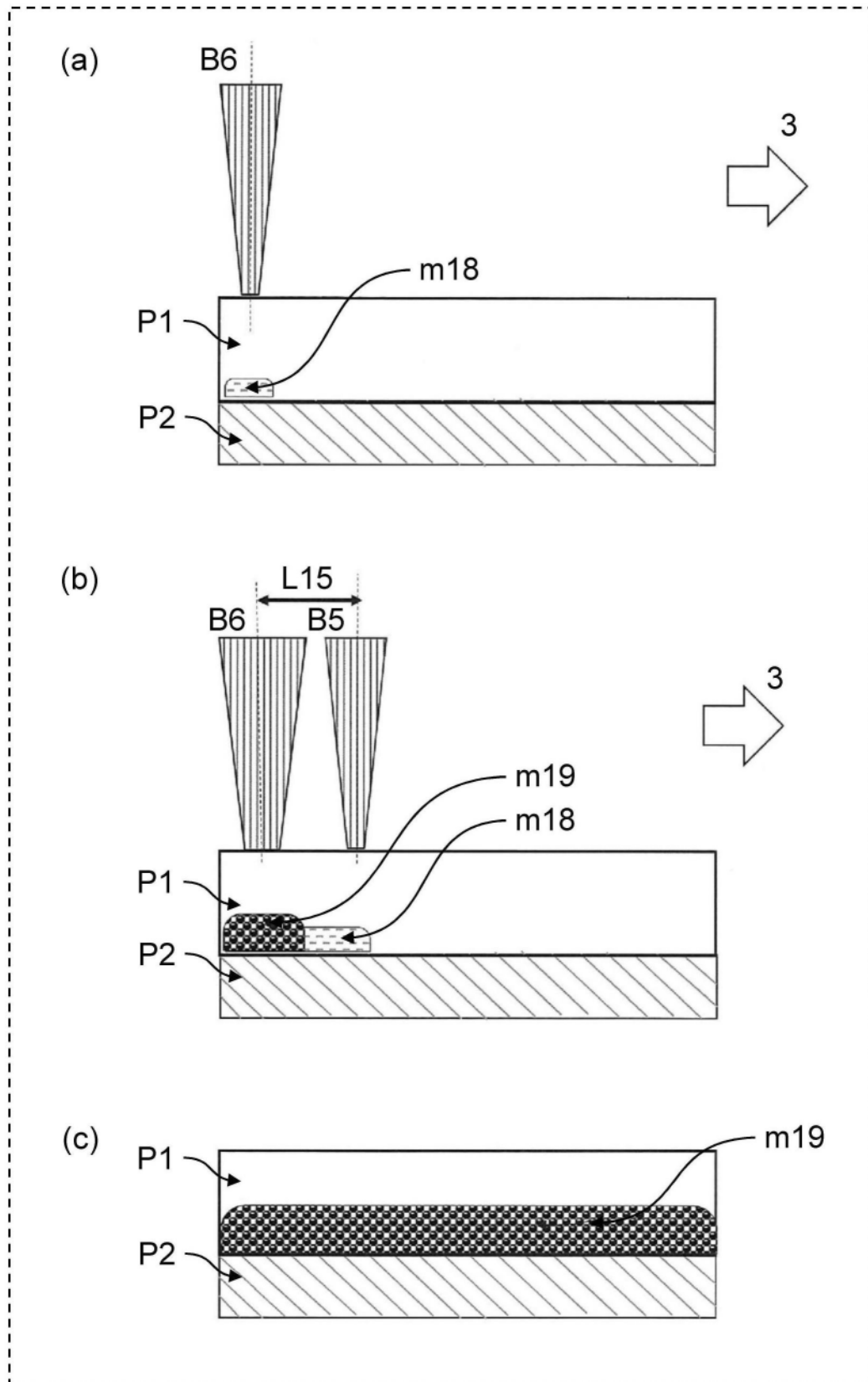


图7

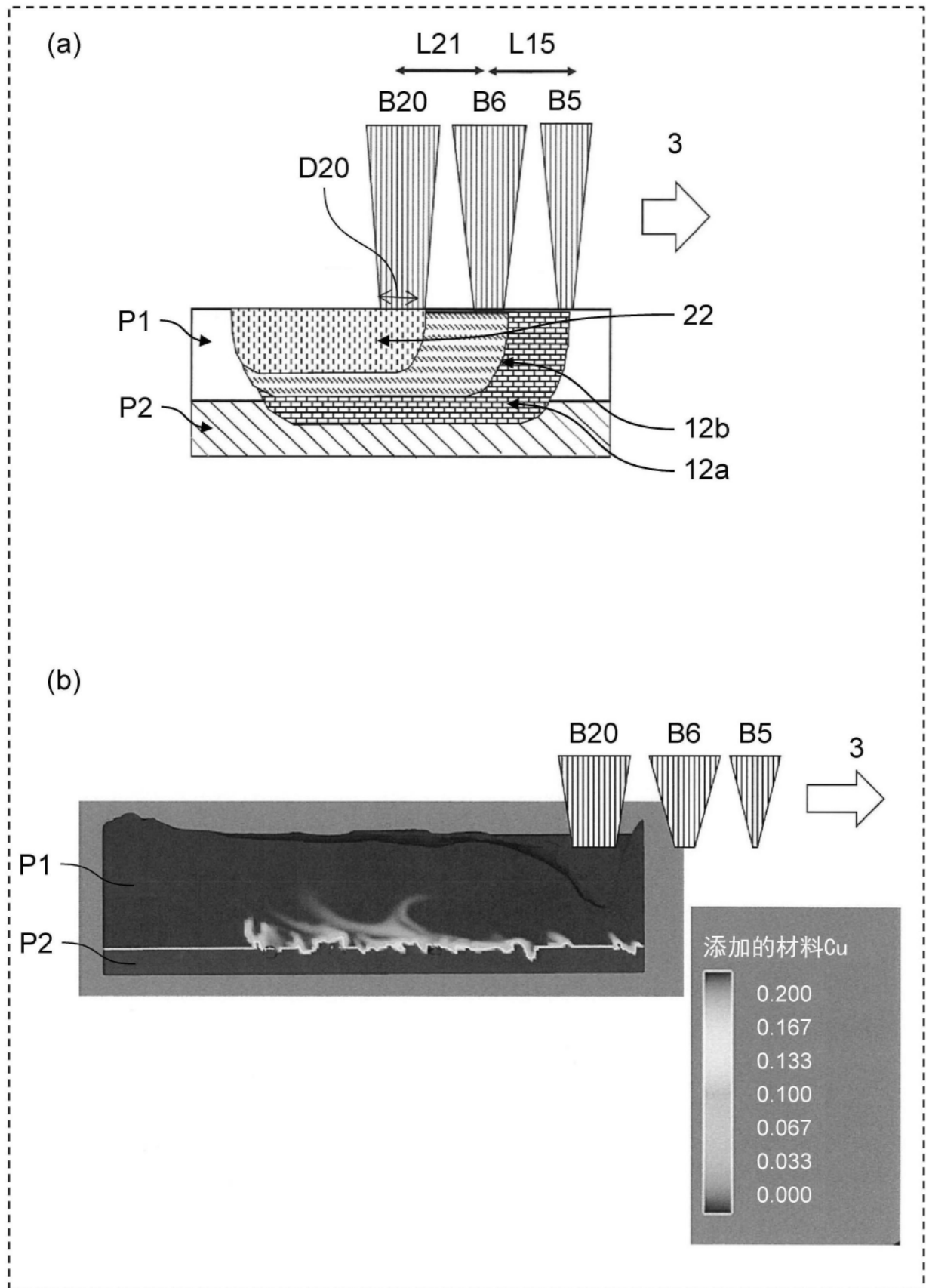


图8

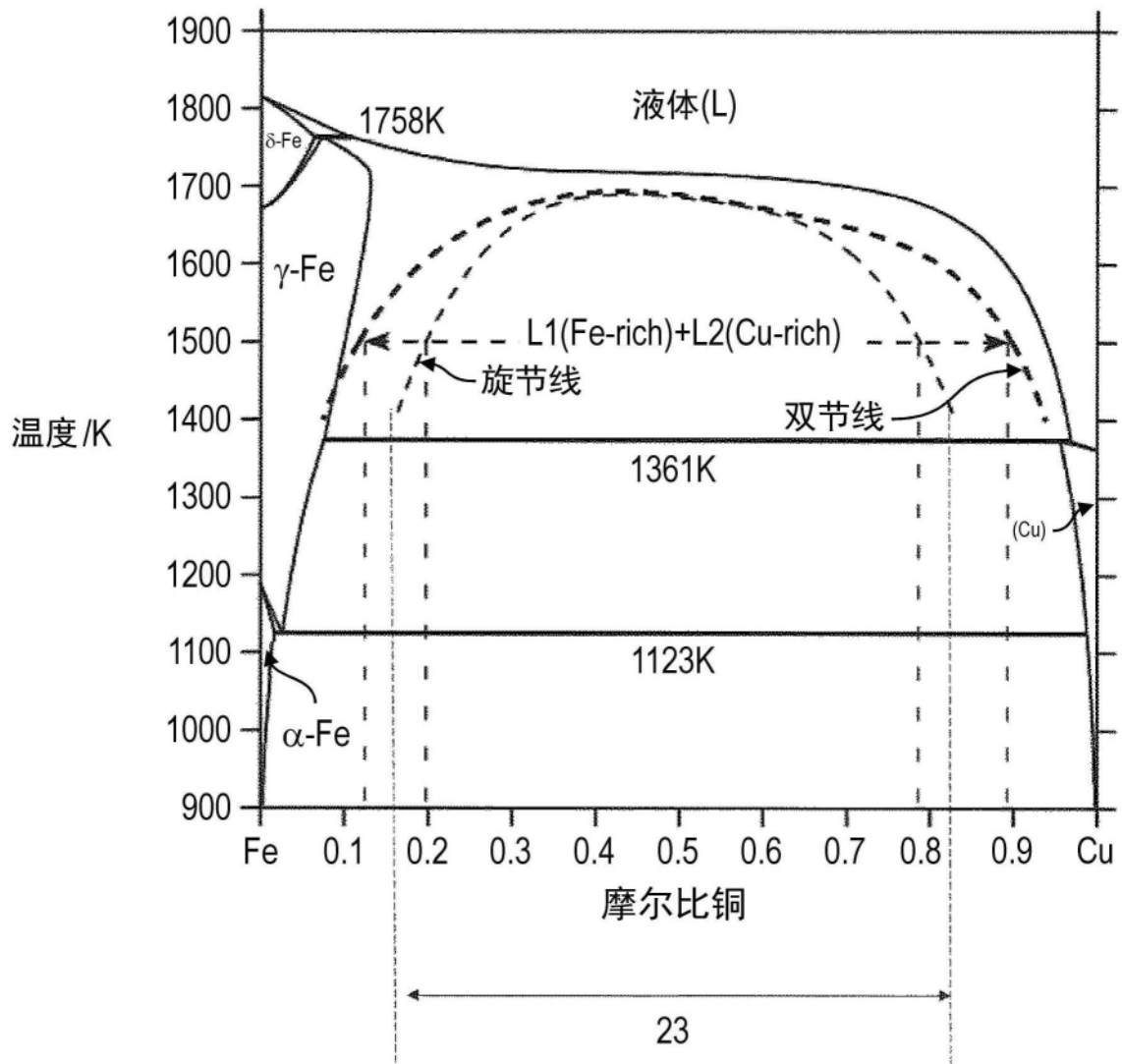


图9

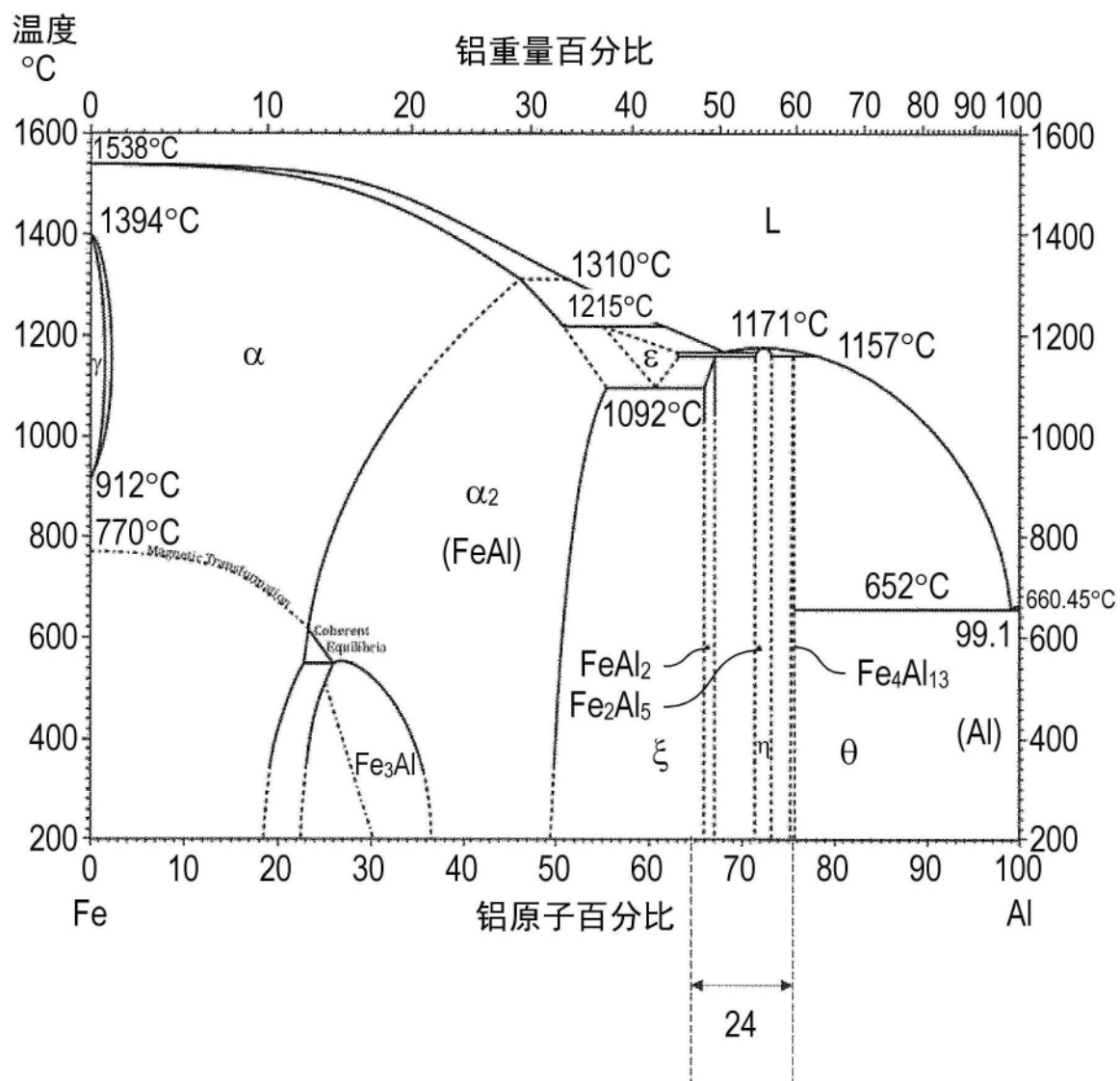


图10

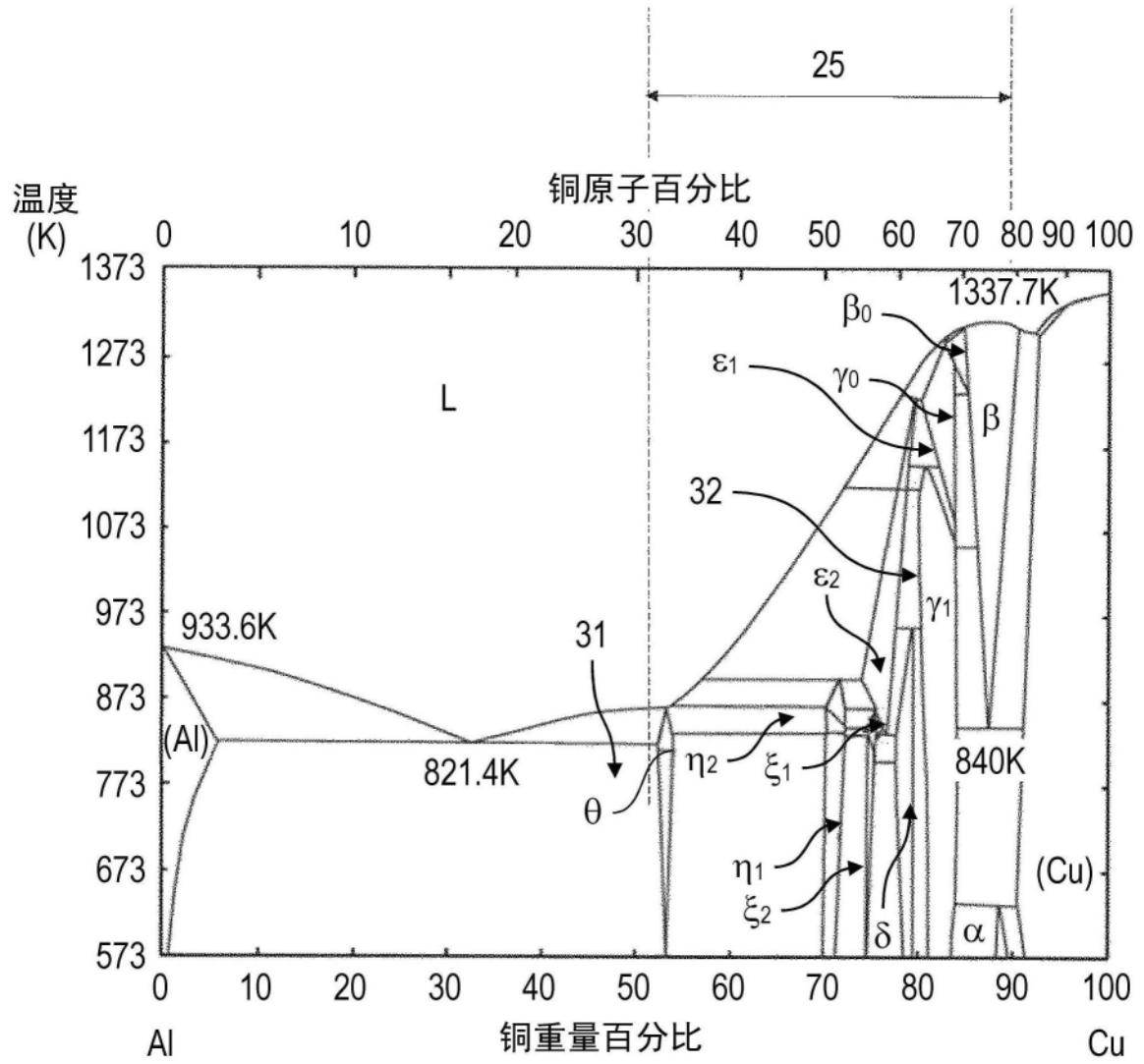


图11

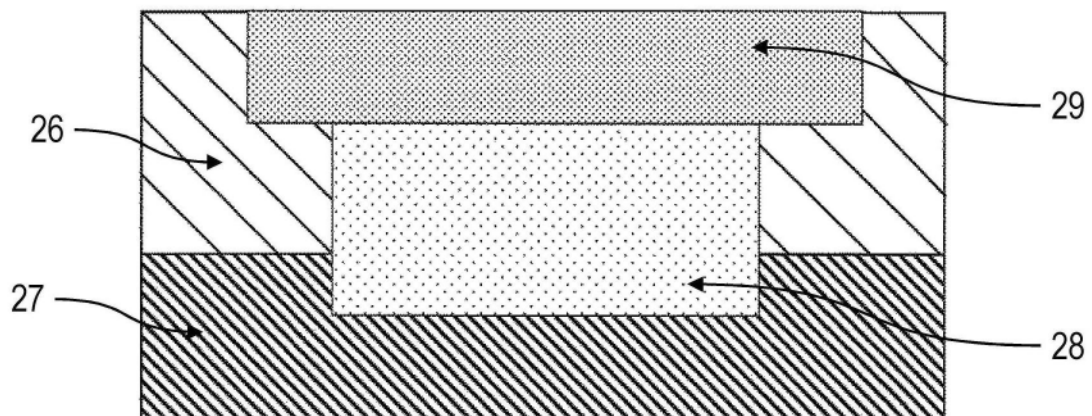


图12