



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118660780 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 17

(21) 申请号 202380018611.6

(22) 申请日 2023.02.01

(30) 优先权数据

2022-014611 2022.02.02 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/003153 2023.02.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/149449 JA 2023.08.10

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本

(72) 发明人 中川龙幸 川本笃宽 藤原润司

樱井通雄

(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 26/064 (2014.01)

B23K 26/00 (2014.01)

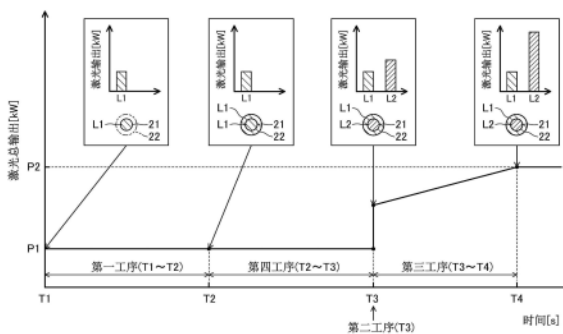
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

激光加工方法

(57) 摘要

传输光纤(20)具有第一纤芯(21)和第二纤芯(22)。第二纤芯(22)设置在第一纤芯(21)的外周部。在激光启动工序的第一工序中,从第一纤芯(21)射出第一激光束(L1)。在第二工序中,从第二纤芯(22)射出第一激光束(L1),从第一纤芯(21)射出第二激光束(L2)。在第三工序中,一边使第一激光束(L1)及第二激光束(L2)相对于工件(W)射出的射出位置沿激光加工方向移动,一边逐渐增大从第一纤芯(21)射出的第二激光束(L2)的输出。



1. 一种激光加工方法,其是射出通过传输光纤传输的激光束来加工工件的激光加工方法,其特征在于:

所述传输光纤至少具有第一纤芯和设置在该第一纤芯的外周部的第二纤芯,

所述激光束包含第一激光束和波长比该第一激光束的波长长的第二激光束,

所述激光加工方法包括在开始加工所述工件时调节所述第一激光束及所述第二激光束的输出的激光启动工序,

所述激光启动工序具有第一工序、第二工序以及第三工序,

在所述第一工序中,使所述第一激光束从所述第一纤芯射出,

在所述第二工序中,使所述第一激光束从所述第二纤芯射出,另一方面,使所述第二激光束从所述第一纤芯射出,

在所述第三工序中,一边使所述第一激光束及所述第二激光束相对于所述工件射出的射出位置沿激光加工方向移动,一边逐渐增大从所述第一纤芯射出的该第二激光束的输出。

2. 根据权利要求1所述的激光加工方法,其特征在于:

在所述第二工序之前具有第四工序,在所述第四工序中,使所述第一激光束从所述第一纤芯及所述第二纤芯射出。

激光加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种激光加工方法。

背景技术

[0002] 专利文献1公开了一种激光切割方法,该方法是:使第一激光束入射到双芯光纤的第一纤芯中,另一方面,使波长与第一激光束不同的第二激光束入射到第二纤芯中,对工件射出第一激光束及第二激光束。

[0003] 专利文献1:德国专利申请公开第102011078173号说明书

发明内容

[0004] -发明要解决的技术问题-

[0005] 然而,在以往的发明中,在激光起始位置,如果对工件同时射出第一激光束及第二激光束,则可能会因激光输出变得过高而发生溅射,导致工件的加工质量下降。

[0006] 本发明正是鉴于上述问题而完成的,其目的在于:抑制在激光起始位置发生溅射。

[0007] -用于解决技术问题的技术方案-

[0008] 第一方面涉及一种激光加工方法,其是射出通过传输光纤传输的激光束来加工工件的激光加工方法,其特征在于:所述传输光纤至少具有第一纤芯和设置在该第一纤芯的外周部的第二纤芯,所述激光束包含第一激光束和波长比该第一激光束的波长长的第二激光束,所述激光加工方法包括在开始加工所述工件时调节所述第一激光束及所述第二激光束的输出的激光启动工序,所述激光启动工序具有第一工序、第二工序以及第三工序,在所述第一工序中,使所述第一激光束从所述第一纤芯射出,在所述第二工序中,使所述第一激光束从所述第二纤芯射出,另一方面,使所述第二激光束从所述第一纤芯射出,在所述第三工序中,一边使所述第一激光束及所述第二激光束相对于所述工件的射出位置沿激光加工方向移动,一边逐渐增大从所述第一纤芯射出的该第二激光束的输出。

[0009] 在第一方面中,传输光纤至少具有第一纤芯和第二纤芯。第二纤芯设置在第一纤芯的外周部。在激光启动工序的第一工序中,从第一纤芯射出第一激光束。在第二工序中,从第二纤芯射出第一激光束,另一方面,从第一纤芯射出第二激光束。在第三工序中,一边使第一激光束及第二激光束相对于工件的射出位置沿激光加工方向移动,一边逐渐增大从第一纤芯射出的第二激光束的输出。

[0010] 像这样,通过在激光起始位置用第一激光束对工件进行预热后射出第二激光束,能够抑制在激光起始位置发生溅射,能够提高工件的加工质量。

[0011] 另外,通过在从第一纤芯射出的第二激光束的周围射出通过第二纤芯而成为环状的第一激光束,能够一边对第二激光束的前方进行预热一边清洁第二激光束的后方的加工表面。

[0012] 第二方面在第一方面的基础上,其特征在于:在所述第二工序之前具有第四工序,在所述第四工序中,使所述第一激光束从所述第一纤芯及所述第二纤芯射出。

[0013] 在第二方面中,通过在向工件射出第二激光束之前,从第一纤芯及第二纤芯射出第一激光束来扩大工件的预热范围,从而能够提高工件的加工质量。

[0014] -发明的效果-

[0015] 根据本公开的方面,能够抑制在激光起始位置发生溅射。

附图说明

[0016] 图1是示出本实施方式所涉及的激光加工装置的简要结构的侧视图;

[0017] 图2是从入射端侧观察传输光纤时的剖视图;

[0018] 图3是示出激光束的波长与反射率之间的关系的曲线图;

[0019] 图4是示出激光束的总输出随时间的变化的曲线图;

[0020] 图5A是示出使第一激光束入射到第一纤芯中的状态的图;

[0021] 图5B是示出已使第一激光束从第一纤芯射出的状态的图;

[0022] 图6A是示出使第一激光束入射到第一纤芯及第二纤芯中的状态的图;

[0023] 图6B是示出已使第一激光束从第一纤芯及第二纤芯射出的状态的图;

[0024] 图7A是示出使第二激光束入射到第一纤芯中,使第一激光束入射到第二纤芯中的状态的图;

[0025] 图7B是示出已使第二激光束从第一纤芯射出,使第一激光束从第二纤芯射出的状态的图;

[0026] 图8A是示出增大了入射到第一纤芯中的第二激光束的输出的状态的图;

[0027] 图8B是示出一边使第一激光束及第二激光束的射出位置移动一边增大了第二激光束的输出的状态的图。

具体实施方式

[0028] 下面,基于附图对本发明的实施方式进行说明。需要说明的是,以下对优选实施方式的说明本质上只不过是示例而已,并没有对本发明、本发明的应用对象或本发明的用途加以限制的意图。

[0029] 如图1所示,激光加工装置1包括光耦合单元10、传输光纤20、激光加工头30、机器人2以及控制部5。

[0030] 光耦合单元10具有第一激光振荡器11、第二激光振荡器12、第一反射镜13、第二反射镜14、第三反射镜15、第一调节机构16、第二调节机构17以及第三调节机构18。

[0031] 第一激光振荡器11基于来自控制部5的指令,射出第一激光束L1。第一激光束L1是短波长激光束。短波长的第一激光束L1是波长为600nm以下(例如,266nm~600nm)的蓝色激光束或绿色激光束。第一激光振荡器11从未图示的多个激光模块射出多束第一激光束L1。

[0032] 第二激光振荡器12基于来自控制部5的指令射出第二激光束L2。第二激光束L2是波长比第一激光束L1长的长波长激光束。长波长的第二激光束L2是波长为800nm以上(例如,800nm~16000nm左右)的红外激光束。

[0033] 第一反射镜13反射从第一激光振荡器11射出来的多束第一激光束L1中的一部分第一激光束L1,并将其引导至第一调节机构16。

[0034] 第二反射镜14反射从第一激光振荡器11射出来的多束第一激光束L1中的其余的

第一激光束L1,并将其引导至第二调节机构17。

[0035] 第三反射镜15反射从第二激光振荡器12射出来的第二激光束L2,并将其引导至第三调节机构18。

[0036] 第一调节机构16例如由双轴MEMS(Micro Electro Mechanical Systems,微机电系统)反射镜构成。第一调节机构16进一步反射由第一反射镜13反射后的第一激光束L1,并将其引导至传输光纤20。第一调节机构16通过改变反射镜的角度,从而改变第一激光束L1相对于传输光纤20的入射位置。由此,能够使第一激光束L1选择性地入射到传输光纤20的第一纤芯21或第二纤芯22中。

[0037] 第二调节机构17例如由双轴MEMS反射镜构成。第二调节机构17进一步反射由第二反射镜14反射后的第一激光束L1,并将其引导至传输光纤20。第二调节机构17通过改变反射镜的角度,从而改变第一激光束L1相对于传输光纤20的入射位置。由此,能够使第一激光束L1选择性地入射到传输光纤20的第一纤芯21或第二纤芯22中。

[0038] 第三调节机构18例如由双轴MEMS反射镜构成。第三调节机构18进一步反射由第三反射镜15反射后的第二激光束L2,并将其引导至传输光纤20。第三调节机构18通过改变反射镜的角度,从而改变第二激光束L2相对于传输光纤20的入射位置。由此,能够使第二激光束L2选择性地入射到传输光纤20的第一纤芯21或第二纤芯22中。

[0039] 需要说明的是,第一调节机构16、第二调节机构17以及第三调节机构18也可以是采用双轴检流计(检流计式振镜)的结构,以取代双轴MEMS反射镜。

[0040] 光耦合单元10与激光加工头30通过传输光纤20连接。第一激光束L1及第二激光束L2经由传输光纤20传输至激光加工头30。

[0041] 亦如图2所示,传输光纤20具有第一纤芯21、第二纤芯22、第一包层23、第二包层24以及保护被膜25。

[0042] 第一纤芯21布置在传输光纤20的轴心。从轴向看去,第一纤芯21形成为圆形。第一纤芯21例如由石英玻璃形成。

[0043] 在第一纤芯21的外周部设置有第一包层23。第一包层23以与第一纤芯21同轴的方式设置。第一包层23由折射率比第一纤芯21低的材料形成。第一包层23例如由掺氟的石英玻璃制成。第一包层23的折射率比第一纤芯21的折射率低。

[0044] 在第一包层23的外周部设置有第二纤芯22。第二纤芯22以与第一纤芯21同轴的方式设置。从轴向看去,第二纤芯22形成为环状。第二纤芯22由与第一纤芯21相同的材质、例如石英玻璃制成。第二纤芯22的折射率比第一包层23的折射率高。

[0045] 在第二纤芯22的外周部设置有第二包层24。第二包层24以与第一纤芯21及第二纤芯22同轴的方式设置。第二包层24例如由掺氟的石英玻璃制成。第二包层24的折射率比第二纤芯22的折射率低。

[0046] 在第二包层24的外周部设置有保护被膜25。保护被膜25例如由合成树脂制成。保护被膜25对由石英玻璃制成的第一纤芯21、第二纤芯22、第一包层23以及第二包层24进行机械保护。保护被膜25抑制第一激光束L1及第二激光束L2从传输光纤20中漏出、或者光从外部漏进传输光纤20中。

[0047] 如图1所示,激光加工头30将从传输光纤20入射的第一激光束L1及第二激光束L2向工件W射出。在图1所示的例子中,激光束以圆形的第二激光束L2的外周部被环状的第一

激光束L1包围的状态射出。

[0048] 激光加工头30具有准直透镜31、第四反射镜32以及聚光透镜33。

[0049] 准直透镜31对从传输光纤20的射出端射出来的第一激光束L1及第二激光束L2进行准直。

[0050] 第四反射镜32反射由准直透镜31进行准直后的第一激光束L1及第二激光束L2,并将其引导至聚光透镜33。

[0051] 聚光透镜33对第一激光束L1及第二激光束L2进行聚光。由聚光透镜33聚光后的第一激光束L1及第二激光束L2向工件W射出。

[0052] 机器人2具有机器人臂3。在机器人臂3的前端部安装有激光加工头30。机器人臂3具有多个关节部4。

[0053] 机器人2基于来自控制部5的指令使激光加工头30沿着规定的焊接方向(加工方向)移动,来改变激光加工头30相对于工件W的位置。由此,使第一激光束L1及第二激光束L2相对于工件W射出的射出位置进行移动,来进行激光加工。

[0054] 控制部5与光耦合单元10、激光加工头30以及机器人2连接。控制部5对光耦合单元10、激光加工头30以及机器人2的动作进行控制。

[0055] 控制部5不仅具备控制激光加工头30的移动速度的功能,还具备控制第一激光束L1及第二激光束L2开始输出或停止输出、控制第一激光束L1及第二激光束L2的输出强度等的功能。需要说明的是,此处,控制部5构成为具有一个,但也可以构成为具有多个。

[0056] 工件W例如形成为板状。工件W由激光吸收率低的高反射率材料制成。具体而言,如图3所示,激光束的反射率根据工件W的材质而不同。例如,可知:在以波长为800nm以上的长波长的红外激光束为基准的情况下,与铁(Fe)相比,铜(Cu)、铝(Al)、金(Au)、银(Ag)在激光束波长下的反射率(%)较高,换句话说,铜(Cu)、铝(Al)、金(Au)、银(Ag)是激光吸收率低的高反射率材料。另一方面,可知:铁(Fe)相对而言在激光束波长下的反射率(%)较低,换句话说,铁(Fe)是激光吸收率高的低反射率材料。

[0057] 因此,在本实施方式中,用作为激光吸收率低的高反射率材料的铜制成工件W。需要说明的是,也可以用金或银制成工件W。

[0058] <关于在激光起始位置的动作>

[0059] 然而,在作为工件W的焊接起始点的激光起始位置S,在激光启动工序中开始照射激光时,如果对工件W同时射出第一激光束L1及第二激光束L2,则可能会在激光起始位置S发生溅射。

[0060] 鉴于此,在本实施方式的激光加工装置1中,进行了用于抑制在激光启动工序中在激光起始位置S发生溅射的控制。

[0061] 具体而言,激光启动工序如图4所示。像这样,在激光起始位置S,在从开始射出激光束时的时刻T1到时刻T2的期间,控制部5进行第一工序。在第一工序中,控制部5控制光耦合单元10的动作,使得第一激光束L1从第一纤芯21射出。

[0062] 在第一工序中,如图5A所示,控制部5使短波长的第一激光振荡器11工作以使短波长的第一激光束L1射出,另一方面,控制部5使长波长的第二激光振荡器12停止工作。控制部5调节第一调节机构16的反射镜的角度,使由第一反射镜13反射后的第一激光束L1入射到第一纤芯21中,该第一纤芯21构成于传输光纤20的轴心。此外,控制部5调节第二调节机

构17的反射镜的角度,使由第二反射镜14反射后的第一激光束L1入射到传输光纤20的第一纤芯21中。

[0063] 如图5B所示,入射到第一纤芯21中的短波长的第一激光束L1呈圆形对工件W射出。在工件W的激光起始位置S形成有在第一激光束L1的作用下工件W的一部分熔融而成的熔池40。像这样,通过缩小短波长的第一激光束L1的光束直径来提高激光的功率密度并向工件W射出该第一激光束L1,从而能够用较短的时间使激光起始位置S处的由高反射材料形成的工件W熔融。此处,第一激光束L1的输出设定为0.5kW~4kW,优选设定为2kW。

[0064] 如图4所示,在从时刻T2到时刻T3的期间,控制部5进行第四工序。在第四工序中,控制部5控制光耦合单元10的动作,使得第一激光束L1从第一纤芯21及第二纤芯22这两者射出。

[0065] 在第四工序中,如图6A所示,控制部5使短波长的第一激光振荡器11工作以使短波长的第一激光束L1射出,另一方面,控制部5使长波长的第二激光振荡器12停止工作。控制部5调节第一调节机构16的反射镜的角度,使由第一反射镜13反射后的第一激光束L1入射到传输光纤20的第一纤芯21中。此外,控制部5调节第二调节机构17的反射镜的角度,使由第二反射镜14反射后的第一激光束L1入射到第二纤芯22中。

[0066] 如图6B所示,入射到第一纤芯21中的短波长的第一激光束L1呈圆形对工件W射出。入射到第二纤芯22中的短波长的第一激光束L1呈环状对工件W射出。通过将从第一纤芯21及第二纤芯22射出来的第一激光束L1合在一起,从而第四工序中的第一激光束L1的光束直径比第一工序中的第一激光束L1的光束直径(参照图5B)大。在第四工序中,在工件W的激光起始位置S会形成比第一工序时的熔池40更大的熔池40。像这样,通过增大第一激光束L1的光束直径,从而使得激光起始位置S处的第一激光束L1的射出范围扩大,另外,也能够与第一工序相比相对地降低激光的功率密度来对工件W进行预热。

[0067] 如图4所示,在时刻T3,控制部5进行第二工序。在第二工序中,控制部5控制光耦合单元10的动作,使得长波长的第二激光束L2从第一纤芯21射出,另一方面,使得短波长的第一激光束L1从第二纤芯22射出。

[0068] 在第二工序中,如图7A所示,控制部5使短波长的第一激光振荡器11工作以使短波长的第一激光束L1射出,另一方面,控制部5使长波长的第二激光振荡器12工作以使长波长的第二激光束L2射出。

[0069] 控制部5调节第一调节机构16的反射镜的角度,使由第一反射镜13反射后的短波长的第一激光束L1入射到第二纤芯22中,该第二纤芯22与传输光纤20的第一纤芯21同轴且设置在第一纤芯21的外周侧。控制部5调节第二调节机构17的反射镜的角度,使由第二反射镜14反射后的短波长的第一激光束L1入射到传输光纤20的第二纤芯22中。控制部5调节第三调节机构18的反射镜的角度,使由第三反射镜15反射后的长波长的第二激光束L2入射到第一纤芯21中,该第一纤芯21设置于传输光纤20的轴心。

[0070] 在第二工序中,如图7B所示,入射到设置于传输光纤20的轴心的第一纤芯21中的长波长的第二激光束L2呈圆形地对工件W射出。入射到第二纤芯22中的短波长的第一激光束L1呈环状地对工件W射出。在工件W的激光起始位置S形成有在长波长的第二激光束L2的高输出的作用下熔化量变大的熔池40。此处,第二激光束L2的输出例如设定为4kW。

[0071] 像这样,在第一工序、第四工序中,对于由高反射材料形成的工件W,缩小短波长的

第一激光束L1的光束直径,形成由工件W的一部分熔融而形成的熔池40,接下来,增大第一激光束L1的光束直径,相对地降低激光的功率密度来促进工件w的预热。然后,在高反射材料形成的工件W的表面的激光吸收率因为由熔融金属形成的熔池40而相对地提高了的状态下,在第二工序中,对工件W的熔池40射出长波长的第二激光束L2,并在其外周呈环状射出短波长的第一激光束L1,形成熔化量变大的熔池40。

[0072] 由此,在使熔化量变大的同时,还使形成于熔池40的未图示的小孔的开口周缘的倾斜部扩大以使得小孔的开口扩大,促进小孔内的熔融金属所产生的蒸气稳定地排出,来抑制小孔塌陷,从而能够抑制在激光启动工序中在激光起始位置S发生溅射,能够提高工件W的加工质量。

[0073] 另外,通过在从第一纤芯21射出的长波长的第二激光束L2的周围射出通过第二纤芯22而成为环状的短波长的第一激光束L1,从而能够一边对第二激光束L2的前方进行预热,一边清洁第二激光束L2的后方的加工表面。

[0074] 如图4所示,在从时刻T3到时刻T4的期间,控制部5进行第三工序。在第三工序中,控制部5控制光耦合单元10的动作,使得长波长的第二激光束L2从设置于传输光纤20的轴心的第一纤芯21射出,另一方面,使得短波长的第一激光束L1从设置于第一纤芯21的外周的第二纤芯22射出。另外,控制部5一边使激光加工头30沿焊接方向移动,一边逐渐增大从设置于传输光纤20的轴心的第一纤芯21射出的长波长的第二激光束L2的输出。

[0075] 在第三工序中,如图8A所示,控制部5使第一激光振荡器11工作以使第一激光束L1射出,另一方面,控制部5使第二激光振荡器12工作以使第二激光束L2射出。

[0076] 控制部5调节第一调节机构16的反射镜的角度,使由第一反射镜13反射后的短波长的第一激光束L1入射到第二纤芯22中,该第二纤芯22与传输光纤20的第一纤芯21同轴且设置在第一纤芯21的外周侧。控制部5调节第二调节机构17的反射镜的角度,使由第二反射镜14反射后的短波长的第一激光束L1入射到传输光纤20的第二纤芯22中。控制部5调节第三调节机构18的反射镜的角度,使由第三反射镜15反射后的长波长的第二激光束L2入射到传输光纤20的第一纤芯21中。

[0077] 在第三工序中,如图8B所示,入射到设置于传输光纤20的轴心的第一纤芯21中的长波长的第二激光束L2呈圆形地对工件W射出。入射到第二纤芯22中的短波长的第一激光束L1呈环状地对工件W射出。控制部5控制第二激光振荡器12的动作,增大入射到第一纤芯21中的长波长的第二激光束L2的输出。此处,第二激光束L2的输出例如设定为10kW。

[0078] 具体而言,如图4所示,时刻T4的第二激光束L2的输出比时刻T3的第二激光束L2的输出大。因此,相比于时刻T3的激光束的总输出P1,时刻T4的激光束的总输出P2更大。控制部5控制第二激光振荡器12的动作,使得激光束的总输出在从时刻T3直到时刻T4的期间从P1逐渐变化到P2。在工件W上,在短波长的第一激光束L1及长波长的第二激光束L2相对于工件W射出的射出位置形成熔池40。在工件W上的比熔池40靠焊接方向的后方,通过熔池40凝固而形成焊缝41。

[0079] 像这样,在激光启动工序的第三工序中,通过一边使激光加工头30沿焊接方向移动一边逐渐增大激光束的输出,从而能够抑制在激光起始位置S发生溅射,并且能够充分地确保工件W的熔深。

[0080] 《其他实施方式》

[0081] 上述实施方式也可以采用以下结构。

[0082] 在本实施方式中,在从时刻T1到时刻T2的期间,进行使短波长的第一激光束L1从第一纤芯21射出的第一工序;在从时刻T2到时刻T3的期间,进行使短波长的第一激光束L1从第一纤芯21及第二纤芯22射出的第四工序;在时刻T3,进行使短波长的第一激光束L1从第二纤芯22射出而使长波长的第二激光束L2从第一纤芯21射出的第二工序;在从时刻T3到时刻T4的期间,进行一边使第一激光束L1及第二激光束L2相对于工件W射出的射出位置沿激光加工方向移动,一边逐渐增大从第一纤芯21射出的第二激光束L2的输出的第三工序,但不限于该形态。

[0083] 例如,也可以在第一工序后,并不进行第四工序而是进行第二工序。也就是说,也可以在从时刻T1到时刻T3的期间进行第一工序,在时刻T3进行第二工序,在从时刻T3到时刻T4的期间进行第三工序。

[0084] 在本实施方式中,是利用机器人2使激光加工头30移动来改变激光加工头30相对于工件W的位置的,但不限于该形态。例如,也可以是将工件W搭载在移动工作台(省略图示)上,使工件W相对于激光加工头30进行相对移动的结构。

[0085] 另外,也可以是使激光加工头30和搭载有工件W的移动工作台相对移动,使第一激光束L1及第二激光束L2相对于工件W相对移动来进行加工的结构。

[0086] 在本实施方式中,对从一个激光加工头30射出短波长的第一激光束L1及长波长的第二激光束L2的形态进行了说明,但不限于该形态。例如,也可以是分别设置射出短波长的第一激光束L1的激光加工头和射出长波长的第二激光束L2的激光加工头的结构。

[0087] -产业实用性-

[0088] 综上所述,本发明能够获得可抑制在激光起始位置发生溅射这一实用性高的技术效果,因此非常有用,具有很高的产业实用性。

[0089] -符号说明-

- [0090] 1 激光加工装置
- [0091] 2 机器人
- [0092] 5 控制部
- [0093] 11 第一激光振荡器
- [0094] 12 第二激光振荡器
- [0095] 16 第一调节机构
- [0096] 17 第二调节机构
- [0097] 18 第三调节机构
- [0098] 20 传输光纤
- [0099] 21 第一纤芯
- [0100] 22 第二纤芯
- [0101] L1 第一激光束
- [0102] L2 第二激光束
- [0103] W 工件。

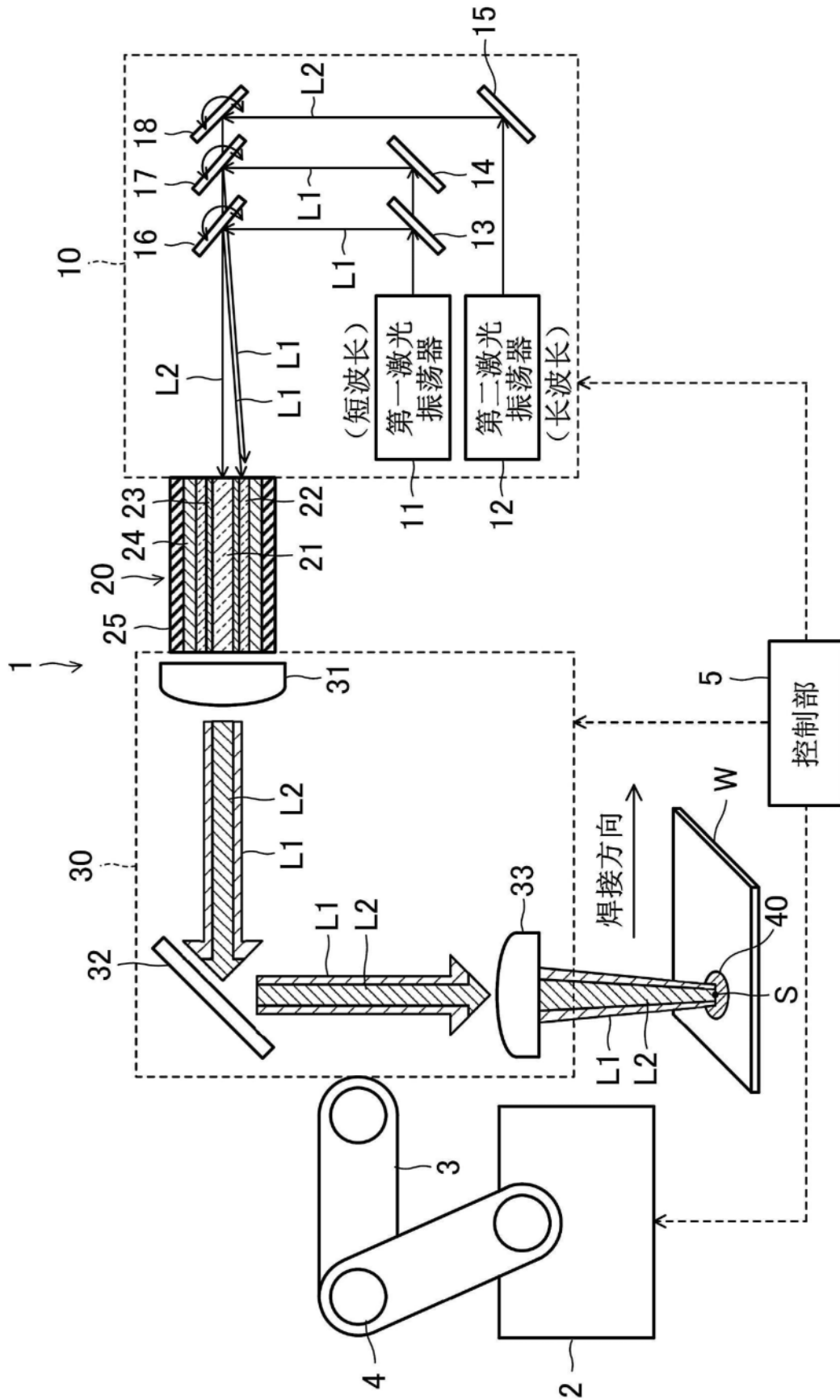


图1

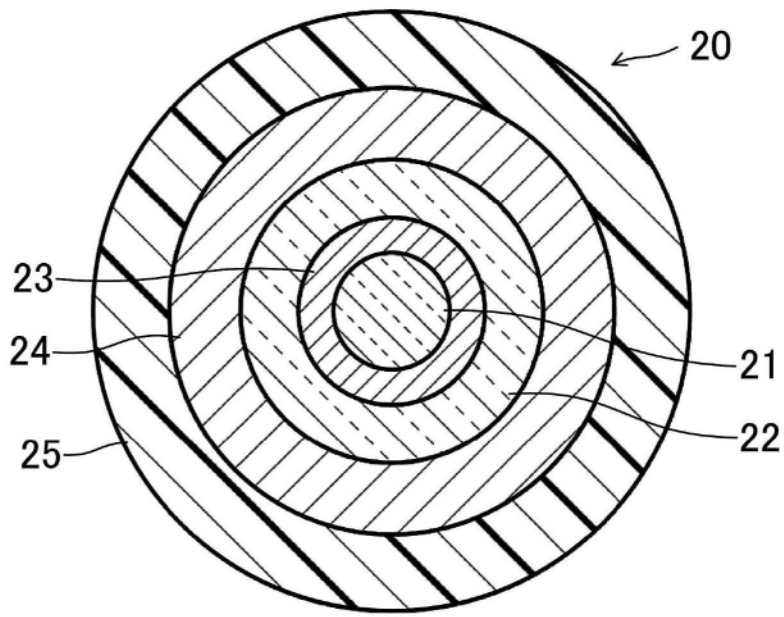


图2

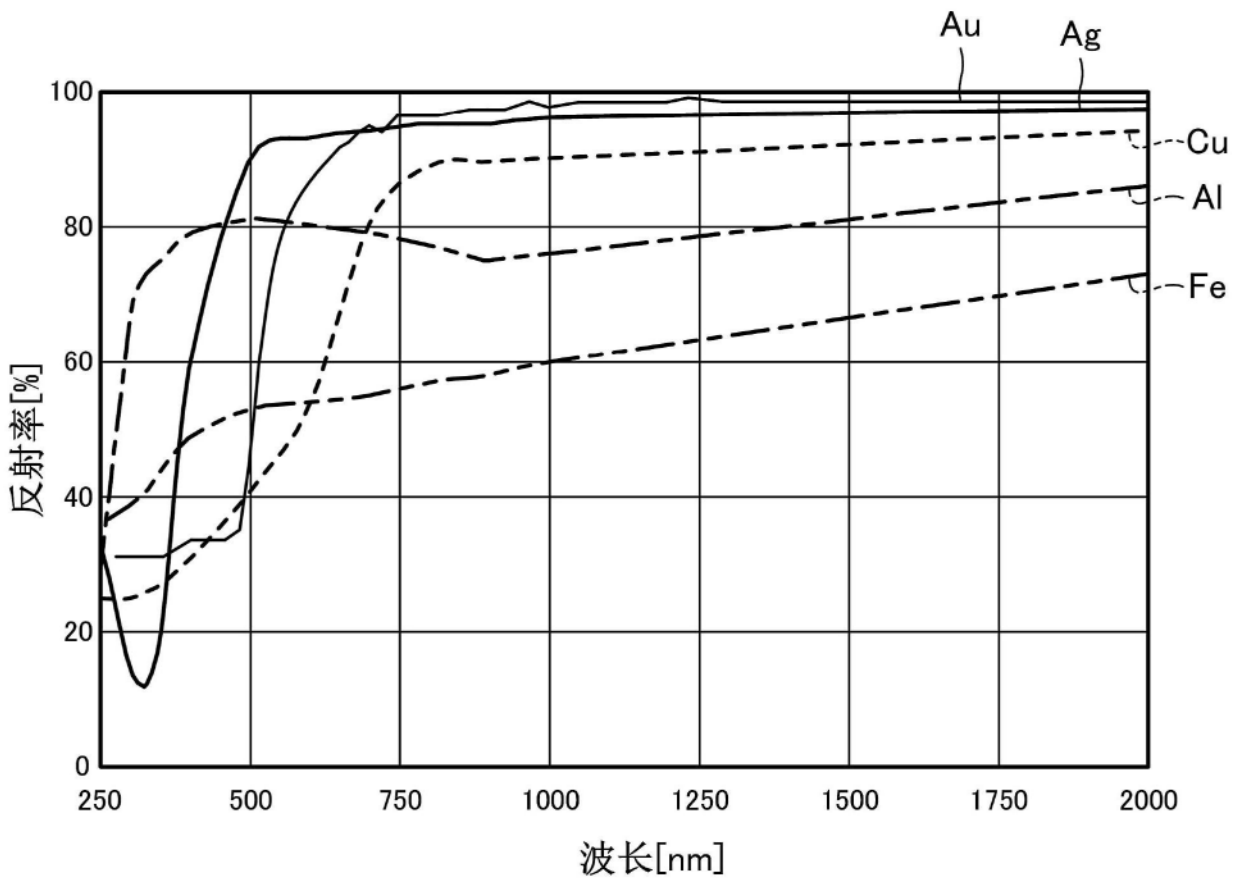


图3

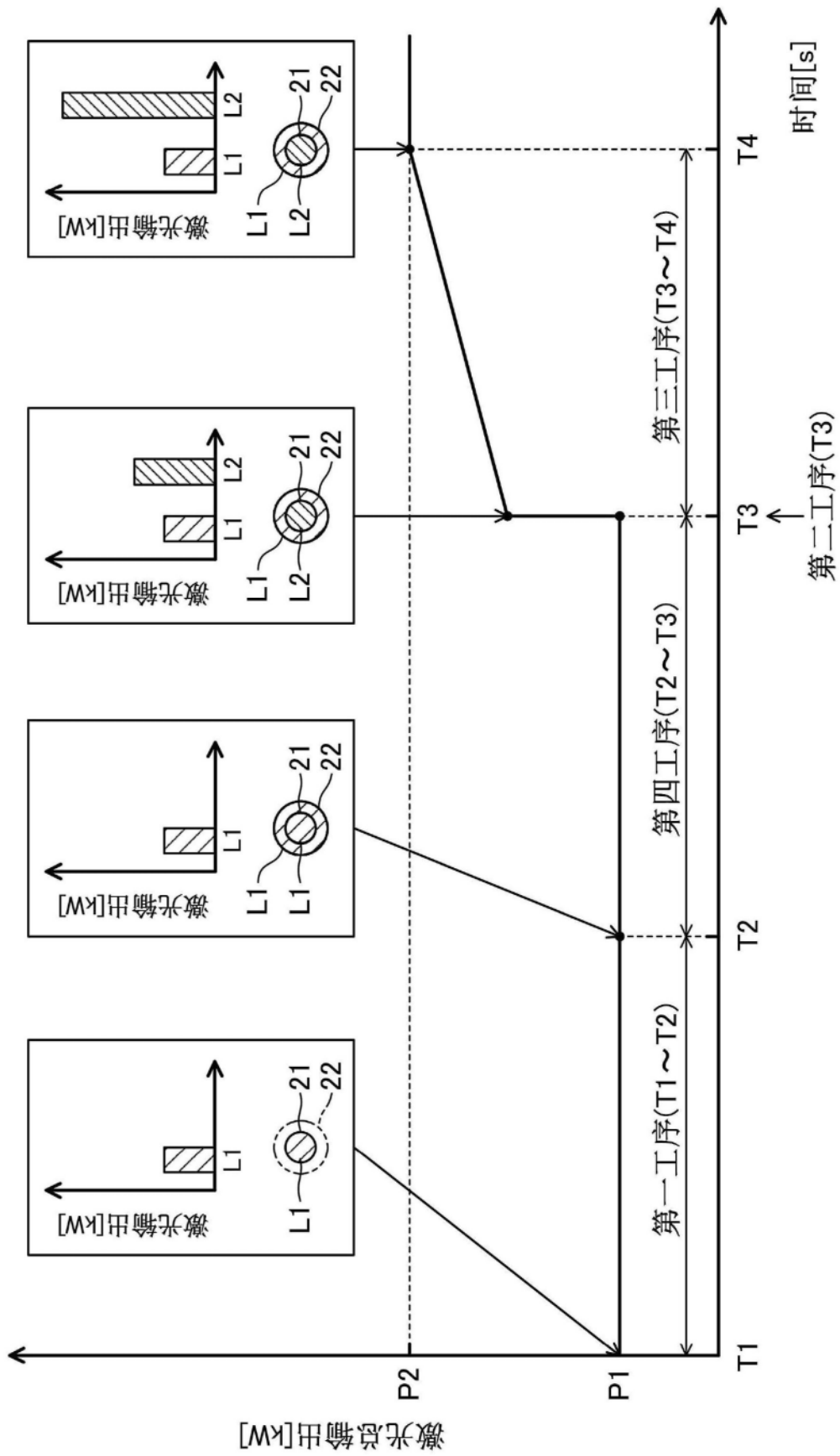


图4

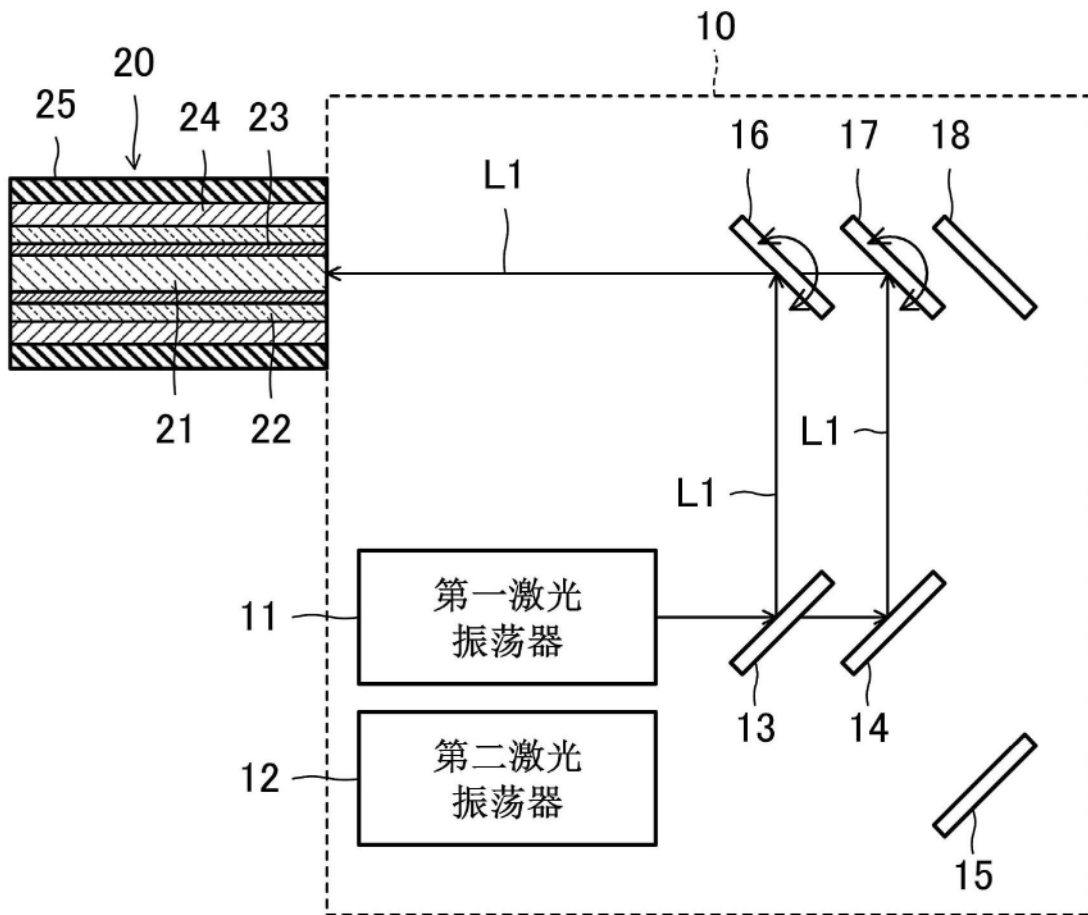


图5A

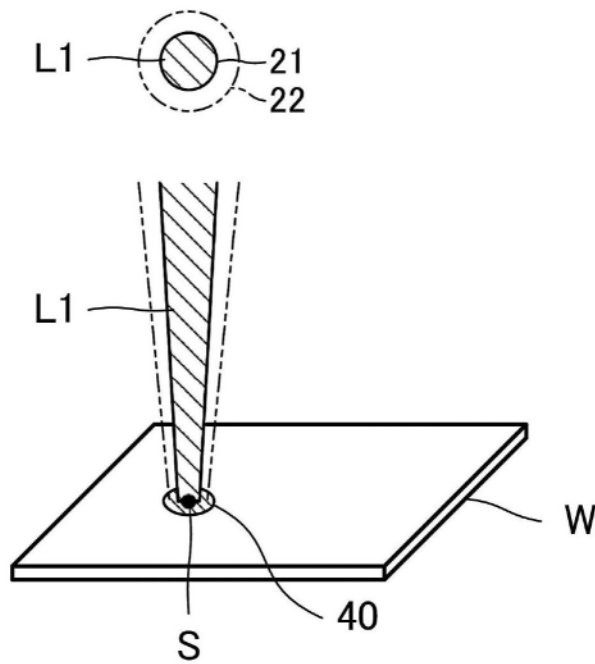


图5B

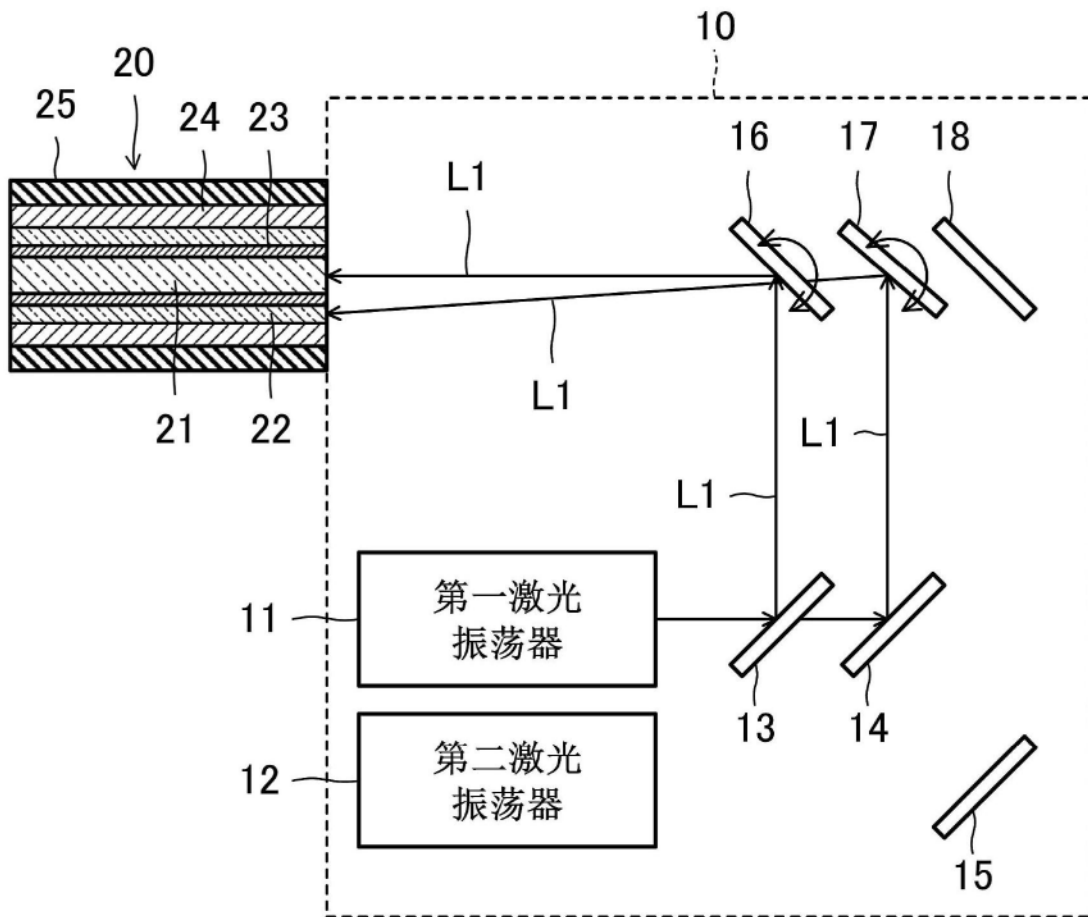


图6A

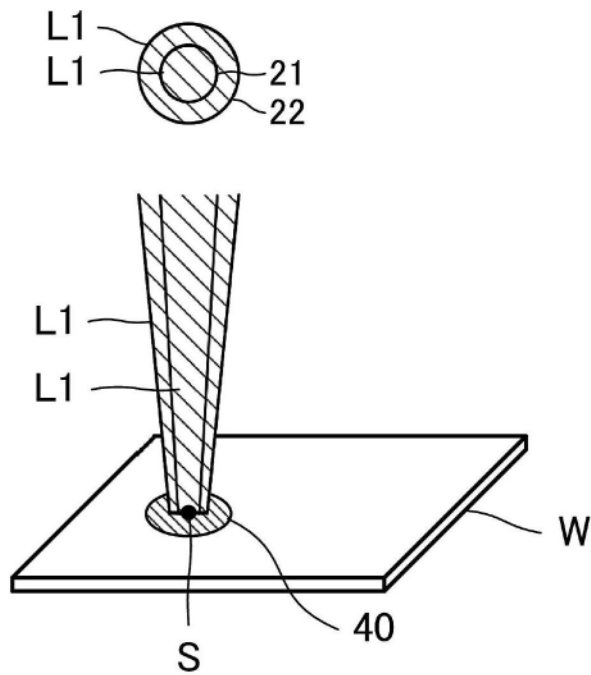


图6B

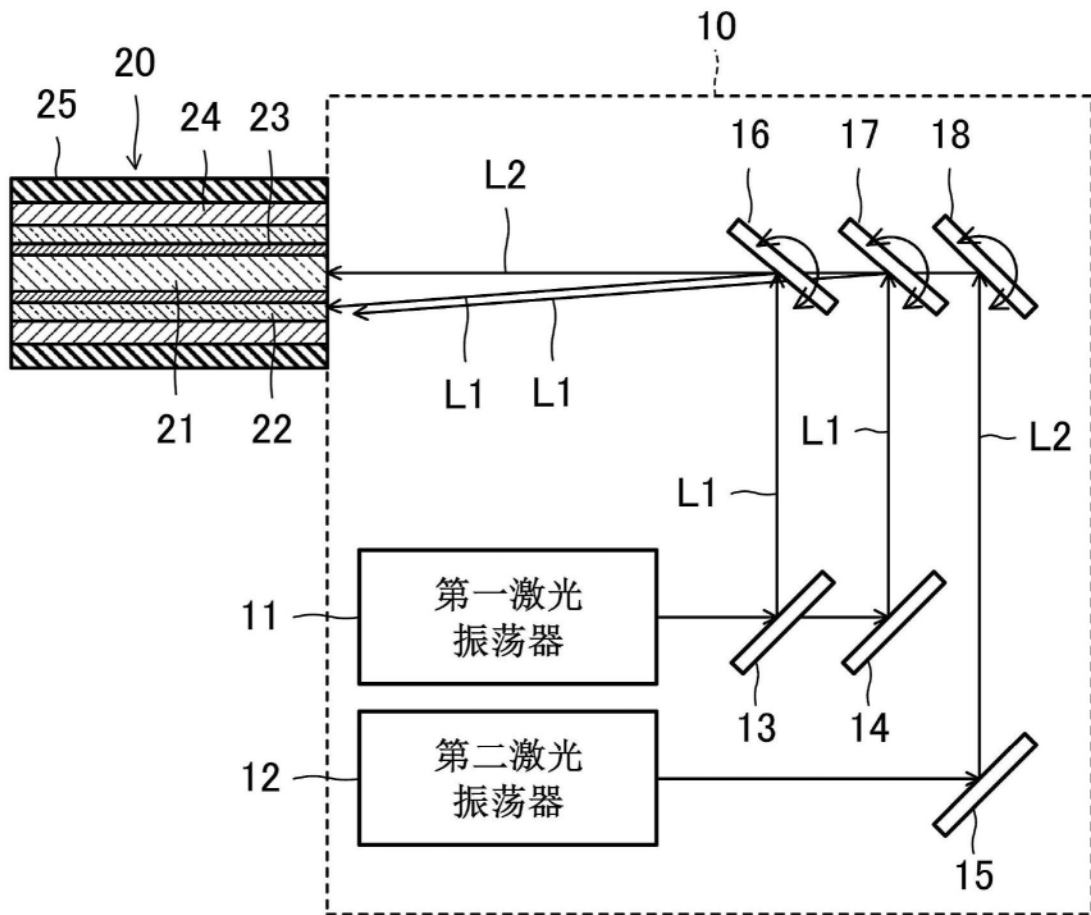


图7A

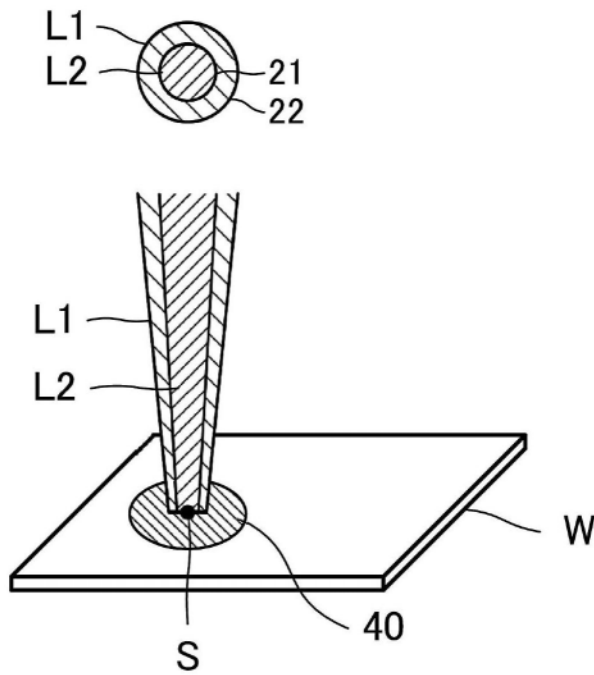


图7B

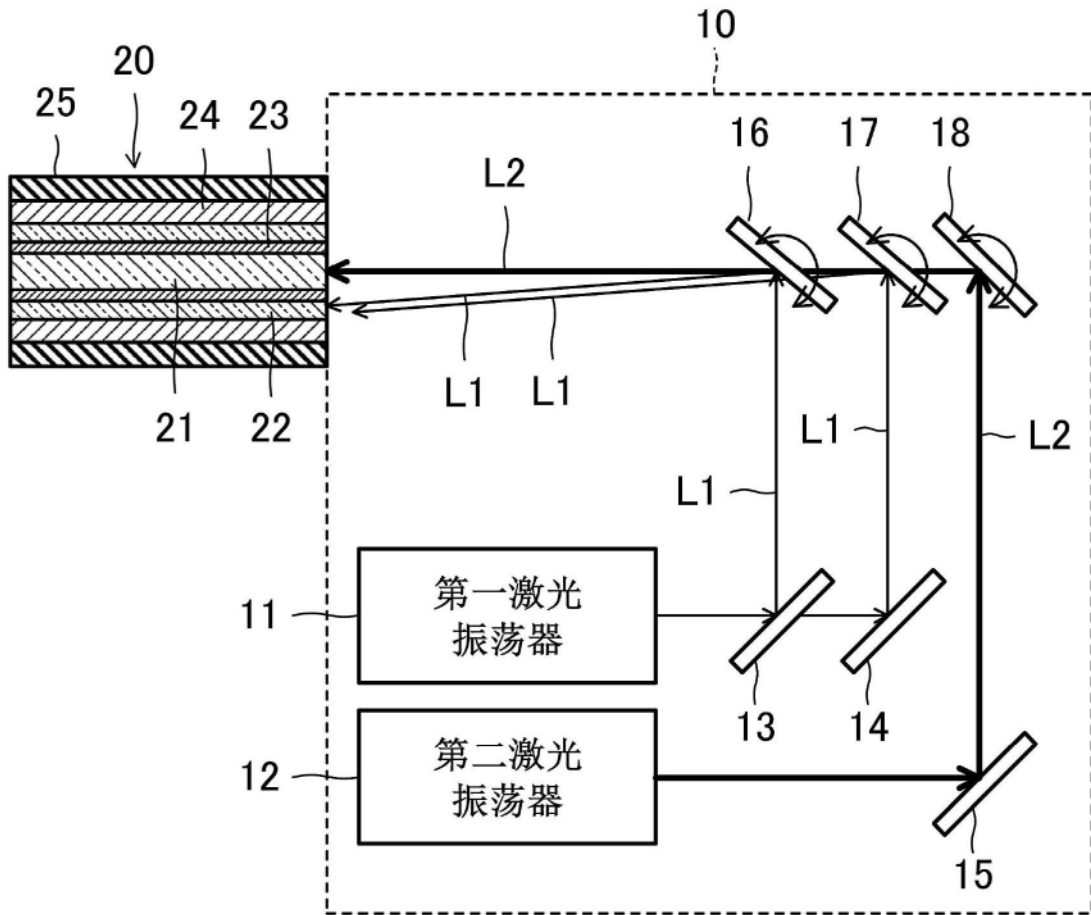


图8A

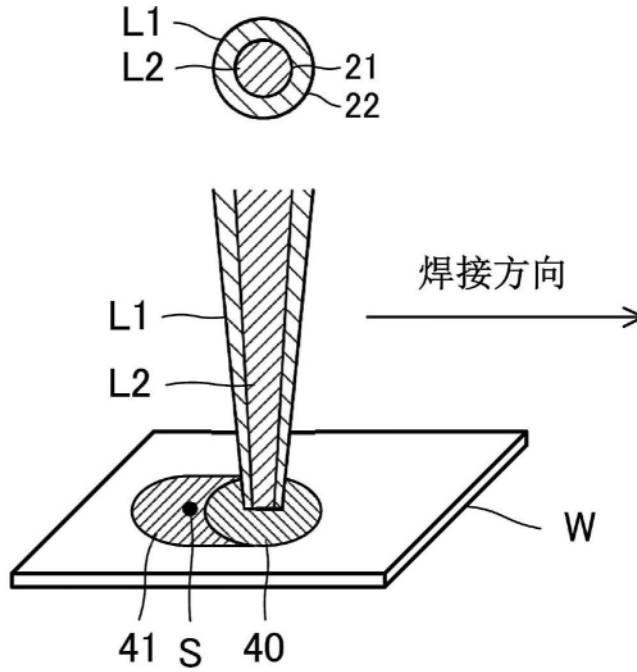


图8B