



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02802979.8

[45] 授权公告日 2005 年 12 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1232380C

[22] 申请日 2002.3.28 [21] 申请号 02802979.8

[86] 国际申请 PCT/JP2002/003088 2002.3.28

[87] 国际公布 WO2003/082510 日 2003.10.9

[85] 进入国家阶段日期 2003.5.22

[71] 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 井嶋健一 黑岩忠

审查员 王 伟

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

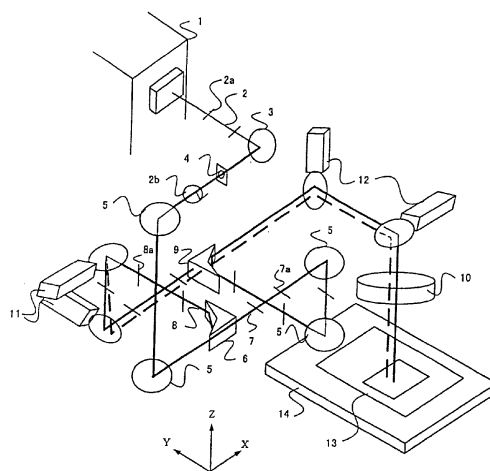
代理人 包于俊

权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 7 页

[54] 发明名称 激光加工装置

[57] 摘要

激光加工装置将 1 束激光利用第 1 偏振光装置分光为 2 束激光，1 束经过反射镜，另 1 束利用第 1 电流计扫描器在 2 个轴方向进行扫描，将 2 束激光引向第 2 偏振光装置后，用第 2 电流计扫描器进行扫描，对被加工物体进行加工，在所述激光加工装置中，用第 1 偏振光装置透射的激光用第 2 偏激光装置反射、用第 1 偏振光装置反射的激光用第 2 偏振光装置透射地构成光路。



1. 一种激光加工装置，是将 1 束激光利用第 1 偏振光装置分光为 2 束激光，1 束经过反射镜，另 1 束利用第 1 电流计扫描器在 2 个轴方向进行扫描，将 2 束激光引向第 2 偏振装置后，用第 2 电流计扫描器进行扫描，对被加工物体进行加工，其特征在于，

用第 1 偏振光装置透射的激光用第 2 偏振光装置反射、用第 1 偏振光装置反射的激光用第 2 偏振光装置透射地构成光路。

2. 如权利要求 1 所述的激光加工装置，其特征在于，

配置成 2 个偏振装置的反射面互相相对，形成分光后的各激光的光路长度分别相同的光路。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的激光加工装置，其特征在于，

在第 1 偏振装置的前面，配置角度能够调节的第 3 偏振角调整用偏振光装置。

4. 如权利要求 3 所述的激光加工装置，其特征在于，

设置能够测量激光能量的传感器，测量 2 束激光的能量，并且所述第 3 偏振角调整用偏振光装置的角度调整成以所希望比例的能量取出 2 束激光。

---

## 激光加工装置

### 技术领域

本发明涉及对印制电路板等被加工物体进行打孔加工为主要目的的激光加工装置，是谋求提高其生产率的激光加工装置。

### 背景技术

图6所示为以往的一般打孔用激光加工装置的简要构成图。

在图中，31为印制电路板等被加工物体，32为对被加工物体31进行例如辅助孔及通孔等打孔加工等用的激光，33为产生激光32的激光振荡器，34为使激光32反射而引导光路的多个反射镜，35及36为将激光32扫描用的电流计扫描器，37为使激光32聚焦在被加工物体31上用的 $f\theta$ 透镜，38为使被加工物体31移动用的XY平台。

在一般的打孔加工用激光加工装置中，由激光振荡器33激振的激光32，经过必需的遮光板及反射镜34，引向电流计扫描器35及36，通过控制电流计扫描器35及36的偏转角，利用 $f\theta$ 透镜37，将激光32聚焦在被加工物体31的规定位置。

另外，通过 $f\theta$ 透镜37的电流计扫描器35及36的偏转角，由于例如有50mm见方的界限，因此利用激光32对被加工物体31的规定位置进行聚焦，再通过控制XY平台38，就能够在大范围内对被加工物体进行加工。

一般，激光加工装置的生产率与电流计扫描器35及36的驱动速度和 $f\theta$ 透镜37的加工区域有密切的关系。

另外，在维持加工范围不变的情况下，要减小电流计扫描器的偏转角，虽然能够通过改变 $f\theta$ 透镜与电流计扫描器的位置关系等来改变光学设计，但设计最需要时间，并且必须改变非常昂贵的 $f\theta$ 透镜的规格及整个光学系统的设计，因此难以用单束激光以廉价又简单的方法提高生产率。

作为以提高前述方式的生产率为目的的激光加工装置，例如有日本专利特开平11-314188号公报所揭示的装置。

图 7 为特开平 11-314188 号公报所示的激光加工装置的简要构成图。

在图中, 39 为被加工物体, 40 为遮光板, 41 为将激光进行分光用的半透明反射镜, 42 为二向色反射镜, 43a 为由半透明反射镜反射的激光, 43b 为透过半透明反射镜并用二向色反射镜反射的激光, 44 及 45 为反射镜, 46 为使激光 43a 及 43b 聚焦在被加工物体 39 上用的  $f\theta$  透镜, 47 及 48 为将激光 43a 引向加工区域 A1 用的电流计扫描器, 49 及 50 为将激光 43b 引向加工区域 A2 用的电流计扫描器, 51 为使被加工物体的各部分移动至加工区域 A1 或 A2 用的 XY 平台。

图 7 所示的激光加工装置, 是将通过遮光板 40 的激光经过半透明反射镜 41 分光为多束激光, 并将分光后的激光 43a 及 43b 分别引向配置在  $f\theta$  透镜 46 的入射侧的多个电流计扫描器系统, 利用该多个电流计扫描器系统进行扫描, 通过这样能够照向分开设定的加工区 A1 及 A2。

另外, 分光后的激光 43a 经过第 1 电流计扫描器系统 47 及 48, 引入  $f\theta$  透镜 46 的一半区域。

而分光后的另一激光 43b 经过第 2 电流计扫描器系统 49 及 50, 引入  $f\theta$  透镜 46 剩下的另一半区域, 第 1 及第 2 电流计扫描器系统相对于  $f\theta$  透镜 46 的中心轴对称配置, 通过这样能够同时各利用  $1/2$  的  $f\theta$  透镜 46, 提高生产率。

但是, 在特开平 11-314188 号公报所揭示的装置中, 由于其构成是将经过半透明反射镜 41 分光为多束的激光分别利用第 1 电流计扫描器系统 47 及 48 和第 2 电流计扫描器系统 49 及 50 进行扫描, 照向分开设定的加工区 A1 及 A2, 因此在利用半透明反射镜 41 分光的激光 43a 与 43b 之间, 由于通过半透明反射镜 41 进行反射与透射的判别, 容易产生激光质量的差异, 另外在分光能量不同时为了使能量相同, 必须采用更昂贵的光学零部件。

另外, 在图 7 所示的光路构成中还存在下述的问题, 即分光后的激光 43a 与 43b 在通过遮光板 40 后到照向被加工物体 39 为止的光路长度不同, 在被加工物体 39 上严格讲光束点的直径也不相同。

再有, 由于将  $f\theta$  透镜 46 等分割, 对分开设定的加工区 A1 及 A2 同时进行加工, 因此在加工区 A1 与 A2 的加工孔数有很大差别时, 另外在工件端部等加工区 A1 及 A2 中某一个区没有加工对象孔时, 不能指望提高生产率。

## 发明内容

本发明是为解决上述问题提出的，其目的在于提供一种激光加工装置，该激光加工装置能使分光后的激光能量及质量的差异最小，通过使各自的光路长度相等，使光束点的直径也相同，另外通过使分光后的激光照向同一区域，能够以更廉价的方法提高生产率。

另外，本发明的目的在于提供能够通过简单的调整使分光后的激光能量均匀、能够使加工性能更稳定的激光加工装置。

为了达到该目的，根据第1观点，激光加工装置将1束激光利用第1偏振光装置分光为2束激光，1束经过反射镜，另1束利用第1电流计扫描器在2个轴方向进行扫描，将2束激光引向第2偏振光装置后，用第2电流计扫描器进行扫描，对被加工物体进行加工，在这种激光加工装置中，用第1偏振光装置透射的激光用第2偏振光装置反射、用第1偏振光装置反射的激光用第2偏振光装置透射地构成光路。

另外，配置成2个偏振光装置的反射面互相相对，形成分光后的各激光的光路长度分别相同的光路。

另外，在第1偏振光装置的前面配置角度能够调节的第3偏振角调整用偏振光装置。

再有，设置能够测量激光能量的传感器，测量2束激光的能量，并调整第3偏振角调整用偏振光装置的角度，以便以所希望比例的能量取出2束激光。

## 附图说明

图1所示为本实施形态的激光加工机的简要构成图。

图2为偏振光分束器的分光模式图。

图3所示为其它实施形态的激光加工机的简要光路构成图。

图4为偏振角调整用偏振光分束器部分的放大图。

图5为偏振角调整用偏振光分束器的自动调整程序流程图。

图6所示为以往的一般打孔用激光加工机的简要构成图。

图7所示为以往的以提高生产率为目的的打孔用激光加工机的简要构成图。

## 具体实施方式

### 实施形态 1

图 1 所示为将 1 束激光利用分光用偏振光分束器分光为 2 束激光、并通过将 2 束激光独立进行扫描能够对 2 个地方同时进行加工的打孔用激光加工装置的简要构成图。

在图中，1 为激光振荡器，2 为激光，2a 为入射延迟片 3 前的激光 2 的偏振方向，2b 为用延迟片 3 反射后的激光 2 的偏振方向，3 为将直线偏振光的激光变为圆偏振光的延迟片，4 为要使加工孔形成所希望的大小及形状而从入射的激光取出所需要部分的激光的遮光板，5 为将激光 2 反射沿光路引导的多个反射镜，6 为将激光 2 分光为 2 束激光的第 1 偏振光分束器，7 为用第 1 偏振光分束器 6 分光的 1 束激光，7a 为激光 7 的偏振方向，8 为用第 1 偏振光分束器分束的另 1 束激光，8a 为激光 8 的偏振方向，9 为将激光 7 及激光 8 引向电流计扫描器 12 用的第 2 偏振光分束器，10 为使激光 7 及 8 聚焦在被加工物体 13 上用的  $f\theta$  透镜，11 为将激光 8 在 2 个轴方向扫描并引向第 2 偏振光分束器用的第 1 电流计扫描器，12 为将激光 7 及激光 8 在 2 个轴方向扫描并引向被加工物体 13 用的第 2 电流计扫描器，13 为被加工物体，14 为使被加工物体 13 移动用的 XY 平台。

下面说明本实施形态的详细动作过程。

如本实施形态所示，将 1 束激光利用分光用偏振光分束器分光为 2 束激光，并将 2 束激光独立进行扫描，通过这样能够对 2 个地方同时进行加工，在这样的打孔加工用激光加工装置中，由激光振荡器以直线偏振光激振的激光 2，利用在光路途中配置的延迟片 3，变为圆偏振光，再经过遮光板 4 及反射镜 5，引向第 1 偏振光分束器 6。然后，利用第 1 偏振光分束器 6，以圆偏振光入射的激光 2 的 P 波分量透过偏振光分束器 6，形成激光 7，S 波分量由偏振光分束器 6 反射，分光成为激光 8。

另外，由于圆偏振光在所有方向都具有均匀的偏振光分量，因此进行分光使激光 7 与激光 8 具有相同的能量。

透过第 1 偏振光分束器 6 的激光 7，经过弯曲反射镜 5，引向第 2 偏振光分束器 9。

另一方向，用第 1 分束器 6 反射的激光 8，利用第 1 电流计扫描器 11 在 2 个轴方向进行扫描后，引向第 2 偏振光分束器 9。

另外，激光 7 总是以相同的位置引向第 2 偏振光分束器 9，而激光 8 通过控制第 1 电流计扫描器 11 的偏转角，能够调整入射至第 2 偏振光分束器 9 的位置及角度。

然后，激光 7 及 8 利用第 2 电流计扫描器 12 在 2 个轴方向扫描后，引向  $f\theta$  透镜 10，分别聚焦在被加工物体 13 的规定位置。

这时，通过将第 1 电流计扫描器 11 进行扫描，激光 8 在被加工物体 13 上能够与激光 7 照射在同一位置。

另外，能够在预先设定的范围内，相对于激光 7 的任意位置，例如考虑到通过将电流计扫描器 11 进行扫描，激光 8 的以激光 7 为中心的分束器窗口特性，可在 4mm 见方范围内进行扫描，同时通过例如在 50mm 见方的能够加工范围内偏转的第 2 电流计扫描器 12，将激光照射在被加工物体 13 上的任意不同的 2 点。

另外，在本实施形态中是这样构成的，即在第 1 偏振光分束器 6 反射的激光 8 透过第 2 偏振光分束器 9，而透过第 1 偏振光分束器 6 的激光 7 在第 2 偏振光分束器 9 反射。

因此，分光的 2 束激光分别经过反射及透射这两个过程，所以能够抵消因反射与透射的不同而引起的激光质量的差异及能量的不均衡。

这里，利用激光 7 及激光 8 对被加工物体 13 进行加工的加工孔的质量与激光的能量有很大的关系。

在用激光 7 及激光 8 对被加工物体 13 加工相同质量的孔时，必须使激光 7 与激光 8 的能量相等。

因此，在本实施形态中，采用将激光 2 分光为激光 7 及激光 8 的第 1 偏振光分束器 6，通过使 P 波透射，使 S 波反射，分光为 2 束激光光束。

另外，对于第 1 偏振光分光束 6，必须使具有均匀的 P 波及 S 波分量的激光入射。

图 2 的中间所示为第 1 偏振光分束器 6 的正视图，在其左右所示为侧视图，在其上部所示为顶视图。

在图中，61 为偏振光分束器的窗口部分，在二氧化碳激光的情况下，使用 ZnSe 或 Ge。62 为将窗口部分 61 反射的激光折向  $90^\circ$  用的反射镜。

入射至偏振光分束器 6 的激光，其偏振方向 7a 的分量（P 波分量）具有透射性质，其偏振方向 8a 的分量（S 波分量）具有反射性质。

顺便说一下，P波及S波的偏振方向是直线前进方向。

因此，若入射激光的偏振方向与偏振方向7a（P波分量）相同，则全部透射；若与偏振方向8a（S波分量）相同，则全部反射。

另外，若是所有偏振方向均匀存在的圆偏振光或P波及S波是形成45°角度的偏振方向，则激光被等分，激光7与激光8的能量相等。

在本实施形态中，由于如图1所示配置2个偏振光分束器，通过这样使第1偏振光分束器6至第2偏振光分束器9之间的激光8与7的光路长度相等，因此能够使分光后的2束激光的光束点直径相同。

例如，在本发明的实施形态中，即使将光路沿X、Y、Z的方向分解，各自也形成相同的光路长度，因此即使改变光路构成要素的大小设计，也能够通过将光路沿X、Y、Z的方向伸缩，能够使激光8与7的光路长度保持相等的情况不变。

## 实施形态2

在上述实施形态1中，由激光振荡器1激振的激光2，必须对延迟片3以入射光与反射光形成90°角度入射，另外激光2的偏振方向2a，必须对延迟片3以相对于入射光轴与反射光轴作为2边的平面与延迟片3的反射面的交线为45°角度入射。

这里，假设相对于延迟片3的激光2入射的偏振方向及光轴角度的调整不够，则圆偏振率下降，入射至第1偏振光分束器6的激光2的P波分量与S波分量不均匀，激光7与激光8的能量不均匀，激光2在入射至延迟片3时的偏振方向及光轴角度的调整，由于偏振方向用眼睛看不见，在二氧化碳激光那样不是可见光的情况下，光轴角度也不能目测，因此还存在下述的情况，即若测量圆偏振率不准确，则必须反复进行角度调整，这是非常烦琐的作业。

另外，在使激光2形成圆偏振光2b之后，在入射至第1偏振光分束器6之前，利用多个反射镜5进行反射，在用反射镜5进行反射时，有的情况下圆偏振率也下降。

因此，在本实施形态中，不使用圆偏振光，而使用以直线偏振激振的激光，下面说明这种情况。

图3所示为本发明实施形态的激光加工装置的简要构成图。

在图中，2c为入射至第3偏振分束器15之前的激光2的偏振方向，2d为



透过第3偏振光分束器15之后的激光2的偏振方向，15为调整激光2的偏振方向用的第3偏振光分束器，16为测量从 $f\theta$ 透镜出射的激光能量的功率传感器，17为遮住激光7的第1光闸，18为遮住激光8的第2光闸。功率传感器16固定在XY平台14上，在测量激光能量时，功率传感器16能够移动至激光可照射功率传感器16的受光部分的位置。

另外，其它相同符号与实施形态1中所示的图1相同，因此省略其说明。

图4为图3所示的第3偏振光分束器15的详细说明图。

在图中，20为伺服电动机，21为固定第2偏振光分束器15及伺服电动机20的支架，22为将伺服电动机20的驱动力传递给第3偏振光分束器15的同步齿型带，23为安装在伺服电动机20上的将伺服电动机20的驱动力传递给伺服同步齿型带22的第1皮带轮，24为安装在第3偏振光分束器15的利用同步齿型带22旋转的第2皮带轮，25为阻挡用第3偏振光分束器15反射的激光2的S波分量的挡板。

激光2由激光振荡器1以直线偏振光2a激振，用反射镜5反射，引向第3偏振光分束器15。

激光2的P波分量透过第3偏振光分束器15，改变偏振方向为具有与直线偏振光2c不同角度的直线偏振光2d，引向遮光板4。

另外，激光2的S波分量用第3偏振光分束器15反射，被挡板25吸收。

在遮光板4中仅所希望部分透过的激光2用反射镜5反射，引向第1偏振光分束器6。

在第1偏振光分束器6中，激光的P波分量透过第1偏振光分束器6（激光7），S波分量用第1偏振光分束器6反射（激光8）。

激光7用反射镜5反射，被相用第2偏振光分束器9之后，被引向第2电流计扫描器12，沿X方向及Y方向进行扫描，用 $f\theta$ 透镜10进行聚焦，对安装在XY平台14上的被加工物体13进行加工。

另一方面，激光8用第1电流计扫描器11沿X方向及Y方向进行扫描，被引向第2偏振光分束器9。

然后，用第2电流计扫描器12再一次沿X方向及Y方向进行扫描之后，用 $f\theta$ 透镜10进行聚焦，对安装在XY平台14上的被加工物体13进行加工。

为了改变激光7与激光8的能量均衡，只要改变入射至第1偏振光分束器6的P波分量与S波分量的比例即可，在对第1偏振光分束器6入射直线偏振

光的激光时，只要改变入射激光 2 的偏振角度  $2d$  即可。顺便说一下，若去掉第 1 偏振光分束器 6 的损耗及制造误差等，使得与 P 波相同偏振方向的激光 2 入射，则全部形成激光 7 透过，而使得与 S 波相同偏振方向的激光 2 入射，则全部形成激光 8 反射。

为了使分光的激光 7 与激光 8 的能量相等，只要以相对于 P 波及 S 波为  $45^\circ$  的偏振角使激光 2 入射即可。

由于激光 2 在由激光振荡器 1 激振时的偏振角  $2c$  取决于激光振荡器 1 的光学结构，因此偏振光不容易改变。

但是，若使激光 2 通过第 3 偏振光分束器 15，则由于仅 P 波分量通过，而 S 波分量反射，因此通过改变第 3 偏振光分束器 15 的角度，就能够很容易改变激光 2 的偏振角  $2c$ 。

即，若使分光的激光 7 与激光 8 的能量相等，则只要调整第 3 偏振光分束器 15 的角度，使得对第 1 偏振光分束器 6，激光 2 相对于 P 波及 S 波以偏振角  $2d$  形成  $45^\circ$  角度入射即可。

关于第 3 偏振光分束器 15 的角度调整机构如图 4 所示。

第 3 偏振光分束器 15 固定在支架 21 上，使其能够以激光 2 的光轴为中心旋转，另外固定第 2 皮带轮 24，使其与第 3 偏振光分束器 15 一起旋转。

另外，安装有第 1 皮带轮 23 的伺服电动机 20 也固定在支架 21 上，固定在第 3 偏振光分束器 15 上的第 2 皮带轮 24 与固定在伺服电动机 20 上的第 1 皮带轮 23 用同步齿带 22 连接。

根据未图示的控制装置发出的信号，伺服电动机 20 旋转，则通过同步齿型带 22 将驱动力传递给第 3 偏振光分束器 15，第 3 偏振光分束器 15 的角度变化。另外，用第 3 偏振光分束器 15 反射的激光 2 的 S 波分量用挡板 25 阻挡。

这里，在用第 3 偏振光分束器 15 调整偏振方向的角度时，由于 S 波分量不透过，构成损耗，因此在高效率利用激光时，最好使第 3 偏振光分束器 15 之前的激光 2 的偏振角  $2A$  与第 3 偏振光分束器 15 之后的激光 2 的偏振角  $2d$  尽可能为相同角度入射。

为了对第 1 偏振光分束器 6 以正确的偏振角入射激光 2，第 3 偏振光分束器 15 的角度调整起到对偏振角  $2d$  进行微调的作用。

图 5 所示为本发明实施形态中为了以所希望比例的能量取出 2 束激光而自动调整偏振角调整用偏振光分束器的角度时的流程。

利用图 3 及图 5 进行说明, 为了说明方便起见, 说明使 2 个能量相等的情况。

另外, 即使在 2 束激光的能量是不同比例的情况下, 若改变初始设定, 也能够用同样的方法实施。

决定激光 7 与激光 8 允许的能量差, 输入至未图示的控制装置, 执行第 3 偏振光分束器 15 的自动角度调整程序。

首先, 功率传感器 14 移动至固定在 XY 平台 14 上的功率传感器 16 的受光部分能够接受到由  $f\theta$  透镜 10 出射的激光的位置。

然后, 第 2 光闸 18 关闭, 由激光振荡器 1 激振, 产生激光。

通过关闭第 2 光闸 18, 则激光 8 被该部分遮断, 从  $f\theta$  透镜 10 仅出射镜 7, 用功率传感器 16 测量激光 7 的能量。

能量测量后, 暂时停止激光的激振, 第 1 光闸 17 关闭, 第 2 光闸 18 打开, 激光再次被激振。这一次, 通过关闭第 1 光闸 17, 则激光 7 被该部分遮断, 从  $f\theta$  透镜 10 仅出射激光 8。用功率传感器 16 测量激光 8 的能量。能量测量后, 停止激光的激振, 第 2 光闸 18 打开。在控制装置中计算测量的 2 束激光的能量差, 与开始输入的允许值进行比较。

若是在允许值范围内, 则程序结束, 而在偏离了允许值时, 则调节第 3 偏振光分束器 15 的角度, 再次进行 2 束激光的能量测量, 重复前述动作, 直到在允许范围内为止。第 3 偏振光分束器 15 的角度调整量取决于入射激光 2 的偏振方向  $2d$  及第 1 偏振光分束器 6 的安装角度, 若将第 3 偏振光分束器 15 透过后的激光 2 的偏振角  $2d$  相对于第 3 偏振光分束器 15 入射前的激光 2 的偏振角  $2c$  改变几度左右, 则理论上推导出第 3 偏振光分束器 15 的角度每 1 度大约能够调整 7% 的能量差。

这样, 由于第 3 偏振光分束器 15 的调整角度与 2 束激光的能量差的关系理论上能够根据入射激光 2 的偏振角  $2d$  及第 1 偏振光分束器 6 的安装角度推导出, 因此调整也取决于能量差的允许值, 但若是 5% 左右的允许值, 则由于实施 2 次上述调整循环, 调整 (程序) 就结束, 因此能够在短时间内很容易完成调整。

根据本实施形态, 激光加工机是将 1 束激光利用分光用偏振分束器分光为 2 束激光, 通过将 2 束激光独立扫描, 对 2 个地方同时进行加工, 在所述激光加工机中, 在偏振光分束器的前面设置偏振角调整用偏振光分束器, 使得能够

相对于分光用偏振光分束器的P波（透射波）及S波（反射波）改变激光的偏振角，在该偏振角调整用偏振光分束器上设置能够调节角度的机构，能够根据来自控制装置的指令调节角度，通过这样容易调整分光的激光能量的均衡性，使能量均匀，从而能够使加工性能稳定，另外能够缩短操作时间，同实现稳定生产。

另外，设置能够测量激光能量的传感器，测量2束激光的能量，并通过能够自动调整偏振角调整用偏振光分束器的角度，使其以所希望比例的能量取出2束激光，就能够更进一步缩短操作时间，另外由于容易调整，因此对操作者的熟练程度没有要求，能够实现稳定的加工。

如上所述，根据本发明，能够使分光的激光质量均匀，消除能量的差异，使生产率提高。

另外，通过使分光的2束激光的光路长度相等，能够使2束激光的光束点直径相等。

另外，能够容易调整分光的激光能量均衡性，能够缩短操作时间，同时实现稳定生产。

另外，设置能够测量激光能量的传感器，测量2束激光的能量，并通过能够自动调整偏振角调整用偏振光分束器的角度，使其以所希望比例的能量取出2束激光，就能够更进一步缩短操作时间，另外由于容易调整，因此对操作者的熟练程序没有要求，能够实现稳定的加工。

### 工业上的实用性

如上所述，本发明有关的激光加工机适用于对印制电路板等被加工物体以打孔加工为主要目的激光加工机。

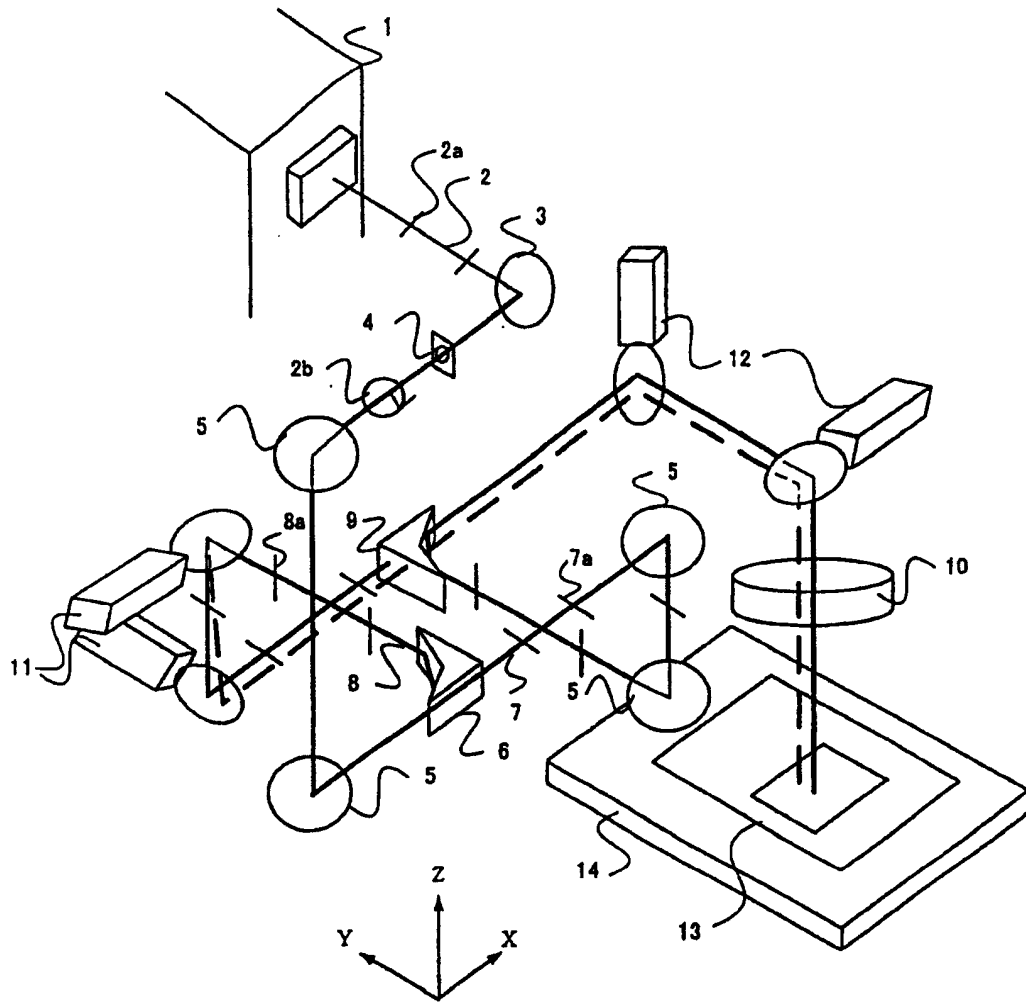


图 1

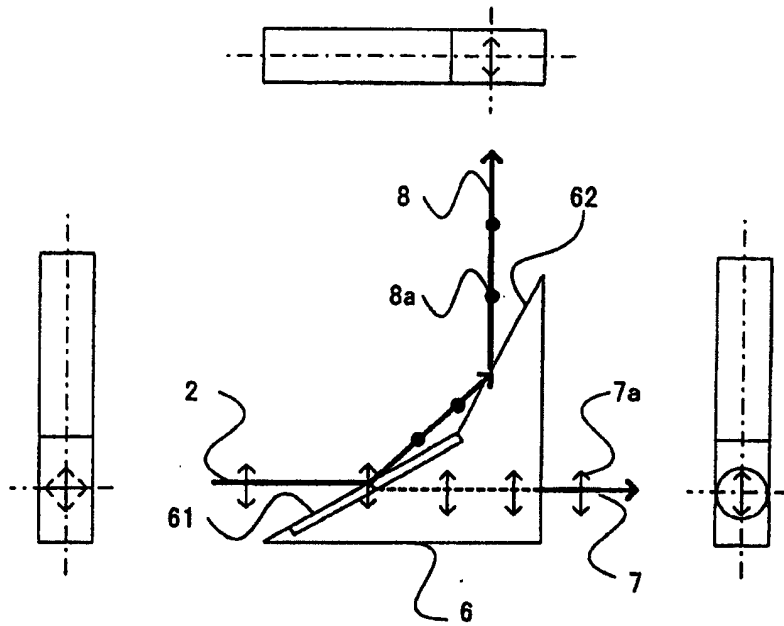


图 2

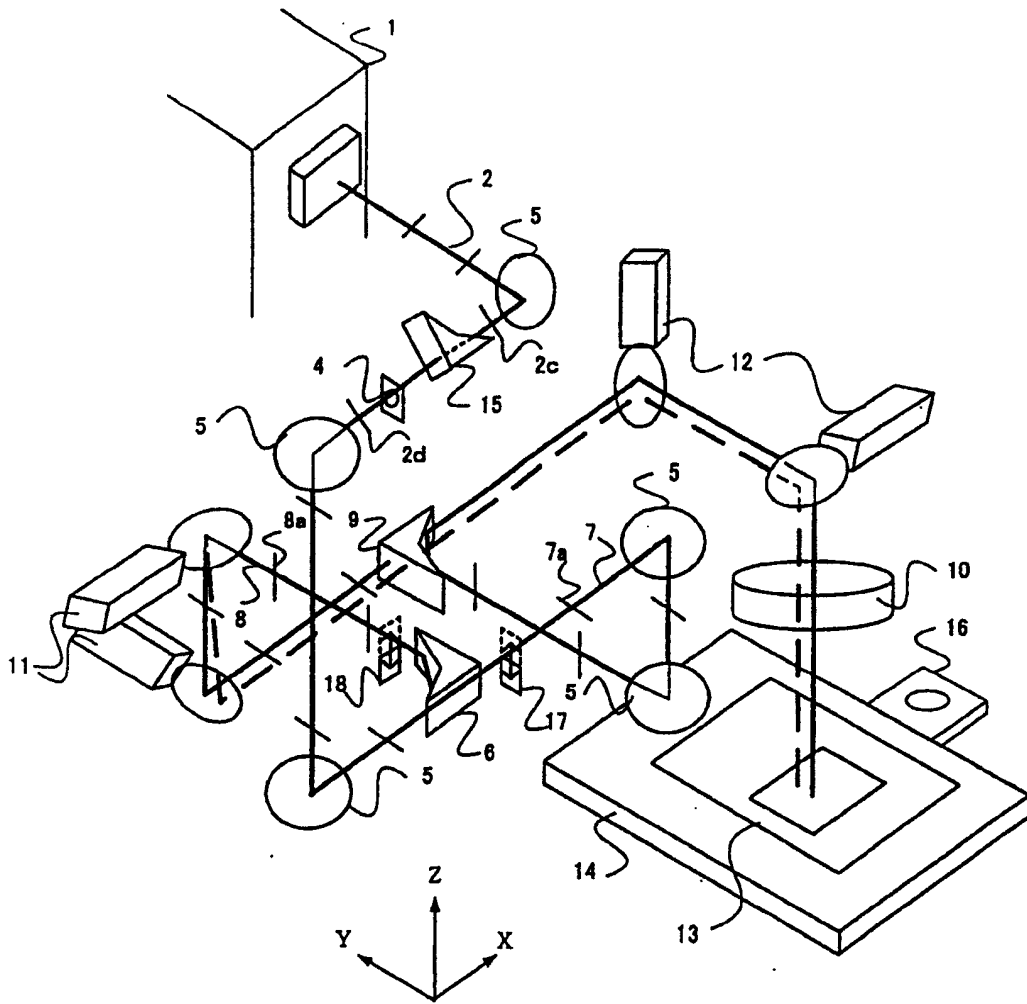


图 3

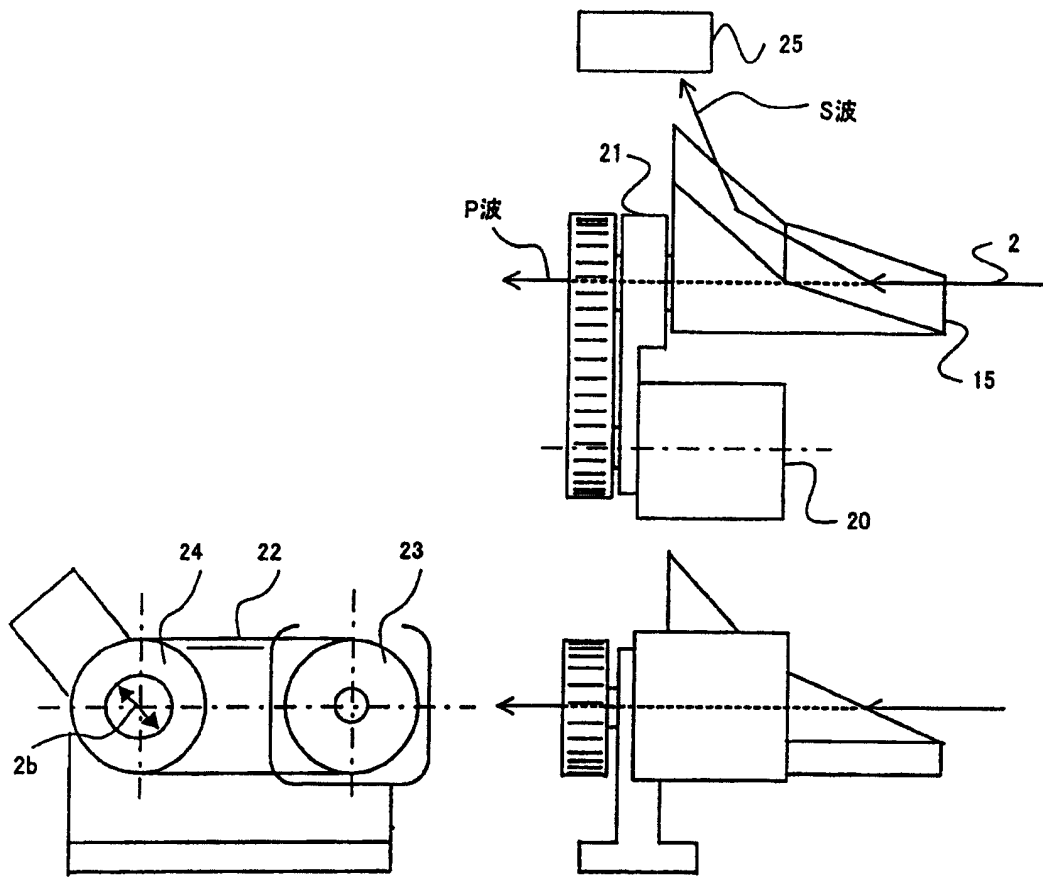


图 4



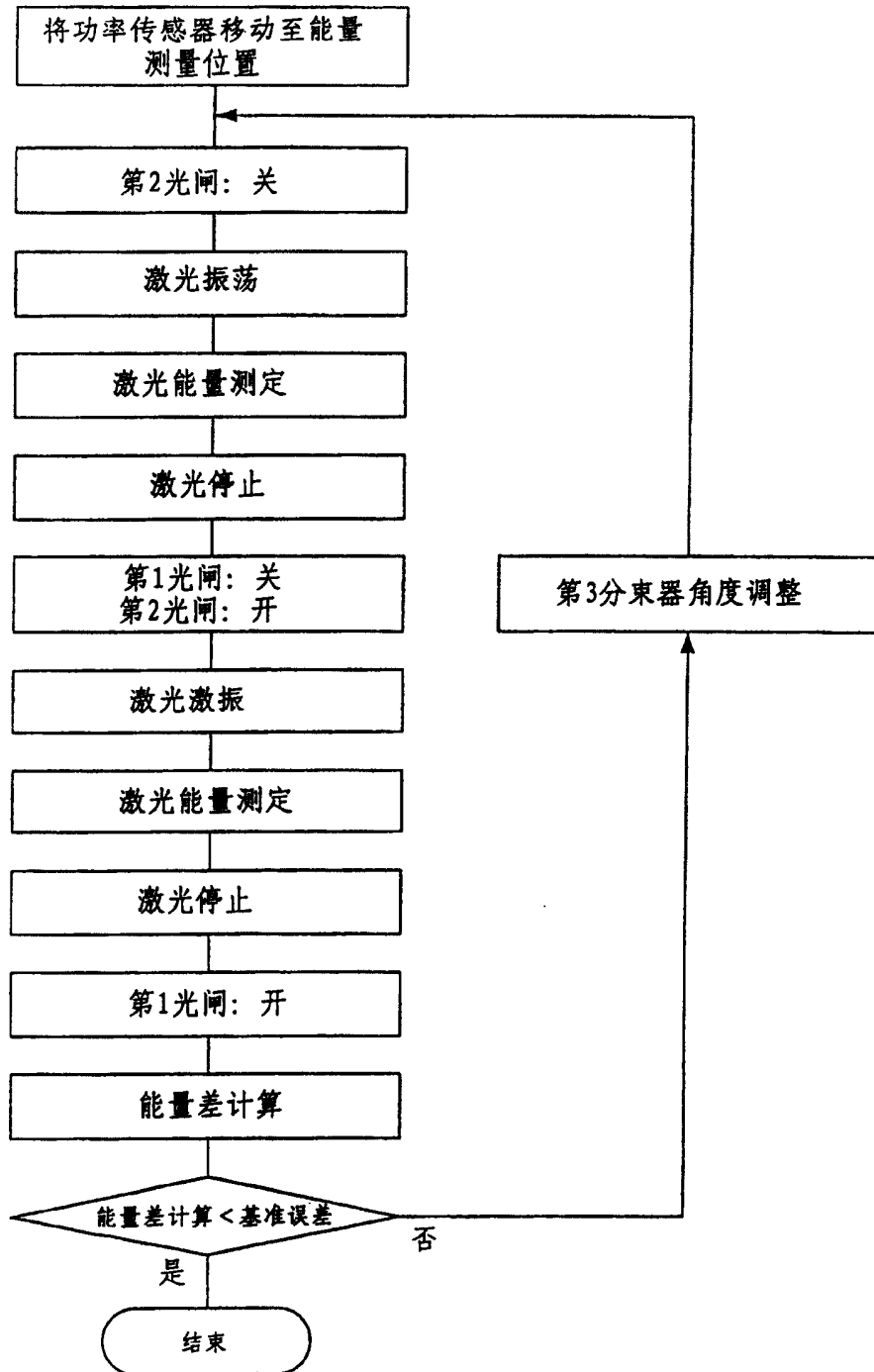


图 5

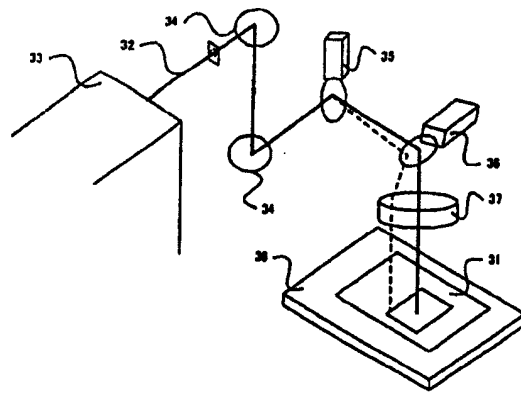


图 6

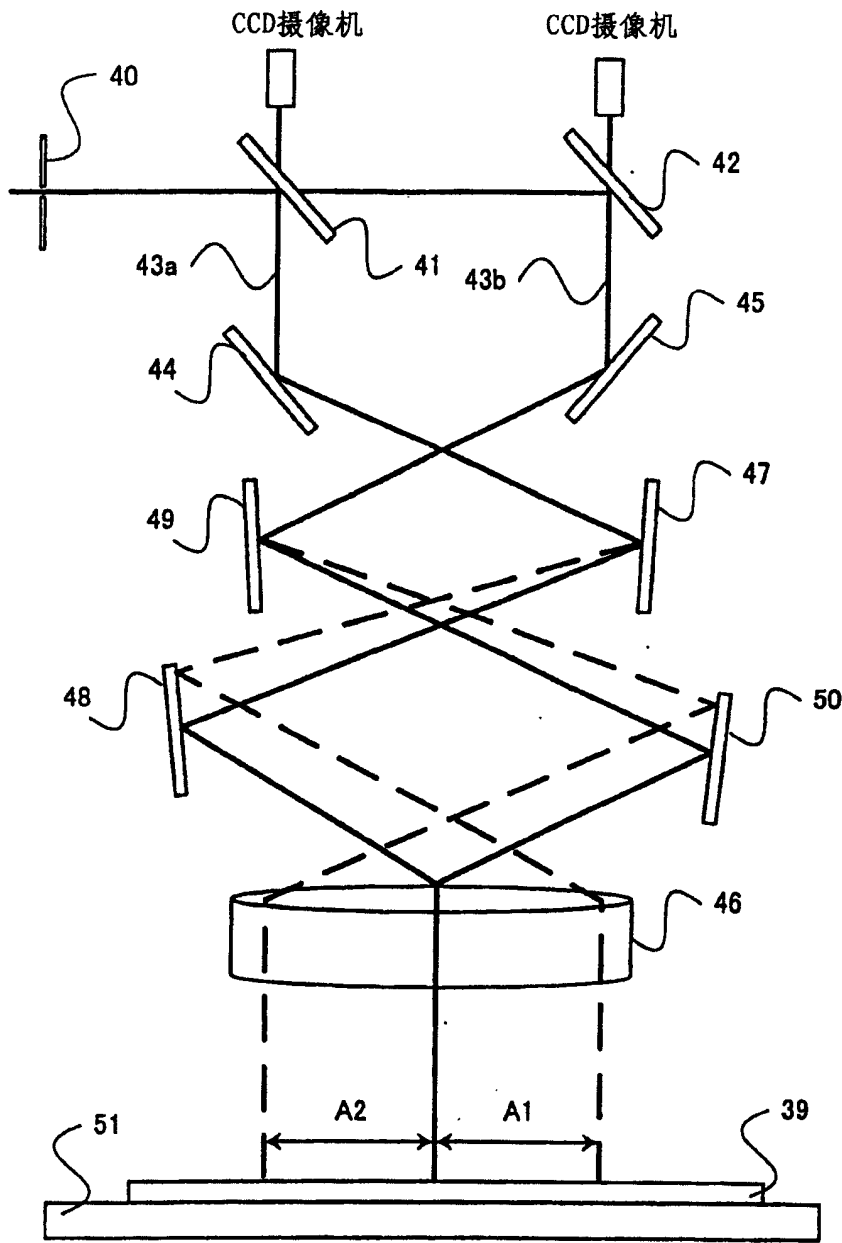


图 7