

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C21D 10/00 (2006.01)

C22F 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410047496.4

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100406586C

[22] 申请日 2004.5.28

[21] 申请号 200410047496.4

[30] 优先权

[32] 2003.5.30 [33] US [31] 10/448966

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 W·L·劳伦斯 P·M·佩罗泽克

[56] 参考文献

US6359257B1 2002.3.19

US20030052103A1 2003.3.20

US20030029845A1 2003.2.13

US6288358B1 2001.9.11

审查员 高志纯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 杨松龄

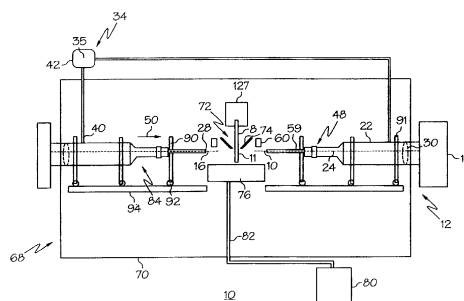
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

烟雾减少的激光冲击硬化

[57] 摘要

一种激光器(12), 包括用于沿激光束中心线(20)来产生激光束(16)的激光源(14)。射束管(22)围绕着光束中心线(20)的至少一部分(24)。射束孔径(26)位于射束管(22)的出口(28)处。末级射束光学透镜(30)安装在管(22)内的孔径(26)的上游。气体清洗装置(34)使清洗气(35)流入到管(22)内的透镜(30)和孔径(26)之间。管(22)的收敛部分(48)位于透镜(30)和孔径(26)之间。管(22)内的至少一个套叠式部分(54)位于管(22)的收敛部分(54)内的透镜(30)和孔径(26)之间。透镜(30)的焦距数(FN)小于8, 或者是小于7, 也可降低为约5。气刀(60)位于孔径(26)和透镜(30)的焦点(FP)之间, 其用来使大量清洁气体(64)在孔径和焦点之间的激光束上流动。



1. 一种激光冲击硬化装置(10), 包括:

具有激光源(14)的激光器(12), 其用于沿激光束中心线(20)来产生激光束(16);

围绕着所述激光束中心线(20)的至少一部分(24)的射束管(22);

位于所述射束管(22)的出口(28)处的射束孔径(26);

安装在所述管内的所述孔径(26)上游的末级射束光学透镜(30);
以及

位于所述孔径(26)和所述透镜的焦点之间的气刀(60), 所述气刀(60)配置成使大量清洁气体(64)在所述孔径(26)和焦点(FP)之间的激光束上流过。

2. 根据权利要求 1 所述的装置(10), 其特征在于, 所述装置还包括气体清洗装置(34), 其用于使清洗气(35)流入到所述管内的所述末级射束光学透镜(30)和所述孔径(26)之间。

3. 根据权利要求 2 所述的装置(10), 其特征在于, 所述气体清洗装置(34)包括清洗气入口(40)和与所述清洗气入口(40)相连的清洗气源(42), 所述清洗气入口(40)设置在所述管上的所述末级射束光学透镜(30)和孔径(26)之间。

4. 根据权利要求 2 所述的装置(10), 其特征在于, 所述清洗气(35)是空气。

5. 根据权利要求 2 所述的装置(10), 其特征在于, 所述清洗气(35)是氮气。

6. 根据权利要求 2 所述的装置(10), 其特征在于, 所述装置还包括位于所述末级射束光学透镜(30)和孔径(26)之间的管的收敛部分(48), 其中所述管在从所述末级射束光学透镜(30)朝向孔径(26)的方向上收敛。

7. 根据权利要求 6 所述的装置(10), 其特征在于, 所述装置还

包括位于所述管内的所述末级射束光学透镜(30)和孔径(26)之间的至少一个套叠式部分(54)。

8. 根据权利要求 7 所述的装置(10), 其特征在于, 所述套叠式部分(54)处于所述收敛部分(48)内。

9. 根据权利要求 6 所述的装置(10), 其特征在于, 所述气体清洗装置(34)包括清洗气入口(40)和与所述清洗气入口(40)相连的清洗气源(42), 所述清洗气入口(40)设置在所述管上的所述末级射束光学透镜(30)和孔径(26)之间。

10. 根据权利要求 1 所述的装置(10), 其特征在于,
所述末级射束光学透镜(30)的焦距数 FN 小于 8,
所述焦距数定义为所述透镜的焦距(FL)与所述透镜的直径(D)之比, 和

所述透镜具有穿过所述射束孔径(26)而位于所述射束管(22)之外的焦点(FP)。

11. 根据权利要求 10 所述的装置(10), 其特征在于, 所述焦距数 FN 小于 7。

12. 根据权利要求 11 所述的装置(10), 其特征在于, 所述焦距数 FN 为 5。

13. 一种激光冲击硬化单元(68), 包括:
外壳和处于所述外壳(70)内的激光冲击硬化区域(72),
具有激光源(14)的激光器(12), 其用于沿激光束中心线(20)来产生穿过所述激光冲击硬化区域(72)的激光束(16),
围绕着所述激光束中心线(20)的至少一部分并至少部分地延伸至所述外壳(70)内的射束管(22),

位于所述射束管(22)的出口处并处于所述激光冲击硬化区域(72)的附近的射束孔径(26),

安装在所述管内的所述孔径(26)上游的末级射束光学透镜(30),
朝向所述激光冲击硬化区域(72)的流体喷嘴(74),

位于所述外壳(70)内并处于所述激光冲击硬化区域(72)的下方的排放接受器(76),

位于所述外壳(70)之外的流体容器(80), 和
处于所述排放接受器(76)和所述流体容器(80)之间的真空管线(82)。

14. 根据权利要求 13 所述的单元, 其特征在于, 所述单元还包括气体清洗装置(34), 其用于使清洗气(35)流入所述管内的所述末级射束光学透镜(30)和所述孔径(26)之间。

15. 根据权利要求 14 所述的单元, 其特征在于, 所述气体清洗装置(34)包括清洗气(35)的入口(40)和与所述清洗气入口(40)相连的清洗气源(42), 所述清洗气入口(40)设置在所述管上的所述末级射束光学透镜(30)和孔径(26)之间。

烟雾减少的激光冲击硬化

技术领域

本发明涉及对物体的激光冲击硬化，更具体地涉及用于减少激光冲击硬化的激光和物体之间的烟雾的装置和方法。

背景技术

激光冲击硬化也称为激光冲击处理，它是一种通过对物体的表面区域进行激光冲击硬化来产生较深的残余压应力区域的工艺。激光冲击硬化通常使用一个或多个源自高功率和低功率脉冲激光器的辐射脉冲来在物体表面上产生的强冲击波，其类似于题为“改变材料特性”的美国专利 No.3850698、题为“激光冲击处理”的美国专利 No.4401477 以及题为“材料特性”的美国专利 No.5131957 中所公开的方法。如本领域所理解并在本文中所使用的那样，激光冲击硬化意味着利用来自激光源的脉冲激光束，通过可形成等离子的表面上的薄层或涂层（如胶带或涂料）的瞬时消融或蒸发来在激光束的冲击点处产生爆炸力，从而在一部分表面上形成较强的局部压力。

激光冲击硬化正被应用在燃气涡轮发动机领域的许多应用中，在题为“飞行器上的激光冲击硬化”的美国专利 No.5756965、题为“激光冲击硬化过的燃气涡轮发动机的风扇叶片边缘”的美国专利 No.5591009 号、题为“用于激光冲击硬化过的燃气涡轮发动机的压缩机叶片边缘的变形控制”的美国专利 No.5531570、题为“用于涡轮机的激光冲击硬化过的转子部件”的美国专利 No.5492447、题为“用粘结带进行覆盖的激光冲击硬化”的美国专利 No.5674329 以及题为“用干胶带进行覆盖的激光冲击硬化”美国专利 No.5674328 中公开了其中的一些例子，所有这些专利均已转让给本发明的受让人。

如在题为“激光硬化系统和方法”的美国专利 No.4937421 中所公开的那样，激光硬化已经用于在物体的外表面上产生压应力保护层，其能够显著地提高物体抵抗疲劳破坏的能力。这些方法通常使用在物体上流动的水幕或其它一些方法来提供等离子约束媒介。这种媒介使等离子可快速地达到冲击波压力，这将产生塑性变形和相关的形成了 LSP 效果的残余应力分布形式。水幕提供了一种约束媒介，其将由该工艺产生的冲击波约束并重定向到 LSP'D 零件的材料容积内，以产生有利的残余压应力。

源自快速膨胀的等离子的压力脉冲将行进冲击波传播至零件内。这种由激光脉冲所引起的压缩冲击波导致了在零件中产生深度的塑性压缩应变。激光冲击硬化通常在包含了具有壁的外壳的单元或腔室内进行。激光冲击硬化工艺会产生蒸气和烟雾，它们充满了该腔室。由先前激光束发射所引起的烟雾会产生局部烟雾，这会降低光束撞击正经受激光冲击硬化的物体的激光冲击硬化表面的效率和功率。这种烟雾还导致了连续发射激增，这也干扰了激光冲击硬化工艺，从而降低了每次连续的激光束发射的效力。蒸气和烟雾还会导致激光束在到达物体或工件上的目标区域或激光冲击硬化区域之前被电离。

已经使用过约 20 焦耳到约 50 焦耳的高能激光束或约 3 焦耳到约 10 焦耳的低能激光束，也可采用其它的能量级。例如可参见 1997 年 10 月 7 日颁发的美国专利 No.5674329 (Mannava 等人，利用高能激光的 LSP 工艺)，以及 1999 年 8 月 3 日颁发的美国专利 No.5932120 (Mannava 等人，利用低能激光的 LSP 工艺)。激光能量和激光束大小的组合提供了通常约 200 焦耳/平方厘米的能量密度。激光冲击硬化点通常形成为重排点上的重叠排。通常使用一排中两点之间以及相邻排的点之间大约为 30%直径的重叠量。激光冲击硬化点和激光束通常是圆形的，但是也可具有其它的形状，如卵形或椭圆形（参见 2003 年 4 月 1 日颁发的 Mannava 等人的题为“激光冲击硬化的带

整体式叶片的转子叶片边缘”的美国专利 No.6541733)。

因此，非常需要一种激光冲击硬化装置，其可减少激光冲击硬化区域中的烟雾和蒸气。还需要一种激光冲击硬化装置，其可减少或防止激光束在到达物体或工件上的目标区域或激光冲击硬化区域之前的电离。

发明内容

本发明提供一种激光冲击硬化装置，包括：具有激光源的激光器，其用于沿激光束中心线来产生激光束；围绕着所述激光束中心线的至少一部分的射束管；位于所述射束管的出口处的射束孔径；安装在所述管内的所述孔径上游的末级射束光学透镜；以及位于所述孔径和所述透镜的焦点之间的气刀，所述气刀配置成使大量清洁气体在所述孔径和焦点之间的激光束上流过。

激光冲击硬化装置包括具有可沿激光束中心线来产生激光束的激光源的激光器、围绕着至少一部分光束中心线的射束管，以及位于射束管出口处的射束孔径。该装置的一个代表性实施例包括安装在射束管中且位于孔径上游的末级射束光学透镜。气体清洗装置将清洗气排放到管内的末级射束光学透镜和孔径之间。气体清洗装置的一个代表性实施例包括设于管上的末级射束光学透镜和孔径之间的清洗气入口以及与该清洗气入口相连的清洗气源。两种特别有用的清洗气是空气和氮气。

管的收敛部分位于末级射束光学透镜和孔径之间。管在从未级射束光学透镜朝向孔径的下游方向上收敛。孔径的代表性实施例还包括位于管内的末级射束光学透镜和孔径之间的至少一个套叠式部分，在一个更具体的实施例中，该套叠式部分位于射束管的收敛部分内。

在该装置的代表性实施例中，末级射束光学透镜具有小于 8 的焦距数(focal number)，焦距数定义为末级射束光学透镜的焦距与透

镜直径之比。末级射束光学透镜具有穿过射束孔径并位于射束管之外的焦点。在该装置的一些更具体的实施例中，焦距数小于 7 或约为 5。

该装置的代表性实施例还包括位于孔径和透镜焦点之间的气刀 (gas knife)。该气刀用于使大量清洁气体在孔径和焦点之间的激光束上流过。

该装置的代表性实施例与激光冲击硬化单元相结合地使用，该激光冲击硬化单元具有外壳和位于外壳内的激光冲击硬化区域。射束管和气刀设置在外壳内，而激光源可位于外壳之外。流体喷嘴位于激光冲击硬化区域的附近并朝向该区域而定位。排放接受器设置在外壳内的激光冲击硬化区域的下方，而流体容器如水槽则设置在外壳之外。真空管线从排放接受器通到流体容器中，以便将从敞开的排放接受器的流体喷嘴中流出的液体排放到流体容器中。

该激光冲击硬化装置减少了激光冲击硬化区域中的烟雾和蒸气，并减少或消除了激光束在到达物体或工件上的目标区域或激光冲击硬化区域之前的电离。

附图说明

图 1 是烟雾减少的激光冲击硬化腔室的示意图。

图 2 是图 1 所示激光冲击硬化腔室中的激光管孔径和气刀的放大视图。

图 3 是图 1 所示激光射管的缩接和套叠式部分的放大视图。

图 4 是在图 1 所示的烟雾减少的激光冲击硬化腔室中使用的陡角度激光束的示意图。

图 5 是位于激光束焦点和激光管孔径之间的图 1 所示的陡角度激光束的放大视图。

各幅图中的标号含义如下：8 燃气涡轮发动机的叶片；10 激光冲击硬化装置；11 激光冲击硬化表面；12 激光器；14 激光源；16 激

光束; 20 激光束的中心线; 22 射束管; 24 部分; 25 孔径支撑头; 26 射束孔径; 27 带螺纹的调节螺钉; 28 出口; 30 光学透镜; 34 气体清洗装置; 35 清洗气; 40 清洗气入口; 42 清洗气源; 48 收敛部分; 50 下游方向; 54 套叠式部分; 57 套叠旋钮; 59 第一套叠件; 60 气刀; 61 第二套叠件; 64 清洁气体; 68 激光冲击硬化单元; 70 外壳; 72 激光冲击区域; 74 流体喷嘴; 76 排放接受器; 80 流体容器; 82 真空管线; 84 空气喷嘴; 90 框架; 91 透镜支撑架; 92 可调滑块; 94 导轨; 86 定位螺钉; 100 大旋钮; 127 操纵装置; A 聚焦角度; D 直径; DD 散焦距离; FL 焦距; FP 焦点。

具体实施方式

在图 1 中显示了用于对物体或工件的激光冲击硬化表面 11 进行激光冲击硬化的冲击硬化装置 10 的一个代表性实施例, 工件显示为安装在多轴计算机数控(CNC)操纵装置 127 上的燃气涡轮发动机叶片 8。冲击硬化装置 10 与激光冲击硬化单元 68 结合起来使用, 该单元 68 具有外壳 70 和处于外壳内的激光冲击硬化区域 72。工件以及多轴计算机数控(CNC)操纵装置 127 位于外壳 70 内。

激光冲击硬化装置 10 包括具有激光源 14 的激光器 12, 其可沿激光束中心线 20 来产生激光束 16。单元 68 的代表性实施例具有位于外壳 70 之外的激光源 14, 但激光源 14 并不一定要位于外壳 70 之外。射束管 22 围绕着射束中心线 20 的至少一部分 24, 并被对准以使激光束能够穿过位于射束管 22 的出口 28 处的射束孔径 26。在图 2 中更详细地显示了孔径 26。流体喷嘴 74 位于激光冲击硬化区域 72 的附近并朝向其而定位。所用的流体通常是水, 流体喷嘴 74 用来使流动的水幕在工件的激光冲击硬化表面 11 上流动, 如图 2 更详细地所示。

参见图 1, 该装置的代表性实施例包括安装在射束管 22 中且位于孔径 26 的上游的末级射束光学透镜 30。气体清洗装置 34 使清洗

气 35 流入到管 22 中的末级射束光学透镜 30 和孔径 26 之间。这里所示的气体清洗装置 34 包括清洗气入口 40 以及与清洗气入口相连的清洗气源 42，清洗气入口 40 设置在末级射束光学透镜 30 和孔径 26 之间的管 22 上。两种特别有用的清洗气 35 为空气和氮气。

管 22 的收敛部分 48 位于末级射束光学透镜 30 和孔径 26 之间。管在从末级射束光学透镜 30 朝向孔径 26 的下游方向 50 上收敛。这便形成了空气喷嘴 84，其可防止源于激光冲击硬化的爆炸碎片和烟雾进入到射束管 22 中。再来看图 3，射束管 22 具有至少一个位于末级射束光学透镜 30 和孔径 26 之间的套叠式部分 54，以便调节从孔径到激光冲击硬化区域 72 的距离。套叠式部分 54 位于射束管 22 的收敛部分 48 内。采用套叠旋钮 57 来调节套叠式部分 54 的第一套叠件 59 和第二套叠件 61 之间的张紧度。射束管 22 支撑在外壳 70 内的框架 90 上，其具有位于导轨 94 上的可调滑块 92。采用具有用于拧紧的大旋钮 100 的定位螺钉 96 来固定第一套叠件 59 和第二套叠件 61 的延伸，并将射束管 22 固定住。

参见图 4，图中显示了从末级射束光学透镜 30 到激光束 16 的焦点 FP 的激光束 16 的焦距 FL。通常来说，激光束 16 在正或负的方向上存在着几个密耳的散焦，其由散焦距离 DD 表示，因此，相对于末级射束光学透镜 30 来说，焦点 FP 位于激光冲击硬化表面 11 之后或之前正或负几个密耳处。在该装置 10 的代表性实施例中，末级射束光学透镜 30 具有小于 8 的焦距数 FN。焦距数定义为末级射束光学透镜 30 的焦距 FL 与末级射束光学透镜 30 的直径 D 之比。末级射束光学透镜 30 具有穿过射束孔径 26 而位于射束管 22 之外的焦点 FP。装置 10 的一些更具体的实施例具有小于 7 的焦距数 FN，而在一些实施例中焦距数 FN 约为 5。

焦距数 FN 越小，激光束 16 的聚焦角度 A 越大或越陡峭。聚焦角度 A 是由激光束的外锥面所限定的锥角的一半。从正被激光冲击硬化的物体的激光冲击硬化表面 11 的激光冲击硬化所产生的等离子

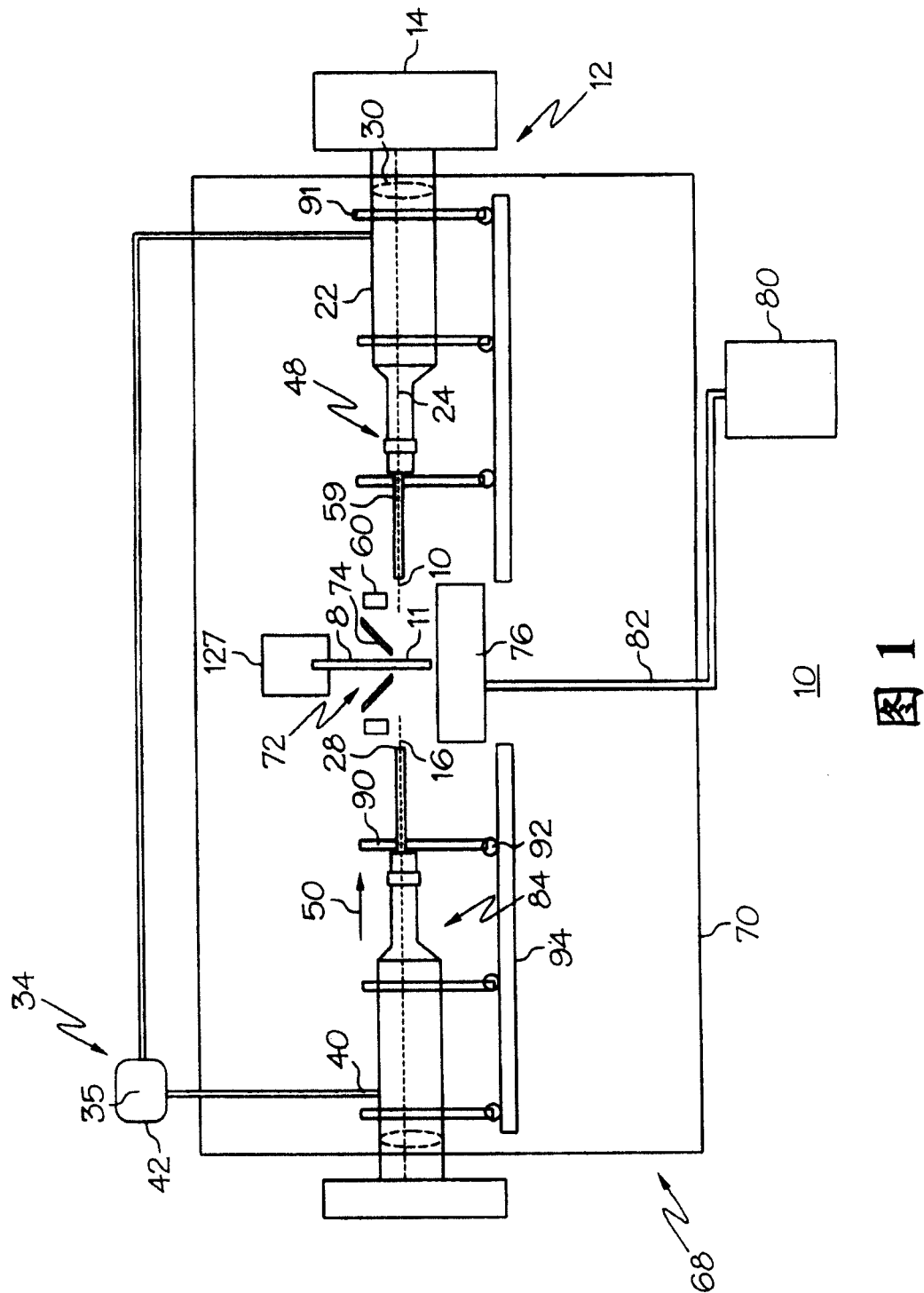
和冲击波中会发出或喷出羽流。较小的焦距数 FN 和相应的陡峭的聚焦角度 A 导致了羽流长度减小，该羽流产生于激光束到达其焦点或激光冲击硬化表面 11 之前。羽流非常容易导致烟雾电离，因此，通过降低焦距数 FN，产生电离的可能性也会降低。

在一个实施例中，孔径 26 为约八分之一英寸宽，而透镜 30 为约四英寸宽。焦距数 FN 为 9.85、焦距 FL 为 1 米且聚焦角度 A 为 2.9 度的四英寸宽的透镜可产生羽流长度为 0.748 英寸的羽流。焦距数 FN 为 7.4、焦距 FL 为 0.75 米且聚焦角度 A 为 3.88 度的四英寸宽的透镜可产生羽流长度为 0.561 英寸的羽流。这样，减少 25% 的焦距也可减少 25% 的羽流长度。该示例中的这些数据都是基于在试验中测得的经验数据。

该装置 10 的代表性实施例还包括位于孔径 26 和透镜 30 的焦点 FP 之间的气刀 60，如图 1 和 2 所示。该气刀 60 用来使大量清洁气体 64 在孔径和焦点之间的激光束上流过。流体喷嘴 74 位于激光冲击硬化区域 72 的附近并朝向其而定位。源自流体喷嘴 74 的水汇集在排放接受器 76 中，排放接受器 76 位于外壳 70 内的激光冲击硬化区域 72 的下方。流体容器 80 如水槽位于外壳 70 之外，真空管线 82 从排放接受器 76 通到流体容器 80 中，以便将从敞开的排放接受器 76 中的流体喷嘴 74 中流出的液体排放到流体容器 80 中。真空源设置在敞开的排放接受器 76 和流体容器 80 之间。流体容器 80 可保持在比外壳 70 中的环境压力更低的压力下。这有助于减少单元和外壳 70 内的湿气和烟雾，而这又减少了烟雾的电离和激光束在到达工件之前的电离。这一情况又防止了会干扰激光冲击硬化工艺的连续激光束发射激增，因此，烟雾和电离的减少就降低或消除了每次连续激光束发射的功效损失。

虽然在上文中已经介绍了被认为是本发明的优选和代表性的实施例，然而对于本领域的技术人员来说很明显，从本文所授的内容中可知晓本发明的其它修改，因此，在所附权利要求中希望保护所

有这些修改，使其属于本发明的精髓和范围之内。因此，希望由美国专利证书保护的是在下述权利要求书中所定义并区分的本发明。



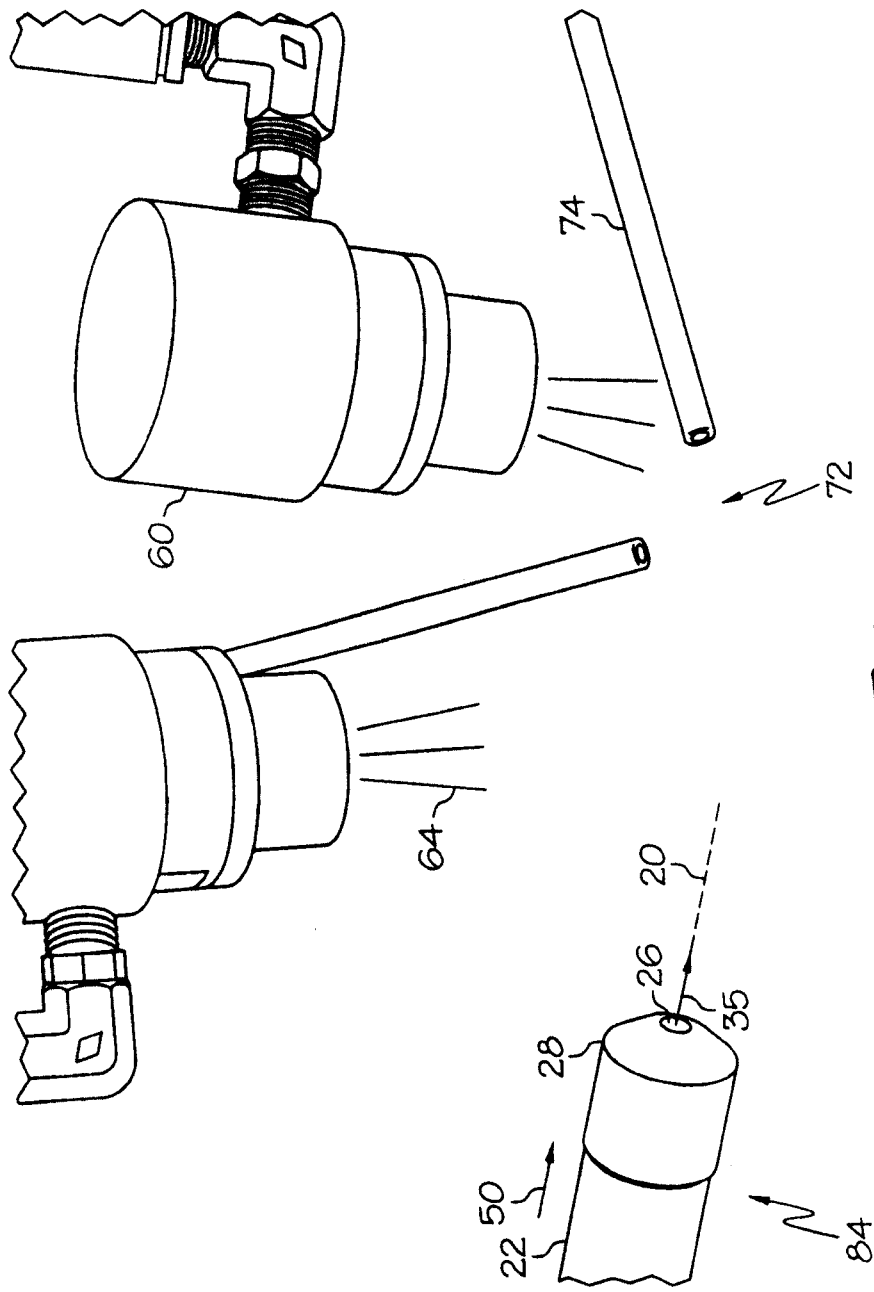


图 2

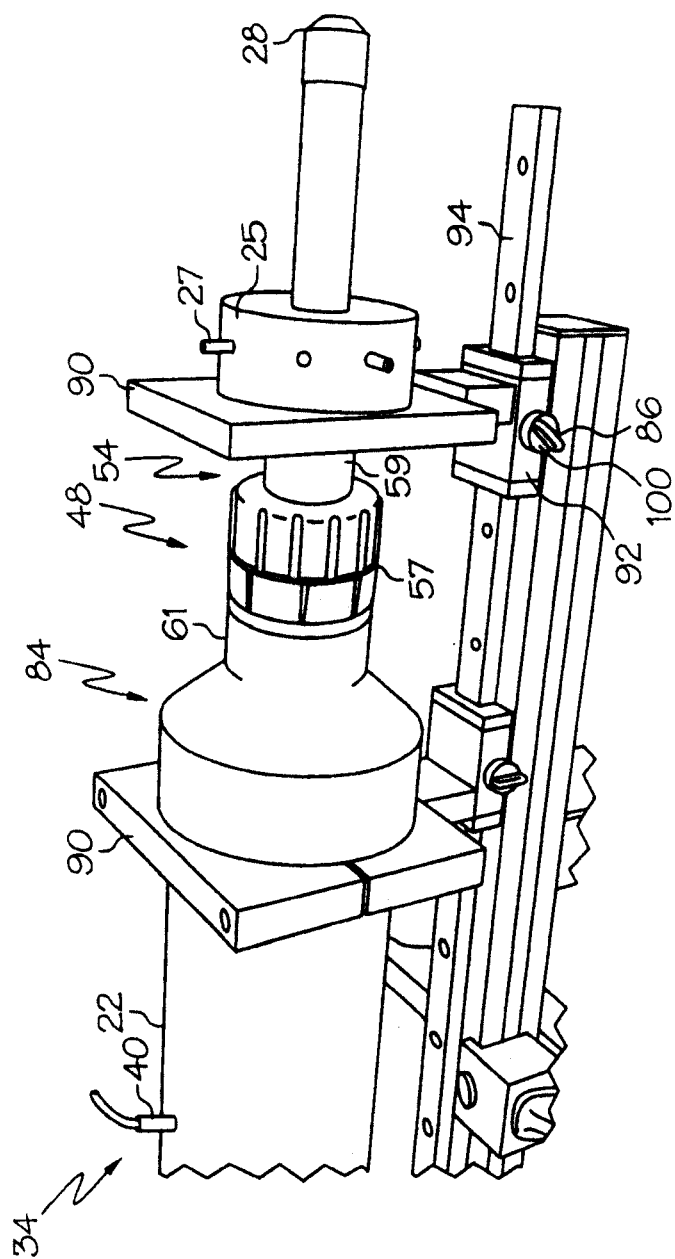


图 3

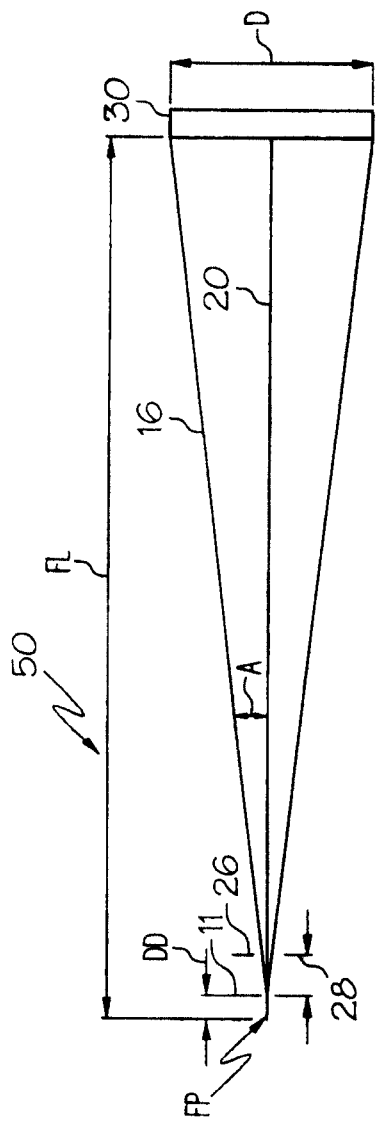


图 4

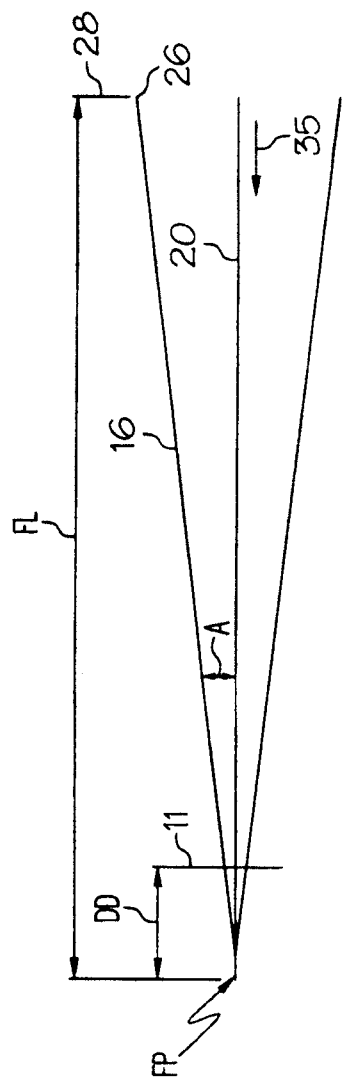


图 5