



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102089643 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 12

(21) 申请号 200980126573. 6

(22) 申请日 2009. 05. 14

(30) 优先权数据

12/121, 012 2008. 05. 15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 01. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/043930 2009. 05. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/140480 EN 2009. 11. 19

(73) 专利权人 洛克希德马丁公司

地址 美国马里兰州

(72) 发明人 托马斯·E·小德雷克

马克·杜波依斯 彼得·W·洛兰

约翰·B·德亚顿

罗伯特·菲利金斯

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 麦善勇 张天舒

(51) Int. Cl.

G01N 21/17(2006. 01)

G01N 29/24(2006. 01)

(56) 对比文件

TW 455686 , 2001. 09. 21,

TW 451055 , 2001. 08. 21,

HUANG H-L et al.. Second harmonic generation in tunable TEA CO₂ laser.

《OPTICAL REMOTE SENSING OF THE ATMOSPHERE AND CLOUDS III》. 2003,

C. Edwards et al. Laser generated ultrasound: efficiency and damage thresholds in carbon fibre reinforced composites.

《IEE PROCEEDINGS-SCIENCE, MEASUREMENT AND TECHNOLOGY》. 2001,

谢建平等. 双波长双脉冲激光三次谐波的产生方法. 《光学学报》. 2011, 394-396.

审查员 金川

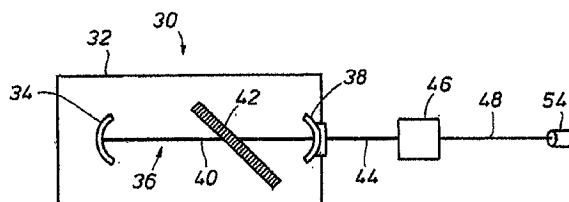
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

用激光器和谐波生成来产生超声的改进中红外激光器

(57) 摘要

一种用于超声检查的中红外范围激光源, 包括与一个或多个谐波生成器件耦合的高能激光器。该高能激光器可以是 CO₂ 激光器并且被调谐为发射单一波长的激光。为进行更好的超声检查, 谐波生成器件将激光束转换至中红外范围。



1. 一种使用高能量生成激光束来对由复合材料制成的目标对象进行超声测试的方法，所述方法包括：

提供具有从约为 1 焦耳到约为 4.5 焦耳的能量和从约 9 微米到约 11 微米的基波波长的 CO₂ 激光束；

使所述 CO₂ 激光束的所述基波波长指向由晶体形成的谐波生成器；

利用所述谐波生成器产生所述 CO₂ 激光束的所述基波波长的一选定谐波波长，所述选定谐波波长具有位于至少约为 50 毫焦的范围内的能量和从约 3 微米到约 4 微米的波长；

使所述 CO₂ 激光束的所述选定谐波波长的脉冲指向目标对象，所述脉冲的脉冲频率位于 100Hz 至 1000Hz 的范围内；

热弹性激发目标对象的表面以在目标对象的表面上产生超声位移；以及
测量超声位移。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，产生所述选定谐波波长的步骤包括利用所述谐波生成器产生所述 CO₂ 激光束的所述基波波长的二次谐波波长。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，产生所述选定谐波波长的步骤包括产生所述 CO₂ 激光束的所述基波波长的三次谐波波长。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述 CO₂ 激光束的所述基波波长的三次谐波波长由三次谐波生成器产生。

5. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，产生所述选定谐波波长的步骤进一步包括利用额外的谐波生成器转换所述 CO₂ 激光束的基波波长，并将经转换的波长与二次谐波波长混合，以形成 CO₂ 激光束基波波长的选定谐波波长。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述 CO₂ 激光束的所述选定谐波波长为至少约 100 毫焦。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述 CO₂ 激光束的所述选定谐波波长具有至少约 300 毫焦的能量。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述激光束谐波的脉冲频率为至少约 500Hz。

9. 一种超声探测系统，包括：

CO₂ 激光器；

由晶体形成的谐波光束生成系统；

从 CO₂ 激光器发射出的 CO₂ 激光束，所述 CO₂ 激光束具有从约为 1 焦耳到约为 4.5 焦耳的能量和从约 9 微米到约 11 微米的基波波长，并且指向所述谐波光束生成系统；以及

从所述谐波光束生成系统发射出的选定谐波波长光束，该光束具有所述 CO₂ 激光束的基波波长的选定谐波波长；

所述选定谐波波长具有位于至少约为 50 毫焦的范围内的能量和从约 3 微米到约 5.5 微米的波长；且

所述选定谐波波长光束被以脉冲频率为 100Hz 至 1000Hz 的脉冲指向目标对象的表面，以确定所述目标对象的所述表面的信息。

10. 根据权利要求 9 所述的超声探测系统，其特征在于，所述选定谐波波长光束热弹性膨胀目标对象的一部分从而在目标表面上产生位移，探测系统还包括指向位移的探测光

束,其中探测光束被位移相位调制且反射。

11. 根据权利要求9或10中一项所述的超声探测系统,其特征在于,所述谐波光束生成系统包括用于生成所述基波波长的二次谐波波长的谐波生成器,和用于生成所述基波波长的三次谐波波长的另一谐波生成器。

12. 根据权利要求9所述的超声探测系统,其特征在于,所述谐波光束生成系统包括用于生成所述基波波长的二次谐波波长的谐波生成器,和用于生成所述基波波长的额外谐波波长的额外谐波生成器,且所述选定谐波波长包括所述额外谐波波长和所述二次谐波波长的混合。

13. 根据权利要求12所述的超声探测系统,其特征在于,在目标处的谐波激光束能量为至少约100毫焦。

14. 根据权利要求12所述的超声探测系统,其特征在于,谐波激光束波长为从约为3微米到约为4微米。

用激光器和谐波生成来产生超声的改进中红外激光器

技术领域

[0001] 本发明通常涉及非破坏性测试领域。更具体地,本发明涉及通过利用二氧化碳(CO₂)激光器并生成 CO₂ 激光器输出的谐波来创建中距离红外生成激光束的系统。

背景技术

[0002] 近来,复合材料生成上的进步已将复合材料的使用扩展到多种应用中。由于复合材料重量轻并具备好的强度和耐用性,因此其正在取代金属和金属合金作为用于某些荷载组件的基础材料。例如,目前,复合材料被普遍用作交通工具(例如,车辆、水上飞机和飞行器等)的壳体部分和构架的材料。然而,为了确保复合材料的机械完整性,需要严格的检查。典型地,需要在制作由复合材料制成的组件时进行检查,并且在组件的使用寿命期间周期性地进行检查。

[0003] 激光超声是检查由复合材料制成的对象的方法的一个例子。该方法包括通过利用脉冲生成的激光照射复合材料的一部分来在复合材料的表面上产生超声振动。探测激光束指向振动表面并且被散射、反射,并且相位被表面振动调制从而产生相位调制光。光收集器接收相位调制激光并引导该相位调制激光以便进行处理。典型地,通过耦接至光收集器的干涉仪来进行所述处理。可以通过相位调制光处理来确认与复合材料相关的信息,该信息包括断裂、脱层和孔隙的探测,以及光纤信息。当前已知的用于分析复合材料目标对象的激光超声探测系统具有有限的能量和重复频率(频率)。在目标表面上,用于中红外生成激光束的典型的激光束能量值约为 10 毫焦(mJ),相应的频率约为 10 赫兹(Hz)。

发明内容

[0004] 在此,公开了一种利用高能量生成激光束来对目标对象进行超声测试的方法,包括:产生 CO₂ 激光束,产生 CO₂ 激光束的谐波,使 CO₂ 激光束谐波指向目标对象,热弹性激发目标对象的表面以在目标对象上产生超声位移,并且测量该超声位移。CO₂ 谐波可以是二次谐波或三次谐波。可以将光纤耦接至 CO₂ 激光束。目标对象上的 CO₂ 激光束谐波能量可以为至少 50 毫焦,至少 75 毫焦,至少 100 毫焦,或者至少为 100Hz。目标对象上的 CO₂ 激光束谐波频率可以为至少 200Hz、或至少 400Hz。CO₂ 激光束谐波波长可以从约为 3 微米到约为 4 微米,或者约为 3.2 微米。

[0005] 在此,还公开了一种超声检查系统。在一个实施例中,该系统包括:CO₂ 激光器,谐波光束生成系统,从 CO₂ 激光器发射并且 CO₂ 激光束指向谐波光束生成系统的 CO₂ 激光束;从谐波光束生成系统发射的并指向目标对象的 CO₂ 激光束的谐波光束。在一个实施例中,谐波光束使目标对象的一部分热弹性膨胀,从而在目标表面上产生位移,探测系统还包括指向位移的探测光束,其中,探测光束被位移相位调制并被反射。谐波生成系统可以是二次谐波生成器或三次谐波生成器。从 CO₂ 激光器发射的 CO₂ 激光束能量可以至少约为 4.5 焦耳或至少约为 1 焦耳。目标上的谐波激光束能量可以至少约为 50 毫焦或至少约为 100 毫焦。谐波激光束波长的范围可以从约 3 微米到约 4 微米,或者可以约为 3.2 微米。

附图说明

[0006] 已经说明了本发明的一些特征和优点,结合附图根据随后的说明,本发明的其它特征和优点将变得明显。在附图中:

[0007] 图 1 是激光超声探测系统的示意性表示。

[0008] 图 2 是根据本公开的中距红外超声激光源的示意性示图。

[0009] 图 3 是根据本公开的中距红外超声激光源的示意性示图。

[0010] 尽管将结合优选的实施例说明本发明,但应当理解,这并非意图将本发明限定于实施例。相反,意图涵盖可由随附的权利要求书限定的本发明的精神和范围所包括的所有改变、变形和等价。

具体实施方式

[0011] 下面参照示出本发明实施例的附图更详细地说明本发明。然而,可以以不同的形式表现本发明,并且这些形式不应被构成为限定在此提出的所说明的实施例;相反,这些实施例是为了使本公开充分且完整而提出的,并且将使本领域技术人员完全知晓本发明的范围。文中相同的附图标记表示相同的原件。为了引用附图方便,对于参照和图解说明仅使用方向术语。例如,使用“上方”、“下方”、“高于”、“低于”等来说明相对位置。

[0012] 应当理解,由于对于本领域技术人员而言,变形和等价是明显的,因此本发明不限于所示出并说明的结构、操作、具体材料或实施例的具体细节。在附图和说明书中,已公开了本发明的示例性实施例,并且,尽管采用了具体的术语,但其仅在一般意义和说明意义上使用而并非用于限定的目的。由此,本发明因而仅由随附的权利要求书的范围限定。

[0013] 图 1 提供了激光超声探测系统 10 的一个实施例的侧面斜视图。探测系统 10 包括形成发射生成光束 14 并指向检查目标 15 的激光超声单元 12。生成光束 14 在检查表面 16 上接触检查目标 15。生成光束 14 热弹性膨胀检查表面 16 以在检查表面 16 上产生相应的波长位移 18。在一个实施例中,生成光束 14 是配置成在检查表面 16 上产生波长位移 18 的脉冲激光。探测光束 20 还被示出从激光超声单元 12 发出并且示出围绕生成光束 14 是共轴的。尽管从相同的激光超声单元 12 发出,但探测光束和生成光束 (14, 20) 由不同的源生成。然而,探测光束 20 可优选地源自不同的单元及不同的位置。众所周知,探测光束 12 包括探测波,该探测波被散射、反射,并且在与波长位移 18 接触时被相位调制,以形成相位调制光 21。然后,来自探测光束 20 的相位调制光 21 被光收集器 23 接收并被处理以确定与检查目标 15 有关的信息。可以使生成光束和探测光束 (14, 20) 沿目标 15 扫描以获取关于整个表面 16 的信息。用于使光束 (14, 20) 扫描的机构 (未示出) 可以被放置在激光超声单元 12 中。用于控制所述机构,并且优选地用于处理光收集器所记录的数据的处理器 (未示出) 也可以被放置在激光超声单元 12 中。通过箭头 A₁ 示出光收集器 23 从激光超声单元 12 分离并且与激光超声单元 12 通信,然而,光收集器可以与激光超声单元 12 包括在一起。

[0014] 参照图 2,通过示意性的示图示出中红外激光器系统 30 的一个例子。系统 30 产生可被用作图 1 中的生成光束 14 的中红外光束。中红外激光器系统 30 包括用于形成 CO₂ 激光束 44 的 CO₂ 激光器 32。在 CO₂ 激光器 32 中示意性地示出可操作地设置在激光器 32 中

的镜子 34 和输出耦合器 38。腔 36 提供在镜子 34 与输出耦合器 38 之间。将能量输入至结合有可动作地将镜子和输出耦合器 38 的反射表面耦合的 CO₂ 激光器 32, 并在两个反射表面之间生成光束。衍射光栅 42 设置在腔 36 内, 并且配置成允许在其中穿过具有特定波长的光子。因此, 腔 36 中的衍射光栅 42 在腔 36 中形成单一波长的光束 40。

[0015] 单一光束 42 的一些光子通过输出耦合器 38 从 CO₂ 激光器 32 逸出从而形成 CO₂ 光束 44。图 2 的实施例示出设置在 CO₂ 激光束 44 的路径中的谐波生成器 46。谐波生成器 46 将 CO₂ 光束 44 转换为谐波以产生通过谐波生成器 46 的谐波光束 48。可选地, 示出接收谐波光束 48 以产生生成光束 14 并对生成光束 14 定向的光纤 54。谐波光束 48 可以是以 CO₂ 光束 44 为基波波长的二次谐波。可选地, 谐波光束 48 可以是以 CO₂ 光束 44 的波长为基波波长的三次谐波或其它谐波。

[0016] 图 3 示出中红外激光器系统 30a 的替选实施例, 其中, CO₂ 光束 44 被一个以上的谐波生成器限制。在图 3 中, CO₂ 光束 44 指向二次谐波生成器 47, 该二次谐波生成器 47 将 CO₂ 光束 44 转换成二次谐波从而形成二次谐波光束 49。二次谐波光束 49 指向三次谐波生成器 50, 该三次谐波生成器 50 发射具有大致等于以 CO₂ 光束 44 的波长为基波波长的三次谐波的波长。图 3 的实施例不限于所示的两个谐波生成器, 而是可以包括设置在激光束路径中的另外的谐波生成器。三次谐波光束 52 还可以用作从激光超声源 12 发射出的图 1 中的生成光束 14。三次谐波生成器 50 能够通过直接转换, 或者通过能够转换基波波长并将基波波长与二次谐波波长混合从而形成以 CO₂ 激光束的波长为基波波长的三次谐波, 来产生 CO₂ 激光光束 44 的三次谐波。

[0017] 在这里所公开的探测或测试系统的一个实施例中, 可以对 CO₂ 激光束进行谐波处理以具有在约 3 微米到约 5.5 微米之间的波长。可选地, CO₂ 激光束可以具有整个中红外范围的波长。可选地, CO₂ 激光束可以具有从约 3 微米到约 4 微米的波长。可选地, CO₂ 激光束可以具有约 3.2 微米的波长。

[0018] 采用 CO₂ 激光束来形成用于目标对象的超声位移测试的激光束的诸多优点之一是可利用 CO₂ 激光器的高能量。提高的能量相应地产生具有更大幅度的位移; 这提供了更多的离散测量并为记录的测试数据提供更高的精度。

[0019] CO₂ 激光器产生波长从约 9 微米延伸到约 11 微米, 并通常具有 10.6 微米波长的光束。当指向将激光束能量集中在复合材料表面的复合材料时, 该波长的激光束具有相对浅的光学深度。如果过多的能量被施加在表面上或者允许以延长的时间段使光束对表面进行作用, 则复合材料可能被 CO₂ 激光损坏。然而, 中红外范围内, 即, 从约 3 微米到约 4 微米的激光束, 具有增加的光学深度从而允许更多的激光能量进入复合材料表面而不会产生表面烧蚀损坏。因此, 利用 CO₂ 光束谐波进行复合材料的激光超声测试另一优点在于, 可以使用具有与测试表面上较高的幅度位移对应的较高能级的激光束。

[0020] CO₂ 激光器 30 可以被设计为以各种能量值发射其相应的激光束 44。对于 CO₂ 激光器 30 的设计, 可以实现至少 1 焦耳直至高于约 4.5 焦耳的值。此外, CO₂ 激光器 30 可以被配置成使其相应的光束 44 具有 1 焦耳和 4.5 焦耳之间任意数值的能量值。因此, 依赖于谐波生成器的转换效率, 与目标表面作用的生成光束的能量值可以是当前可用的超声激光测试系统的 10 毫焦的当前值的很多倍。因此, 在此公开的方法和系统可以提供具有如下的在目标表面作用的值: 至少约 50 毫焦, 至少约 75 毫焦, 至少约 100 毫焦以及至少约 300 毫焦。

此外,生成光束 14 的频率可以高于当前可用的 10Hz。频率值可以为至少约 100Hz,至少约 200Hz,至少约 300Hz,至少约 400Hz,至少约 500Hz 以及至少高达约 1000Hz。

[0021] 在一个实施例中,谐波生成器 (46, 47, 50) 可以为晶体并且可以为临界相位匹配结构或准相位匹配结构。在一个示例中,晶体可以由如下的化合物制成: AgGaS_2 , AgGaSe_2 , GaAs , GaSe , ZnGeP_2 (ZGP), $\text{AgGa}_{1-x}\text{In}_x\text{Se}_2$, Tl_3AsSe_3 (TAS), CdGeAs_2 (CGA), 以及这些化合物的组合。

[0022] 使用通过 CO_2 激光形成的谐波激光束来进行激光超声测试的另一个优点在于在测试目标对象期间谐波激光束不容易损坏复合材料表面。此外,可以利用 CO_2 激光器的高能量在目标表面内产生更高且更容易测量的位移。又一个优点在于能够利用光纤光学元件来耦接 CO_2 激光束,从而提高激光束透射性。

[0023] 因此,在此说明的本发明及其所包括其它内容能够满意地解决技术问题并且实现述及的目的和优点。尽管为了说明的目的给出了本发明当下的优选实施例,但在用于实现期望的结果的具体过程中,存在多种改变。对于本领域技术人员而言,这些改变和其它类似的变形是显见的,并且这些改变和变形意图包括于在此公开的本发明的精神和随附权利要求的范围内。

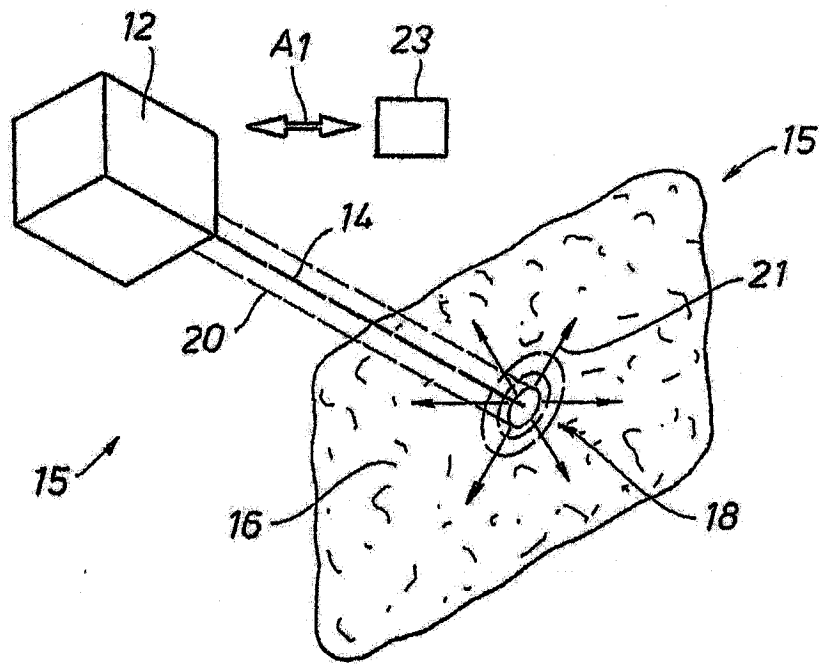


图 1

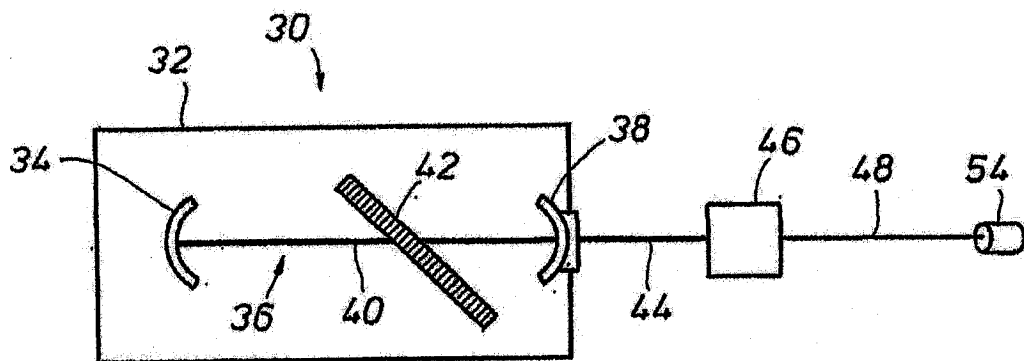


图 2

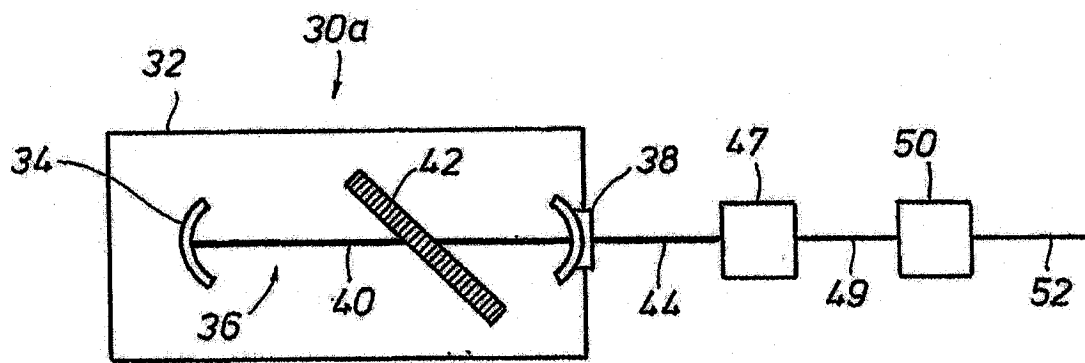


图 3