



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106226401 A

(43)申请公布日 2016.12.14

(21)申请号 201610702139.X

(22)申请日 2009.05.14

(30)优先权数据

12/120,823 2008.05.15 US

(62)分案原申请数据

200980125464.2 2009.05.14

(71)申请人 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

彼得·W·洛兰

约翰·B·小德亚顿

马克·杜波依斯

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 29/12(2006.01)

G01N 29/34(2006.01)

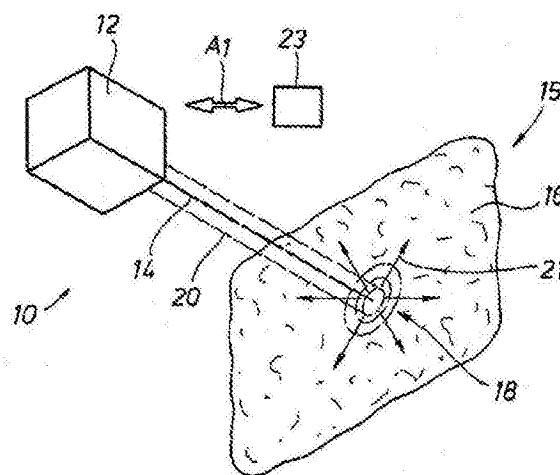
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

用于生成超声检查的中红外激光器的方法和设备

(57)摘要

一种超声测试的方法,包括通过有效地将辐射波波长转换成中红外波长来调节来自激光源的辐射波用于对复合物进行增强的超声测试。该方法包括使得辐射波通过第一光学频率转换器,其中辐射波被转换成信号波和闲散波,其中闲散波处在中红外波长。该方法还包括将信号和闲散波导向第二光学频率转换器,其中信号波波长被转换成中红外波长,其与闲散波组合到一起形成生成波。将该生成波导向复合物表面用于测试。



1. 一种超声测试的方法, 包括:

将来自泵浦激光器的辐射波导向设置在晶体内的第一光学转换器, 其中所述第一光学转换器将所述辐射波转换成信号波和闲散波, 其中所述闲散波波长处于中红外范围;

其特征在于, 将所述信号波和所述闲散波导向与所述第一光学转换器一起设置在所述晶体内的第二光学转换器, 其中第二光学转换器包括光参量转换器, 其中所述第二光学转换器将所述信号波波长转换成中红外范围并且所述闲散波实质上不变地通过所述第二光学转换器, 并且其中所述闲散波与所述经过转换的信号波组合在一起形成单个输出波; 以及

将所述单个输出波导向检查对象的检查表面用于对所述检查对象进行超声测试;

其中所述晶体是准相位匹配周期性极化的晶体或集成的周期性极化晶体。

2. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于单个输出波为用于在所述检查表面上生成超声移位的生成波或者用于检测在所述检查表面上的超声移位的检测波中的一个。

3. 如权利要求1或2中之一所述的方法, 其特征在于所述检查表面是复合物。

4. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于所述第一光学转换器包括光参量振荡器, 并且进一步的特征在于所述第二光学转换器还包括差频发生器。

5. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于所述第一光学转换器和第二光学转换器被分成晶体的不同部分。

6. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于所述第一光学转换器和第二光学转换器被集成在所述晶体内。

7. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于泵浦激光波波长约为1.064微米, 信号波波长约为1.594微米, 而闲散波波长约为3.2微米。

8. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于输出波波长约为3.2微米。

9. 一种激光超声测试系统, 包括:

输入激光源;

晶体, 其中所述晶体是准相位匹配周期性极化的晶体或集成的周期性极化晶体;

第一光学频率转换器, 其被布置在所述晶体内, 所述第一光学频率转换器被耦接以从所述输入激光源接收输入波, 所述第一光学频率转换器将所述输入波转换成信号波和闲散波, 其中所述闲散波和信号波具有不同的波长;

其特征在于, 第二光学频率转换器, 其被布置在所述晶体中并且与所述第一光学频率转换器集成在一起, 其中第二光学频率转换器包括光参量转换器, 所述第二光学频率转换器被耦接以接收所述闲散波和信号波, 所述第二光学频率转换器用于将信号波波长转换成与闲散波实质上相同的波长并且发射包括经过转换的信号波和闲散波的组合输出波, 其中组合输出波可导向目标对象的目标表面以在所述目标表面上形成超声振动; 以及

检测激光器, 其可导向所述目标表面并且配置成检测超声移位。

10. 如权利要求9所述的激光超声测试系统, 其特征在于输入激光波的波长约为1.064微米。

11. 如权利要求9或10中之一所述的激光超声测试系统, 其特征在于闲散波和经过转换的信号波的波长范围从约3微米到约4微米。

12. 如权利要求9所述的激光超声测试系统, 其特征在于闲散波和经过转换的信号波的

波长约为3.2微米。

13.如权利要求9所述的激光超声测试系统,其特征在于第一光学转换器包括光参量振荡器。

14.如权利要求9所述的激光超声测试系统,其特征在于第二光学转换器还包括差频发生器。

15.如权利要求9所述的激光超声测试系统,其特征在于所述晶体可由融合到一起的两个相位匹配的晶体组成,或者由准相位匹配周期性极化的晶体组成,或者具有窄网格线和较密的网格线。

用于生成超声检查的中红外激光器的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明一般来说涉及非破坏性测试领域。更具体地说,本发明涉及用于形成中红外波长的生成激光束的方法和系统。

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、水上飞机和航空器等)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激光器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。检测激光束指向振动表面并且被表面振动散射。光收集器接收散射的检测激光并引导该检测激光以便进行处理。典型地,通过耦接至光收集器的干涉仪来进行所述处理。可以通过散射光处理来确认与复合材料相关的信息,该信息包括裂纹、脱层、孔隙、异物(杂物)、消散的检测和光纤信息。

发明内容

[0004] 本文公开了一种超声测试的方法,包括:将来自泵浦激光器的辐射波导向第一光学转换器,其中所述第一光学转换器将所述辐射波转换成信号波和闲散波,其中所述闲散波波长处于中红外范围;将所述信号波和所述闲散波导向第二光学转换器,其中所述第二光学转换器将所述信号波波长转换成中红外范围并且所述闲散波实质上不变地通过所述第二光学转换器,并且其中所述闲散波与所述经过转换的信号波组合在一起形成单个输出波;以及将所述单个输出波导向检查对象的检查表面用于对所述检查对象进行超声测试。

[0005] 输出波可以为生成波,用于在所述检查表面上生成超声移位和/或用于检测在所述检查表面上的超声移位。检查表面可以包括复合物。在一个实施例中,第一光学转换器包括光参量振荡器。在一个实施例中,第二光学转换器可以是光参量转换器或差频发生器。可选地,第一和第二光学转换器被组合成单个晶体。第一光学转换器和第二光学转换器可以被分成晶体的不同部分,可选地,第一光学转换器和第二光学转换器被集成在单个晶体内。

[0006] 在超声测试的方法一个可选实施例中,泵浦激光波波长约为1.064微米。在超声测试的方法一个可选实施例中,信号波波长约为1.594微米。在超声测试的方法一个可选实施例中,闲散波波长约为3.2微米。本方法的输出波波长范围可以从约3微米到约4微米。可选地,在超声测试的方法一个可选实施例中,输出波波长约为3.2微米。

[0007] 本文公开了一种对测试对象进行激光超声测试的方法,包括:将波长约为1.064微米的输入激光波转换成波长约为3.2微米的信号波和波长约为1.594微米的闲散波;将所述

信号波波长转换成约为3.2微米;以及通过将所述闲散波和经过转换的信号波作为组合波导向目标表面以在所述目标对象的目标表面上产生超声移位。该方法可以进一步包括生成第二组合波,将第二激光束导向振动目标表面上,以及用第二组合波检测目标表面移位。转换输入激光波的步骤可以包括将输入波导向光参量振荡器。形成经过转换的信号波的步骤可以包括将信号和闲散波导向频率转换器,其中频率转换器可以是光参量振荡器和差频发生器。

[0008] 本公开还包括一种激光超声测试系统,包括:输入激光源;第一光学频率转换器,其被耦接以从输入激光源接收输入波,所述第一光学频率转换器被配置成将输入波转换成闲散波和信号波,其中闲散波和信号波具有不同的波长。还可包括在测试系统中的第二光学频率转换器,其被耦接以接收闲散波和信号波并且配置成将信号波波长转换成与闲散波实质上相同的波长并且发射包括经过转换的信号波和闲散波的组合输出波,其中组合输出波可导向目标对象的目标表面以在目标表面上形成超声振动。该系统可以进一步包括检测激光器,其可导向所述目标表面并且配置成登记目标表面振动。

[0009] 输入激光波可以具有约为1.064微米的波长。闲散波和经过转换的信号波的波长范围可以从约3微米到约4微米。闲散波和经过转换的信号波的波长可以约为3.2微米。第一光学转换器可以是光参量振荡器。第二光学转换器可以是光参量转换器或差频发生器。

附图说明

[0010] 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:

[0011] 图1是超声检查系统的透视图。

[0012] 图2示出了用于超声测试的光源的实施例的示意表示。

[0013] 图3和图4是用于超声测试的光源的替代实施例的示意表示。

[0014] 图3b和图4b是用于超声测试光源的极化晶体的示意图。

[0015] 图5是用于超声测试的光源的替代实施例的示意表示。

[0016] 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

[0017] 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。

[0018] 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。

[0019] 图1提供了激光超声检测系统10的一个实施例的侧面斜视图。检测系统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上与检查目标15接触。生成光束14热弹性膨胀检查表面16以在检查表面16上产生相应的波长移位18。在一个实施例中,生成光束14是配置成在检查表面16上产生波长移位18的脉冲激光。检测光束20还被示出从激光超声单元12发出并且示出为绕生成光束14是共轴的。尽管从相同的激光超声单元12发出,但检测光束和生成光束(14,20)由不同的源生成。然而,检测光束20可优选地源自不同的单元及不同的位置。众所周知,检测光束20包括检测波,该检测波被散射、反射,并且在与波长移位18作用时被相位调制,以形成相位调制光21。然后,来自检测光束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。可以使生成光束和检测光束(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A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包含在一起。

[0020] 现在参考图2,在示意图中示出了中红外发生器22的一个实施例。如下文具体描述,中红外发生器22生成可用于图1的一个生成激光束14的输出波。在所示实施例中,中红外发生器22包括泵浦激光器24,其发射被导向第一光学频率转换器30的泵浦激光束26。第一光学频率转换器30将单个泵浦输入波转换成两个波:(1)闲散波32和(2)信号波36。剩余泵浦波34中的一部分通过转换器30。每个波(32、34、36)都具有不同的波长。转换器工作在100%效率下并且允许来自泵浦激光束的一小部分能量通过。

[0021] 从第一光学频率转换器30发射的波被导向第二光学频率转换器38。第二光学频率转换器38已被配置成允许闲散波32的自由通过,而不影响其任何波特性,诸如频率波长和能量。然而,信号波36的波长在第二光学频率转换器38中被转换成与闲散波32的波长实质上相同。因此,闲散波32和信号波36被组合成单个输出波40,其具有特定波长并且其能级大于闲散波32的能级。因此,中红外发生器22被配置成产生具有预期波长的输出波40用于超声测试。

[0022] 可选地,输入耦合器28和输出耦合器42可以被置于第一和第二光学频率转换器(30、38)的对应输入端和输出端。如图所示,输入和输出耦合器(28、42)形成光学腔,增加了转换器30和38的转换效率。耦合器28和42具有泵浦、闲散和信号波长下的反射和透射特性,以及设计成最大化输出光束40中的能量的曲率半径。设计值通过计算、建模和实验确定。本文所述的装置不限于图2的实施例,而可以包括几种其他腔的方法。例如,替代实施例包括三个或四个臂腔,其包括更多的耦合器或镜子。图5示出了四个臂腔53的示例。这里,泵浦激光束26c通过第一输入耦合器54并且闲散波32c从输出耦合器57离开腔53。第一和第二频率转换器(30b、38b)处于腔53中的不同臂中。泵浦光束34c的剩余部分从输出耦合器55排出而闲散和信号波逸出第二光学频率转换器38b朝向镜子56。多个臂腔的一个优势在于防止泵浦到达第二转换器,减少了光学涂层的需求和损坏阈。

[0023] 在使用图2的中红外发生器22的一个示例中,泵浦激光束26的波长约为1.064微米。在该实施例中,第一光学频率转换器30被配置成将泵浦激光束26转换成闲散波32,其中闲散波32的波长约为3.2微米,而信号波36的波长约为1.594微米。另外,在该实施例中,第

二光学频率转换器38被配置成允许闲散波32的自由通过,同时将信号波36从约为1.594微米转换成约为3.2微米。因此,第二光学频率转换器38产生经过转换的信号波36,其与通过的闲散波32组合在一起形成输出波40。因此,通过经由经过转换的信号波36恢复能量,使用第二光学频率转换器38提高了输出波40功率。已发现,通过使用波长处于中红外范围,即波长长约3微米到约4微米的激光波极大改进了复合材料的激光超声测试。更具体地说,通过使用波长约为3.2微米的激光波实现了改进的复合材料的检测。可借助这种激光器进行估计的复合表面特征包括缺陷、脱层、杂物、裂纹和光纤特性,诸如光纤定向和光纤密度。

[0024] 使用本装置和方法的另一优势在于,许多良好执行的激光器泵浦工作在1微米周围,举例来说包括Nd:YAG、Yb:YAG和Nd:YVO₄。因此,这些激光器包括用于中红外发生器22的泵浦激光器24的可行候选。在一个实施例中,第一光学频率转换器30可包括光参量振荡器(OPO)。在另一实施例中,第二光学频率转换器38可包括OPO以及差频发生器(DFG)。OPO和DFG可以由完美相位匹配的晶体组成或者由周期性极化的准相位匹配晶体组成。

[0025] 图3a提供了中红外发生器22a的替代实施例。在该实施例中,泵浦激光器24a发射泵浦激光束26a,通过光学输入耦合器28a朝向频率转换器。这里,第一光学频率转换器30a与第二光学频率转换器38a组合成单个晶体。晶体的前端部分包括第一光学频率转换器30a而第二部分包括第二光学频率转换器38a。组合的晶体可由融合到一起的两个相位匹配的晶体组成,或者由图3b中示意图示出的准相位匹配周期性极化的晶体44组成。形成第一光学频率转换器30a的晶体44的一部分由一系列窄网格线46示出。较密和更大间隔宽度的网格线48示出了形成第二光学频率转换器38a的晶体44的部分。这些网格线(46、48)示出了以公知方法形成的周期极化的位置。晶体44的第一部分的极化被设计成将泵浦转换成闲散和信号(30a),而晶体(38a)的第二部分的极化被设计成将信号转换成闲散。

[0026] 图4a示出了中红外发生器22b的再一实施例的示意图。在该实施例中,泵浦激光器24b发射泵浦激光束26b,通过可选的输入耦合器28b,其中泵浦激光束26b被接收到集成的光学频率转换器50中。集成的光学频率转换器50以本质上与第一和第二光学频率转换器(30、38)相同的方式工作并且执行本质上相同的功能。集成的光学频率转换器50还发射输出波40b,用作超声激光测试光束。图4a的集成的光学频率转换器50在图4b中示意性地刻画为集成的周期性极化晶体52。这里,窄网格线46a和宽网格线48a沿晶体52长度方向交替。

[0027] 然而,应当指出,由中红外发生器的任何实施例所产生的最终波并不限于3.2微米,而是可以包括从约3微米到约为4微米。为了本文讨论的目的,中红外范围定义了波长从约3微米到约为4微米的波。

[0028] 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。

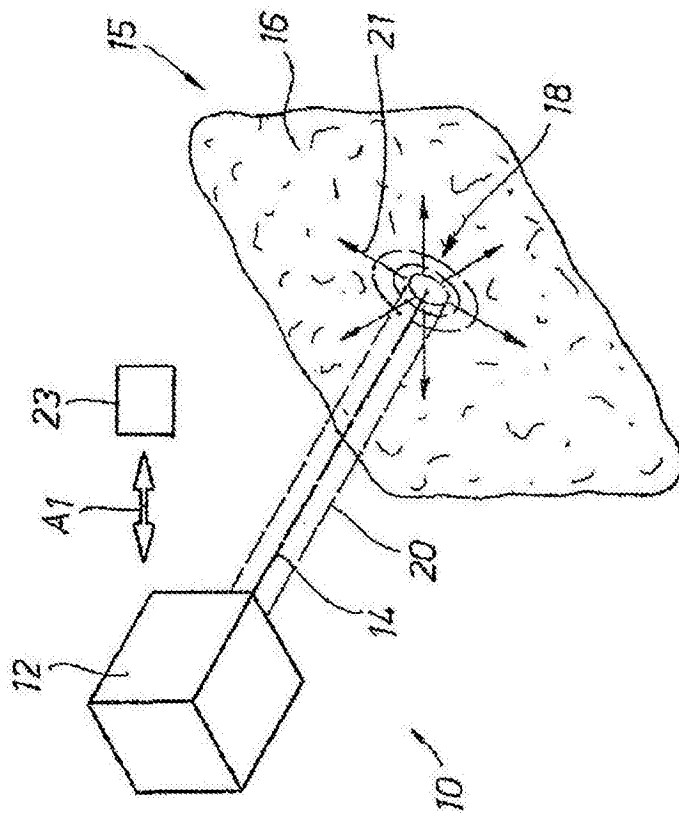


图1

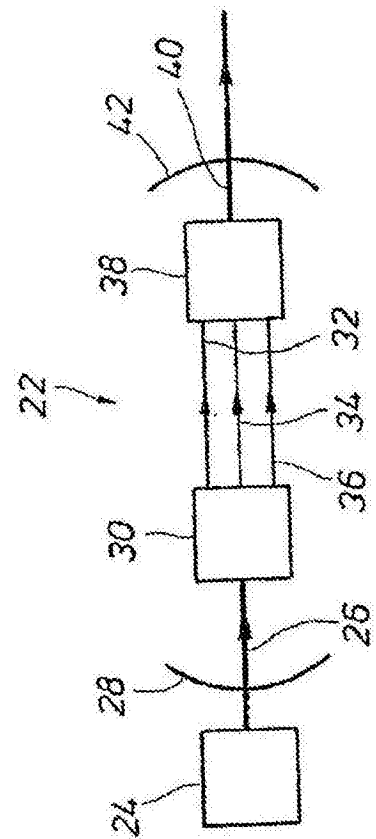


图2

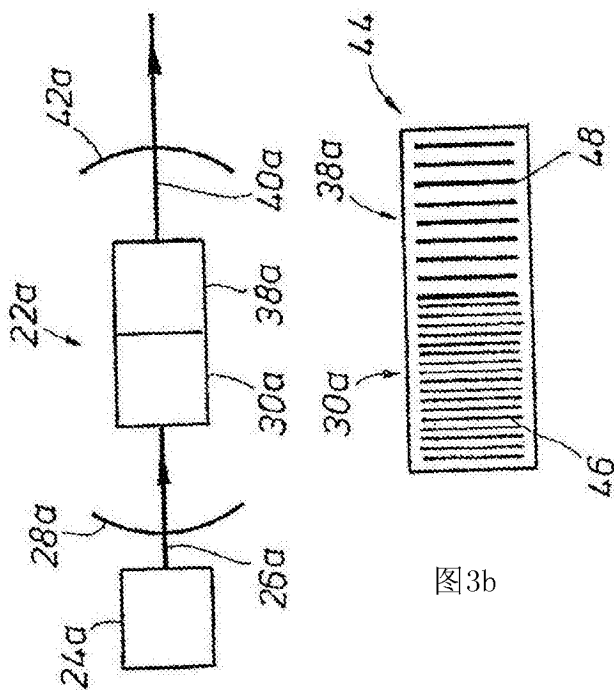


图3a

图3b

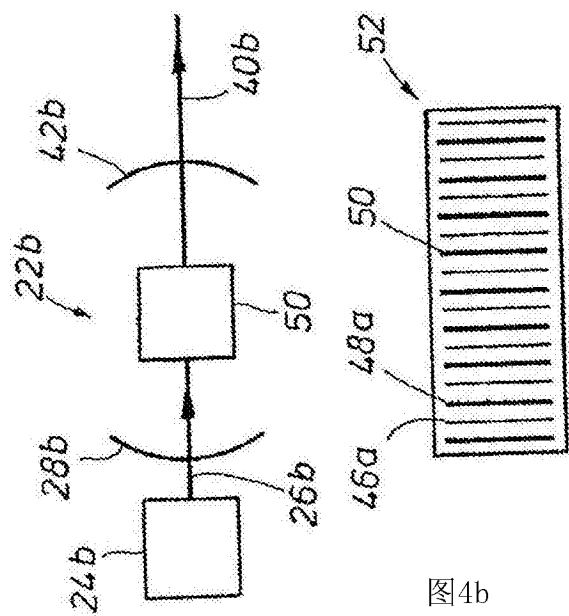


图4a

图4b

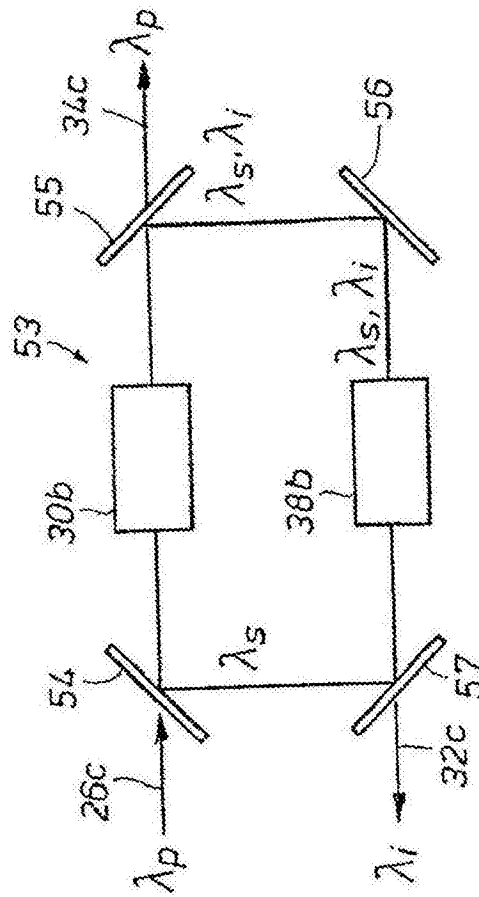


图5