



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119620449 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 14

(21) 申请号 202510013464.4

(22) 申请日 2025.01.06

(71) 申请人 福建福晶科技股份有限公司

地址 350001 福建省福州市鼓楼区软件大道89号福州软件园F区9号楼

(72) 发明人 李锟影 许智宏 王城强 林宗志 汤颖莹 张星 陈秋华

(74) 专利代理机构 华进联合专利商标代理有限公司 44224

专利代理师 吴洋

(51) Int. Cl.

G02F 1/11 (2006.01)

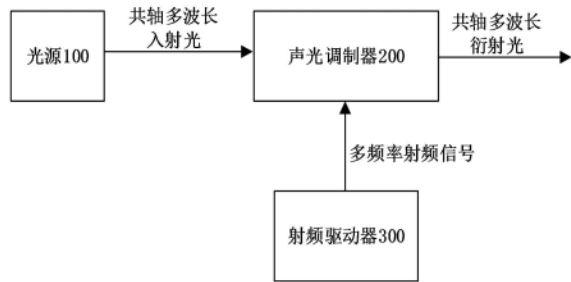
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

多波长激光的调制系统及调制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种多波长激光的调制系统及调制方法,该系统包括:光源,用于提供共轴多波长入射光;声光调制器,用于接收共轴多波长入射光,共轴多波长入射光的入射角为固定入射角,共轴多波长入射光经声光调制器内的多频率射频信号调制,形成共轴多波长衍射光;射频驱动器,用于向声光调制器提供多频率射频信号,其中,基于固定入射角以及共轴多波长入射光的波长确定多频率射频信号,多频率射频信号的频率与共轴多波长入射光的波长对应。共轴多波长入射光以固定入射角输入声光调制器,经与共轴多波长入射光的波长一一对应的多频率射频信号调制,形成共轴多波长衍射光输出,实现了多波长激光的共轴输入输出。



1. 一种多波长激光的调制系统,其特征在于,包括:

光源,用于提供共轴多波长入射光;

声光调制器,用于接收所述共轴多波长入射光,所述共轴多波长入射光的入射角为固定入射角,所述共轴多波长入射光经所述声光调制器内的多频率射频信号调制,形成共轴多波长衍射光;

射频驱动器,用于向所述声光调制器提供所述多频率射频信号,其中,基于所述固定入射角以及所述共轴多波长入射光的波长确定所述多频率射频信号,所述多频率射频信号的频率与所述共轴多波长入射光的波长对应。

2. 根据权利要求1所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,还包括:

光纤耦合结构,用于耦合所述共轴多波长衍射光,所述光纤耦合结构沿所述共轴多波长衍射光的轴向设置。

3. 根据权利要求1所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,所述射频驱动器向所述声光调制器提供所述多频率射频信号包括:

所述射频驱动器在同一时间向所述声光调制器提供不同频率的混合射频信号,所述声光调制器在同一时间从所述射频驱动器接收不同频率的混合射频信号;或者,

所述射频驱动器在不同时间分别向所述声光调制器提供不同频率的射频信号,所述声光调制器在同一时间从所述射频驱动器接收单一频率的射频信号。

4. 根据权利要求3所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,所述多频率射频信号至少包括第一频率射频信号和第二频率射频信号,所述射频驱动器向所述声光调制器同时提供所述第一频率射频信号和所述第二频率射频信号的混合信号,或者,所述射频驱动器在第一时间向所述声光调制器提供所述第一频率射频信号,在第二时间向所述声光调制器提供所述第二频率射频信号,所述射频驱动器交替提供所述第一频率射频信号和所述第二频率射频信号。

5. 根据权利要求1所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,所述光源向所述声光调制器提供共轴多波长入射光包括:

所述光源在同一时间向所述声光调制器提供不同波长的混合入射光,所述声光调制器在同一时间从所述声光调制器接收不同波长的混合入射光;或者,

所述光源在不同时间分别向所述声光调制器提供不同波长的入射光,所述声光调制器在同一时间从所述光源接收单一波长的入射光。

6. 根据权利要求5所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,所述光源包括多个独立光源,所述多个独立光源分别提供不同波长的入射光,以形成不同波长的混合入射光;或者,

所述光源包括可调谐光源,所述可调谐光源在不同时间分别提供不同波长的入射光,所述可调谐光源在同一时间提供单一波长的入射光。

7. 根据权利要求5或6所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,所述不同波长的混合入射光中的不同波长的差值大于预设值。

8. 根据权利要求1所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,所述共轴多波长入射光至少包括第一波长入射光和第二波长入射光,所述多频率射频信号至少包括第一频率射频信号和第二频率射频信号,所述第一波长入射光与所述第一频率射频信号相对应,所述第

二波长入射光与所述第二频率射频信号相对应,第一波长与第一频率的乘积与第二波长与第二频率的乘积关联。

9. 根据权利要求1或6所述的多波长激光的调制系统,其特征在于,还包括:

时钟发生器,用于控制所述光源与所述射频驱动器的时钟,以使所述光源发出的入射光与所述射频驱动器发出的射频信号在所述声光调制器中同步。

10. 一种多波长激光的调制方法,其特征在于,包括下列步骤:

获取共轴多波长入射光;

基于所述共轴多波长入射光的固定入射角以及所述共轴多波长入射光的波长确定多频率射频信号,其中,所述多频率射频信号的频率与所述共轴多波长入射光的波长对应;

所述共轴多波长入射光经所述多频率射频信号调制,以形成共轴多波长衍射光。

多波长激光的调制系统及调制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及声光调制技术领域,特别是涉及一种多波长激光的调制系统及调制方法。

背景技术

[0002] 声光调制是一种外调制技术,通常把控制激光束强度变化的声光器件称作声光调制器。声光调制器由声光介质和压电换能器构成。当驱动源的某种特定载波频率驱动换能器时,换能器即产生同一频率的超声波并传入声光介质,在介质内形成折射率声变化,光束通过介质时即发生相互作用而改变光的传播方向即产生衍射。

[0003] 目前声光调制的方式为在固定射频频率下,将不同波长的激光调节到不同的布拉格角度入射,衍射光的角度也不同。如果将不同波长的激光采用固定角度入射,导致不满足布拉格角度的波长动量失配,衍射效率降低,衍射光以不同的角度输出,无法实现共轴。

发明内容

[0004] 基于此,有必要针对上述背景技术中的问题,提供一种多波长激光的调制系统及调制方法,能够实现衍射光的共轴输入输出。

[0005] 为实现上述目的及其他相关目的,本申请的一方面提供一种多波长激光的调制系统,包括:

[0006] 光源,用于提供共轴多波长入射光;

[0007] 声光调制器,用于接收共轴多波长入射光,共轴多波长入射光的入射角为固定入射角,共轴多波长入射光经声光调制器内的多频率射频信号调制,形成共轴多波长衍射光;

[0008] 射频驱动器,用于向声光调制器提供多频率射频信号,其中,基于固定入射角以及共轴多波长入射光的波长确定多频率射频信号,多频率射频信号的频率与共轴多波长入射光的波长对应。

[0009] 在一个实施例中,共轴多波长激光的调制系统还包括:光纤耦合结构,用于耦合共轴多波长衍射光,光纤耦合结构沿共轴多波长衍射光的轴向设置。

[0010] 在一个实施例中,射频驱动器向声光调制器提供多频率射频信号包括:射频驱动器在同一时间向声光调制器提供不同频率的混合射频信号,声光调制器在同一时间从射频驱动器接收不同频率的混合射频信号。

[0011] 在一个实施例中,射频驱动器向声光调制器提供多频率射频信号包括:射频驱动器在不同时间分别向声光调制器提供不同频率的射频信号,声光调制器在同一时间从射频驱动器接收单一频率的射频信号。

[0012] 在一个实施例中,多频率射频信号至少包括第一频率射频信号和第二频率射频信号,射频驱动器声光调制器同时提供第一频率射频信号和第二频率射频信号的混合信号,或者,射频驱动器在第一时间向声光调制器提供第一频率射频信号,在第二时间向声光调制器提供第二频率射频信号,所述射频驱动器交替提供所述第一频率射频信号和所述第二

频率射频信号。

[0013] 在一个实施例中,光源向声光调制器提供共轴多波长入射光包括:光源在同一时间向声光调制器提供不同波长的混合入射光,声光调制器在同一时间从声光调制器接收不同波长的混合入射光。

[0014] 在一个实施例中,光源向声光调制器提供共轴多波长入射光包括:光源在不同时间分别向声光调制器提供不同波长的入射光,声光调制器在同一时间从光源接收单一波长的入射光。

[0015] 在一个实施例中,光源包括多个独立光源,多个独立光源分别提供不同波长的入射光,以形成不同波长的混合入射光。

[0016] 在一个实施例中,光源包括可调谐光源,可调谐光源在不同时间分别提供不同波长的入射光,可调谐光源在同一时间提供单一波长的入射光。

[0017] 在一个实施例中,不同波长的混合入射光中的不同波长的差值大于预设值。

[0018] 在一个实施例中,共轴多波长入射光至少包括第一波长入射光和第二波长入射光,多频率射频信号至少包括第一频率射频信号和第二频率射频信号,第一波长入射光与第一频率射频信号相对应,第二波长入射光与第二频率射频信号相对应,第一波长与第一频率的乘积与第二波长与第二频率的乘积关联。

[0019] 在一个实施例中,共轴多波长激光的调制系统还包括:时钟发生器,用于控制光源与射频驱动器的时钟,以使光源发出的入射光与射频驱动器发出的射频信号在声光调制器中同步。

[0020] 本发明另一方面提供一种多波长激光的调制方法,包括下列步骤:

[0021] 获取共轴多波长入射光;

[0022] 基于共轴多波长入射光的固定入射角以及共轴多波长入射光的波长确定多频率射频信号,其中,多频率射频信号的频率与共轴多波长入射光的波长对应;

[0023] 共轴多波长入射光经多频率射频信号调制,以形成共轴多波长衍射光。

[0024] 根据本发明提供的多波长激光的调制系统及调制方法,共轴多波长入射光以固定入射角输入声光调制器,通过使射频驱动器向声光调制器提供与共轴多波长入射光的波长一一对应的多频率射频信号,可以使共轴多波长入射光的衍射光以相同衍射角输出,形成共轴多波长衍射光,实现了多波长激光的共轴输入输出。

附图说明

[0025] 为了更好地描述和说明这里公开的那些申请的实施例和/或示例,可以参考一幅或多幅附图。用于描述附图的附加细节或示例不应当被认为是对所公开的申请、目前描述的实施例和/或示例以及目前理解的这些申请的最佳模式中的任何一者的范围的限制。

[0026] 图1为现有技术中多波长激光调制的示意图;

[0027] 图2为一实施例中提供的多波长激光的调制系统的示意性框图;

[0028] 图3为一实施例中提供的一种多波长激光的调制系统的结构示意图;

[0029] 图4为一实施例中提供的另一种多波长激光的调制系统的结构示意图;

[0030] 图5为一实施例中提供的时钟信号、射频频率和波长的示意图;

[0031] 图6为一实施例中提供的波长与超声功率利用率的关系示意图;

[0032] 图7为一实施例中提供的波长与射频频率的关系示意图；

[0033] 图8为一实施例中提供的多波长激光的调制方法的流程图。

[0034] 附图标记说明：

[0035] 100、光源；101、第一光源；102、第二光源；103、第三光源；104、第一光学器件；105、第二光学器件；106、第三光学器件；200、声光调制器；300、射频驱动器；400、光纤耦合结构；500、时钟发生器。

具体实施方式

[0036] 为了便于理解本申请，下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述。附图中给出了本申请的首选实施例。但是，本申请可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使对本申请的公开内容更加透彻全面。

[0037] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请。本文所使用的术语“及/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0038] 在此使用的术语的目的仅在于描述具体实施例并且不作为本申请的限制。在此使用时，单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也意图包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应明白术语“组成”和/或“包括”，当在该说明书中使用时，确定所述特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件的存在，但不排除一个或更多其它的特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或组的存在或添加。在此使用时，术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。

[0039] 需要说明的是，本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本申请的基本构想，虽图示中仅显示与本申请中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制，其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变，且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0040] 目前声光调制的方式为在固定射频频率 f 下，为了保证不同波长 λ 的激光的衍射效率，需要将不同波长 λ 的激光调节到不同的布拉格角度 θ_B 入射。布拉格角度 θ_B 的公式为 $\theta_B = \frac{\lambda \times f}{2v}$ ，其中， λ 表示入射光波长， f 表示射频频率， v 表示晶体声波速度。参照图1所示，对于波长为 λ_1 的激光，当固定射频频率为 f 时，其布拉格角度为 θ_{B1} ，形成的衍射光为 $\lambda_1 - 1$ ；对于波长为 λ_2 的激光，当固定射频频率为 f 时，其布拉格角度为 θ_{B2} ，形成的衍射光为 $\lambda_2 - 1$ 。衍射光 $\lambda_1 - 1$ 与衍射光 $\lambda_2 - 1$ 的衍射角度不同，无法实现共轴。

[0041] 进一步，如果在固定射频频率 f 下，将不同波长 λ 的激光采用固定角度 θ 入射，不仅导致不满足布拉格角度的波长由于动量失配，衍射效率降低，而且衍射光仍会以不同的角度输出，无法实现共轴。

[0042] 针对上述问题，本发明提供了一种多波长激光的调制系统，如图2所示，包括：

[0043] 光源100，用于提供共轴多波长入射光；

[0044] 声光调制器200，用于接收共轴多波长入射光，共轴多波长入射光的入射角为固定入射角，共轴多波长入射光经声光调制器内的多频率射频信号调制，形成共轴多波长衍射

光;

[0045] 射频驱动器300,用于向声光调制器200提供多频率射频信号,其中,基于固定入射角以及共轴多波长入射光的波长确定多频率射频信号,多频率射频信号的频率与共轴多波长入射光的波长对应。

[0046] 在一个实施例中,光源100在同一时间向声光调制器200提供不同波长的混合入射光,声光调制器200在同一时间从声光调制器200接收不同波长的混合入射光。具体地,光源100包括多个独立光源,多个独立光源分别提供不同波长的入射光,以形成不同波长的混合入射光。其中,不同波长的入射光中各个波长的差值大于预设值。

[0047] 参照图3所示,在一个实施例中,光源100包括第一光源101、第二光源102和第三光源103。第一光源101发出第一波长入射光 λ_1 ,第二光源102发出第二波长入射光 λ_2 ,第三光源103发出第三波长入射光 λ_3 。为减少不同波长杂散衍射光的影响,不同波长的入射光中各个波长的差值通常大于预设值,该预设值通常大于50nm,包括但不限于50nm、100nm、150nm等。光源100还包括第一光学器件104、第二光学器件105和第三光学器件106。第一光学器件104与第一光源101对应设置,以改变第一波长入射光 λ_1 的光路;第二光学器件105与第二光源102对应设置,以改变第二波长入射光 λ_2 的光路,第二光学器件105还用于透过第一波长入射光 λ_1 ,使第二波长入射光 λ_2 与第一波长入射光 λ_1 共轴;第三光学器件106与第三光源103对应设置,以改变第三波长入射光 λ_3 的光路,第三光学器件106还用于透过第一波长入射光 λ_1 和第二波长入射光 λ_2 ,使第三波长入射光 λ_3 与第二波长入射光 λ_2 、第一波长入射光 λ_1 共轴。第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 经第一光学器件104、第二光学器件105和第三光学器件106调整光路后,形成共轴多波长入射光,该共轴多波长入射光为不同波长的混合入射光。

[0048] 在一个实施例中,光源100在不同时间分别向声光调制器200提供不同波长的入射光,声光调制器200在同一时间从光源100接收单一波长的入射光。具体地,光源100包括可调谐光源,可调谐光源在同一时间提供单一波长的入射光,因此通过使可调谐光源在不同时间分别提供不同波长的入射光来实现提供共轴多波长入射光。

[0049] 参照图4所示,在一个实施例中,光源100包括可调谐光源,可调谐光源在同一时间仅能发出单一波长的激光作为入射光。具体地,可调谐光源在第一时间提供第一波长入射光 λ_1 ,在第二时间提供第二波长入射光 λ_2 ,在第三时间提供第三波长入射光 λ_3 ,第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 共轴。设置可调谐光源的时间间隔,可调谐光源以一定时间间隔输出第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 ,将第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 作为共轴多波长入射光提供至声光调制器200。

[0050] 在一个实施例中,声光调制器200可以采用宽带声光调制器。声光调制器200中的声光介质材料包括但不限于二氧化碲、石英、熔石英等。声光调制器200的声波模式选择纵波模式。

[0051] 在一个实施例中,射频驱动器300在同一时间向声光调制器200提供不同频率的混合射频信号,声光调制器200在同一时间从射频驱动器300接收不同频率的混合射频信号。具体地,多频率射频信号至少包括第一频率射频信号和第二频率射频信号,射频驱动器300向声光调制器200同时提供第一频率射频信号和第二频率射频信号的混合信号。

[0052] 参照图3所示,在一个实施例中,射频驱动器300同时发射第一频率射频信号f1、第二频率射频信号f2和第三频率射频信号f3,其中,第一频率射频信号f1与第一波长入射光 λ_1 相对应,第二频率射频信号f2与第二波长入射光 λ_2 相对应,第三频率射频信号f3与第三波长入射光 λ_3 相对应,将第一频率射频信号f1、第二频率射频信号f2和第三频率射频信号f3的混合信号提供至声光调制器200。

[0053] 在一个实施例中,射频驱动器300在不同时间分别向声光调制器200提供不同频率的射频信号,声光调制器200在同一时间从射频驱动器300接收单一频率的射频信号。具体地,多频率射频信号至少包括第一频率射频信号和第二频率射频信号,射频驱动器300在第一时间向声光调制器200提供第一频率射频信号,在第二时间向声光调制器200提供第二频率射频信号,所述射频驱动器以一定周期和持续时间间隔交替提供所述第一频率射频信号和所述第二频率射频信号。

[0054] 参照图3或图4所示,在一个实施例中,射频驱动器300在同一时间仅能发出同一频率的射频信号,因此通过使射频驱动器300在不同时间分别提供不同频率的射频信号来实现提供多频率射频信号。具体地,射频驱动器300在第一时间提供第一频率射频信号f1,在第二时间提供第二频率射频信号f2,在第三时间提供第三频率射频信号f3,其中,第一频率射频信号f1与第一波长入射光 λ_1 相对应,第二频率射频信号f2与第二波长入射光 λ_2 相对应,第三频率射频信号f3与第三波长入射光 λ_3 相对应。设置射频驱动器300的周期和时间间隔,射频驱动器300以一定周期和持续时间间隔输出第一频率射频信号f1、第二频率射频信号f2和第三频率射频信号f3,将第一频率射频信号f1、第二频率射频信号f2和第三频率射频信号f3作为多频率射频信号提供至声光调制器200。此外,射频驱动器300内还设置有滤波电路,用于消除杂波信号。

[0055] 在一个实施例中,共轴多波长激光的调制系统还可以包括光纤耦合结构400,光纤耦合结构400用于耦合共轴多波长衍射光,光纤耦合结构400沿共轴多波长衍射光的轴向设置。

[0056] 在一个实施例中,对于共轴多波长入射光,其入射至声光调制器200的入射角为固定入射角 θ ,经多频率射频信号调制后,形成的衍射光的衍射角度 θ' 相同,因此共轴多波长入射光经多频率射频信号调制后形成共轴多波长衍射光。当光纤耦合结构400沿共轴多波长衍射光的轴向设置(即,沿共轴多波长衍射光的衍射角度设置)时,参照图3所示,共轴多波长衍射光可以被光纤耦合结构400接收。

[0057] 在一个实施例中,参照图3所示,对于第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 形成的混合入射光,当射频驱动器300同时发射第一频率射频信号f1、第二频率射频信号f2和第三频率射频信号f3时,第一波长入射光 λ_1 经第一频率射频信号f1调制形成衍射角度为 θ' 的第一衍射光,第一波长入射光 λ_1 经第二频率射频信号f2或第三频率射频信号f3调制形成的衍射光为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与第一衍射光共轴,不能被光纤耦合结构400接收。同样,第二波长入射光 λ_2 经第二频率射频信号f2调制形成衍射角度为 θ' 的第二衍射光,第二波长入射光 λ_2 经第一频率射频信号f1或第三频率射频信号f3调制形成的衍射光为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与第二衍射光共轴,不能被光纤耦合结构400接收。第三波长入射光 λ_3 经第三频率射频信号f3调制形成衍射角度为 θ' 的第三衍射光,第三波长入射光 λ_3 经第一频率射频信号f1或第二频率射频信号f2调制形成的衍射光

为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与第三衍射光共轴,不能被光纤耦合结构400接收。进一步,第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光的衍射角度相同,即,第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光共轴,由第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光形成的共轴多波长衍射光被光纤耦合结构400接收。

[0058] 在一个实施例中,参照图3所示,对于第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 形成的混合入射光,当射频驱动器300依次发射第一频率射频信号 f_1 、第二频率射频信号 f_2 和第三频率射频信号 f_3 时,第一波长入射光 λ_1 经第一频率射频信号 f_1 调制形成衍射角度为 θ' 的第一衍射光,第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 经第一频率射频信号 f_1 调制形成的衍射光为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与第一衍射光共轴,不能被光纤耦合结构400接收。同样,第二波长入射光 λ_2 经第二频率射频信号 f_2 调制形成衍射角度为 θ' 的第二衍射光,第一波长入射光 λ_1 和第三波长入射光 λ_3 经第二频率射频信号 f_2 调制形成的衍射光为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与第二衍射光共轴,不能被光纤耦合结构400接收。第三波长入射光 λ_3 经第三频率射频信号 f_3 调制形成衍射角度为 θ' 的第三衍射光,第一波长入射光 λ_1 和第二波长入射光 λ_2 经第三频率射频信号 f_3 调制形成的衍射光为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与第三衍射光共轴,不能被光纤耦合结构400接收。进一步,第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光的衍射角度相同,即,第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光共轴,由第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光形成的共轴多波长衍射光被光纤耦合结构400接收。

[0059] 在一个实施例中,共轴多波长激光的调制系统还包括时钟发生器500,时钟发生器500用于控制光源100与射频驱动器300的时钟,以使光源100发出的入射光与射频驱动器300发出的射频信号在声光调制器200中同步。

[0060] 在一个实施例中,参照图4所示,时钟发生器500发射时钟信号,并分别控制可调谐光源与射频驱动器300的延迟量,以使第一波长入射光 λ_1 与第一频率射频信号 f_1 在声光调制器200中同步,第一波长入射光 λ_1 由第一频率射频信号 f_1 调制,第二波长入射光 λ_2 与第二频率射频信号 f_2 在声光调制器200中同步,第二波长入射光 λ_2 由第二频率射频信号 f_2 调制,第三波长入射光 λ_3 与第三频率射频信号 f_3 在声光调制器200中同步,第三波长入射光 λ_3 由第三频率射频信号 f_3 调制。通过使不同波长的入射光与相应频率的射频信号在声光调制器200中同步,可以避免产生杂散光,并实现多波长激光的快速扫描调制。

[0061] 在一个实施例中,参照图4和图5所示,在一个时钟周期内,光源100依次发出第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 ,射频驱动器300依次发射第一频率射频信号 f_1 、第二频率射频信号 f_2 和第三频率射频信号 f_3 ,第一波长入射光 λ_1 经第一频率射频信号 f_1 调制形成衍射角度为 θ' 的第一衍射光,第二波长入射光 λ_2 经第二频率射频信号 f_2 调制形成衍射角度为 θ' 的第二衍射光,第三波长入射光 λ_3 经第三频率射频信号 f_3 调制形成衍射角度为 θ' 的第三衍射光,由第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光形成共轴多波长衍射光。参照图5所示,各个频率的射频信号的持续时间略长于各个波长的入射光的持续时间,以保证每个波长的入射光均可被衍射。

[0062] 在一个实施例中,对于共轴多波长入射光,其入射声光调制器200的入射角为固定入射角 θ ,基于固定入射角 θ 以及共轴多波长入射光的波长 λ 确定多频率射频信号 f ,多频率射频信号的频率 f 与共轴多波长入射光的波长 λ 一一对应。

[0063] 在一个实施例中,共轴多波长入射光至少包括第一波长入射光 λ_1 和第二波长入射光 λ_2 ,多频率射频信号至少包括第一频率射频信号 f_1 和第二频率射频信号 f_2 ,第一波长入射光 λ_1 与第一频率射频信号 f_1 相对应,第二波长入射光 λ_2 与第二频率射频信号相对应 f_2 ,第一波长与第一频率的乘积与第二波长与第二频率的乘积关联,例如,第一波长与第一频率的乘积与第二波长与第二频率的乘积相等,即, $2 \times v \times \theta = \lambda_1 \times f_1 = \lambda_2 \times f_2$ 。

[0064] 在一个实施例中,参照图6所示,以声光调制器200采用400nm~650nm波段的石英声光调制器为例,当入射角度 θ_i 为 0.3° ,第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 的波长分别为405nm、532nm和633nm时,对应的第一频率射频信号 f_1 、第二频率射频信号 f_2 和第三频率射频信号 f_3 的频率分别为148.5MHz、113MHz和95MHz。例如,当采用第二波长入射光 λ_2 (532nm)对应的第二频率射频信号 f_2 (113MHz)调制时,第一波长入射光 λ_1 (405nm)和第三波长入射光 λ_3 (633nm)经第二频率射频信号 f_2 (113MHz)调制形成的衍射光为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与第二衍射光共轴。

[0065] 在一个实施例中,对于声光调制器,当入射角度和布拉格角度一致时,可以达到最佳衍射效率,入射角度和布拉格角度出现偏差时,声光调制器的衍射效率降低。衍射效率 η 表示为:

$$[0066] \quad \eta = \sin^2 \left(\frac{\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{M_2 L P_a}{2H}} \right)$$

[0067] 其中, M_2 表示声光材料的品质因数, P_a 表示超声功率, L 和 H 分别表示换能器的长度和宽度。超声功率 P_a 和衍射效率 η 是单调上升的非线性函数关系。调制超声功率 P_a 即可达到调制衍射效率 η 的目的。超声功率 P_a 与超声功率利用率 BL 的关系可以表示为:

$$[0068] \quad \begin{aligned} BL &= -10 \log \frac{P_a(\theta_i - \theta_B)}{P_a(0)} \\ \frac{P_a(\theta_i - \theta_B)}{P_a(0)} &= \left(\frac{\sin x}{x} \right)^2 \\ x &= \frac{\pi L \sin(\theta_i - \theta_B)}{\Lambda} \end{aligned}$$

$$[0069] \quad \Lambda = v / f$$

[0070] 其中, θ_i 表示入射角角度, θ_B 表示布拉格角度, L 表示换能器长度, Λ 表示声波长, v 表示晶体声波速度, f 表示射频频率。因此,可以通过超声功率利用率 BL 来表征衍射效率 η 。

[0071] 根据图5可以看出,当入射角度为 0.3° ,频率射频信号为第二频率射频信号 f_2 (113MHz)时,第二波长入射光 λ_2 (532nm)超声损耗小,超声功率利用率 BL 高,而第一波长入射光 λ_1 (405nm)和第三波长入射光 λ_3 (633nm)与第二波长入射光 λ_2 (532nm)的超声功率利用率 BL 相差10dB~12dB,说明采用第二波长入射光 λ_2 (532nm)对应的频率调制时,第一波长入射光 λ_1 (405nm)和第三波长入射光 λ_3 (633nm)的超声利用率 BL 低了10倍以上,也意味着,使用第二波长入射光 λ_2 (532nm)对应的频率时,第一波长入射光 λ_1 (405nm)和第三波长入射光 λ_3 (633nm)的衍射效率 η 远远低于第二波长入射光 λ_2 (532nm)的衍射效率 η 。在图3所示的实施例中,第一波长入射光 λ_1 (405nm)和第三波长入射光 λ_3 (633nm)经第二频率射频信号 f_2 (113MHz)调制会形成杂散光,但是杂散光和共轴多波长衍射光的衍射角度不同(即,不共轴),因此图3所示的实施例可以采用光纤耦合结构400仅接收共轴多波长衍射光。而在图4

所示的实施例中,射频频率随着波长同步变化,因此不会造成杂散光。因此,当入射角度固定时,可以通过改变射频频率来弥补波长带来的角度差异,使各个波长都具有相同的布拉格角度,提高各个波长下的超声功率利用率,也即提高各个波长的衍射效率。

[0072] 另外,当入射角度 θ_i 不同时,对应的射频频率也随着改变。例如,当固定入射角分别为 0.2° 、 0.3° 和 0.4° 时,入射光的波长与射频频率的对应关系如图7所示。在400nm~650nm波段内,当固定入射角为 0.2° 时,射频信号的频率范围在62 MHz~100.2MHz之间;当固定入射角为 0.3° 时,射频信号的频率范围在92.6 MHz~150.3MHz之间,当固定入射角为 0.4° 时,射频信号的频率范围在123 MHz~200.4MHz之间。

[0073] 根据本发明提供的多波长激光的调制系统,共轴多波长入射光以固定入射角输入声光调制器,通过使射频驱动器向声光调制器提供与共轴多波长入射光的波长一一对应的多频率射频信号,可以使共轴多波长入射光的衍射光以相同衍射角输出,形成共轴多波长衍射光,实现了多波长激光的共轴输入输出。

[0074] 本发明还提供了一种多波长激光的调制方法,如图8所示,包括以下步骤:

[0075] 步骤S801:获取共轴多波长入射光;

[0076] 步骤S802:基于共轴多波长入射光的固定入射角以及共轴多波长入射光的波长确定多频率射频信号,其中,多频率射频信号的频率与共轴多波长入射光的波长对应;

[0077] 步骤S803:共轴多波长入射光经多频率射频信号调制,以形成共轴多波长衍射光。

[0078] 首先执行步骤S801,获取共轴多波长入射光。共轴多波长入射光包括同一时间向声光调制器200提供的不同波长的混合入射光,如图3所示的第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 形成的混合入射光。共轴多波长入射光还包括不同时间分别向声光调制器200提供的不同波长的入射光,如图4所示的在第一时间提供的第一波长入射光 λ_1 ,在第二时间提供的第二波长入射光 λ_2 ,在第三时间提供的第三波长入射光 λ_3 ,第一波长入射光 λ_1 、第二波长入射光 λ_2 和第三波长入射光 λ_3 共轴。

[0079] 接着执行步骤S802,基于共轴多波长入射光的固定入射角以及共轴多波长入射光的波长确定多频率射频信号,其中,多频率射频信号的频率与共轴多波长入射光的波长一一对应。多频率射频信号包括同一时间向声光调制器200提供的不同频率的混合射频信号,如图3所示的第一频率射频信号 f_1 、第二频率射频信号 f_2 和第三频率射频信号 f_3 形成的混合射频信号。多频率信号还包括在不同时间分别向声光调制器200提供的不同频率的射频信号,如图3或图4所示的在第一时间提供的第一频率射频信号 f_1 ,在第二时间提供的第二频率射频信号 f_2 ,在第三时间提供的第三频率射频信号 f_3 ,其中,第一频率射频信号 f_1 与第一波长入射光 λ_1 相对应,第二频率射频信号 f_2 与第二波长入射光 λ_2 相对应,第三频率射频信号 f_3 与第三波长入射光 λ_3 相对应。

[0080] 接着执行步骤S803,共轴多波长入射光经多频率射频信号调制,以形成共轴多波长衍射光。对于共轴多波长入射光,其入射至声光调制器200的入射角为固定入射角 θ ,经多频率射频信号调制后,形成的衍射光的衍射角度 θ' 相同,因此共轴多波长入射光经多频率射频信号调制后形成共轴多波长衍射光。如图3和图4所示的第一波长入射光 λ_1 经第一频率射频信号 f_1 调制形成衍射角度为 θ' 的第一衍射光,第二波长入射光 λ_2 经第二频率射频信号 f_2 调制形成衍射角度为 θ' 的第二衍射光,第三波长入射光 λ_3 经第三频率射频信号 f_3 调制形成衍射角度为 θ' 的第三衍射光,由第一衍射光、第二衍射光和第三衍射光形成共轴多波长

衍射光。图3所示的实施例中入射光经非对应的射频信号调制形成的衍射光为杂散光,杂散光的衍射效率低,且不与共轴多波长衍射光共轴,不能被光纤耦合结构400接收。

[0081] 根据本发明提供的多波长激光的调制方法,当共轴多波长入射光以固定入射角入射时,通过与共轴多波长入射光的波长一一对应的多频率射频信号进行调制,可以使共轴多波长入射光的衍射光以相同衍射角输出,形成共轴多波长衍射光,实现了多波长激光的共轴输入输出。

[0082] 请注意,上述实施例仅出于说明性目的而不意味对本申请的限制。

[0083] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

[0084] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0085] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对申请专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。

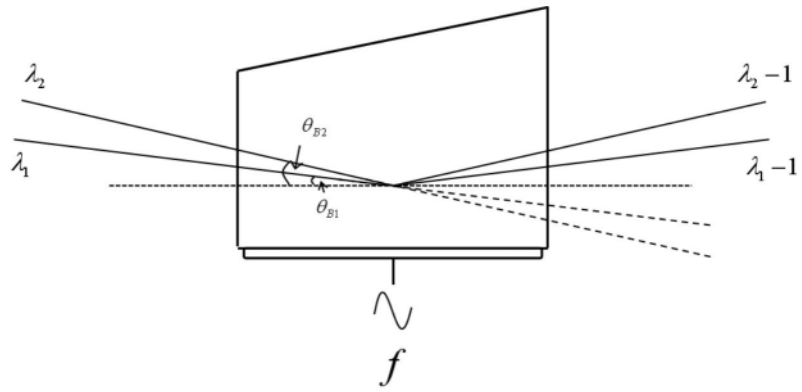


图1

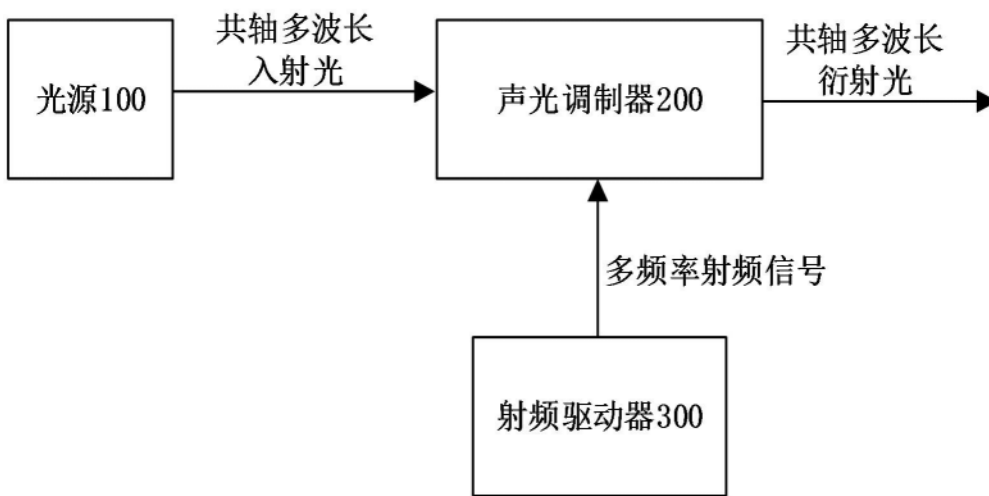


图2

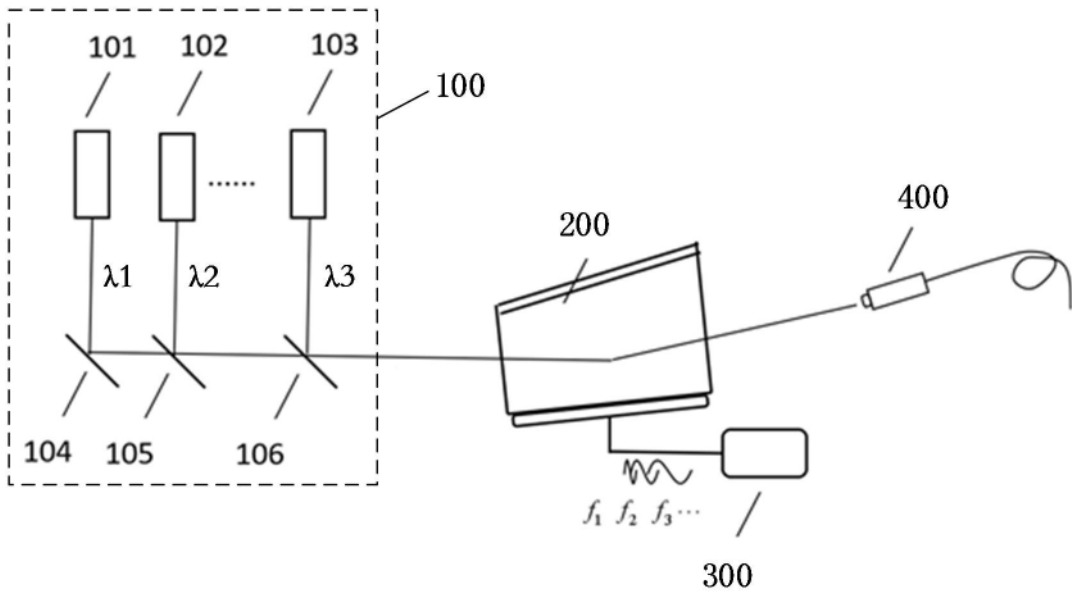


图3

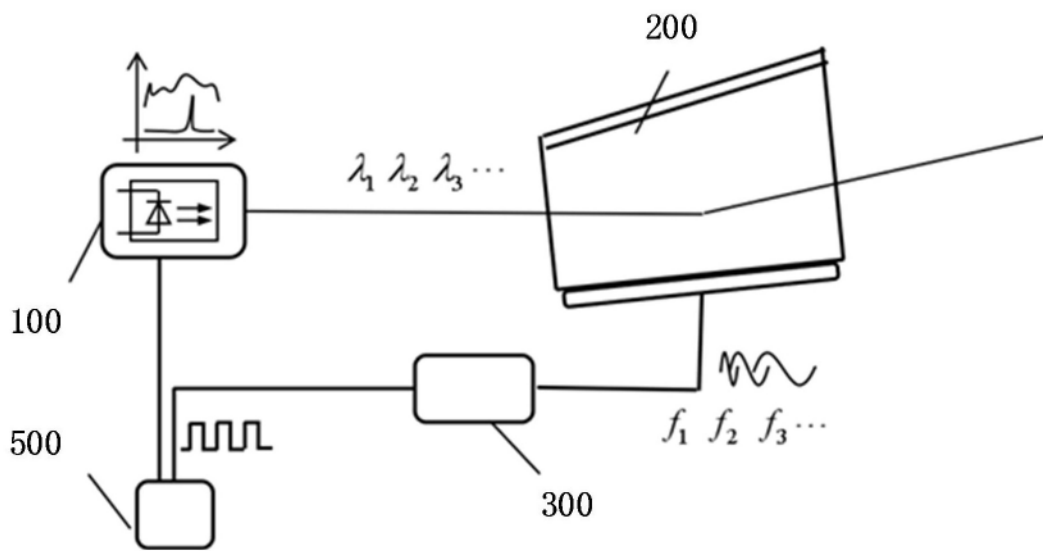


图4

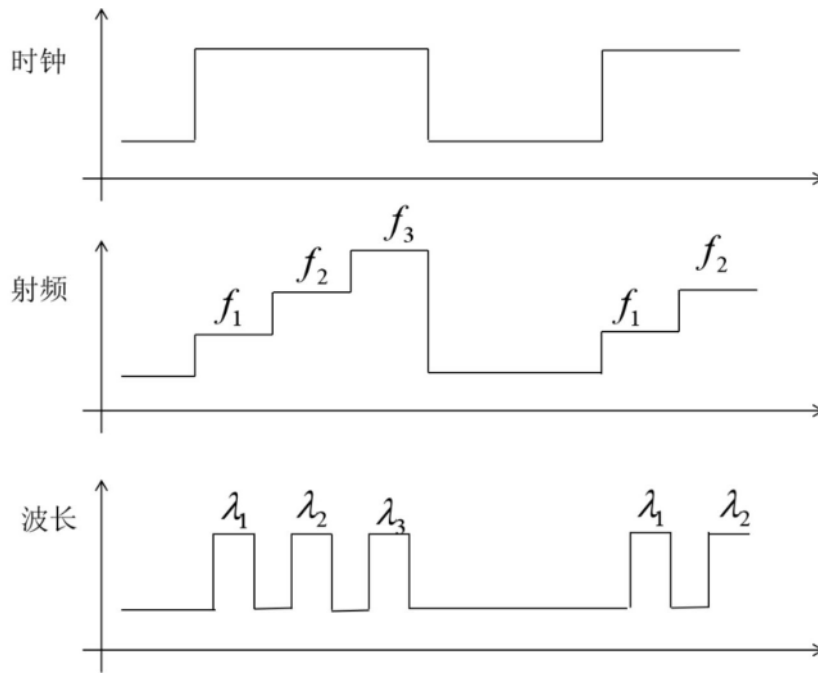


图5

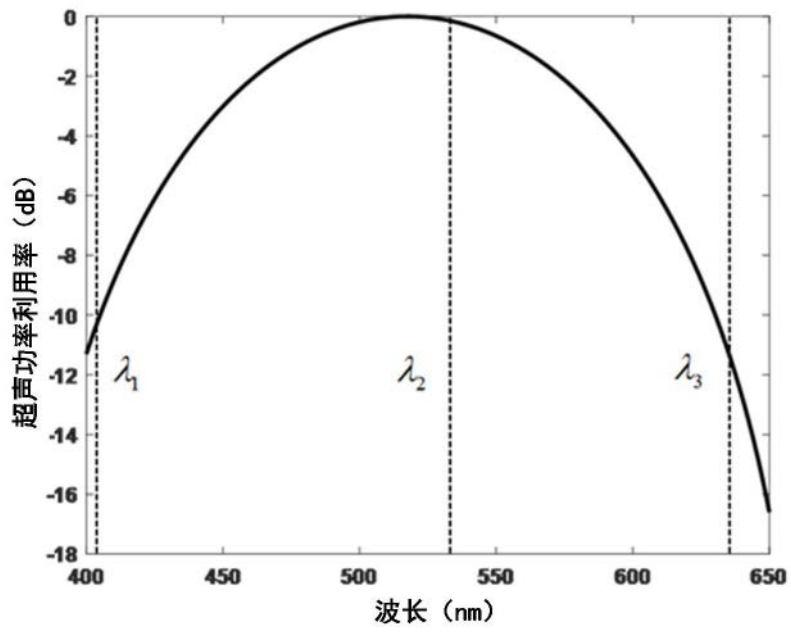


图6

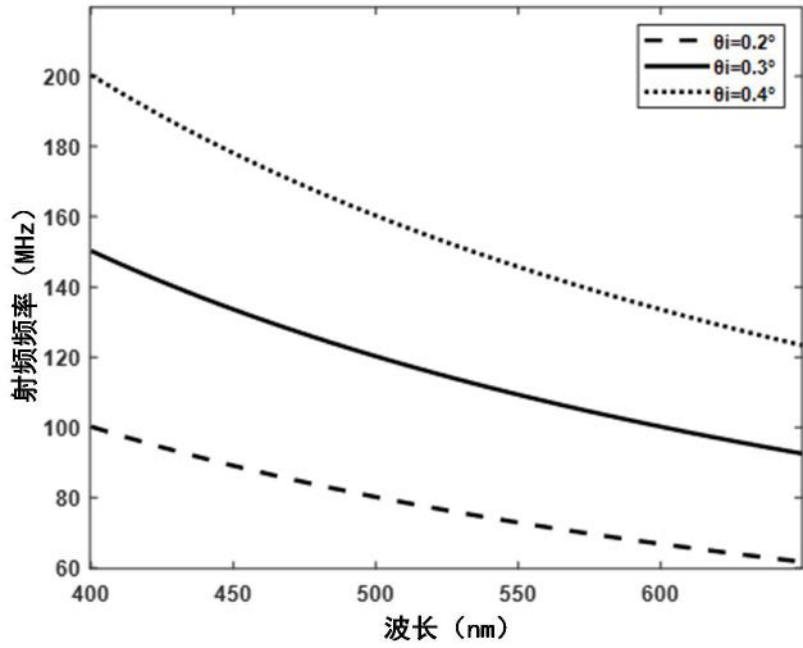


图7

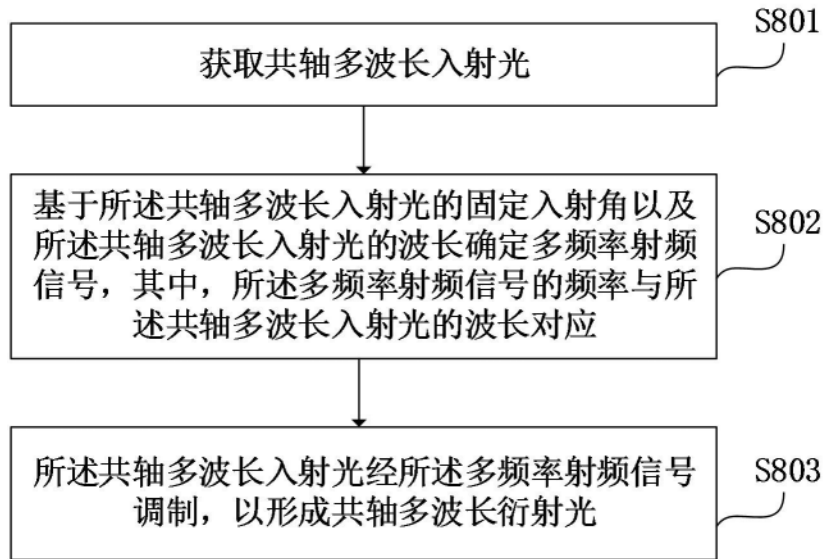


图8