



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110764286 B

(45) 授权公告日 2020.11.24

(21) 申请号 201911028370.5

G02B 27/10 (2006.01)

(22) 申请日 2019.10.28

审查员 王路

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110764286 A

(43) 申请公布日 2020.02.07

(73) 专利权人 华中科技大学  
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 朱广志 陈明翔 杨璟 朱晓  
王海林

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 李智

(51) Int. Cl.

G02F 1/11 (2006.01)

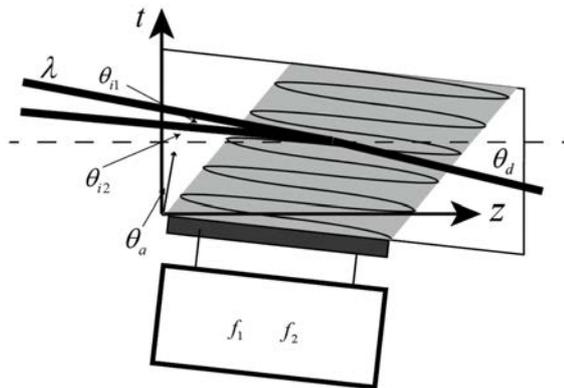
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法,属于激光合束领域,包括:根据各入射光波长对应的声光狄克逊方程衍射曲线,确定具有目标衍射角的合波交点;根据入射光波长的个数、入射光束的个数、具有相同波长的入射光束的个数以及具有目标衍射角的合波交点,在声光狄克逊方程衍射角曲线上获取声波的频率和入射光束的入射角;将声波加载在声光晶体上,且入射光束以入射角入射至声光晶体中;入射光束与声波发生反常布拉格衍射,形成具有目标衍射角的合波。本发明通过选取声波频率以及调节入射光束的入射角可精确控制合波的传播方向。



1. 一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法,其特征在于,包括:

步骤(1) 根据各入射光波长对应的声光狄克逊方程衍射曲线,确定具有目标衍射角的合波交点;

步骤(2) 根据入射光波长的个数、入射光束的个数、具有相同波长的入射光束的个数以及具有目标衍射角的合波交点,在声光狄克逊方程衍射角曲线上获取声波的频率和入射光束的入射角;

步骤(3) 将声波加载在声光晶体上,且入射光束以入射角入射至声光晶体中;

步骤(4) 入射光束与声波发生反常布拉格衍射,形成具有目标衍射角的合波;

其中,目标衍射角大于声光狄克逊方程衍射曲线的最大极值衍射角;声光狄克逊方程衍射曲线均为+1级的反常布拉格衍射或均为-1级的反常布拉格衍射;入射光束均具有声光晶体的o光偏振态。

2. 根据权利要求1所述的激光合束方法,其特征在于,所述步骤(2)中,若所述入射光波长个数为1且所述入射光束个数为2时,在声光狄克逊方程衍射角曲线上获取所述具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

3. 根据权利要求1所述的激光合束方法,其特征在于,所述步骤(2)中,若所述入射光波长个数大于1且与所述入射光束个数相等时,在各声光狄克逊方程衍射角曲线上均获取所述具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

4. 根据权利要求1所述的激光合束方法,其特征在于,若所述入射光波长个数大于1,所述入射光波长个数与所述入射光束个数不相等,具有相同波长的入射光束小于等于2,且存在具有目标衍射角的合波交点时,所述步骤(2)具体包括:

(2.1) 根据目标衍射角和声光狄克逊方程衍射角曲线,在具有目标衍射角的合波交点中随机选取*i*个合波交点对应的声波频率和2*i*个入射光束的入射角;

(2.2) 剩余入射光束,在其波长对应的声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个声波频率和对应入射光束的入射角,其中, $i \geq 1$ 。

5. 根据权利要求1所述的激光合束方法,其特征在于,若所述入射光波长个数大于1,所述入射光波长个数与所述入射光束个数不相等,具有相同波长的入射光束小于等于2,且不存在具有目标衍射角的合波交点时,在各入射光束对应波长的声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

6. 根据权利要求1至5任一所述的激光合束方法,其特征在于,所述入射光束的入射角为布拉格角。

7. 根据权利要求1至5任一所述的激光合束方法,其特征在于,所述发生反常布拉格衍射的声波为切变波。

8. 根据权利要求1所述的激光合束方法,其特征在于,波长相同的多个入射光束采用级联的方式合束。

9. 根据权利要求4所述的激光合束方法,其特征在于,若所述入射光波长个数大于1,所述入射光波长个数与所述入射光束个数不相等,具有相同波长的入射光束小于等于2,且存在具有目标衍射角的合波交点时,选取全部所述合波交点对应的声波频率和入射光束的入射角。

10. 根据权利要求1所述的激光合束方法,其特征在于,所述入射光束与所述声波发生

反常布拉格衍射的衍射效率通过不同频率声波的功率调节,实现合束光束能量占比的控制。

## 一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光合束领域,更具体地,涉及一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法。

### 背景技术

[0002] 自激光产生以来,激光合束技术一直是重要的研究内容。相同光波长的激光合束解决了激光输出功率很高时所带来的光束质量下降问题,不同光波长的激光合束技术在光通信技术的波分复用技术中也有着极其重要的作用。

[0003] 现有的激光合束方式有相干合束与非相干合束。相干合束实现条件很严苛,不易实现。非相干合束方式有波长合束,偏振合束,光纤合束,光栅合束等以及基于以上结构发明的复杂合束结构,均属于无源器件,波长合束方式的合光波长固定,无法改变;偏振合束入射光角度固定,且偏振态必须互相垂直;光纤合束存在光束质量问题,现通过各种方式提高光束质量,但增加结构复杂度;光栅合束方式入射光角度固定,且同波长合束无法实现。

[0004] CN 201480058835专利中提出利用声光相互作用进行合束,但其未说明利用声光合束的必要条件,只能采用反常布拉格衍射,且两束光束至少有一束光束为晶体的o光。且该专利仅说明了入射光偏振态不同的情况下合束,合束条件相对固定,无法大范围改变所加载声波频率,同时该专利提到的仅加载一个声波频率实现合束是以损耗为代价。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的缺陷,本发明的目的在于提供一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法,旨在解决现有合束无源器件无法控制出射光束传播方向的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法,包括:

[0007] (1) 根据各入射光波长对应的声光狄克逊方程衍射曲线,确定具有目标衍射角的合波交点;

[0008] (2) 根据入射光波长的个数、入射光束的个数、具有相同波长的入射光束的个数以及具有目标衍射角的合波交点,在声光狄克逊方程衍射角曲线上获取声波的频率和入射光束的入射角;

[0009] (3) 将声波加载在声光晶体上,且入射光束以入射角入射至声光晶体中;

[0010] (4) 入射光束与声波发生反常布拉格衍射,形成具有目标衍射角的合波;

[0011] 其中,目标衍射角大于声光狄克逊方程衍射曲线的最大极值衍射角;声光狄克逊方程衍射曲线均为+1级的反常布拉格衍射或均为-1级的反常布拉格衍射;入射光束均具有声光晶体的o光偏振态; $i \geq 1$ 。

[0012] 优选地,步骤(2)中,若入射光波长个数为1且入射光束个数为2时,在声光狄克逊方程衍射角曲线上获取具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

[0013] 优选地,步骤(2)中,若入射光波长个数大于1且与入射光束个数相等时,在各声光

狄克逊方程衍射角曲线上均获取具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

[0014] 优选地,若入射光波长个数大于1,入射光波长个数与入射光束个数不相等,具有相同波长的入射光束小于等于2,且存在具有目标衍射角的合波交点时,步骤(2)具体包括:

[0015] (2.1)根据目标衍射角和声光狄克逊方程衍射角曲线,在具有目标衍射角的合波交点中随机选取*i*个合波交点对应的声波频率和2*i*个入射光束的入射角;

[0016] (2.2)在剩余入射光束对应波长的声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个声波频率和对应入射光束的入射角。

[0017] 优选地,若入射光波长个数大于1,入射光波长个数与入射光束个数不相等,具有相同波长的入射光束小于等于2,且不存在具有目标衍射角的合波交点时,在各入射光束对应波长的声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

[0018] 优选地,入射光束的入射角为布拉格角;

[0019] 优选地,发生反常布拉格衍射的声波为切变波;

[0020] 优选地,波长相同的多个入射光束采用级联的方式合束,且相邻声光晶体间设置偏振转变器;

[0021] 优选地,若入射光波长个数大于1,入射光波长个数与入射光束个数不相等,具有相同波长的入射光束小于等于2,且存在具有目标衍射角的合波交点时,选取全部合波交点对应的声波频率和入射光束的入射角;

[0022] 优选地,入射光束与声波发生反常布拉格衍射的衍射效率通过不同频率声波的功率调节,实现合束光束能量占比的控制。

[0023] 通过本发明所构思的以上技术方案,与现有技术相比,能够取得以下有益效果:

[0024] (1)本发明根据目标衍射角、各入射光波长的个数和入射光束的个数,利用声光狄克逊方程衍射曲线确定声波的频率和入射光束的入射角;根据所求的声波频率确定加载在声光晶体上的声波,根据入射角确定入射光束与声光晶体之间的夹角,声波与入射光束发生反常布拉格衍射,可获取目标衍射角的合波,因此,可通过选取声波频率以及调节入射光束的入射角可精确控制合波的传播方向。

[0025] (2)本发明通过控制不同频率声波的功率,可以控制入射光束与声波反常布拉格衍射的衍射效率,进而可得到不同能量占比的衍射光束。

## 附图说明

[0026] 图1是本发明提供的反常布拉格衍射下的声光狄克逊方程衍射曲线;

[0027] 图2是实施例1提供的两束波长相同的入射光束的合束情况;

[0028] 图3是实施例2提供的两束波长不同的入射光束的合束情况;

[0029] 图4是实施例3提供的三束波长不同的光束进行声光合束的情况。

## 具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0031] 反常声光相互作用可使用狄克逊方程描述,以氧化碲声光晶体为例,狄克逊方程如下所示:

$$[0032] \quad \sin(\pm(\theta_d - \theta_a)) = \frac{\lambda}{2n_o V(\theta_a)} \left[ f + \frac{n_o^2 V^2(\theta_a)}{f \lambda^2} \left( 4\delta + \frac{n_e^2 - n_o^2}{n_e^2} \sin^2 \theta_d \right) \right]$$

$$[0033] \quad \sin(\pm(\theta_a - \theta_i)) = \frac{\lambda}{2n_o V(\theta_a)} \left[ f - \frac{n_o^2 V^2(\theta_a)}{f \lambda^2} \left( 4\delta + \frac{n_e^2 - n_o^2}{n_e^2} \sin^2 \theta_d \right) \right]$$

[0034] 其中, $\theta_a$ 为声波偏离氧化碲t轴([110]方向)的夹角,称为声离轴角; $\theta_i$ 为入射光束偏离氧化碲z轴(光轴)的夹角,称为入射角; $\theta_d$ 为衍射光偏离氧化碲z轴(光轴)的夹角,称为衍射角; $\lambda$ 为入射光波长; $f$ 为声波频率; $V(\theta_a)$ 为声波的速度,是关于声离轴角的函数; $n_o$ 和 $n_e$ 分别为o光和e光的折射率; $\delta$ 为旋光率;

[0035] 其中,声波频率为自变量,入射角、衍射角和声离轴角为因变量。由于只有两个方程,必须给定一个夹角才能研究另外两个夹角在满足动量匹配的条件下与声波频率的关系,如图1所示,即给定 $\theta_a=0$ 时, $\pm 1$ 级衍射光满足动量匹配下入射角和衍射角随声波频率的关系。

[0036] 从图1可知, $\pm 1$ 级衍射光衍射角曲线存在极值,即存在两个不同传输方向的入射光束经过声光晶体后衍射角相同,对应两个不同的最佳声波频率,即加载两个频率不同的声波可以实现合束效果。

[0037] 更具体地说明,声光晶体中存在两个不同频率的声波时,根据布拉格关系,存在两个不同的布拉格入射角,两入射光束以不同的布拉格角入射晶体,与对应的声波进行相互作用产生衍射光,要使衍射光传输方向一致,需要反常布拉格衍射。

[0038] 本发明提供了一种基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法,包括:

[0039] (1) 根据各入射光波长对应的声光狄克逊方程衍射曲线,确定具有目标衍射角的合波交点;

[0040] (2) 根据入射光波长的个数、入射光束的个数、具有相同波长的入射光束的个数以及具有目标衍射角的合波交点,在声光狄克逊方程衍射角曲线上获取声波的频率和入射光束的入射角;

[0041] (3) 将声波加载在声光晶体上,且入射光束以入射角入射至声光晶体中;

[0042] (4) 入射光束与声波发生反常布拉格衍射,形成具有目标衍射角的合波;

[0043] 其中,目标衍射角大于声光狄克逊方程衍射曲线的最大极值衍射角;声光狄克逊方程衍射曲线均为+1级的反常布拉格衍射或均为-1级的反常布拉格衍射;入射光束均具有声光晶体的o光偏振态;

[0044] 优选地,步骤(2)中,若入射光波长个数为1且入射光束个数为2时,在声光狄克逊方程衍射角曲线上获取具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

[0045] 优选地,步骤(2)中,若入射光波长个数大于1且与入射光束个数相等时,在各声光狄克逊方程衍射角曲线上均获取具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

[0046] 优选地,若入射光波长个数大于1,入射光波长个数与入射光束个数不相等,具有相同波长的入射光束小于等于2,且存在具有目标衍射角的合波交点时,步骤(2)具体包括:

[0047] (2.1) 根据目标衍射角和声光狄克逊方程衍射角曲线,在具有目标衍射角的合波

交点中随机选取 $i$ 个合波交点对应的声波频率和 $2i$ 个入射光束的入射角；

[0048] (2.2) 在剩余入射光束对应波长的声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个声波频率和对应入射光束的入射角；其中， $i \geq 1$ 。

[0049] 优选地，若入射光波长个数大于1，入射光波长个数与入射光束个数不相等，具有相同波长的入射光束小于等于2，且不存在具有目标衍射角的合波交点时，在各入射光束对应波长的声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角。

[0050] 优选地，入射光束的入射角为布拉格角。

[0051] 优选地，发生反常布拉格衍射的声波为切变波。

[0052] 优选地，波长相同的多个入射光束采用级联的方式合束，且相邻声光晶体间设置偏振转变器。

[0053] 优选地，若入射光波长个数大于1，入射光波长个数与所述入射光束个数不相等，具有相同波长的入射光束小于等于2，且存在具有目标衍射角的合波交点时，选取全部合波交点对应的声波频率和入射光束的入射角。

[0054] 优选地，入射光束与声波发生反常布拉格衍射的衍射效率通过不同频率声波的功率调节，实现合束光束能量占比的控制。

[0055] 本发明更为具体的方案如下：

[0056] (1) 当入射光波长个数 $m$ 为1时，若入射光束个数 $n$ 为2，转至步骤(6)；当入射光波长个数 $m$ 大于1，判断入射光波长个数 $m$ 是否等于入射光束个数 $n$ ，若等于，转至步骤(5)，否则转至步骤(2)；

[0057] (2) 具有相同波长的入射光束个数 $n$ 小于等于2时，若在声光狄克逊方程衍射角曲线上不存在具有目标衍射角的合波交点，则转至步骤(7)，否则转至步骤(3)；

[0058] (3) 根据目标衍射角和声光狄克逊方程衍射角曲线，在具有目标衍射角的合波交点中随机选取 $i$ 个合波交点对应的声波频率和 $2i$ 个入射光束的入射角；其中， $i \geq 1$ ；

[0059] (4) 其余 $(n-2i)$ 个入射光束，在其波长对应的声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个声波频率和对应入射光束的入射角，转至步骤(8)；

[0060] (5) 在各声光狄克逊方程衍射角曲线上分别选取使衍射光角度相同的1个声波频率和对应1个入射光束的入射角，转至步骤(8)；

[0061] (6) 在波长对应声光狄克逊方程衍射角曲线上，选取使衍射光角度相同的2个声波频率和对应2个入射光束的入射角，转至步骤(8)；

[0062] (7) 在各声光狄克逊方程衍射角曲线上各取1个具有目标衍射角的声波频率和对应入射光束的入射角转至步骤(8)；

[0063] (8) 将 $n$ 束入射光束以对应入射角入射至声光晶体，且将不同频率的 $(n-i)$ 个声波加载在声光晶体上；

[0064] (9) 入射光束与声波发生反常布拉格衍射，形成具有目标衍射角的合波。

[0065] 需要指明，减少声光晶体加载不同频率的声波个数，有利于减少声波的互调现象以及光束强度调制现象，一般研究的声波个数小于等于3；但随着声波个数的减少，合波对应的入射光束个数上限减小。

[0066] 在入射光束波长不同时，在声光晶体中加载声光狄克逊方程衍射角曲线的交点所

对应频率的声波,可以在入射光束个数不变的情况下,减少声波的个数;

[0067] 在实际应用中,减少声波互调影响也较为关注,以下介绍几种利于减少声波互调的方法。

[0068] 第一、声光晶体的中心频率位于窄带宽区域,有利于减小声波互调影响,以设计对应的声光晶体。

[0069] 第二、在其他条件不变的情况下,增大声光晶体加载声波的频率间隔,有利于减小声波互调影响。

[0070] 第三、在其他条件不变的情况下,减小声光晶体换能器长度,有利于减小声波互调影响。但是,换能器的长度必须使声光相互作用进入布拉格衍射区,即换能器长度不能无限减小;

[0071] 下面结合实施例说明本发明提供的基于声光反常布拉格衍射的激光合束方法。

[0072] 实施例1

[0073] 如图2所示,实施例1提供了一种两束波长相同的入射光束(即:入射光束的个数 $n=2$ ,入射光波长为 $m=1$ )进行声光合束;

[0074] 选取目标衍射角为 $9.753^\circ$ ,根据合波的目标衍射角和1条声光狄克逊方程衍射角曲线,获取使衍射光角度相同的2个声波频率 $f_1, f_2$ 分别为:70MHz,93.27MHz和对应的2束入射光束的最佳入射角 $\theta_{i1}, \theta_{i2}$ 分别为: $6.784^\circ, 5.797^\circ$ ;两入射光束以 $6.784^\circ, 5.797^\circ$ 角度入射至加载70MHz,93.27MHz声波的声光晶体上发生反常布拉格衍射,形成衍射角为 $9.753^\circ$ 的合波;

[0075] 其中,入射光波长 $\lambda$ 为1064nm,声光晶体为氧化碲,偏振态为氧化碲晶体的o光,氧化碲声光晶体声波的传输方向与氧化碲晶体[110]方向的夹角 $\theta_a$ 为 $6.2911^\circ$ ,采用+1级衍射光;

[0076] 进一步地,若目标衍射角变为 $9.753^\circ$ ,则选取的衍射光角度相同的2个声波频率 $f_1, f_2$ 分别变为60MHz,113.5MHz,和对应2束入射光的最佳入射角 $\theta_{i1}, \theta_{i2}$ 分别为 $7.426^\circ, 5.222^\circ$ 。

[0077] 实施例2

[0078] 如图3所示,实施例2提供了一种两入射光波长不同的入射光束(即:入射光束的个数 $n=2$ ,入射光波长为 $m=2$ )进行声光合束的情况;

[0079] 选取目标衍射角为 $10.06^\circ$ ,采集对应声光狄克逊方程衍射角曲线的1个交点的衍射角,发现交点衍射角与目标衍射角不同,选取使衍射光角度相同的2个声波频率 $f_1, f_2$ 分别为140MHz,120MHz和对应2束入射光束的最佳入射角 $\theta_{i1}, \theta_{i2}$ 分别为 $7.223^\circ, 4.971^\circ$ ,两入射光束以 $7.223^\circ, 4.971^\circ$ 角度入射至加载140MHz,120MHz声波的声光晶体上发生反常布拉格衍射,形成衍射角为 $10.06^\circ$ 的合波;

[0080] 其中,光波波长 $\lambda_1, \lambda_2$ 为532nm,1064nm,声光晶体为氧化碲,偏振态为氧化碲晶体的o光,氧化碲声光晶体声波的传输方向与氧化碲晶体[110]方向的夹角 $\theta_a$ 为: $6.2911^\circ$ ,采用+1级衍射光;

[0081] 进一步地,若选取的目标衍射角变为 $10.21^\circ$ ,采集声光狄克逊方程衍射角曲线的1个交点处的衍射角,发现该交点衍射角与目标入射角相同,选取该交点声波频率 $f$ 变为129.8MHz,两束入射光束以 $7.223^\circ, 4.971^\circ$ 入射至声光晶体,同时声光晶体加载129.8MHz的

声波,入射光波和声波发生反常布拉格衍射,形成具有更改目标衍射角 $10.21^\circ$ 后的合波。

[0082] 实施例3

[0083] 如图4所示,实施例3提供了一种三束波长不同的入射光束(即:入射光束的个数 $n=3$ ,入射光波长为 $m=3$ )进行声光合束的情况;

[0084] 选取的目标衍射角为 $10.06^\circ$ ,采集对应声光狄克逊方程衍射角曲线的3个交点的衍射角,发现交点衍射角与目标衍射角均不同,选取使衍射光角度相同的3个声波频率 $f_1, f_2$ 和 $f_3$ 为140MHz,120MHz和111.2MHz,和对应2束入射光的最佳入射角 $\theta_{i1}, \theta_{i2}$ 和 $\theta_{i3}$ 分别为: $7.223^\circ, 4.971^\circ$ 和 $7.406^\circ$ ,3束入射光以上述入射角 $7.223^\circ, 4.971^\circ$ 和 $7.406^\circ$ 入射至声光晶体,同时声光晶体加载上述3个频率(140MHz,120MHz和111.2MHz)的声波,入射光束与声波发生反常布拉格衍射,形成具有目标衍射角的合波;

[0085] 其中:入射光波长 $\lambda_1, \lambda_2$ 和 $\lambda_3$ 为532nm,1064nm与632.8nm,声光晶体为氧化碲,偏振态为氧化碲晶体的o光,氧化碲声光晶体声波的传输方向与氧化碲晶体[110]方向的夹角 $\theta_a$ 为: $6.2911^\circ$ ,采用+1级衍射光;

[0086] 进一步地,若选取的目标衍射角变为 $10.21^\circ$ ,采集在一定声传播方向下的声光狄克逊方程衍射角曲线的3个交点处的衍射角,发现有一个交点衍射角与目标入射角相同,选取使衍射角相同的1个交点声波频率 $f_1$ 为129.8MHz,在其余声光狄克逊方程衍射曲线上选取剩余1个声波频率 $f_2$ 为103.8MHz,和对应3束入射光束的最佳入射角 $\theta_{i1}, \theta_{i2}$ 和 $\theta_{i3}$ 分别为 $7.577^\circ, 4.702^\circ$ 与 $7.746^\circ$ ;3束入射光束以上述入射角 $7.577^\circ, 4.702^\circ$ 与 $7.746^\circ$ 入射至声光晶体,同时声光晶体加载上述2个频率(129.8MHz,103.8MHz)的声波,入射光束与声波发生反常布拉格衍射,形成具有衍射角为 $10.21^\circ$ 的合波。

[0087] 综上所述,本发明根据目标衍射角、各入射光波长的个数和入射光束的个数,利用声光狄克逊方程衍射曲线确定声波的频率和入射光束的入射角;根据所求的声波频率确定加载在声光晶体上的声波,根据入射角确定入射光束与声光晶体之间的夹角,声波与入射光束发生反常布拉格衍射,可获取目标衍射角的合波,因此,可通过选取声波频率以及调节入射光束的入射角可精确控制合波的传播方向。

[0088] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

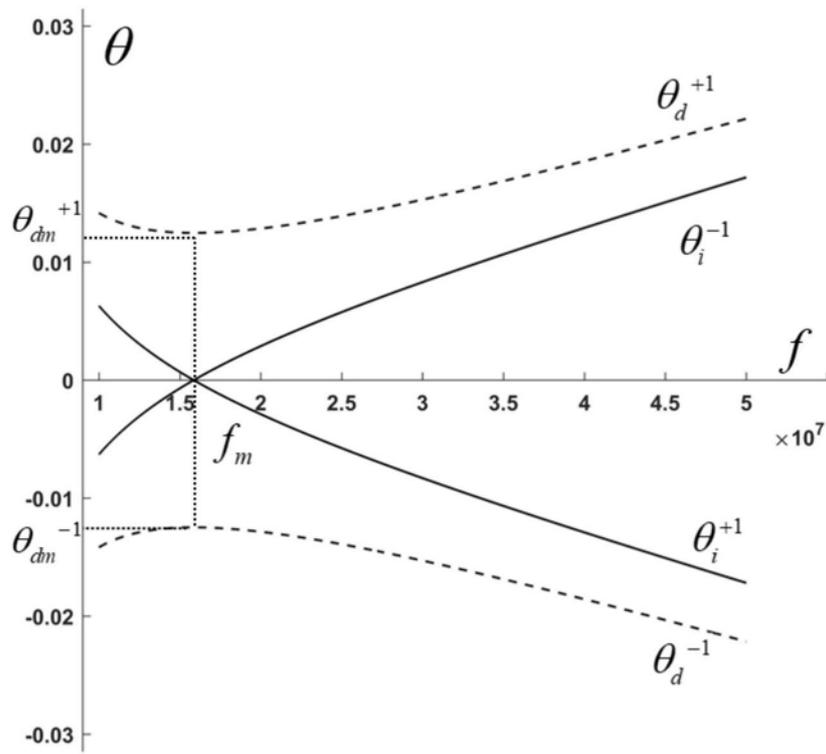


图1

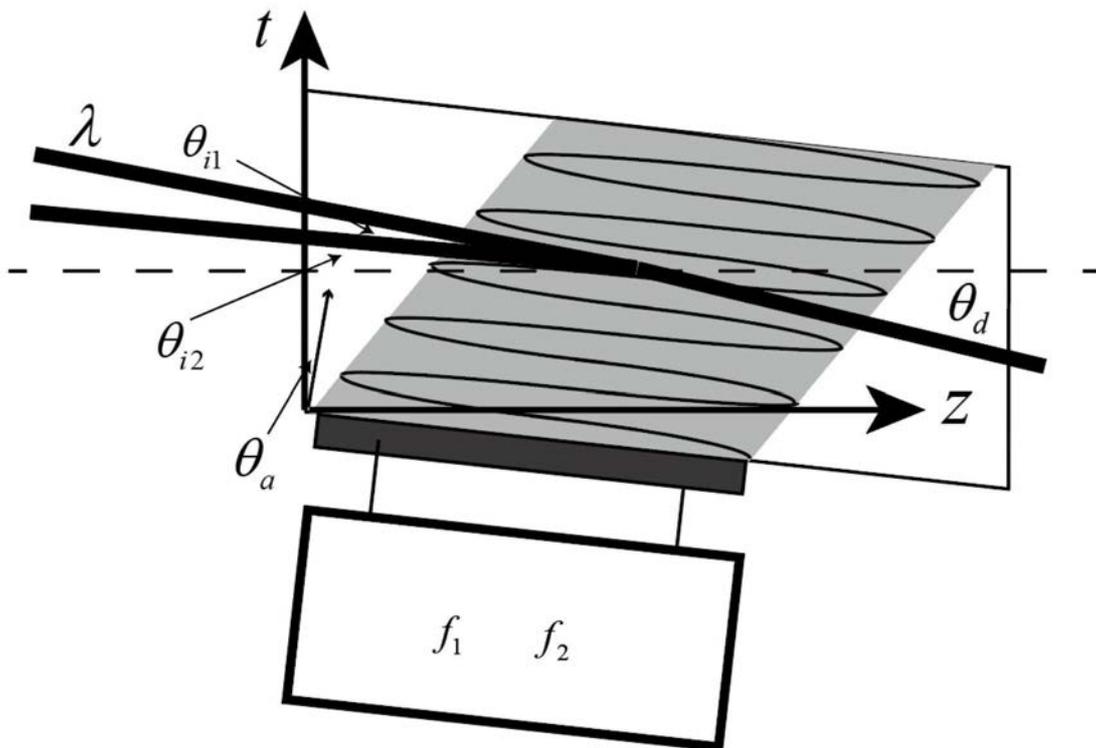


图2

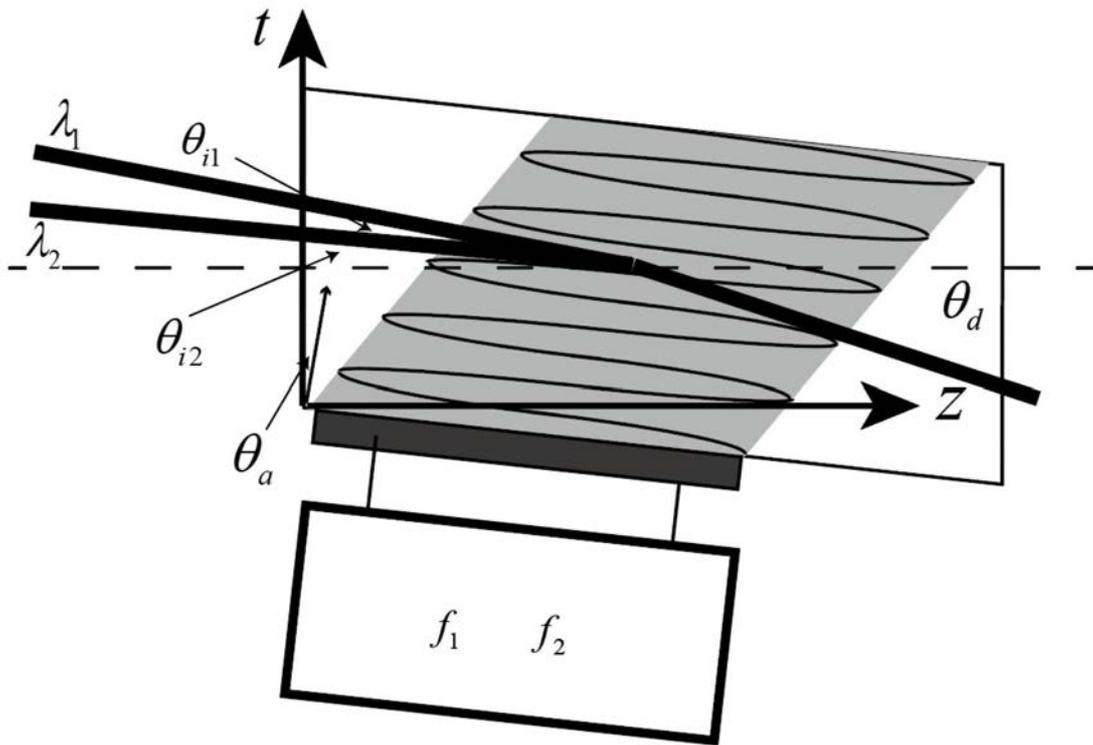


图3

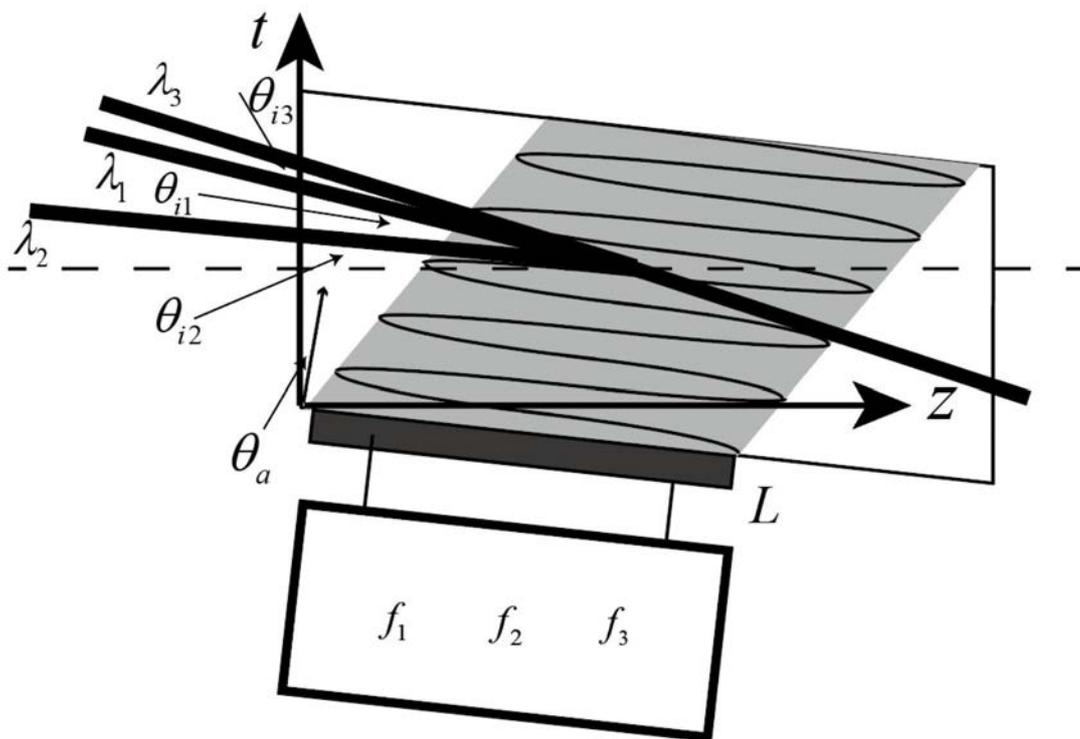


图4