



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104950311 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201510388616. 5

(22) 申请日 2015. 07. 03

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 于晋龙 王菊 谢田元 于洋

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理
事务所 12201

代理人 李丽萍

(51) Int. Cl.

G01S 17/08(2006. 01)

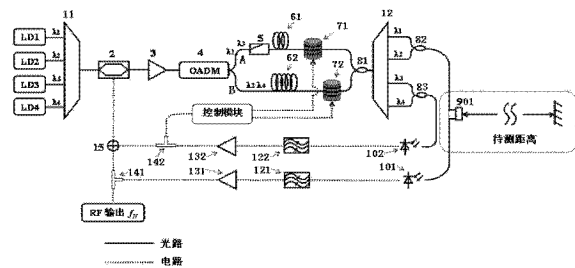
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

基于 OEO 的自校准的大量程、高精度绝对距离测量系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于 OEO 的带有自校准功能的大量程、高精度绝对距离测量系统,包括四个激光器,两个光波分复用器,电光调制器,掺铒光纤放大器,光分插复用器,长度不同的两段光纤,两个光纤拉伸器,三个光耦合器,两个光电探测器,中心频率不同的两个微波滤波器,两个微波放大器,两个微波功率分束器和一个微波合成器。本发明中的振荡环路中既包括光路部分,也包括电路/微波部分。利用 OEO 将积累放大原理应用于大量程绝对距离长度的测量方案进行大范围的绝对距离测量(km 量级),可达到很高的测量精度(μm 量级);本发明可广泛应用于工业测控,精密仪器制造等领域,其抗干扰能力强,隐蔽性好,在军事领域也有极好的应用前景。



1. 一种基于 OE0 的自校准的大量程、高精度绝对距离测量系统,其特征在于,包括四个激光器 (LD1、LD2、LD3、LD4),第一光波分复用器 (11)、第二光波分复用器 (12)、电光调制器 (2)、掺铒光纤放大器 (3)、光分插复用器 (4)、长度不同的第一段光纤 (61) 和第二段光纤 (62)、第一光纤拉伸器 (71)、第二光纤拉伸器 (72)、三个光耦合器、第一光电探测器 (101)、第二光电探测器 (102) 中心频率不同的第一微波滤波器 (121) 和第二微波滤波器 (122),第一微波放大器 (131)、第二微波放大器 (132)、第一微波功率分束器 (141)、第二微波功率分束器 (142)、微波合成器 (15);所述三个光耦合器包括第一光耦合器 (81)、第二光耦合器 (82) 和第三光耦合器 (83);

四个激光器 (LD1、LD2、LD3、LD4) 发出的四束光经过第一光波分复用器 (11) 耦合后进入电光调制器 (2),四束光的波长不同、波长分别为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 ,调制后四束光经掺铒光纤放大器 (3) 放大后进入光分插复用器 (4),所述光分插复用器 (4) 将四束光分为两部分,一部分是 A 路,即波长为 λ_1 和 λ_3 的两束光经过一个光开关 (5)、第一段光纤 (61) 和第一光纤拉伸器 (71),另一部分是 B 路,即波长为 λ_2 和 λ_4 的两束光经过第二段光纤 (62) 和第二光纤拉伸器 (72);然后,波长为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 的四束光由第一光耦合器 (81) 耦合后送入第二光波分复用器 (12),并按不同的波长分开,其中:

波长为 λ_1 和 λ_2 的两束光经第二光耦合器 (82) 耦合在一起后经过第一光电探测器 (101) 进行光/电转换,然后经过第一微波滤波器 (121) 和第一微波放大器 (131) 到达第一微波功率分束器 (141),第一微波功率分束器 (141) 将一部分微波信号送入所述微波合成器 (15);

用光学天线 (901) 或微波天线 (902) 将待测距离引入到环路中,用光学天线 (901) 将待测距离引入到环路中的结构是:将所述光学天线 (901) 设置在所述第二光耦合器 (82) 与所述第一光电探测器 (101) 之间;用微波天线 (902) 将待测距离引入到环路中的结构是:将所述微波天线 (902) 设置在所述第一光电探测器 (101) 与所述第一微波滤波器 (121) 之间;

波长为 λ_3 和 λ_4 的两束光经第三光耦合器 (83) 耦合在一起后经过第二光电探测器 (102) 进行光/电转换,然后经过第二微波滤波器 (122) 和第二微波放大器 (132) 到达第二微波功率分束器 (142),第二微波功率分束器 (142) 将一部分微波信号送入所述微波合成器 (15);

所述微波合成器 (15) 将从第一微波功率分束器 (141) 和第二微波功率分束器 (142) 接收到的两个微波信号合成以后用以驱动所述电光调制器 (2);

波长 λ_1 和 λ_2 所在的环路形成了一个 OE0,定义为测试 OE0,第一微波功率分束器 (141) 将其剩余部分的微波信号输出,用于分别测量所述光开关 (5) 导通和断开状态下该测试 OE0 的谐振频率为 f_N ;

波长 λ_3 和 λ_4 所在的环路形成了另一个 OE0,定义为稳定 OE0;第二微波功率分束器 (142) 将其剩余部分的微波信号送入一控制模块,该控制模块包括控制芯片和鉴频器,所述控制芯片采用 STMicroelectronics 公司的 STM32F103VCT6 芯片,所述鉴频器采用 Hittite 公司的 HMC984LP4E 器件,所述控制模块通过控制第一光纤拉伸器 (71) 和第二光纤拉伸器 (72) 对所述稳定 OE0 腔长的变化进行补偿,使稳定 OE0 的谐振频率稳定,从而保证所述稳定 OE0 腔长的稳定。

基于 OEO 的自校准的大量程、高精度绝对距离测量系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光载微波测距系统,尤其涉及一种基于两个光电振荡器的带有自校准功能的大量程、高精度绝对距离测量系统。

背景技术

[0002] 测量技术的发展是所有科学和技术发展的前提和基础,长度作为 7 个基础物理量之一,它和角度测量构成了所有几何量测量的基础。其发展决定了人类认识世界和改造世界的能力,也是衡量一个国家的测量技术水平的标志。

[0003] 尽管目前采用激光干涉仪的办法已可以在几十米的范围内达到 nm 的测量精度。但是只能测量距离的相对变化(又称为相对距离测量),这样就要求有一个比被测物体大的精密导轨,而这个导轨的测量和加工就是个问题,况且在很多场合下,根本无法安置导轨。能够直接测量两点距离的测量技术就非常重要了,又称作绝对距离测量。

[0004] 而近年来随着科学、技术的发展,科学研究、生产建设对大量程、高精度的距离测量提出了越来越迫切的需求,如:大型设备、构件的生产、装配和运行监控;地球重力场研究;我国空间探索、导航等领域的需要等等。

[0005] 传统的激光测距原理共分为 3 类:脉冲飞行时间法、相位法和干涉法。

[0006] 脉冲飞行时间法测距是激光在测距领域的最早应用,利用了激光脉冲持续时间极短、瞬时功率很大的特点,有着很大的测试范围。但其测试精度与分辨率却很低,限制了其发展应用。

[0007] 相位法激光测距是利用发射的调制光和被测目标反射的接收光之间的相位差包含的距离信息,来实现对被测目标距离的测量。其测试精度受到调制频率高低和鉴相精度的影响,而且存在模糊距离,需要采用多频率调制的办法来扩展测量的范围。

[0008] 干涉法测距是经典的精密测距方法,原则上它也是一种相位法测距,但它不是通过测量激光调制信号的相位差,而是测量光波本身的相位干涉来测距。但传统的干涉法在测量时只能得到距离的相对变化,无法获取真实的距离信息。在大量程绝对距离测量中需要采用多个波长测量的方法,即合成波长法或者调频光源法。

[0009] 最近,飞秒锁模激光器的高速发展为高精度长距离绝对距离测量提供了更多的选择方案。利用频率梳在线宽和绝对频率位置方面的独特优势,可以提高干涉测量技术的测量精度与测量范围。然而,这种方法很大程度的依赖脉冲重复速率的稳定性和对脉冲包络相位的检测精度。

[0010] 目前对大距离高精度绝对长度的测量方法主要将距离的测量转换为时间的测量(飞行时间法)或相位的测量(相位测量法和干涉法),通过不断提高测量分辨率得到更加精确的测量结果。测试分辨率的要求越高,技术难度也越大,对于其它干扰因素的敏感性也就越高。

[0011] 事实上,还有一种行之有效的测量方法,通过将被测量放大后进行测量,则可用相对较低分辨率的测试方法得到很高精度的测量结果,即积累放大原理。如经典钟摆周期测

试,通过多周期的摆动时间测试,即使采用普通秒表,仍旧可以得到极高精度的测试结果。

[0012] 针对大距离、高精度绝对距离测量,可以采用如下的思路:由被测距离构成谐振腔。形成谐振后,腔长(即被测长度)决定了谐振腔的基频 f_b ,此时基频的检测精度就是长度测量精度。考虑到基频是信号在腔内往返时间的倒数,这意味着基频测量实际上与飞行时间法的难度是一样的。例如,在500m长度(基频300kHz)上要达到 $1\mu\text{m}$ 的精度,频率检测精度要达到0.0006Hz。但当谐振腔振荡在高次谐波时,实际谐振频率 $f_N = N \times f_b$,则基频的变化就被放大了N倍,同样在500m长度达到 $1\mu\text{m}$ 的精度,当谐振频率振荡在30GHz时($N = 10^5$),频率的测量精度只需60Hz即可。要实现上面的设想,对谐振腔有几个要求:

[0013] (1) 因为被测距离构成了腔长的一部分,所以对于大量程测量来讲,腔长要足够长;

[0014] (2) 要能稳定的振荡在足够高的高次谐波上,以保障足够的放大系数;

[0015] (3) 谐振频率的稳定性(频谱线宽或谱纯度)应优于测量精度要求所确定的最小频率分辨率。

[0016] 光电振荡器(OEO)是近年来发展起来的一种新型振荡器,它需要一个长谐振腔以提供高的储能;一般振荡在十几到几十GHz的频率上;其输出的谱纯度非常高,可达mHz量级。完全满足上面的3个要求。为了求得待测距离的长度,也即精确求得 f_N 及 f_b 的值,系统的稳定性极为重要。由于OEO系统采用的是长度较长的光纤(通常在km量级)储能,腔长容易受到环境温度、应力的影响而发生改变,由此引起的基频变化会导致OEO的高频输出发生严重漂移甚至跳模,更无法区分测试系统自身腔长的变化和待测距离的变化。在不加任何稳定措施的情况下是无法获得 f_N 及 f_b 的准确值,更无法求得待测距离的准确值。

[0017] f_N 的测量精度还有一个限制因素:即必须保证OEO工作在单频振荡状态下,排除 f_N 的边模对测试结果的干扰。事实上,如果不加额外措施,由于微波滤波器带宽的限制(通常在10MHz量级),在其通带内往往有多个模式起振(OEO基频在十几kHz量级),在频率测量中会造成相互干扰。在以前的研究中,利用偏振分束器/合束器构建的光域双环路可以提高OEO的边模抑制比,但是由于偏振分束器/合束器的消光比有限(20dB左右),两个偏振正交的同波长光之间仍然存在干涉带来的随机噪声,使OEO的输出信号质量恶化,这也将对距离测量的精度产生不利的影响。

发明内容

[0018] 针对现有技术中存在的不足,本发明提供一种基于OEO的自校准的大量程、高精度绝对距离测量系统。利用OEO将积累放大原理应用于大量程绝对距离的测量方案,从而用普通的测量仪器可以进行大范围的绝对距离测量(km量级),可以达到很高的测量精度(μm 量级);采用两个OEO结构解决仪器自身的稳定问题,实现了仪器的自校准,每个OEO都是利用光波分复用器(WDM)构建的双波长的光域双环路结构,在光波分复用系统中,由于WDM隔离度很大,所以两束光几乎不会在两个通道内相互串扰,大大降低了由于随机干涉产生的拍噪声,提高了OEO输出的微波信号质量。本发明操作简单易行,并可广泛应用于工业测控,精密仪器制造等领域,此外由于本测距系统抗干扰能力强,隐蔽性好,在军事领域也有着极好的应用前景。

[0019] 为了解决上述技术问题,本发明提出的一种基于OEO的自校准的大量程、高精度

绝对距离测量系统,包括四个激光器,第一光波分复用器、第二光波分复用器、电光调制器、掺铒光纤放大器、光分插复用器、长度不同的第一段光纤和第二段光纤、第一光纤拉伸器、第二光纤拉伸器、三个光耦合器、第一光电探测器、第二光电探测器、中心频率不同的第一微波滤波器和第二微波滤波器,第一微波放大器、第二微波放大器、第一微波功率分束器、第二微波功率分束器、微波合成器;所述三个光耦合器包括第一光耦合器、第二光耦合器和第三光耦合器;四个激光器发出的四束光经过第一光波分复用器耦合后进入电光调制器,四束光的波长不同、波长分别为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 ,调制后四束光经掺铒光纤放大器放大后进入光分插复用器,所述光分插复用器将四束光分为两部分,一部分是A路,即波长为 λ_1 和 λ_3 的两束光经过一个光开关、第一光纤和第一光纤拉伸器,另一部分是B路,即波长为 λ_2 和 λ_4 的两束光经过第二光纤和第二光纤拉伸器;然后,波长为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 的四束光由第一光耦合器耦合后送入第二光波分复用器,并按不同的波长分开,其中:波长为 λ_1 和 λ_2 的两束光经第二光耦合器耦合在一起后经过第一光电探测器进行光/电转换,然后经过第一微波滤波器和第一微波放大器到达第一微波功率分束器,第一微波功率分束器将一部分微波信号送入所述微波合成器;用光学天线或微波天线将待测距离引入到环路中,用光学天线将待测距离引入到环路中的结构是:将所述光学天线设置在所述第二光耦合器与所述第一光电探测器之间;用微波天线将待测距离引入到环路中的结构是:将所述微波天线设置在所述第一光电探测器与所述第一微波滤波器之间;波长为 λ_3 和 λ_4 的两束光经第三光耦合器耦合在一起后经过第二光电探测器进行光/电转换,然后经过第二微波滤波器和第二微波放大器到达第二微波功率分束器,第二微波功率分束器将一部分微波信号送入所述微波合成器;所述微波合成器将从第一微波功率分束器和第二微波功率分束器接收到的两个微波信号合成以后用以驱动所述电光调制器;波长 λ_1 和 λ_2 所在的环路形成了一个OEO,定义为测试OEO,第一微波功率分束器将其剩余部分的微波信号输出,用于分别测量所述光开关导通和断开状态下该测试OEO的谐振频率为 f_N ;波长 λ_3 和 λ_4 所在的环路形成了另一个OEO,定义为稳定OEO;第二微波功率分束器将其剩余部分的微波信号送入一控制模块,该控制模块包括控制芯片和鉴频器,所述控制芯片采用STMicroelectronics公司的STM32F103VCT6芯片,所述鉴频器采用Hittite公司的HMC984LP4E器件,所述控制模块通过控制第一光纤拉伸器和第二光纤拉伸器对所述稳定OEO的腔长变化进行补偿,使稳定OEO的谐振频率稳定,从而保证所述稳定OEO腔长的稳定。

[0020] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0021] (1) 本发明绝对距离测量系统利用OEO将积累放大原理应用于大量程绝对距离长度的测量方案。该原理利用了OEO长谐振腔、高谱纯度和谐振频率高的特点,将被测量的变化放大了 $10^5 \sim 10^6$ 倍,从而用普通的测量仪器可以进行大范围的绝对距离测量(km量级),可以达到很高的测量精度(μm)。

[0022] (2) 尽管采用谐振可以有效提高测试精度,但由于被测量距离和仪器自身共同构成了谐振腔,当二者发生漂移时,均会引起谐振频率的变化。所以单纯的一个谐振腔无法区分仪器自身的漂移和被测距离的变化,而考虑到OEO本身的长储能光纤结构更加剧了测量仪器本身的漂移对测试精度的影响。本发明采用双OEO的结构,由测距仪内部的时延构成一个OEO作为稳定用OEO,另一个OEO的时延包括测距仪内部时延和待测距离引起的时延。这样通过锁相环技术和腔长调节技术将稳定用OEO的环长稳定后,就保证了测距仪内部时

延的稳定,保证了测量精度,解决仪器自身的稳定问题,实现了仪器的自校准。

[0023] (3) 本发明中的 OE0 采用的是光 / 电混合结构,其振荡环路中既包括光路部分,也包括电路 / 微波部分,所以本测距系统既可以采用光学测量 (如图 3 所示),也可以采用微波进行测量 (如图 4 所示),而采用微波测量可以实现无配合表面的绝对距离测量。

[0024] (4) 本发明中的每个 OE0 都是利用 WDM 构建的双波长的光域双环路结构,在 WDM 系统中,由于 WDM 隔离度很大,所以两束光几乎不会在两个通道内相互串扰,大大降低了由于随机干涉产生的拍噪声,提高了 OE0 输出的微波信号质量。

[0025] 本发明操作简单易行,基于上述优点,本发明可广泛应用于工业测控,精密仪器制造等领域,此外由于本测距系统抗干扰能力强,隐蔽性好,在军事领域也有着极好的应用前景。

附图说明

[0026] 图 1 为光电振荡器 (OE0) 测距原理框图;

[0027] 图 2 为单环起振的 OE0 输出光谱图;

[0028] 图 3 为本发明基于 OE0 的自校准的大量程、高精度绝对距离测量系统框图 (光学测量);

[0029] 图 4 为本发明基于 OE0 的自校准的大量程、高精度绝对距离测量系统框图 (微波测量)。

[0030] 图中:

- | | | | |
|--------|----------------|----------------|--------------|
| [0031] | 11- 第一光波分复用器 | 12- 第二光波分复用器 | 2- 电光调制器 |
| [0032] | 3- 掺铒光纤放大器 | 4- 光分插复用器 | 5- 光开关 |
| [0033] | 61- 第一光纤 | 62- 第二光纤 | 71- 第一光纤拉伸器 |
| [0034] | 72- 第二光纤拉伸器 | 81- 第一光耦合器 | 82- 第二光耦合器 |
| [0035] | 83- 第三光耦合器 | 901- 光学天线 | 902- 微波天线 |
| [0036] | 101- 第一光电探测器 | 102- 第二光电探测器 | 121- 第一微波滤波器 |
| [0037] | 122- 第二微波滤波器 | 131- 第一微波放大器 | 132- 第二微波放大器 |
| [0038] | 141- 第一微波功率分配器 | 142- 第二微波功率分配器 | 15- 微波合成器。 |

具体实施方式

[0039] 下面结合附图和具体实施例对本发明技术方案作进一步详细描述,所描述的具体实施例仅仅对本发明进行解释说明,并不用以限制本发明。

[0040] 图 1 示出了光电振荡器 (OE0) 测距原理,光电振荡器 (OE0) 是一种利用长度较长的光纤储能的新型的微波信号发生器,主要是由激光器、电光调制器、光纤、光电探测器和微波滤波器构成的一个正反馈环路。其谐振腔的长度一般都在 km 量级。对于大多数大量程距离测量来讲,这个距离是足够的。换句话讲,可以将被测的长度作为 OE0 腔长的一部分。此时的长度变化就转换成了谐振腔腔长的变化,进而影响振荡器的谐振频率。

[0041] OE0 的谐振频率由两个因素决定:1) 环路时延决定的振荡模式,2) 选模器件。如果把待测距离作为 OE0 振荡环路的一部分,由谐振频率的测量即可推出待测距离量。

[0042] OE0 振荡环路起振模式的间隔也即基频 f_0 由环路对光信号的延时决定,即:

[0043] $f_b = 1/\tau$ (1)

[0044] 式(1)中, τ 为延时量。

[0045] 延时量又可以分为两部分,由电路和固定光纤构成的固定时延 τ_0 ,以及由待测距离 L 决定的时延量 $\tau_L = nL/c$,其中 n 为折射率, c 为真空中的光速。于是,可得:

[0046]
$$L = \frac{1}{2} \left(\frac{c}{nf_b} - \frac{c\tau_0}{n} \right)$$
 (2)

[0047] 由于振荡器中 f_b 的整数倍频均能满足 OEO 的振荡条件, OEO 的实际谐振频率 f_N 通过微波滤波器选模得到,满足:

[0048] $f_N = Nf_b$ (3)

[0049] 式(3)中, N 为自然数。可见,实际谐振频率 f_N 为基频 f_b 的 N 倍,例如:在 500m 长度(基频 300kHz)上要达到 $1\mu\text{m}$ 的精度,对于基频 f_b 的频率检测精度要达到 0.0006Hz。在 30GHz 的条件下,则 N 值在 10^5 数量级,通过这一关系距离导致的基频变化量便被放大了 N 倍($1\mu\text{m}$ 的变化会导致谐振频率 60Hz 的变化)。可以看出:在相同的观测条件和测试精度前提下,直接测量 f_b 的值远不如测量 f_N 和 N 再反求 f_b 所得到的精度高,测量误差被大大的减小。这样,待测距离 L 可以由下式得到:

[0050]
$$L = \frac{1}{2} \left(\frac{Nc}{nf_N} - \frac{c\tau_0}{n} \right)$$
 (4)

[0051] 这样,待测距离 L 的测量精度事实上取决于两个因素: f_N 的精度和 N 值的正确性。其中, f_N 的理论精度(假设测试精度足够高)取决于振荡器输出频率的谱纯度,相应的研究工作已表明,采用 OEO 结构可以得到谱纯度为 mHz 的高质量微波源输出。由式(4)可知,待测距离和 f_N 的相关性。理论上,只要保证 N 的正确性,就可以得到 L 的精确测量值。

[0052] N 值的测量可以通过粗测 f_b 的方法得到:

[0053]

$$N = \left\lfloor \frac{f_N}{f_b^*} \right\rfloor$$
 (5)

[0054] 式(5)中, $\lfloor \cdot \rfloor$ 符号表示四舍五入取整运算, f_b^* 表示的是基频 f_b 的粗略测量值。

[0055] 在实际系统设计中,由于利用 WDM 构建的双波长-双环路对边模有抑制作用,可以将其中一个环路断开,这时振荡所得信号的边模抑制较差,如图 2 所示,经过光电转换后可将振荡信号中携带的基频分量检测出来,得到基频的粗略测试值 f_b^* 。

[0056] 这样通过测得的 f_N 及 f_b^* 的值,可以求出对应的 N 的值,进而求出 f_b 精确的值,获得环长信息,实现了对距离的高精度测量。

[0057] 基于上述考虑,本发明提出一种基于 OEO 的自校准的大量程、高精度绝对距离测量系统,如图 3 所示,该绝对距离测量系统包括四个激光器 LD1、LD2、LD3、LD4,第一光波分复用器 11、第二光波分复用器 12、电光调制器 2、掺铒光纤放大器 3、光分插复用器 4、长度不同的第一光纤 61 和第二光纤 62、第一光纤拉伸器 71、第二光纤拉伸器 72、三个光耦合器、第一光电探测器 101、第二光电探测器 102、中心频率不同的第一微波滤波器 121 和第二微波滤波器 122,第一微波放大器 131、第二微波放大器 132、第一微波功率分束器 141、第二微波功率分束器 142、微波合成器 15;所述三个光耦合器包括第一光耦合器 81、第二光耦合器

82 和第三光耦合器 83。

[0058] 四个激光器 LD1、LD2、LD3、LD4 发出的四束光经过第一光波分复用器 11 耦合后进入电光调制器 2, 四束光的波长不同、波长分别为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 , 调制后四束光经掺铟光纤放大器 3 放大后进入光分插复用器 4, 所述光分插复用器 4 将四束光分为两部分, 一部分是 A 路, 即波长为 λ_1 和 λ_3 的两束光经过一个光开关 5、第一光纤 61 和第一光纤拉伸器 71, 另一部分是 B 路, 即波长为 λ_2 和 λ_4 的两束光经过第二光纤 62 和第二光纤拉伸器 72; 然后, 波长为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 的四束光由第一光耦合器 81 耦合后送入第二光波分复用器 12, 并按不同的波长分开。

[0059] 波长为 λ_1 和 λ_2 的两束光经第二光耦合器 82 耦合在一起后经过第一光电探测器 101 进行光/电转换, 然后经过第一微波滤波器 121 和第一微波放大器 131 到达第一微波功率分束器 141, 第一微波功率分束器 141 将一部分微波信号送入所述微波合成器 15。

[0060] 波长为 λ_3 和 λ_4 的两束光经第三光耦合器 83 耦合在一起后经过第二光电探测器 102 进行光/电转换, 然后经过第二微波滤波器 122 和第二微波放大器 132 到达第二微波功率分束器 142, 第二微波功率分束器 142 将一部分微波信号送入所述微波合成器 15。

[0061] 所述微波合成器 15 将从第一微波功率分束器 141 和第二微波功率分束器 142 接收到的两个微波信号合成以后用以驱动所述电光调制器 2。

[0062] 用光学天线 901 或微波天线 902 将待测距离引入到环路中, 用光学天线 901 将待测距离引入到环路中的结构是: 将所述光学天线 901 设置在所述第二光耦合器 82 与所述第一光电探测器 101 之间; 用微波天线 902 将待测距离引入到环路中的结构是: 将所述微波天线 902 设置在所述第一光电探测器 101 与所述第一微波滤波器 121 之间;

[0063] 波长 λ_1 和 λ_2 所在的环路形成了一个 OE0, 定义为测试 OE0, 第一微波功率分束器 141 将其剩余部分的微波信号输出, 用于分别测量所述光开关 5 导通和断开状态下该测试 OE0 的谐振频率为 f_N 。

[0064] 波长 λ_3 和 λ_4 所在的环路形成了另一个 OE0, 定义为稳定 OE0; 第二微波功率分束器 142 将其剩余部分的微波信号送入一控制模块, 该控制模块包括控制芯片和鉴频器, 所述控制芯片采用 STMicroelectronics 公司的 STM32F103VCT6 芯片, 所述鉴频器采用 Hittite 公司的 HMC984LP4E 器件, 所述控制模块通过控制第一光纤拉伸器 71 和第二光纤拉伸器 72 对所述稳定 OE0 的腔长变化进行补偿, 使稳定 OE0 的谐振频率稳定, 从而保证所述稳定 OE0 腔长的稳定, 即保证 τ_0 的稳定。

[0065] 本发明中, 测试 OE0 和稳定 OE0 共享了大部分的谐振腔 (图 3、图 4 中的电光调制器 2, 掺铟光纤放大器 3, 光分插复用器 4, A 路和 B 路, 第一光耦合器 81, 第二光波分复用器 12), 其余的微波环路 (除微波测量时引入的待测距离) 虽然没有共享, 但是由于微波环路部分长度很短, 所以忽略不计。由于 OE0 的环长大部分由光纤组成, 其很容易受到温度、振动、偏振态等的影响而发生变化。在稳定 OE0 中, 微波功率分束器分出一部分微波信号进入控制模块, 控制模块通过控制光纤拉伸器对 OE0 腔长的变化进行补偿, 保证了公共腔长的稳定, 即保证 τ_0 的稳定。控制模块的工作原理是通过鉴频器控制芯片输出相对应的电压控制光纤拉伸器, 改变环内光纤长度, 使稳定 OE0 的谐振频率稳定, 从而保证了共享腔长的稳定性。测试用 OE0 则包括共享腔长和待测距离, 这样测试用 OE0 谐振频率的变化反映的就是待测距离的变化, 实现了该测距系统的自校准功能。将测量的 f_N 和 N 带入式 (4), 可以测

得待测长度的绝对距离。优化系统参数, N 可以达到 $10^5 \sim 10^6$ 量级, 求得的待测距离 L 可精确到 μm 量级。

[0066] 本发明绝对距离测量系统中, 光电振荡器采用的是光 / 电混合结构, 其振荡环路中既包括光路部分, 也包括电路 / 微波部分, 绝对距离测量系统既可以采用光学测量, 也可以采用微波进行测量, 图 3 示出的是采用光学测量, 是用光学天线将待测距离引入到环路中; 图 4 示出的是采用微波测量, 采用微波测量的整体结构与光学测量的整体结构基本相同, 不同之处仅在于是用微波天线 902 将待测距离引入到环路中, 所述微波天线 902 设置在所述第一光电探测器 101 与所述第一微波滤波器 121 之间。

[0067] 尽管上面结合附图对本发明进行了描述, 但是本发明并不局限于上述的具体实施方式, 上述的具体实施方式仅仅是示意性的, 而不是限制性的, 本领域的普通技术人员在本发明的启示下, 在不脱离本发明宗旨的情况下, 还可以做出很多变形, 这些均属于本发明的保护之内。

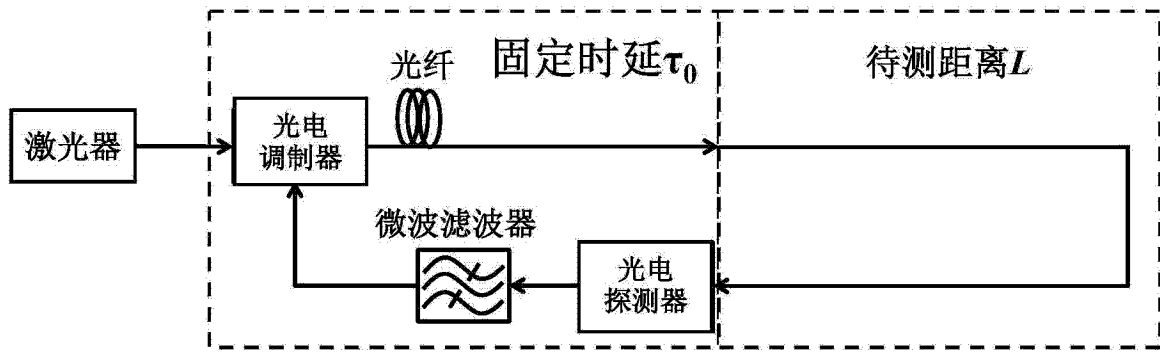


图 1

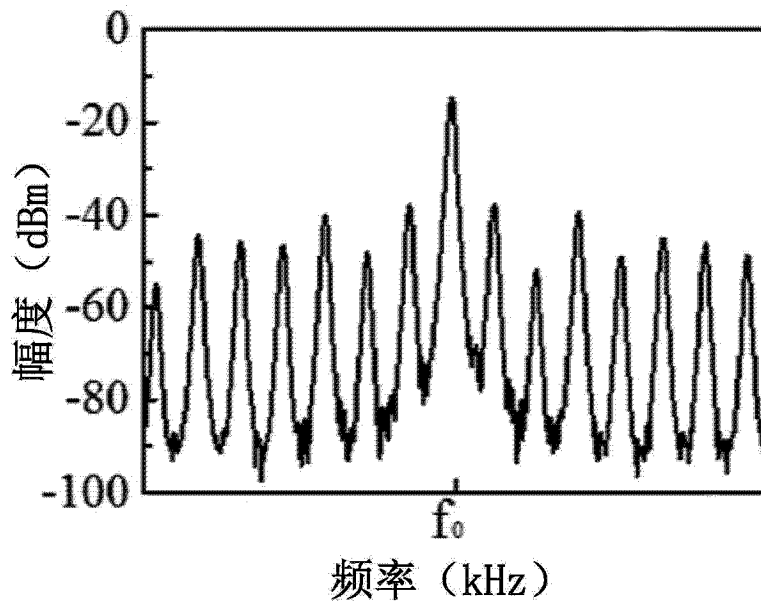


图 2

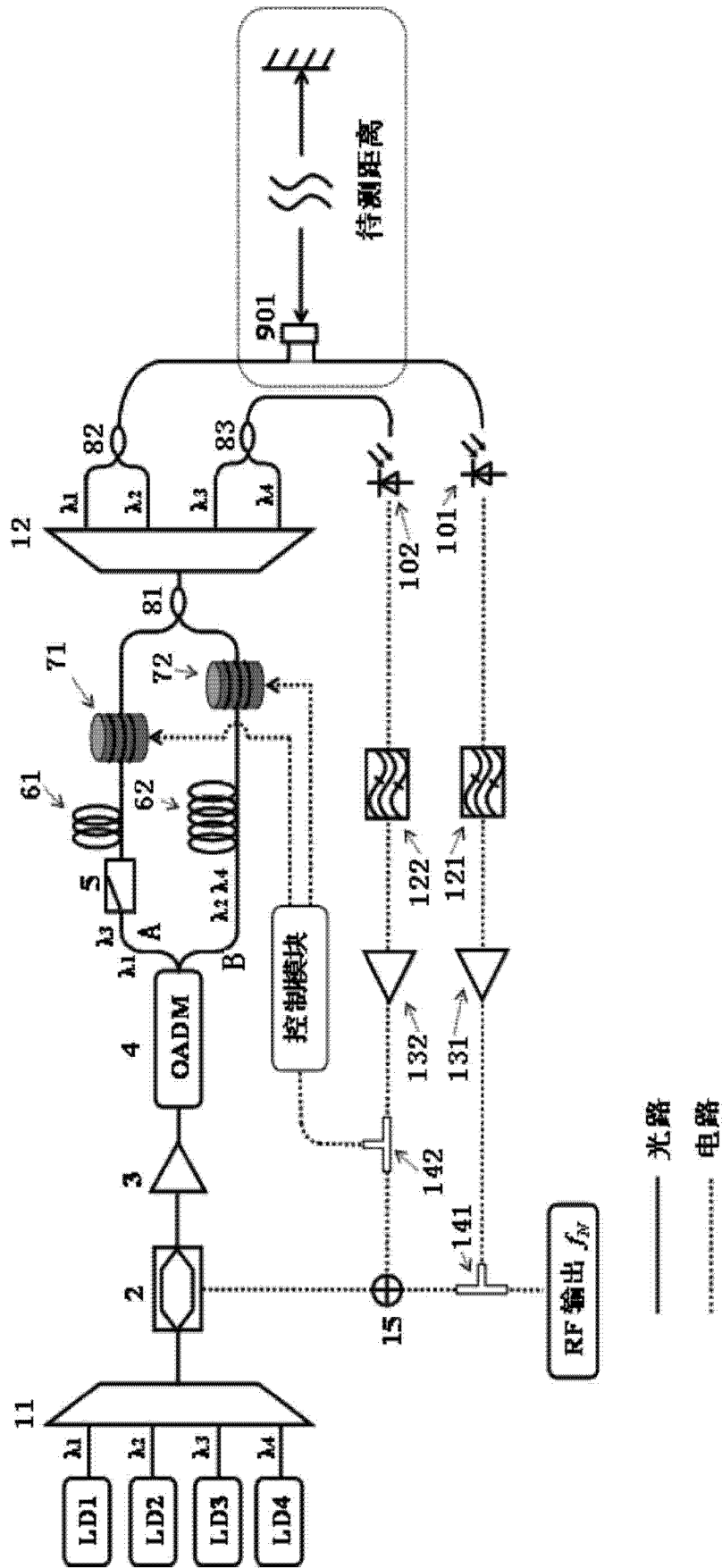


图 3

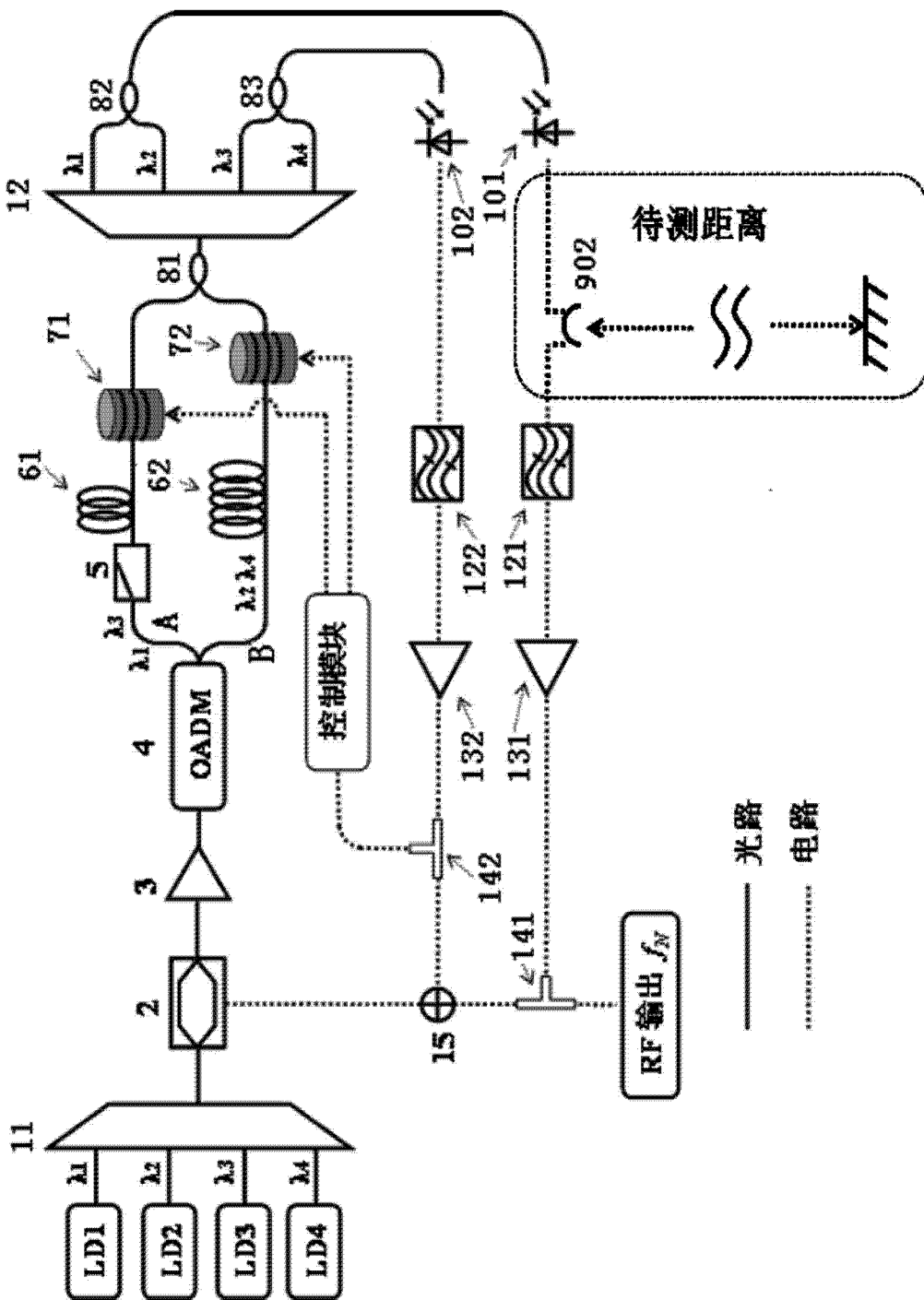


图 4