

基于调焦清晰度评价函数的激光 频率扫描干涉仪色散相位补偿方 法

申请号：[201510443485.6](#)

申请日：2015-07-24

申请(专利权)人 [哈尔滨工业大学](#)
地址 [150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号](#)
发明(设计)人 [刘国栋](#) [甘雨](#) [刘炳国](#) [许新科](#) [陈凤东](#) [庄志涛](#)
主分类号 [G01B9/02\(2006.01\)I](#)
分类号 [G01B9/02\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 [105136021A](#)
公开(公告)日 [2015-12-09](#)
专利代理机构 [哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109](#)
代理人 [杨立超](#)



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105136021 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201510443485. 6

(22) 申请日 2015. 07. 24

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 刘国栋 甘雨 刘炳国 许新科
陈凤东 庄志涛

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 杨立超

(51) Int. Cl.

G01B 9/02(2006. 01)

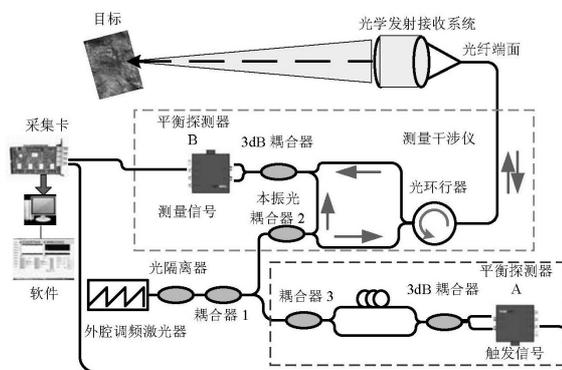
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法

(57) 摘要

基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法,本发明涉及高分辨率激光频率扫描干涉仪色散补偿方法。本发明是要解决现有方法测量分辨率低并且对测量信号的影响需要进行补偿的问题。建立高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散条件下的测量信号拍频模型;采用相位法对测量信号拍频模型的光纤色散进行补偿:(1) 将测量信号乘以复相位补偿项,通过调节色散补偿系数补偿测量信号中的色散相位畸变;(2) 提出调焦清晰度评价函数作为判断测量信号拍频模型的相位畸变是否得到补偿的标准;(3) 采用三分法寻找最佳色散补偿系数对高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散进行补偿。本发明应用于高分辨率激光频率扫描干涉仪领域。



1. 基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法, 其特征在于它按以下步骤实现:

(一) 建立高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散条件下的测量信号拍频模型;

(二) 采用相位法对测量信号拍频模型的光纤色散进行补偿:

(1) 将测量信号乘以复相位补偿项, 通过调节色散补偿系数补偿测量信号中的色散相位畸变, 当测量信号的色散相位畸变得得到补偿时, 信号的频谱半高全宽将变窄;

(2) 提出调焦清晰度评价函数作为判断测量信号拍频模型的相位畸变是否得到补偿的标准;

(3) 采用三分法寻找最佳色散补偿系数对激光频率扫描干涉仪光纤色散进行补偿。

2. 根据权利要求 1 所述的基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法, 其特征在于步骤 (一) 具体为:

(1) 由高分辨率激光频率扫描干涉仪的辅助干涉仪形成的拍频 ω_{aux} 表示为式 (6):

$$\omega_{\text{aux}} = \frac{2\pi\mu\tau_{\text{aux}}}{1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}} (2\pi\mu\beta_2 v_g t + 1) \quad (6)$$

其中, 所述 τ_{aux} 表示辅助干涉仪中两光纤臂长差对应的时延, μ 为调频斜率, $\beta_2 = -20\text{ps}^2/\text{km}$ 表示单模光纤的群速度色散, v_g 表示群速度, t 表示激光器调频时间;

(2) 由于测量干涉仪与辅助干涉仪的拍频与时延成正比, 因此, 采用频率采样法对测量信号采样后, 测量干涉仪与辅助干涉仪的时延比值变为:

$$\begin{aligned} \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(t)} &= \frac{2\pi\mu\tau}{1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}} \frac{2\pi\mu\tau_{\text{aux}}}{2\pi\mu\beta_2 v_g t + 1} \\ &= \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(2\pi\mu\beta_2 v_g t + 1)} (1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}) \end{aligned} \quad (7)$$

其中, 所述测量干涉仪对应于被测目标形成的拍信号, 辅助干涉仪为马赫泽德干涉仪, 其形成的拍信号用来校正测量干涉仪信号的非线性, 所述 τ 表示测量干涉仪的时延, 对应于被测目标的时延; $\tau_{\text{aux}}(t)$ 表示随调频时间变化的辅助干涉仪时延;

(3) 调谐波长选择 $1542\text{nm} \sim 1562\text{nm}$, 等效于调频带宽 $\mu t = 2.4911\text{THz}$, 由于 $2\pi\mu\beta_2 v_g t \ll 1$, 式 (7) 表示如下:

$$\frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(t)} = \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} (1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}) (1 - 2\pi\mu\beta_2 v_g t) \quad (8)$$

(4) 对应于 220m 光程差的时延为 $\tau_{\text{aux}} = 733\text{ns}$, 则 $|2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}| < 10^{-9}$, 对式 (8) 整理后, 得到高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散条件下的测量信号拍频模型如式 (9) 所示:

$$\frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(t)} = \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} (1 - 2\pi\mu\beta_2 v_g t) \quad (9)$$

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法, 其特征在于步骤 (二) (1) 具体为:

通过计算调焦清晰度评价函数的 S 值是否达到最大实现色散补偿, 将采样后测量信号

乘以复相位补偿项,补偿采样后测量信号的相位畸变 I_b ,如式 (10) :

$$\begin{aligned} I_b &= (P_T P_R \xi_H)^{1/2} \exp \left[j \left(2\pi \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} n + \varphi_{\text{disp}} \right) \right] \cdot \exp(j\varphi_{\text{comp}}) \\ &= (P_T P_R \xi_H)^{1/2} \exp \left[j \left(2\pi \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} n - \pi \sigma_{\text{disp}} n^2 + \pi \alpha_{\text{comp}} n^2 \right) \right], \quad n=1, 2, \dots, N; \end{aligned} \quad (10)$$

其中 P_R 为本振光的光强, P_T 为出射光的光强, ξ_H 为外差效率, φ_{disp} 为采样后信号的畸变相位, 主要由辅助干涉仪光纤与测量干涉仪色散失配引入, σ_{disp} 为相位畸变系数, 补偿相位为 $\varphi_{\text{comp}} = \pi \alpha_{\text{comp}} n^2$, α_{comp} 表示相位补偿因子, 通过不断调整 α_{comp} 的值, 使得 $\alpha_{\text{comp}} = \sigma_{\text{disp}}$ 即可完成色散补偿, j 表示虚数单位。

4. 根据权利要求 3 所述的基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法, 其特征在于步骤 (二) (2) 具体为:

引入调焦清晰度评价函数作为判断相位畸变是否得到补偿的标准, 调焦清晰度评价函数形式如式 (11) 所示:

$$S = \sum_{i=0}^N \left(A(f_i) - \frac{\sum_{i=0}^N A(f_i)}{N} \right)^2 \quad (11)$$

其中, 将 $A(f_i)$ 表示为采样后信号频谱图中频率 f_i 处的幅度, N 表示变换为频谱后的频点数, 将 S 值的变化作为相位补偿停止的条件。

5. 根据权利要求 4 所述的基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法, 其特征在于步骤 (二) (3) 过程如下:

(1) 首先设置补偿系数值 left 和 right , 计算左右补偿系数的中间值 $\text{mid} = (\text{left} + \text{right}) / 2$;

left 表示设置的第一次欠补偿系数, right 表示设置的第一次过补偿系数, mid 表示第一次欠补偿系数与过补偿系数的平均值;

(2) 计算 $\text{midmid} = (\text{mid} + \text{right}) / 2$;

midmid 表示 mid 与 right 的平均值;

(3) 判断调焦清晰度评价函数值 $S(\text{mid})$ 和 $S(\text{midmid})$ 的大小, 若 $S(\text{mid}) > S(\text{midmid})$, 则 $\text{right} = \text{midmid}$; 若 $S(\text{mid}) < S(\text{midmid})$, 则 $\text{left} = \text{mid}$;

$S(\text{mid})$ 表示 mid 对应的调焦清晰度评价函数值, $S(\text{midmid})$ 表示 midmid 对应的调焦清晰度评价函数值;

(4) 重复 (1)、(2)、(3) 步骤, 直至找到最大值。

基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高分辨率激光频率扫描干涉仪色散补偿方法。

背景技术

[0002] 激光频率扫描干涉仪在工业零件测量、飞行器表面加工、物体三维形貌建模等领域发挥着重要作用。随着生产的发展,对更高分辨率的频率扫描干涉仪提出了要求。提高测量分辨率的关键是增大扫频带宽,然而,随着扫频带宽的增加,用于校正测量信号拍频非线性的辅助干涉仪光纤色散随之增大,测量信号经辅助干涉仪校正非线性后,导致目标频谱发生展宽,降低了测量分辨率。因此,辅助干涉仪光纤色散对测量信号的影响需要进行补偿。

发明内容

[0003] 本发明是要解决现有方法测量分辨率低并且对测量信号的影响需要进行补偿的问题,而提供了基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法。

[0004] 基于调焦清晰度评价函数的激光频率扫描干涉仪色散相位补偿方法,其特征在于它按以下步骤实现:

[0005] (一) 建立高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散条件下的测量信号拍频模型;

[0006] (二) 采用相位法对测量信号拍频模型的光纤色散进行补偿:

[0007] (1) 将测量信号乘以复相位补偿项,通过调节色散补偿系数补偿测量信号中的色散相位畸变,当测量信号的色散相位畸变得得到补偿时,信号的频谱半高全宽将变窄;

[0008] (2) 提出调焦清晰度评价函数作为判断测量信号拍频模型的相位畸变是否得到补偿的标准;

[0009] (3) 采用三分法寻找最佳色散补偿系数对激光频率扫描干涉仪光纤色散进行补偿。

[0010] 发明效果:对距离 2.44m 处的高度差为 200 μm 的台阶进行测量,色散补偿前目标峰值产生伪峰,且无法分辨该高度差。采用本方案补偿后,目标峰值清晰可辨,且测得高度差为 201.1 μm ,与实际值相比误差为 1.1 μm ,实现了大尺寸高分辨率测量。

附图说明

[0011] 图 1 是激光频率扫描干涉仪测量系统图;

[0012] 图 2 是频率采样法校正测量信号拍频非线性过程;其中,(a) 测量路拍信号,(b) 辅助干涉仪拍信号(触发信号);

[0013] 图 3(a) 是经校正非线性后的测量信号(采样后信号);(b) 采样后信号的 Fourier 变换频谱图;

[0014] 图 4 是考虑光纤色散情况下的辅助干涉仪拍频;

[0015] 图 5 是考虑辅助干涉仪光纤色散情况下的频率采样法 ;其中 (a) 测量路拍信号, (b) 辅助干涉仪拍信号 (触发信号) ;

[0016] 图 6 是经校正非线性后的测量信号 (采样后信号) ;其中, (a) 采样后信号时域图, (b) 采样后信号的 Fourier 变换频谱图 ;

[0017] 图 7 是测量信号谱峰轮廓随 S 值的变化过程 ;

[0018] 图 8 是补偿系数与 S 值的变化关系 ;

[0019] 图 9 是三步法寻找最佳补偿系数的原理 ;

[0020] 图 10 是单目标情况下, 对目标峰值的补偿 ;其中, (a) 补偿前 ;(b) $S = 691230638$; (c) $S = 719881503$;(d) $S = 673929306$;

[0021] 图 11 是两个目标情况下, 对目标峰值的补偿 ;其中, (a) 补偿前 ;(b) $S = 9.8126 \times 10^{15}$;(c) $S = 1.0279 \times 10^{16}$;(d) $S = 1.0151 \times 10^{16}$ 。

具体实施方式

[0022] 具体实施方式一 :基于调焦清晰度评价函数的色散相位补偿方法, 它按以下步骤实现 :

[0023] (三) 建立高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散条件下的测量信号拍频模型 ;

[0024] (四) 采用相位法对测量信号拍频模型的光纤色散进行补偿 :

[0025] (1) 将测量信号乘以复相位补偿项, 通过调节色散补偿系数补偿测量信号中的色散相位畸变, 当测量信号的色散相位畸变得得到补偿时, 信号的频谱半高全宽将变窄 ;

[0026] (2) 提出调焦清晰度评价函数作为判断测量信号拍频模型的相位畸变是否得到补偿的标准 ;补偿的测量信号频谱半高全宽变窄的同时, 调焦清晰度评价函数的值在增大, 通过比较调焦清晰度评价函数的值判断测量信号色散是否得到补偿, 当调焦清晰度评价函数的值最大时, 测量信号色散被完全补偿, 此时, 频谱最窄, 测量分辨率最高 ;

[0027] (3) 采用三分法寻找最佳色散补偿系数对高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散进行补偿。

[0028] 本实施方式的采用宽带外腔调频激光器进行测量, 所构建扫频干涉仪的系统原理图如图 1 所示。外腔调频激光器经光学隔离器、耦合器 1 后分为两路光, 一路光经过环形器、光纤端面、发射接收系统到达目标, 由目标返回的光与本振光叠加在平衡探测器 B 上形成外差干涉, 该部分为测量干涉仪, 所形成的电信号为测量拍信号。实际中, 激光器无法实现理想线性调频形式, 所形成的拍信号频率不是单一频率, 发生频谱展宽, 将导致很大的测量误差。为解决该问题, 可采用频率采样法校正测量信号拍频非线性, 光经过两臂长差不同的光纤后在平衡探测器 A 上叠加进行外差干涉, 该部分为辅助干涉仪, 形成的信号为触发信号, 采集卡记录触发信号相位每次经过 2π 的时刻, 利用该时刻序列对进入采集卡的测量拍信号进行同步采样, 可校正测量信号的拍频非线性, 如图 2 所示。图 3 为经频率采样法校正非线性后的测量信号, 采样后信号经 Fourier 变换后的频谱由展宽变为单峰。

[0029] 然而, 实际中为实现大尺寸高分辨率测量, 通常要求辅助干涉仪光纤长度很长, 此时, 光纤色散效应将随宽带光源的扫频带宽增加而增大。经频率采样法采样后, 测量信号的拍频将随扫频带宽增大产生变化, 导致测距峰值发生展宽, 测量分辨率下降, 其模型如下。

[0030] 考虑光纤色散情况下的辅助干涉仪的拍频图如图 4 所示。

[0031] 具体实施方式二：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤（一）具体为：

[0032] （1）由高分辨率激光频率扫描干涉仪的辅助干涉仪形成的拍频 ω_{aux} 表示为式（6）：

$$[0033] \quad \omega_{\text{aux}} = \frac{2\pi\mu\tau_{\text{aux}}}{1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}} (2\pi\mu\beta_2 v_g t + 1) \quad (6)$$

[0034] 其中，所述 τ_{aux} 表示辅助干涉仪中两光纤臂长差对应的时延， μ 为调频斜率， $\beta_2 = -20\text{ps}^2/\text{km}$ 表示单模光纤的群速度色散， v_g 表示群速度， t 表示激光器调频时间；

[0035] （2）由于测量干涉仪与辅助干涉仪的拍频与时延成正比，因此，采用频率采样法对测量信号采样后，测量干涉仪与辅助干涉仪的时延比值变为：

$$[0036] \quad \begin{aligned} \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(t)} &= \frac{2\pi\mu\tau}{1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}} (2\pi\mu\beta_2 v_g t + 1) \\ &= \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(2\pi\mu\beta_2 v_g t + 1)} (1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}) \end{aligned} \quad (7)$$

[0037] 其中，所述测量干涉仪对应于被测目标形成的拍信号，辅助干涉仪为马赫泽德干涉仪，其形成的拍信号用来校正测量干涉仪信号的非线性，所述 τ 表示测量干涉仪的时延，对应于被测目标的时延； $\tau_{\text{aux}}(t)$ 表示随调频时间变化的辅助干涉仪时延；

[0038] （3）调谐波长选择 $1542\text{nm} \sim 1562\text{nm}$ ，等效于调频带宽 $\mu t = 2.4911\text{THz}$ ，由于 $2\pi\mu\beta_2 v_g t \ll 1$ ，忽略二次以上的项后，式（7）表示如下：

$$[0039] \quad \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(t)} = \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} (1 + 2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}) (1 - 2\pi\mu\beta_2 v_g t) \quad (8)$$

[0040] （4）对应于 220m 光程差的时延为 $\tau_{\text{aux}} = 733\text{ns}$ ，则 $|2\pi\mu\beta_2 v_g \tau_{\text{aux}}| < 10^{-9}$ ，其影响忽略，对式（8）整理后，得到高分辨率激光频率扫描干涉仪光纤色散条件下的测量信号拍频模型如式（9）所示：

$$[0041] \quad \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}(t)} = \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} (1 - 2\pi\mu\beta_2 v_g t) \quad (9)$$

[0042] 考虑辅助干涉仪光纤色散情况下的频率采样法过程如图 5 所示。经过采样后的测量信号如图 6 所示，可以看出信号中含有啁啾分量，信号频谱发生了展宽。

[0043] 其它步骤及参数与具体实施方式一相同。

[0044] 具体实施方式三：本实施方式与具体实施方式一或二不同的是：步骤（二）（1）具体为：

[0045] （1）表示每次调节相位补偿因子后，计算 S 值，看其是否达到最大，当 S 值最大时，即认为完成了色散补偿。但是，在此过程中通常设置固定的步长改变相位补偿因子，并每次判断 S 值，直到使得 S 值达到最大，补偿速度比较慢。而（2）通过三分法避免了设置固定的步长，可以通过较少的计算次数，找到 S 的最大值，因此，三分法提高了补偿的效率。

[0046] 通过计算调焦清晰度评价函数的 S 值是否达到最大实现色散补偿，将采样后测量信号乘以复相位补偿项，补偿采样后测量信号的相位畸变 I_b ，如式（10）：

[0047]

$$\begin{aligned}
I_b &= (P_T P_R \xi_H)^{1/2} \exp \left[j \left(2\pi \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} n + \varphi_{\text{disp}} \right) \right] \cdot \exp(j\varphi_{\text{comp}}) \\
&= (P_T P_R \xi_H)^{1/2} \exp \left[j \left(2\pi \frac{\tau}{\tau_{\text{aux}}} n - \pi \sigma_{\text{disp}} n^2 + \pi \alpha_{\text{comp}} n^2 \right) \right], \quad n=1, 2, \dots, N;
\end{aligned} \tag{10}$$

[0048] 其中 P_R 为本振光的光强, P_T 为出射光的光强, ξ_H 为外差效率, φ_{disp} 为采样后信号的畸变相位, 主要由辅助干涉仪光纤与测量干涉仪色散失配引入, σ_{disp} 为相位畸变系数, 补偿相位为 $\varphi_{\text{comp}} = \pi \alpha_{\text{comp}} n^2$, α_{comp} 表示相位补偿因子, 通过不断调整 α_{comp} 的值, 使得 $\alpha_{\text{comp}} = \sigma_{\text{disp}}$ 即可完成色散补偿, j 表示虚数单位。

[0049] 其它步骤及参数与具体实施方式一或二相同。

[0050] 具体实施方式四: 本实施方式与具体实施方式一至三之一不同的是: 步骤(二)(2) 具体为:

[0051] 引入调焦清晰度评价函数作为判断相位畸变是否得到补偿的标准, 调焦清晰度评价函数形式如式(11)所示:

$$S = \sum_{i=0}^N \left(A(f_i) - \frac{\sum_{i=0}^N A(f_i)}{N} \right)^2 \tag{11}$$

[0053] 其中, 将 $A(f_i)$ 表示为采样后信号频谱图中频率 f_i 处的幅度, N 表示变换为频谱后的频点数, 分析该函数可知, 随着 S 的增大, 采样后信号的频谱峰值半高全宽 (FWHM) 逐渐减小, 当 S 取最大值时, 频谱峰值 FWHM 达到最小, 接近测距理论分辨率, 因此, 可将 S 值的变化作为相位补偿停止的条件;

[0054] 通过调节补偿系数, S 值的变化趋势为由小到大然后再变小的过程。当 S 值较小时, 为欠补偿或过补偿状态, 当 S 值最大时, 为最佳补偿状态。

[0055] 其它步骤及参数与具体实施方式一至三之一相同。

[0056] 具体实施方式五: 本实施方式与具体实施方式一至四之一不同的是: 步骤(二)(3) 过程如下:

[0057] 通过设置等间隔步长, 不断增大色散补偿系数, 当 S 取最大值时, 即可认为测量信号的色散相位得到完全补偿, 但由于测量信号数据量很大, 步长设置过小将增加算法的运行时间, 本方案采用三分法寻找 S 最大值, 实现了快速色散补偿的目的。首先分析 S 值随色散补偿因子的分布。测量目标为量块, 依次等间隔增加色散补偿系数, 由图中可以看出 S 随着色散补偿系数的增加呈现出先增大后减小的趋势, 表明当色散补偿系数小于相位畸变系数时, S 值较小; 当色散补偿系数与相位畸变系数相等时, S 值最大; 当色散补偿系数大于相位畸变系数时, S 值又变小。图 7 是测量信号谱峰轮廓随 S 值的变化过程。图 8 是色散补偿系数与 S 值的变化关系。为提高运算效率, 采用三分法寻找最佳色散补偿系数, 其原理如图 9 所示, 三分法过程如下:

[0058] (1) 首先设置补偿系数值 left 和 right , 计算左右补偿系数的中间值 $\text{mid} = (\text{left} + \text{right}) / 2$;

[0059] left 表示设置的第一次欠补偿系数, right 表示设置的第一次过补偿系数, mid 表

示第一次欠补偿系数与过补偿系数的平均值；

[0060] (2) 计算 $\text{midmid} = (\text{mid} + \text{right}) / 2$ ；

[0061] midmid 表示 mid 与 right 的平均值；

[0062] (3) 判断调焦清晰度评价函数值 $S(\text{mid})$ 和 $S(\text{midmid})$ 的大小, 若 $S(\text{mid}) < S(\text{midmid})$, 则 $\text{right} = \text{midmid}$; 若 $S(\text{mid}) > S(\text{midmid})$, 则 $\text{left} = \text{mid}$;

[0063] $S(\text{mid})$ 表示 mid 对应的调焦清晰度评价函数值, $S(\text{midmid})$ 表示 midmid 对应的调焦清晰度评价函数值；

[0064] (4) 重复 (1)、(2)、(3) 步骤, 直至找到最大值。

[0065] 采用本方案对目标为单峰和双峰情况下进行了补偿, 结果分别如图 10 和图 11 所示。由图 10 和 11 可知, 未对测量信号进行补偿时, 目标的谱峰发生展宽。对测量信号进行色散补偿, 显示随着 S 值的增大, 目标峰值 FWHM 逐渐变窄, 当 S 值最大时, 目标的谱峰实现最佳补偿, 峰值 FWHM 最窄, 完成激光频率扫描干涉仪色散补偿。

[0066] 其它步骤及参数与具体实施方式一至四之一相同。

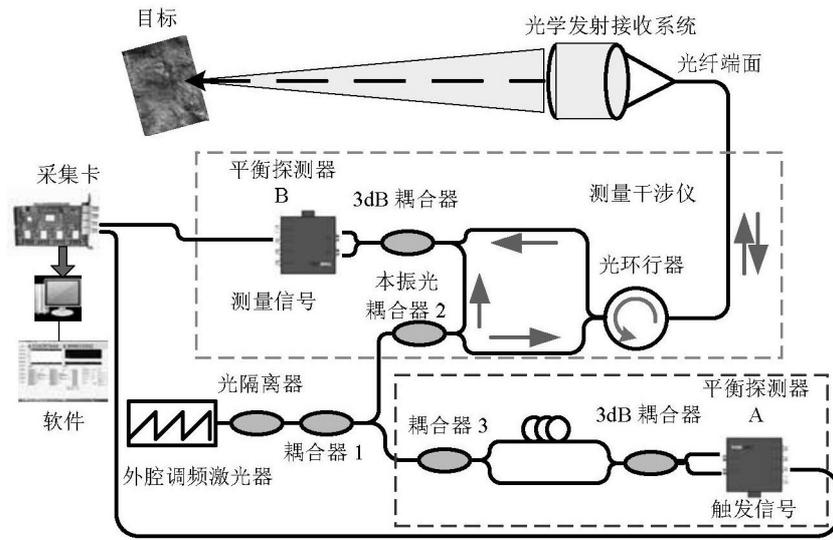


图 1

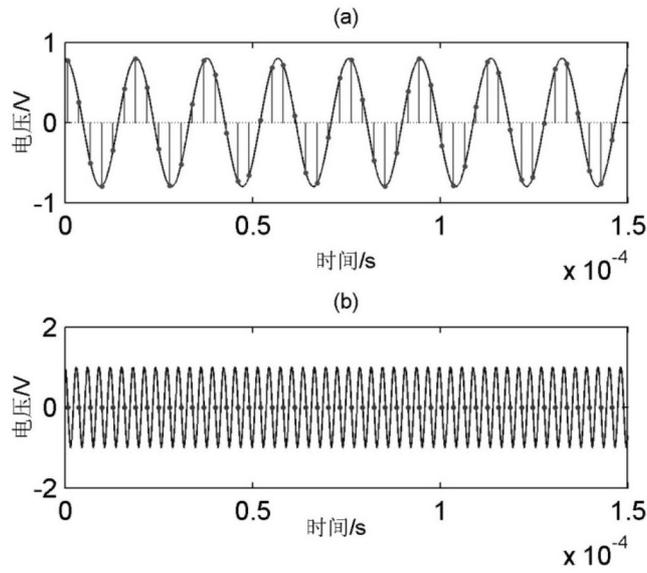


图 2

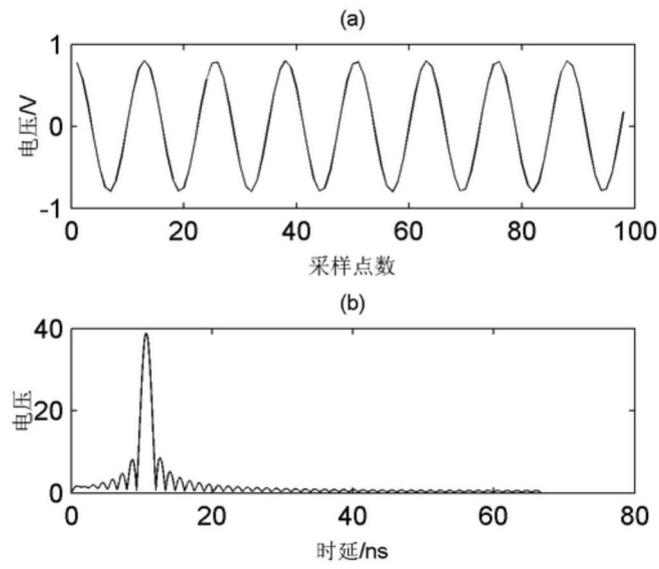


图 3

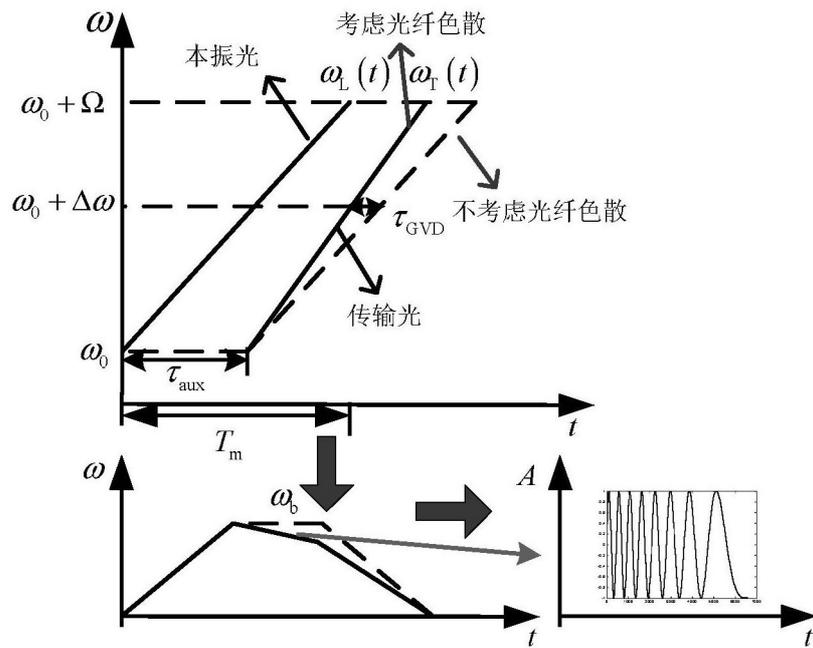


图 4

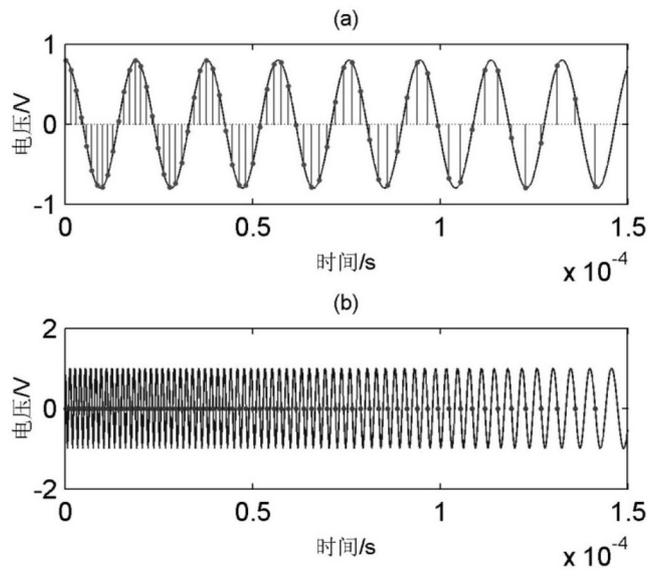


图 5

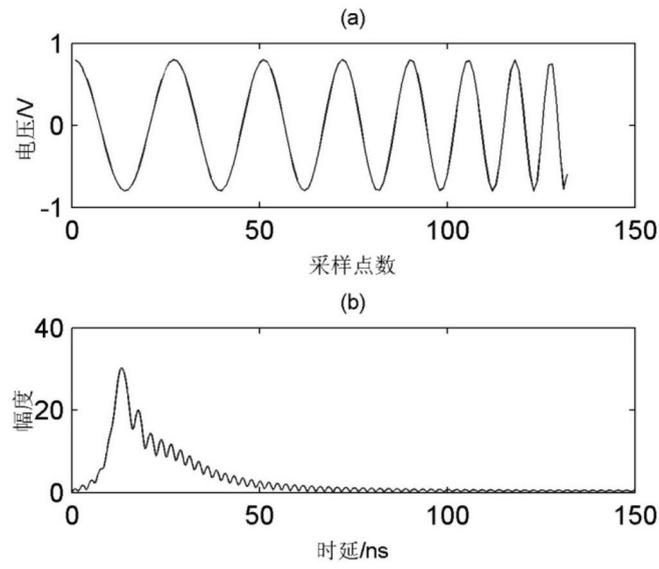


图 6

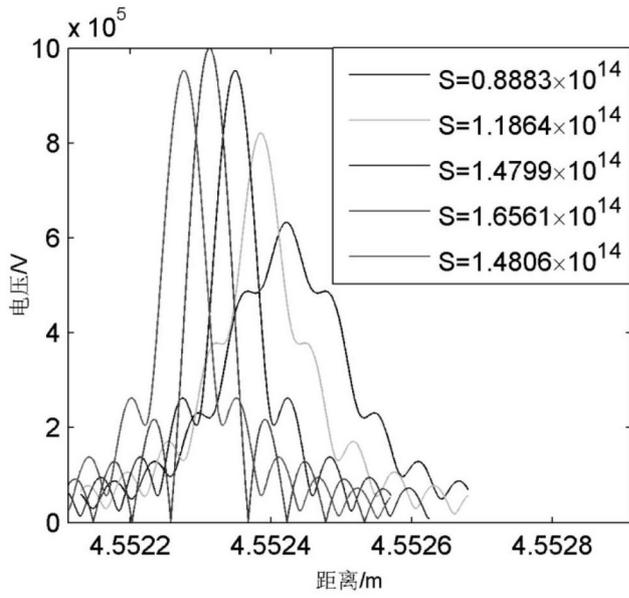


图 7

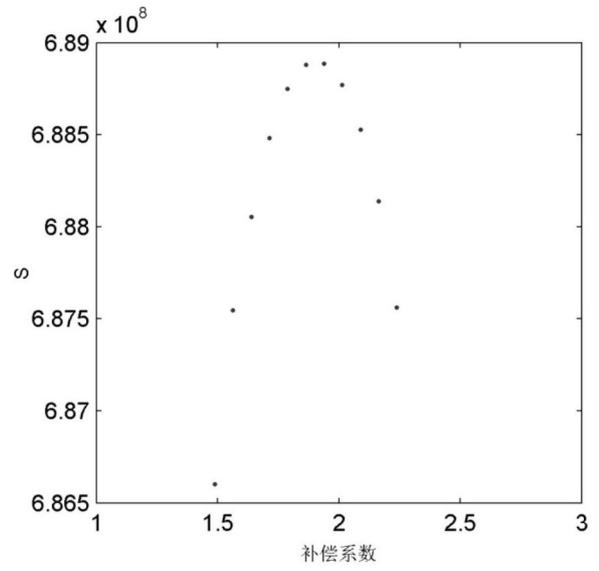


图 8

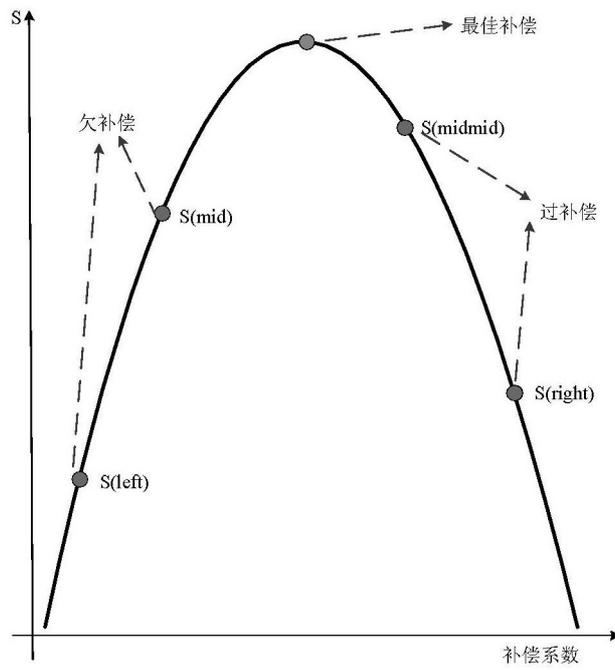


图 9

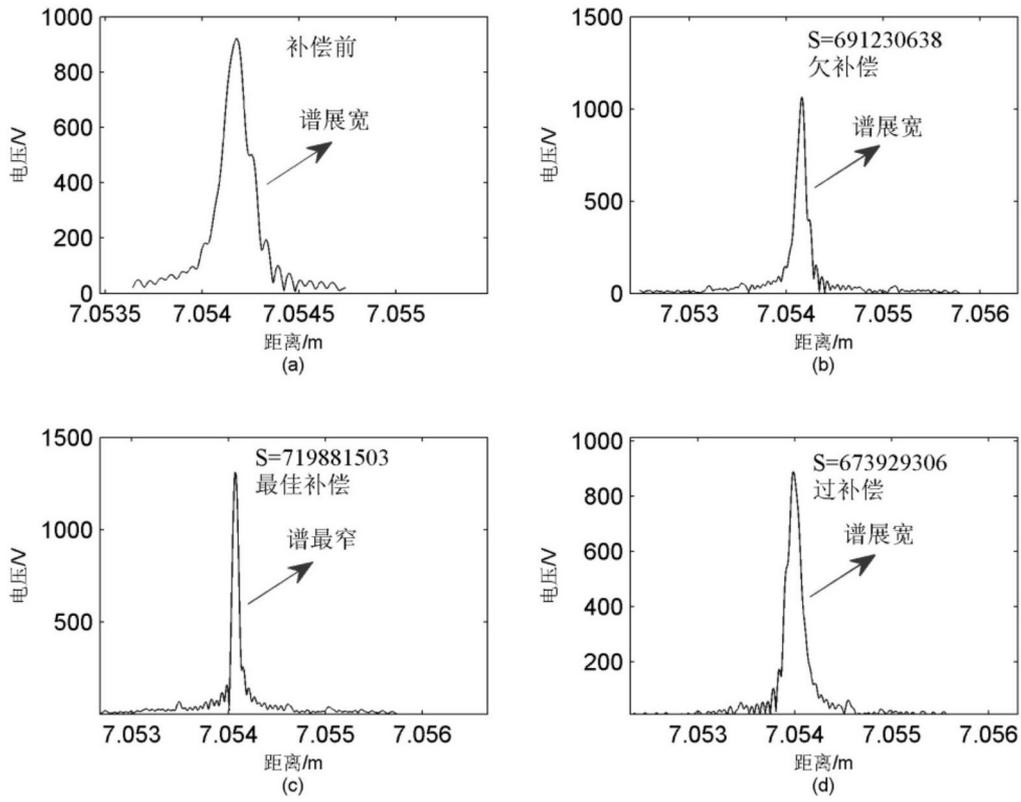


图 10

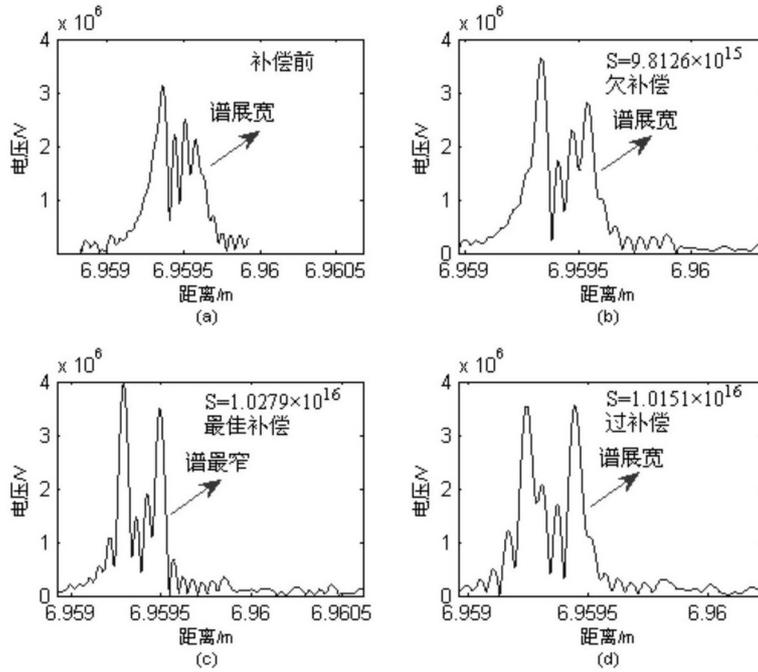


图 11