

文章编号:1005-0523(2003)02-0090-03

# 外差干涉信号的一种相位计数方法

赵斌, 侯金龙

(华中科技大学 机械学院仪器系, 武汉 430074)

**摘要:**提出一种新的激光外差干涉条纹计数方法, 通过与参考信号的异或运算, 将原来高频的外差信号转化为一直流电压信号; 通过移相电路获得相差90度的另一路信号, 然后用可逆计数器实现稳定准确的周期计数。

**关键词:**激光外差干涉; 条纹计数; 相位测量

**中图分类号:**TH74

**文献标识码:**A

## 1 引言

激光外差干涉信号是一高频正弦信号, 它的相位与被测光的光程差直接相联, 当位相的变化超过 $2\pi$ 时, 就需要对其计数, 最后总的位相变化为 $(2\pi N + \varphi)$ ,  $\varphi$ 是 $2\pi$ 以内的相位小数部分。

在目前使用的双频激光干涉仪中, 其计数电路是一种高频的脉冲对消减法电路<sup>[1]</sup>, 由于其计数动作是高频脉冲在数字逻辑电路中的相互作用的结果, 所以, 其正确性往往受逻辑电路频率响应的影响, 因而容易产生计数错误。

本文提出一种新的计数原理, 它首先将高频的外差信号转化为相差90°的两路直流周期信号, 这种信号完全类似于普通激光干涉条纹计数中的 $\sin\theta$ 信号和 $\cos\theta$ 信号, 因而可以用与之完全一样的低频计数电路来计数。

## 2 基本原理

众所周知, 比较两个方波周期信号的相位差可用异或门电路<sup>[2]</sup>, 首先看一下异或门鉴相器的特点: 当不变的、作为基准的外差参考信号方波和变化的外差测量信号 $i_m$ 同时送入异或门鉴相器中时, 进行

$(i_R \bar{i}_m + \bar{i}_R i_m)$ 运算后, 输出结果再经阻容低通滤波后成为一直流电压 $V_0$ (图1-a), 而 $V_0$ 的大小随 $i_R$ 与 $i_m$ 相位差 $\varphi$ 的变化关系是一个三角波(如图1-c所示)。

如果我们将 $i_R$ 用一个移相电路移相90°, 得到信号 $i_R'$ , 则 $i_R'$ 与 $i_m$ 经异或鉴相后的直流成份也是一个三角波, 只不过此三角波的相位相对前一个三角波的相位也相差90°, 或者说四分之一周期, 如图1(c)中的虚线所示。

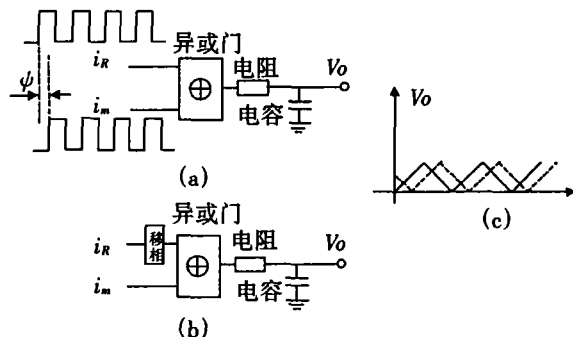


图1 鉴相基本原理

如果我们将上述两个三角波信号同时输入到示波器的 $x$ 和 $y$ 输入端中去, 则当 $\varphi$ 连续变化时, 荧光屏上光点的轨迹将是一个方形(如图2-a所示)。

当 $\varphi$ 变化的方向改变时, 相当于外差条纹的移

收稿日期:2002-12-24

作者简介:赵斌(1963-),男,江西南丰人,华中科技大学仪器系副教授,博士。

动方向改变,光点旋转运动的方向也改变.

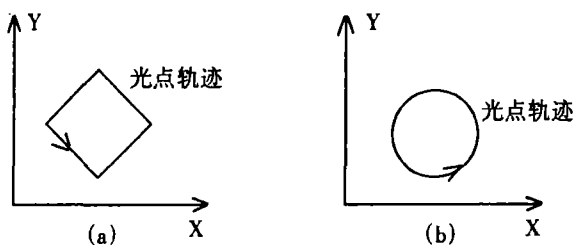


图2 荧光屏上光点的轨迹

熟悉普通激光干涉条纹计数的人都知道,普通激光干涉条纹的计数是利用空间位置上相差  $90^\circ$  的两路信号  $(1 + \sin\theta)$  和  $(1 + \cos\theta)$  来实现计数的,这两路信号在示波器上的轨迹是一个旋转的圆,如图2 - b所示,当干涉条纹移动方向改变时,其光点旋向

也改变,从这点上讲,上述的方形图与圆形图是完全一样的,这两路信号经过与中心电压的比较整形后,输出的计数方波是完全一样的.

这样,我们就将一个外差干涉条纹信号,转化为类似于普通干涉条纹的信号,很明显,对于这种有向旋转的二通道信号,其后面的整形及计数电路是完全一样的.

这样,我们就可以用一个直流的计数电路,来实现高频的外差条纹的信号的计数.图3是我们应用这种设计思想研制的电路框图,图中  $V_p$  是运放整形电路2中的比较电压,  $V_x$  和  $V_y$  可直接送入示波器显示或数模转换采样.图4为示波器上的方形图实验照片,图中频率为光点画圈频率,即三角波频率.

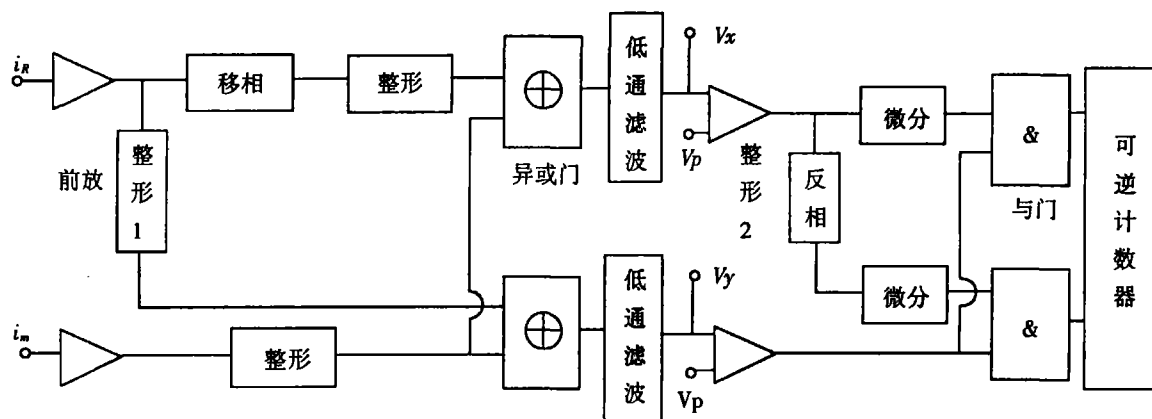


图3 电路框图

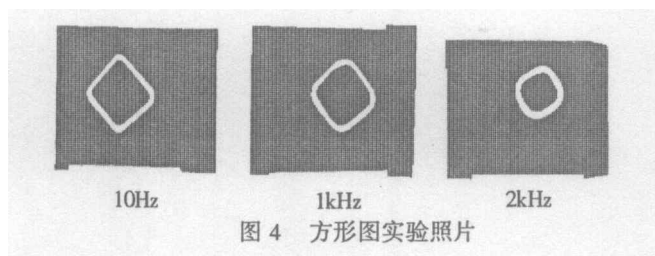


图4 方形图实验照片

### 3 若干问题的讨论

#### 1) 本电路方案的优点

与目前使用的双频激光器计数电路相比,本电路方案的突出优点是会产生计数错误,因为异或鉴相的结果经低通滤波后,前面电路的高频性能及各种噪声干扰都不会影响鉴相结果,而其后面的直流(或低频)信号的计数是会产生错误的,所以,

整个电路不会产生计数错误.本方案的第二个优点是,从电路中同时测出  $V_x$  和  $V_y$ ,就可以首先判断光点在方形图中的位置,从而确定相位差小数部分的象限,然后由  $V_x$  或  $V_y$  都可以计算出相位的小数部分.需注意的是,当  $V_y$  (或  $V_x$ ) 接近最小值或最大值时,就应该用  $V_x$  (或  $V_y$ ) 计算相位值,因为此时  $V_x$  (或  $V_y$ ) 为中间电压值,它与相位变化关系的线性较好.

#### 2) 本方案的不足

由于使用了低通滤波器提取鉴相信号,所以  $i_R$  和  $i_m$  的差频不能太大,也就是被测物体的移动速度不能太快.当差频太大时,示波器的方形图逐步向中心收缩(图4中从左到右),且四角圆化,最后将收缩为中心一点,这时电路就不能工作了.所以,要合理地设计低通滤波器,应尽量提高其截止频率.但

从原理上说,它始终受外差信号基频的限制。

### 3) 对电路参数的要求

实验证明,异或门鉴相电路对输入信号的占空比的要求较高,否则,方形图上会出现紊乱,必须认真调节信号方波的占空比,使其等于 50%。为了有稳定的占空比,前放电路必须是 ALC 电路。

两路低通滤波器的参数应该一致,否则,方形图也会出现紊乱。截止频率应尽可能高,但又不能产生太大的纹波。

## 4 结 论

将高频的外差于频干涉条纹信号转化静态的

条纹信号,可以实现准确、稳定的条纹计数。本方案很简单,调节容易,为激光外差技术提供了一种简单、有效的测量工具,有利于激光外差技术的推广应用。

### 参考文献:

- [1] 关信安. 双频激光干涉仪[M]. 北京:中国计量出版社, 1987.
- [2] 高雅允, 高 岳. 光电检测技术[M]. 北京:国防工业出版社, 1995.

## A Phase Counting Method for Heterodyne Interference Signal

ZHAO Bin, HOU Jin-long

(Dept. Of Instrumentation, School of Mechanical Eng. Huazhong Uni. of Sci. and Tech. Wuhan, 430074, China)

**Abstract:** A new method for heterodyne laser interference fringe counting is proposed. After exclusive OR operating with the reference signal, the formal high frequency heterodyne signal is turned to a DC voltage signal. Another signal with 90 degree delay is obtained by phase shift circuit. The accurate and stable circle counting is done by a reversible counter.

**Key words:** laser heterodyne interference; fringe counting; phase measurement