



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 90106540.4

[51] Int.Cl<sup>5</sup>  
G01B 11/30

[43] 公开日 1991年1月30日

[22] 申请日 90.6.23  
 [30] 优先权  
     [32] 89.6.23 [33] GB [31] 8914417.4  
 [71] 申请人 兰克·泰勒·霍布森有限公司  
     地址 英国英格兰  
 [72] 发明人 伊安·卡尔·布尔林

[74] 专利代理机构 中国专利代理有限公司  
 代理人 吴增勇 叶凯东

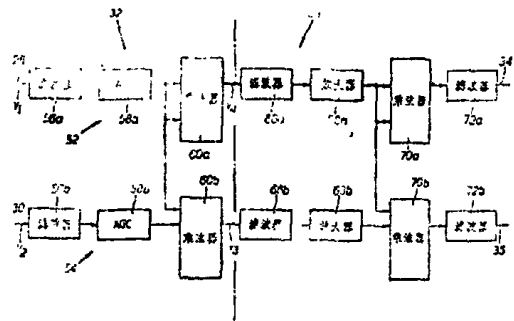
G01B 11/24 G01D 5/243

说明书页数: 9 附图页数: 3

## [54] 发明名称 内插器

### [57] 摘要

一种内插器, 特别是在计量装置中和光栅一起使用, 用于检测位置, 它接收正交的输入信号。对输入信号中的一个进行平方并把两个输入信号乘在一起, 以提供频率为输入信号频率二倍频的进一步的正交信号。也对进一步的信号进行平方, 并把进一步的信号乘在一起, 以提供频率为输入信号频率 4 倍频的输出信号。进行滤波以滤掉象会导致漂移这样的直流分量。在所说明的计量装置中, 检测输出信号的过零点以实现对表面传感器的输出高分辨率的采样。在高频范围会产生内插噪声, 通过对来自表面传感器的采样信号进行低通滤波可以滤掉噪声。



<34>

## 权 利 要 求 书

---

1、一种内插器(32)，用于接收第一频率的正交输入信号并产生第二频率的正交输出信号，第二频率是第一频率的倍频，它包括在输入信号是正交的条件下，产生频率是输入信号频率二倍的，基本是正交的第一和第二信号的装置，其特征在于，产生信号的装置包括只对输入信号的一个进行平方以提供第一信号的装置(60a)和把输入信号相乘在一起以提供第二信号装置(60b)。

2、根据权利要求1所述的内插器，其中第一信号采用三角恒等式

$$\text{Sin}^2 A = \frac{1}{2} - \frac{\text{Cos} 2A}{2}$$
获得。

3、根据权利要求1所述的内插器，其中第一信号采用三角恒等式

$$\text{Cos}^2 A = \frac{1}{2} + \frac{\text{Cos} 2A}{2}$$
获得。

4、根据权利要求1至3任何权利要求所述的内插器，其中第二

$$\text{Sin} A \text{Cos} A = \frac{\text{Sin} 2A}{2}$$
信号采用三角恒等式获得。

5、根据权利要求1到4任何权利要求所述的内插器，包括滤掉直流漂移分量的高通滤波装置(56a, 56b)。

6、根据权利要求5所述的内插器，其中设置所说的高通滤波装置(56a, 56b)在所說的平方和相乘之前对所說的输入信号进行滤波。

7、根据前面任何权利要求所述的内插器，包括对所說的第一

和第二信号的一个进行平方的装置(70a) 和把所说的第一和第二信号乘在一起, 以产生输入信号频率四倍频的正交输出信号的装置(70b)。

8、根据权利要求7所述的内插器, 包括滤波装置(66a, 66b), 对所说的第一和第二信号进行高通滤波以滤掉其中的直流分量。

9、根据权利要求7或8所述的内插器, 包括装置(68a, 68b), 在对所说的第一和第二信号进行所说的平方和乘法之前, 对所说的第一和第二信号进行放大以对有关所说输入信号的增益损失进行补偿。

10、根据权利要求7、8或9所述的内插器, 包括装置(72a, 72b), 对所说的输出信号进行高通滤波以滤掉其中的直流分量。

11、根据前面任何根据权利要求所述的内插器, 包括自动增益控制装置(58a, 58b), 对所说输入信号的增益进行控制。

12、根据前面任何一个权利要求所述的内插器, 与过零检测器(38)相结合, 过零检测器(38)接收由内插器(32)输出的信号。

13、一种移动检测器包括一个光栅(22), 光传感装置(26, 27), 光传感装置(26, 27)响应于所说的光栅和所说光传感装置之间的相对移动产生正交信号, 还包括前面任何权利要求所述的内插器(32), 用以产生频率为由光传感装置产生的信号频率的倍频的正交输出信号。

14、计量装置包括表面传感器(16, 18, 19), 能够使所说的传感器沿工件(4)的表面(6)横向移动的装置(20), 和在所说的横向移动期间, 对表面传感器的输出进行采样的装置, 所说的采样装置包括位置检测器(22, 24, 26, 27), 它们响应于所说的横向移动产生第一正交信号, 还包括一个根据权利要求1至12任何权利要求所述

的内插器(32)，用以产生频率为第一正交信号频率倍频的进一步的正交信号，和装置(40，42)，装置(40，42)响应于每一个所说的进一步的正交信号的预定条件实现所说的采样。

15、根据权利要求14所述的装置，其中所说的位置检测器包括一个光栅(22)和光传感装置(26，27)。

16、根据权利要求14或15所述的装置，包括装置(48)，用以对来自传感器的信号进行低通滤波，以滤掉内插噪声。

## 内 插 器

本发明涉及内插器和包含内插器的计量装置。

在计量装置中，其中有一表面传感器沿工件表面横向移动，对其表面性质进行测量，例如测量粗糙度和形状，还有一个装置通过在表面上一些有规则的空间点上，对表面传感器的输出进行采样，以检测工件支撑与表面传感器之间的相对移动，这样，从所提供的信息中获得所需要的表面性质。已知的各种形式的移动检测器产生正交信号，可以用于对表面传感器的输出进行采样，例如，在正交信号的过零点上。这种移动检测器的一个例子是一个光栅和与其相联合的传感装置，该传感装置响应于对来自光栅的反射光的检测，产生正交信号。

但是，这种检测器的一个问题是正交信号的频率不能足够高以提供所要求的分辨率。已知可通过内插器提高分辨率。已知的内插器包括一排比较器，向其提供各种比例的正交信号，比较器输出一系列彼此相位不同的正弦波。但是，这种内插器的一个问题是电路设计相对复杂而且有噪声影响的问题。

从US4359688中已知一种倍频电路用于接收正交信号( $\sin A$ 和 $\cos A$ )并输出二倍频正交信号( $\sin 2A$ 和 $\cos 2A$ )。有人建议对这种电路进行级联，以产生4倍频信号( $\sin 4A$ 和 $\cos 4A$ )。该电路采用三角恒等式 $2\sin A \cos A = \sin 2A$ 和 $(\cos A + \sin A)(\cos A - \sin A) = \cos 2A$ 。第一个

恒等式重新写成  $(\cos A - 0)(2\sin A - 0) = \sin 2A$ ，使用4输入端乘法器可以产生二倍频信号，其从输入端  $a_1, a_2, b_1$  和  $b_2$  产生  $K(a_1 - a_2)(b_1 - b_2)$  的输出。由于需要给产生  $\cos 2A$  的放大器提供4个输入端，和要有产生乘法器输入端所要求的信号  $2\sin A$  和  $-\sin A$  所需要的附加电路，所以，使上述电路复杂化。

本发明一方面提供一个改进的内插器，用以接收输入的正交信号，并且设计进行数学运算，从而提供输入信号频率的二倍或四倍或其它倍数频率的输出信号，该输出信号是正交信号，该内插器包括对输入正交信号之一进行平方，对另一个不平方的装置。

$$(\cos 2A)$$

该内插器最好使用三角恒等式  $\sin^2 A = 1/2 - \frac{\cos 2A}{2}$  和

$$(\cos 2A)$$

$\cos^2 A = 1/2 + \frac{\cos 2A}{2}$  中的一个。由“1/2”项表示的直流分量

$$\frac{(\cos 2A)}{2} \quad \frac{(\cos 2A)}{2}$$

能够被滤波器滤掉，剩下的是  $-\frac{(\cos 2A)}{2}$  或者  $+\frac{(\cos 2A)}{2}$ 。其它

$$(\sin 2A)$$

能够方便使用的三角恒等式为  $\sin A \cos A = \frac{\sin 2A}{2}$ 。这些三角恒

等式只需要两个输入信号简单的相乘。此外，只需要输入信号为  $\sin A$  和  $\cos A$ ，从而不需要附加的电路以产生进一步输入信号。

参考下面附图，通过举例方式对本发明作进一步描述。

图1是实施本发明的计量装置的附图；

图2是图1所示装置包含的电路的简化方框图；

图3是图1和图2所示装置所含有的，本发明最佳实施例的内插器的方框图；

图4是说明本发明最佳实施例工作的波形图；

图5是利用本发明获得的表面特性图；和

图6是本发明最好包含的滤波器被省去时所获得的表面特性图。

参照图1和图2，一种测量表面特性或形状的仪器包含一个支撑工件4的底座2，所要测量的是工件4的表面6的特性。固定在底座2上的垂直立柱8支撑一个可竖向移动的滑架10，其上面装有一个水平的基准杆12。还装有沿杆12水平移动的另一个滑架14，滑架14上带有一个传感器16，传感器16有一个测量臂18，测量臂18带有一个探针19。在滑架14上装有图1所示的电动机20，以使其能够沿基准杆12进行水平移动，在滑架10上装有另一个电动21，以使其沿立柱8完成上下的竖向移动。

在该装置的操作过程中，滑架被设置在能够使探针19与表面6相接触的这样的竖向位置上。然后，电动机20工作，使滑架14沿基准杆12水平移动，这样使探针19沿被测表面6横向移动。

图1所示的线性光栅22包括一系列反射和不反射带，光栅相对基准杆12是固定的，来自光源的光被光栅22反射，由装在滑架14上的一对光传感器26、27进行探测。光栅也可以是一系列透射和不透射带，并设置光传感器26、27检测通过光栅的透射光。可以提供一个与传感器26、27相联系的参考刻度(没有示出)。有滑架沿基准杆12移动时，传感器26、27分别在线28和30上提供正弦电信号。传感

器26、27应该位于使线28和30上的信号为正交信号的位置上。把这些信号提供给内插器32，它使这些信号的频率变成其四倍的频率。内插器32在线34和36上输出结果信号，把它们提供给过零检测器38，过零检测器响应于线34和36上的每一个信号的每一个过零点输出脉冲信号。在一个市场现有的传感器装置中，如果光栅22的栅距为8微米，来自传感器26、27的信号的周期与4微米相对应。然后，对于滑架14沿基准杆12每0.25微米的移动，就会有一个脉冲出现在线39上。

当滑架14沿基准杆12移动，并由此导致探针19沿工件表面6横向移动的时候，响应于表面6的表面特征和形状的特点，探针19基本是竖向运动的。传感器16最好是感应传感器，并且响应于这种基本竖向的运动，产生一个输出信号，该信号经模数转换器40被数字化，并提供给微处理器42，微处理器42响应于线39上的脉冲，在滑架14沿基准杆12进行移动的0.25微米的移动间隔中，对来自传感器16的数字信号进行采样，并把采样结果存储在存储器44中。模数转换器40和微处理器42对其输出信号的处理可以和与本申请同时递交的另一件申请所描述的相同，所说的另一件申请的代理人的编号为

而且该件申请依据8914418.2和8914419.0号英国专利申请要求了优先权，同时递交的申请在这里供参考使用。该仪器包括一个编有程序的计算机46，用以实现对该仪器的总体控制，包括对电动机20和21的控制，并且对存储器44中储存的信号进行处理，以提供有关表面6的表面特征和形状的信息。键盘45用以向计算机46输入指令。由计算机46输出的表示表面特性的信号，经过低通滤波器48（其使用目的在下面将作进一步说明），输送给显示装置49，如阴极



射线管，并输送给打印机50，可以操作打印机以产生一个工件表面特性图。显示装置49和打印机50可以使用数字输入信号。另一方面，显示装置和打印机或其中之一也可以使用模拟输入信号1，在这种情况下，信号要通过图2所示的数模转换器47。数模转换器47可以位于滤波器48的前面或后面，与此相对应，滤波器48为模拟或数字滤波器。

如图3所示，内插器32包括接收线28上的信号的第一通道52和接收线30上的信号的第二通道54。上述通道包括滤波器56a，56b，自动增益控制电路58a，58b和乘法器60a，60b，所有这些部分形成第一级。第二级64包括滤波器66a，66b，放大器68a，68b，乘法器70a，70b和滤波器72a，72b。

正如已经说明过的那样，在线28和30上的信号是正交的正弦信号。但是，每个信号实际上会含有会产生漂移的直流偏移分量，这是由于当光传感器26、29沿光栅22横向移动时，光栅的反射沿其长度方向所产生的偏差。而且，由于光栅的误差，在线28和30上的信号一般正交的不是很好，而且会含有一个不断变化的相位误差。这样，如果在线28和30上的信号分别为V1和V2，它们可以被表示为：

$$V_1 = \bar{V}_1 + \hat{V}_1 \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad \dots\dots (1)$$

$$V_2 = \bar{V}_2 + \hat{V}_2 \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} + \phi\right) \quad \dots\dots (2)$$

其中 $\bar{V}_1$ ,  $\hat{V}_1$ 和 $\bar{V}_2$ ,  $\hat{V}_2$ 分别是两个信号的直流平均值和交流幅值电压,  $X$ 是横向位移,  $\lambda$ 是光栅波长,  $\phi$ 是正交的相位误差。

滤波器56a和56b是高通滤波器, 将直流偏移分量 $\bar{V}_1$ 和 $\bar{V}_2$ 从这些信号中滤掉。自动增益控制电路58a和58b消除由光栅误差引起的两个信号幅度的任何波动。乘法器60b对自动增益控制电路输出的信号进行乘法运算以产生一个信号 $V_3$ :

$$V_3 = \hat{V}_1 \hat{V}_2 \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} + \phi\right) \quad (3)$$

该式能够被表示为:

$$V_3 = \frac{\hat{V}_1 \hat{V}_2}{2} [\sin(-\phi) + \sin\left(\frac{4\pi x}{\lambda} + \phi\right)] \quad (4)$$

$\sin(-\phi)$ 被滤波器66b滤掉, 从而剩下一个频率是输入信号频率两倍的正弦信号。

乘法器60a对自动增益控制电路58a处理过的输出信号进行乘法运算, 产生一个信号 $V_4$ :

$$V_4 = \hat{V}_1^2 \sin^2\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (5)$$

利用三角恒等式:

$$\sin^2 A = \frac{1}{2} \frac{(\cos 2A)}{2} \quad (6)$$

$$V_4 = \frac{\hat{V}_1^2}{2} \left[ 1 - \cos\left(\frac{4\pi x}{\lambda}\right) \right] \quad (7)$$

滤波器66a从公式7中滤掉直流项，剩下一个频率是输入信号频率两倍的余弦信号。

如果颠倒内插器32的输入信号，即信号V1从线30上输入，信号V2从线28上输入。在这种情况下，乘法器60b的输出信号和公式(3)和(4)表示的信号相同，而乘法器60a的输出信号是颠倒了相位的余弦信号V4'：

$$V_4' = \hat{V}_2^2 \cos^2\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (5')$$

利用三角恒等式：

$$\cos^2 A = 1/2 + \frac{\cos(2A)}{2} \quad (6')$$

$$V_4' = \frac{\hat{V}_2^2}{2} \left[ 1 + \cos\left(\frac{4\pi x}{\lambda}\right) \right] \quad (7')$$

在这种情况下，滤波器66a从公式7'中滤掉直流项，剩下一个频率是输入信号两倍的余弦信号。

放大器68a和68b补偿前面电路的增益损失。乘法器70a，70b和滤波器72a，72b与上述乘法器60a，60b和滤波器66a，66b的作用相同，因此，滤波器72a和72b在线34和36上提供的正交信号的频率是

输入信号的4倍，而且，正如从公式4右边一项很明显看到的那样，可变相位差 $\phi$ 很小。

图4表示的是相位差的影响，图4中的波形A表示的是由内插器32输出的正交波形，其相位差为 $\phi$ 。波形B是在假设被探测表面6与水平面夹角为 $\phi$ 的情况下画出的，它在实线曲线80上表示出在没有任何相位差 $\phi$ 的情况下，由微处理器42输出的来自传感器16的信号的值。但是，考虑到相位差，过零点82，84，86等的出现稍稍有所提前，正如图4中82a，84a和86a表示的那样，从而使来自传感器16的信号的值略低于由微处理器42获得的正确值。这样便会产生一个噪声信号，如图4的的曲线C所示，它实际上作为一个不希望出现的调制信号叠加在微处理器42的输出信号上。观察图4能够发现，噪声信号C的频率是图4中的曲线A所示信号的频率的两倍。滤波器48是低通滤波器，使用它滤掉噪声信号C。通过观察图5和图6能够看出滤波器48的作用，其中，图5表示的是有滤波器48所得到的图形，图6表示的是没有滤波器48所得到的图形。另外也可以使用微处理器42和一般数字滤波技术起到滤波器的作用。这些图形是在实验仪器中，相应于低于1.7微米的表面波长的情况下，使用栅距为8微米的光栅，输出的正交信号的频率为输入信号频率4倍的内插器32，运行速度为0.5毫米/秒的滑架14和滤波器48或能滤掉300HZ以上频率的等效装置所获得的图形的再现。在上述装置中，正交噪声信号的频率约为1千赫兹，直流偏移噪声信号的频率约为500赫兹，两者都被滤掉。这样，可以看出，由于采用了本发明的内插器32，所产生的内插噪声分量的频率高于代表所要探测的表面特性的信号的频率，而且，这种噪声分量相应地很容易滤掉，从而得到的图形是图

5所示的高分辨率的清晰图形，而不是图6所示的带有噪声成份的图形。

在本发明的范围内能有各种各样的变化。例如，在所有使用中，内插器不需要总包括两级。例如，在频率只需为输入信号频率两倍的场合，内插器包含单级。另一方面，在频率需要为输入信号频率更高倍的场合，内插器要包含更多的级。

虽然在图3中，内插器的每一个通道包含3个滤波器，但是，改进该仪器是可能的，例如，去掉上述滤波器的一个或两个，同时仍能获得满意的效果。

本发明在与光栅结合使用时具有特别的优点，这是因为采用本发明获得的分辨率基本高于采用其它方法结合光栅所能经济实用获得的分辨率，而且，采用这样的光栅所带来可变的漂移和相位误差的影响能够很容易地消除。不过本发明也能够和其它装置结合使用，例如，干涉仪，或者旋转编码器。

本发明除了在表面特性或形状测量装置中使用以外，还可用于其它装置。例如，它可以在坐标测量仪或机床上，特别是在需要把给定波长的信号分解成更细间隔的地方使用。

正如象在某一特定使用中，可以去掉图3所示的内插器线路中的一个或更多个滤波器一样，在合适的情况下，也可以去掉自动增益控制电路和放大器。

虽然在附图中，假设用模拟电路实现内插器，但是，也可以用数字电路实现内插器。

图 1

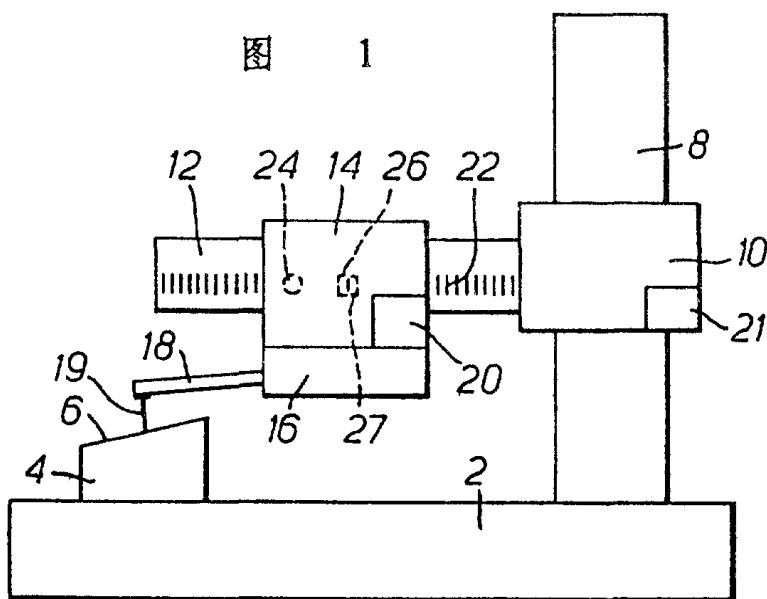


图 2

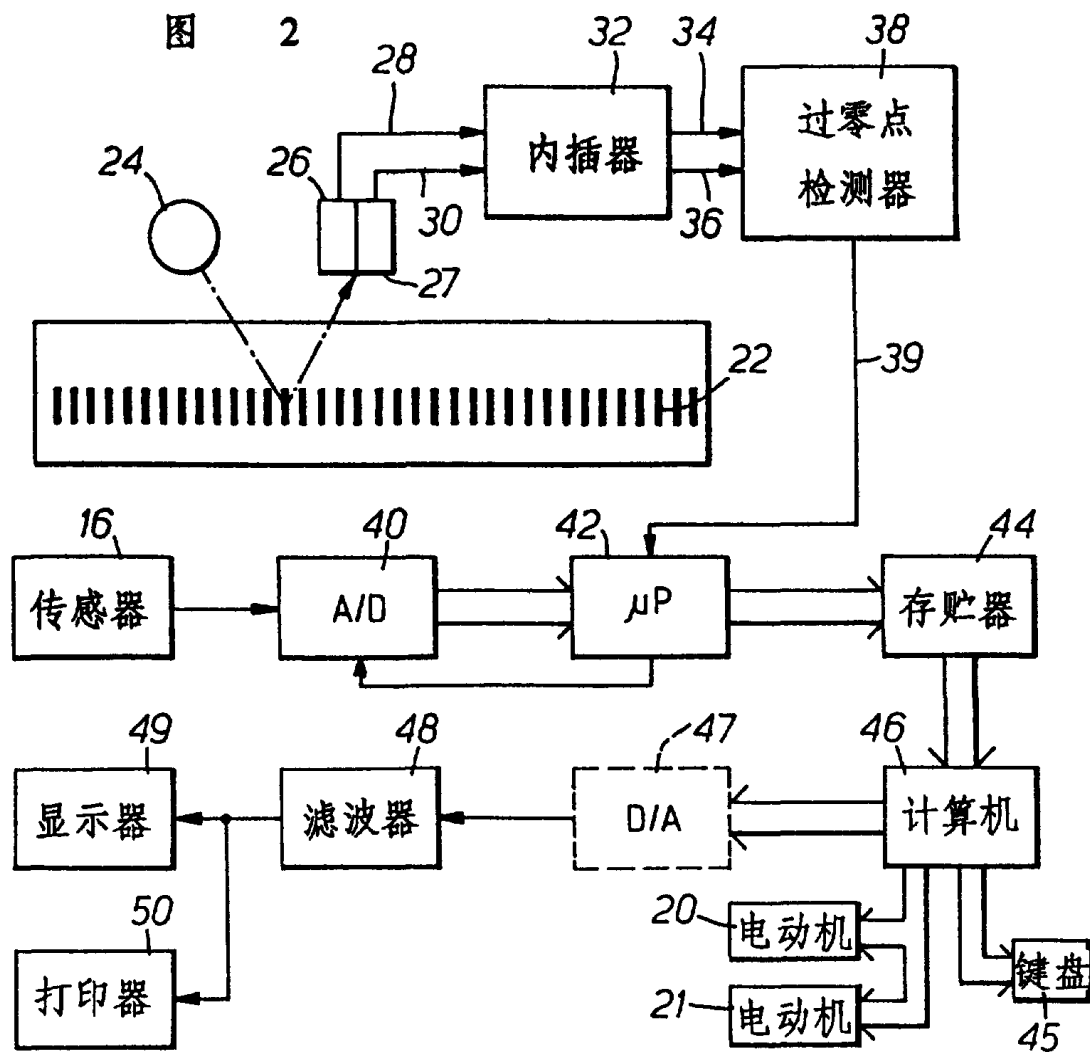
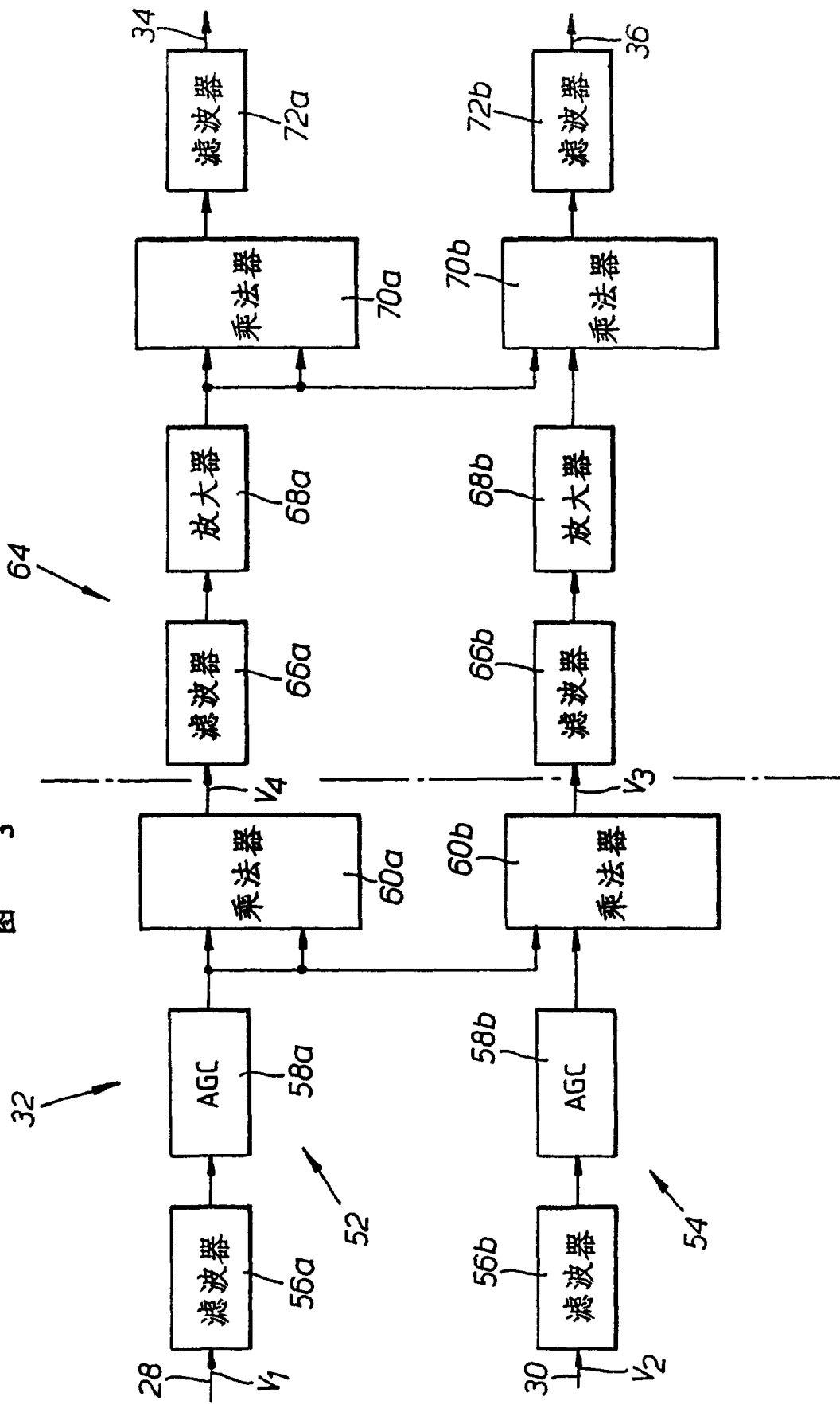


图 3



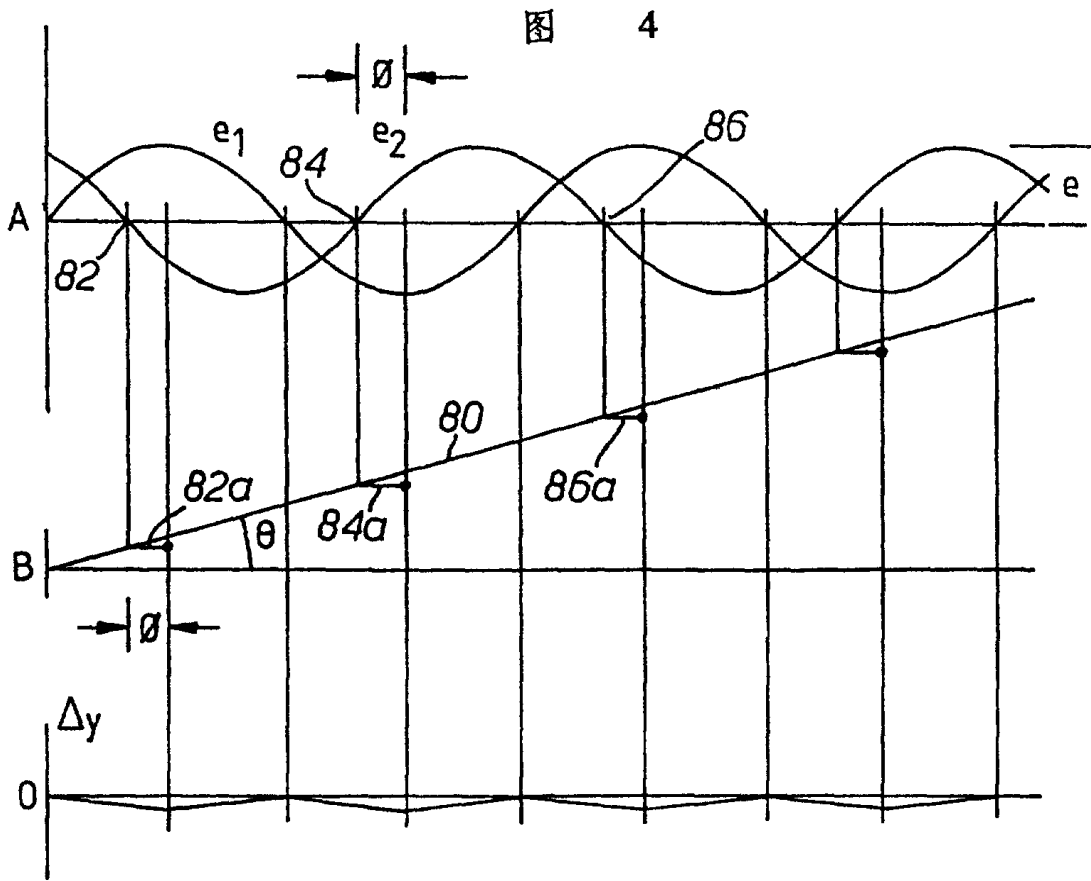


图 5

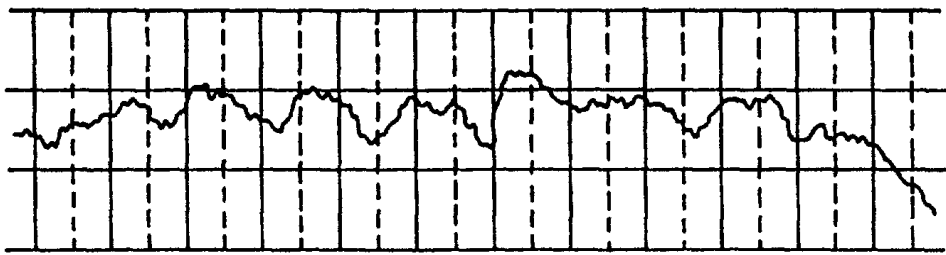


图 6

