

移位测量装置

申请号：[201210088557.6](#)

申请日：2012-03-30

申请(专利权)人 [中国科学院长春光学精密机械与物理研究所](#)

地址 [130033 吉林省长春市东南湖大路3888号](#)

发明(设计)人 [曾琪峰 孙强 李也凡 张立华 甘泽龙](#)

主分类号 [G01B11/02\(2006.01\)I](#)

分类号 [G01B11/02\(2006.01\)I](#)

公开(公告)号 [102620658A](#)

公开(公告)日 [2012-08-01](#)

专利代理机构 [长春菁华专利商标代理事务所 22210](#)

代理人 [陶尊新](#)



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102620658 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 19

(21) 申请号 201210088557. 6

(22) 申请日 2012. 03. 30

(73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 曾琪峰 孙强 李也凡 张立华 甘泽龙

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G01B 11/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1640693 A1, 2006. 03. 29, 说明书第 [0008] 段至第 [0026] 段, 图 1 至图 4.

CN 1146551 A, 1997. 04. 02, 全文.

CN 101308013 A, 2008. 11. 19, 全文.

US 6707029 B1, 2004. 03. 16, 全文.

JP 特开 2004-37275 A, 2004. 02. 05, 全文.
乔永凡. 一种精密光栅位移测量装置的设计. 《长春光学精密机械学院学报》. 1987, (第 1 期), 正文第 63 页第 2 段至第 65 页第 3 段, 图 1.

刘娇等. 基于 DSP 的集成光栅细分分数显装置的研制. 《光电技术应用》. 2008, 第 23 卷 (第 4 期), 正文第 40 页第 1 栏第 1 段至第 2 栏最后一段, 图 1、图 2.

审查员 张广霞

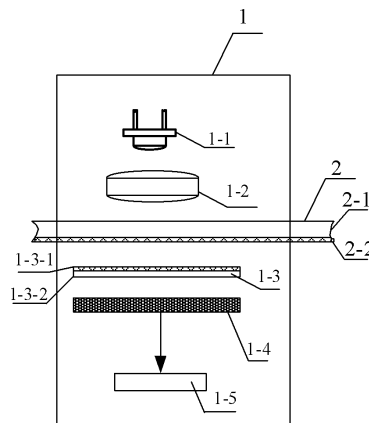
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

移位测量装置

(57) 摘要

移位测量装置, 涉及一种移位测量装置, 为进一步提高信号的平均作用, 需要在同样的探测单元数量的情况下, 包含更多的探测周期, 尽量在设计体积要求更小, 或者光源的光斑所占的面积较小等制约下提高信号质量, 包括标准光栅和光电读数头, 光电读数头包括光源、指示光栅、光电接收单元和信号处理电路。光电接收单元由多个探测单元组成, 多个探测单元组成探测单元阵列, 并分成三个组, 同相位的探测单元属于同一个组, 同一个组的探测单元是相互连接的。光电接收单元探测至少一个周期性扫描信号。该光源发出入射光线, 经由该扫描掩膜和该标准光栅调制, 该光电接收单元接收经过调制的光信号。本发明所述的移位测量装置能有效提高信号的抗污染能力。



1. 移位测量装置,该装置包括标准光栅 (2) 和光电读数头 (1),所述光电读数头 (1) 包括光源 (1-1)、光学系统 (1-2)、指示光栅 (1-3)、光电接收单元 (1-4) 和信号处理电路 (1-5);所述信号处理电路 (1-5) 包括滤波和放大模块 (1-5-5)、第一差分模块 (1-5-1)、第二差分模块 (1-5-2)、第一运算模块 (1-5-3) 和第二运算模块 (1-5-4);

所述光源 (1-1) 发出的光经光学系统 (1-2) 变为准直光,所述准直光依次经标准光栅 (2) 和指示光栅 (1-3) 调制,得到调制后的光强信号,光电接收单元 (1-4) 将光强信号转化为电信号;其特征是,

所述光电接收单元 (1-4) 包括多个探测单元 (1-4-2),所述多个探测单元 (1-4-2) 分为三组,同相位的探测单元 (1-4-2) 为一组,每组探测单元 (1-4-2) 相互连接生成一组信号,三组探测单元 (1-4-2) 生成的三组信号由信号处理电路 (1-5) 接收,并将接收的三组信号经信号处理电路 (1-5) 中的滤波和放大模块 (1-5-5) 进行滤波和放大,并将滤波和放大的后的三组信号中的一组信号作为公用信号,所述公用信号分别与另外两组信号在第一差分模块 (1-5-1) 和第二差分模块 (1-5-2) 中进行差分运算,得到差分运算后的两组信号,第一差分模块 (1-5-1) 和第二差分模块 (1-5-2) 将运算后的两组信号分别输入至第一运算模块和第二运算模块 (1-5-4),所述第一运算模块 (1-5-3) 和第二运算模块 (1-5-4) 分别输出正弦信号和余弦信号;所述三组探测单元 (1-4-2) 生成的三组信号中,相邻两组信号的相位差为 120 度。

2. 根据权利要求 1 所述的移位测量装置,其特征在于,第一运算模块 (1-5-3) 和第二运算模块 (1-5-4) 输出的正弦信号和余弦信号为相差 90 度的正弦信号和余弦信号。

3. 根据权利要求 1 所述的移位测量装置,其特征在于,每组探测单元 (1-4-2) 中的探测单元 (1-4-2) 的数量相同,且每组探测单元 (1-4-2) 的数量大于或等于 2。

4. 根据权利要求 1 所述的移位测量装置,其特征在于,所述光电接收单元 (1-4) 中的每个相邻探测单元 (1-4-2) 之间设置隔离带 (1-4-1),并且每个探测单元 (1-4-2) 的形状和面积相同。

5. 根据权利要求 1 所述的移位测量装置,其特征在于,所述探测单元 (1-4-2) 为 CCD、CMOS 或硅光电池中的一种。

6. 根据权利要求 1 所述的移位测量装置,其特征在于,所述信号处理电路 (1-5) 为单片机、FPGA 或 CPLD 中的任意一种。

7. 根据权利要求 1 所述的移位测量装置,其特征在于,信号处理电路 (1-5) 中的公用信号为接收的三组信号中的任意一组。

移位测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种移位测量装置,具体涉及一种用于测量位移的精确测量仪器。

背景技术

[0002] 移位测量装置通常是通过扫描移动轨道上的条纹,由光源发出的光线随着距离的变化,信号受到标准光栅上的刻线条纹和指示光栅上刻线条纹的调制,从而产生与位置相关的光电信号。这种移位测量装置还包括多个探测单元,用来把光信号转化成电信号,这些探测单元通常人们采用的探测单元有 4 个,每个探测单元分别接收光电信号为 0 度、90 度、180 度、270 度,并把相位对应为 0 度的电信号和相位对应为 180 度的电信号进行差分,把相位对应为 90 度的电信号和相位对应为 270 度的电信号进行差分,去除背底信号,得到两路相位相差为 90 度的正弦信号。

[0003] 在专利 EP 1081457A1, US 7159781B2 及其同族专利中公布了一种位置测量装置的扫描头,能利用的探测单元阵列的排列,把四个相位的光信号进行间插接收,把探测单元阵列分成四组,每组的探测单元的排列周期是一样的,只是组与组之间具有固定的相位差,相邻探测单元之间的相位差为 90 度,也就是首先是 0 度探测单元后面是 90 度探测单元,然后是 180 度探测单元,最后是 270 度探测单元,在 270 度探测单元后面为 0 度探测单元,如此循环。探测单元之间的空间位置关系决定于信号的空间分布,也就是,光线发出的光经过标准光栅上的刻线条纹和指示光栅上刻线条纹的调制后,在探测器所在的平面上形成沿测量方向上光强度成近似正弦的分布,探测单元的分布周期同该光强沿测量方向正弦分布的周期相同。

[0004] 这种技术虽仍然是接收四个相位的光信号,但是由于间插排列,使得污染对于四个相位的影响尽量相同,所以不会影响相位的正交性关系,因此对信号细分的影响也很小,探测单元的周期越大,信号的平均作用就越明显,抗污染的能力就越强。

[0005] 如果由于设计体积要求更小,或者光源的光斑所占的面积较小,那么探测单元阵列所占的空间有限,平均效果就不会特别明显,因而抗污染能力在这种情况下就受到一定的限制。

发明内容

[0006] 本发明为进一步提高信号的平均作用,需要在同样的探测单元数量的情况下,包含更多的探测周期,尽量在由于设计体积要求更小,或者光源的光斑所占的面积较小等制约下提高信号质量,提供一种移位测量装置。

[0007] 移位测量装置,该装置包括标准光栅和光电读数头,所述光电读数头包括光源、光学系统、指示光栅、光电接收单元和信号处理电路;所述信号处理电路包括滤波和放大模块、第一差分模块、第二差分模块、第一运算模块和第二运算模块;所述光源发出的光经光学系统变为准直光,所述准直光依次经标准光栅和指示光栅调制,得到调制后的光强信号,光电接收单元将光强信号转化为电信号;

[0008] 所述光电接收单元包括多个探测单元,所述多个探测单元分为三组,同相位的探测单元为一组,每组探测单元相互连接生成一组信号,三组探测单元生成的三组信号由信号处理电路接收,并将接收的三组信号经信号处理电路中的滤波和放大模块进行滤波和放大,并将滤波和放大的后的三组信号中的一组信号作为公用信号,所述公用信号分别与另外两组信号在第一差分模块和第二差分模块中进行差分运算,得到差分运算后的两组信号,第一差分模块和第二差分模块将运算后的两组信号分别输入至第一运算模块和第二运算模块,所述第一运算模块和第二运算模块分别输出正弦信号和余弦信号。

[0009] 本发明的有益效果:本发明所述的移位测量装置中将信号分为三组,而不同与前述专利所采用的信号分成四组,而在信号处理过程当中,前述专利中的信号处理电路对于四路信号处理过程中没有采用公共信号消除背底电平,而本发明中采用公共信号消除背底电平。这样的设置中,由于每个周期的光信号只用了三个探测单元来接收,在相同探测单元数量,光电接收单元沿测量方向探测长度不变的条件下,得到了更多周期的光信号,进一步调高了信号的平均作用,增强了装置的抗污染能力。

附图说明

[0010] 图 1 为本发明所述的移位测量装置的结构示意图;

[0011] 图 2 为图 1 所示的移位测量装置中的指示光栅和光电接收单元的示意图;

[0012] 图 3 为图 1 所示的光电接收单元及信号处理电路原理示意图。

具体实施方式

[0013] 结合图 1 至图 3 说明本实施方式,移位测量装置,该装置包括标准光栅 2,为包括有按标准周期刻划的标记刻度,光电读数头 1,在测量方向上进行扫描读数,所述光电读数头 1 包括光源 1-1、光学系统 1-2、指示光栅 1-3、光电接收单元 1-4 和信号处理电路 1-5,所述指示光栅 1-3 包括有按扫描周期刻划的标记的刻度,该扫描周期不同于标准周期,所述光电接收单元 1-4 包括由多个探测单元 1-4-2 组成的探测单元阵列,光源 1-1 发出的光束经光学系统 1-2 变为准直光,所述准直光依次经标准光栅 2 和指示光栅 1-3 调制的光信号转化为电信号,所述信号处理电路 1-5 用于处理来自光电接收单元 1-4 的光电信号,光电接收单元 1-4 中的多个探测单元 1-4-2 分成三个组,同相位的探测单元 1-4-2 属于同一个组,同一个组的探测单元 1-4-2 相互连接生成一组信号,三组探测单元 1-4-2 生成三组信号,信号处理电路 1-5 接收来自光电接收单元 1-4 来的三组信号,所述信号处理电路 1-5 包括滤波和放大模块 1-5-5、第一差分模块 1-5-1、第二差分模块 1-5-2、第一运算模块 1-5-3 和第二运算模块 1-5-4;并将接收的三组信号经信号处理电路 1-5 中的滤波和放大模块 1-5-5 进行滤波和放大,并将滤波和放大的后的三组信号中的一组信号作为公用信号,所述公用信号分别与另外两组信号在第一差分模块 1-5-1 和第二差分模块 1-5-2 中进行差分运算,得到差分运算后的两组信号,第一差分模块 1-5-1 和第二差分模块 1-5-2 将运算后的两组信号分别输入至第一运算模块和第二运算模块 1-5-4,所述第一运算模块 1-5-3 和第二运算模块 1-5-4 分别输出正弦信号和余弦信号。

[0014] 本实施方式所述的所述三组探测单元 1-4-2 生成的三组信号中,相邻两组信号的相位差为 120 度;所述的第一运算模块 1-5-3 和第二运算模块 1-5-4 输出的正弦信号和余

弦信号为相差 90 度的正弦信号和余弦信号。

[0015] 本实施方式所述的每组探测单元 1-4-2 中的探测单元 1-4-2 的数量相同,且每组探测单元 1-4-2 的数量大于或等于 2。

[0016] 所述的光电接收单元 1-4 中的每个相邻探测单元 1-4-2 之间设置隔离带 1-4-1,并且每个探测单元 1-4-2 的形状和面积相同。所述探测单元 1-4-2 为 CCD、CMOS 或硅光电池中的一种。

[0017] 本实施方式所述的信号处理电路 1-5 可以是单片机、FPGA(Field-Programmable Gate Array)或者 CPLD(Complex Programmable Logic Device)中的一种;所述的探测单元可以为 CCD(Charge-coupled Device)、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)或者硅光电池中的一种。信号处理电路(1-5)中的公用信号为接收的三组信号中的任意一组。结合图 1 说明本实施方式,标准光栅 2 包括一刻线基体 2-1,如玻璃,和按标准周期刻划的标记的刻度 2-2,该刻度 2-2 的每个周期由某一特定图案构成,比如透光和不透光条纹按照一定的宽度比例组成,该比例可以是预先设定的值,比如为 11 : 9,透光和不透光部分的宽度的和等于一个周期的宽度,光电读数头 1,在测量方向上进行扫描读数,其包括光源 1-1,比如激光二极管,用来发出辐射光。光学系统 1-2,用来得到准直光线,通常可以是一块透镜构成,如果为了减小系统的体积,也可以用一块透镜、光阑和一块反射镜构成;指示光栅 1-3 包括有按扫描周期刻划的标记的刻度 1-3-1,及一刻线基体 1-3-2,该刻度 1-3-1 和标准光栅刻度 2-2 在各自基体上的刻划面相对,该扫描周期不同于标准周期,通常,按照特定的需要进行刻划,例如,标准周期为 T_1 ,扫描周期为 T_2 ,并且满足 $n_1 * T_1 = n_2 * T_2$ (1)

[0018] 其中, n_1 , n_2 为满足上述关系的最小整数,并且满足 $n_1 = n_2 + 1$ 或者 $n_1 = n_2 - 1$,比如,可以取 $T_1 = 20$ 微米, $n_1 = 50$, $n_2 = 49$,那么 $T_2 = 1000/49$ 微米,大约 20.40816 微米。光源 1-1 发出的光线顺次通过标准光栅 2 和指示光栅 1-3,并被标准光栅 2 上的刻度 2-2 和指示光栅 1-3 上的刻度 1-3-1 调制,得到调制后的光强信号,该光强信号沿测量方向上的周期为:

[0019] $T = n_1 * T_1$ (2) 并通过光电接收单元 1-4 把光强信息转化成电信号。在上面所述的例子中 T 为 1000 微米。

[0020] 光电接收单元 1-4 将从光源 1-1 发出,经标准光栅 2 和指示光栅 1-3 调制的光信号转化为电信号。在图 1 中所示的光线是先经过标准光栅 2,然后再经过指示光栅 1-3,也可以先经过指示光栅 1-3,然后经过标准光栅 2,然后由光电接收单元 1-4 对调制后的光电信号进行接收。

[0021] 结合图 2 说明本实施方式,所述光电接收单元 1-4 包括由多个探测单元 1-4-2 组成的探测单元阵列,可以是 $3 * N$ 个探测单元,这里 N 为大于等于 1 的整数,例如,图 2 中为 9 个探测单元,也可以是 12 个、15 个或 18 个等。相邻探测单元间的平移量 D_3 为三分之一沿测量方向上光强变化的周期,所述平移量 D_3 为 $1000/3$ 微米,即约 333.3 微米。所述的平移量 D_3 为把某个探测单元移动到与相邻探测单元完全重合时所需要经过的沿测量方向上的距离。按照上面的排布关系,相邻探测单元所探测到的信号相移 120 度。每个探测单元的光电传感区宽度为 D_1 ,相邻探测单元间存在有一防止发生信号串扰的隔离带 1-4-1,隔离带 1-4-1 的宽度标志为 D_2 ,当 D_3 为 333.3 微米时, D_1 可以是 250 微米,那么 D_2 为 83.3 微米。在图 2 中,各探测单元分别对应于指示光栅上不同的区域,例如,指示光栅 1-3 的刻

度 1-3-1 的三个区域 1a、1b 和 1c 分别对应于探测单元 1-4-2 中的 2a、2b 和 2c 三个区域，并且 1a、1b 和 1c 三个区域的宽度均为 D3，它们之间的虚线表示的间隔线是为了表示经过它们调制的光信号将被不同的探测单元 1-4-2 接收而画的，实际的指示光栅上没有这些间隔线。从 1a、1b 和 1c 三个区域出来的光线形成的光强信号，相位依次相差 120 度，分别可表示为 0 度信号，120 度信号，240 度信号。光强信号在测量方向上变化周期为 T，一共有至少 N 个周期，在图 2 中表示有三个周期。每个周期需要三个探测单元 1-4-2 来接收其光信号，探测单元 1-4-2 分成三类，分别为 0 度探测单元，120 度探测单元，240 度探测单元，各 0 度探测单元形成一个 0 度探测单元组，各 120 度探测单元形成一个 120 度探测单元组，各 240 度探测单元形成一个 240 度探测单元组，不同类的探测单元属于不同的组。上述光电接收单元 1-4 中的探测单元可以为 CCD、CMOS 或者硅光电池中的一种。

[0022] 结合图 3 说明本实施方式，信号处理电路 1-5 用于处理来自光电接收单元 1-4 的光电信号，光电接收单元 1-4 中的多个探测单元分成三个组，分别为 0 度探测单元组，120 度探测单元组，240 度探测单元组，同一个组的探测单元是相互连接的，并生成三组信号，三组信号的相位差分别为 120 度。0 度探测单元组输出的信号标志为 A11，120 度探测单元组输出的信号标志为 A12，240 度探测单元组输出的信号标志为 A13，在信号处理电路 1-5 中，利用滤波和放大模块 1-5-5 对输入的 0 度探测单元组输出的信号 A11、120 度探测单元组输出的信号 A12 和 240 度探测单元组输出的信号 A13 进行滤波和放大，经滤波和放大三组信号分别为信号第一信号 A21、第二信号 A22 和第三信号 A23，在本实例中，把第二信号 A22 作为公用，第一信号 A21 和第二信号 A22 在第一差分模块 1-5-1 中消除背底噪声，该动作可以通过差分运算完成，第二信号 A22 和第三信号 A23 在模块 1-5-2 中消除背底噪声，该动作也可通过差分运算完成。两组信号通过第一差分模块 1-5-1 和第二差分模块 1-5-2 生成两路信号，分别记为第一差分信号 A31 和第二差分信号 A32，该两路信号输入到第一运算模块 1-5-3 中，通过适当的组合得到正弦信号 Amp1，同时也把信号所述两路信号输入到第二运算模块 1-5-4 中通过适当的组合得到余弦信号 Amp2，其中，正弦信号 Amp1 和余弦信号 Amp2 相位差为 90 度。所述的第一差分模块 1-5-1、第二差分模块 1-5-2、第一运算模块 1-5-3、第二运算模块 1-5-4 以及滤波和放大模块 1-5-5 中完成的动作可以完全，或者部分由单片机、FPGA 或者 CPLD 中的一种完成。

[0023] 本实施方式中用来作为公用的信号是第二信号 A22，来自于 120 度探测单元组，也可以是来自光电接收单元 1-4 的三组信号中的任何一路。

[0024] 下面叙述上述信号处理电路 1-5 中的滤波和放大模块 1-5-5、第一差分模块 1-5-1、第二差分模块 1-5-2、第一运算模块 1-5-3 以及第二运算模块 1-5-4 完成的有关消除背底噪声和形成两路正弦信号 Amp1 和 Amp2 的过程为：

[0025] 本实施方式所述的在信号处理电路 1-5 中经滤波和放大模块 1-5-5 滤波和放大后的三组信号分别可以表示成：

$$[0026] \quad A21 = A_c \times \sin(\theta) + \Delta \quad (3)$$

$$[0027] \quad A22 = A_c \times \sin(\theta + 120^\circ) + \Delta \quad (4)$$

$$[0028] \quad A23 = A_c \times \sin(\theta + 240^\circ) + \Delta \quad (5)$$

[0029] 这里， A_c 为常数，表示信号变化的幅值大小， Δ 为常数，表示常数背底电平信号，式 (3) 中 θ 为第一信号 A21 正弦部分的相位，式 (4) 中正弦相位部分表示第二信号 A22 比

信号第一信号 A21 相位超前 120 度, 式 (5) 中正弦相位部分表示第三信号 A23 比第一信号 A21 相位超前 240 度, 在本实施方式中, 将第二信号 A22 作为公共信号端在第一差分模块 1-5-1 和第二差分模块 1-5-2 中分别完成下面计算,

$$[0030] \quad A31 = A21 - A22 \quad (6)$$

[0031] 即,

$$[0032] \quad A31 = A_c \times \left(-\frac{3}{2} \times \sin(\theta) - \frac{\sqrt{3}}{2} \times \cos(\theta) \right) \quad (7)$$

$$[0033] \quad A32 = A23 - A22 \quad (8)$$

[0034] 即,

$$[0035] \quad A32 = A_c \times (-\sqrt{3} \times \cos(\theta)) \quad (10)$$

[0036] 通过式 (7) 和式 (9) 可以得到,

$$[0037] \quad \text{Amp1} = -\frac{A31 \times 2 - A32}{3} \quad (11)$$

[0038] 即,

$$[0039] \quad \text{Amp1} = A_c \times \sin(\theta) \quad (12)$$

$$[0040] \quad \text{Amp2} = -\frac{\sqrt{3} \times A32}{3} \quad (13)$$

[0041] 即,

$$[0042] \quad \text{Amp2} = A_c \times \cos(\theta) \quad (14)$$

[0043] Amp1 和 Amp2 即是最后输出的两路信号, 分别标示为正弦信号和余弦信号。

[0044] 综上所述, 本发明不限于上述实施方式, 如该探测单元数量可以为 $3 \times N + 1$ 个或者 $3 \times N + 2$ 个, 多出的探测单元用于补偿光场中光强的不均匀性, 使得三组信号变化更趋于相等, 同时指示光栅也未必为矩形, 可以对指示光栅上透光和不透光部分适当修改, 以对光强分布进行适当的修改, 也可改善信号质量。

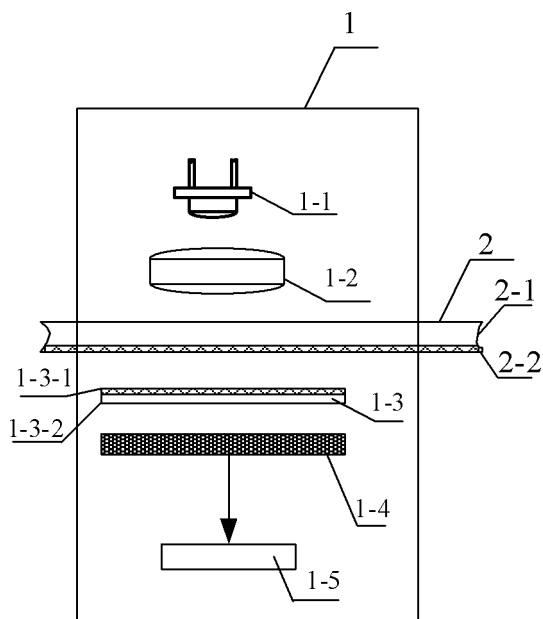


图 1

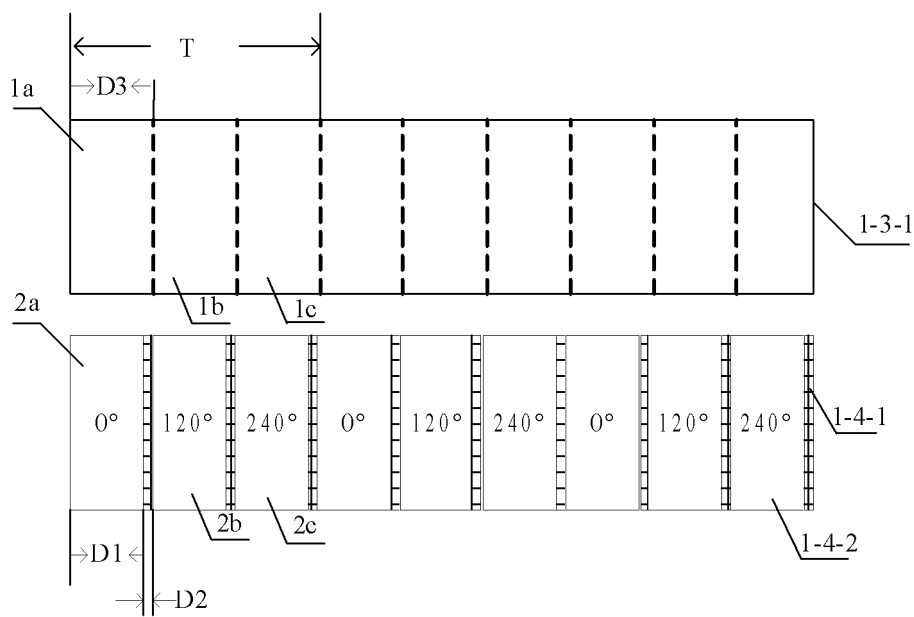


图 2

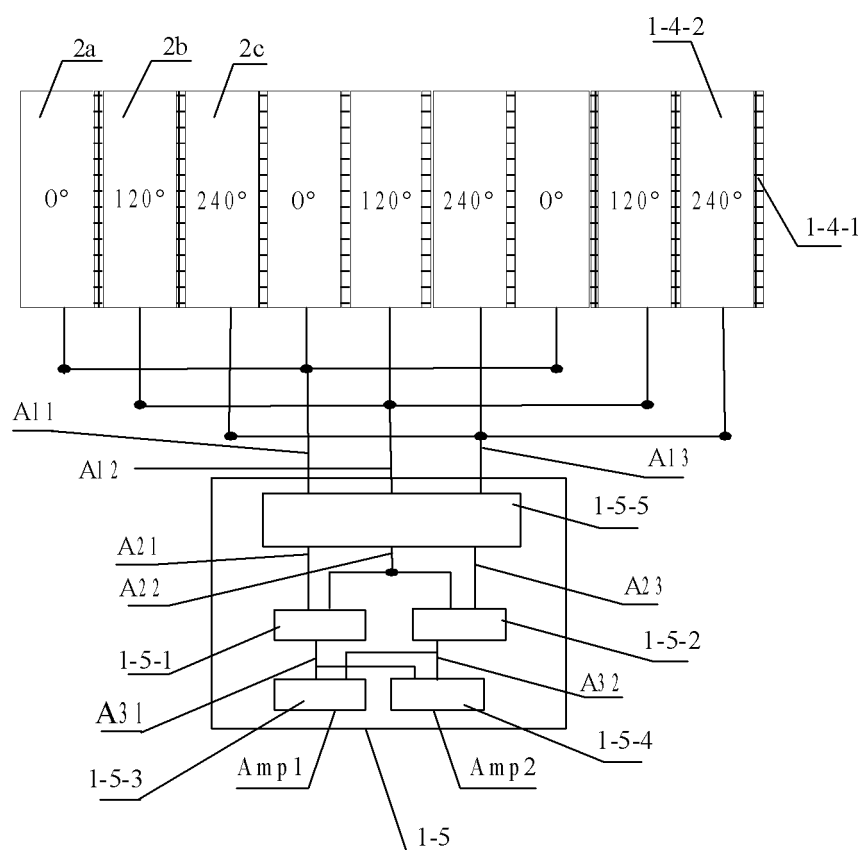


图 3