

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97110370.4

[45]授权公告日 2002 年 10 月 23 日

[11]授权公告号 CN 1093255C

[22]申请日 1997.4.14 [21]申请号 97110370.4

[30]优先权

[32]1996.4.17 [33]JP [31]119759/96

[73]专利权人 株式会社拓普康

地址 日本国东京都

[72]发明人 熊谷薰 大友文夫

审查员 钱红缨

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

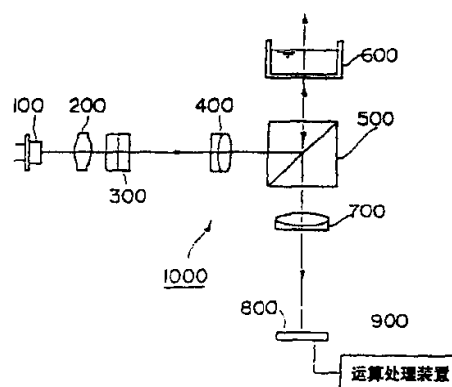
代理人 赵国华

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

[54]发明名称 倾斜传感器以及采用它的测量仪

[57]摘要

本发明涉及一种最适合测量仪,仅用一个线型传感器就可以检测二维方向倾角的倾斜传感器,本发明中,第一光学系统使光源出射光平行,暗场条纹让出射光通过,半透过反射镜使暗场条纹转向,第一液体部件使半透过反射镜转向的条纹反射,第二光学系统使第一液体部件所反射的条纹成像,感光装置对第二光学系统所成的像感光,运算处理装置根据感光信号运算倾角,暗场条纹由多个缝形成,条纹中心线等间距地配置,并且沿正交方向使条纹宽度变化地配置。



权 利 要 求 书

1. 一种倾斜传感器，其特征在于，包括：光源；使该光源出射光平行用的第一光学系统；让该第一光学系统出射光通过的暗场条纹；使该暗场条纹转向用的半透过反射镜；具有自由表面用以反射由该半透过反射镜转向的条纹的第一液体部件；使该第一液体部件反射的条纹成像用的第二光学系统；对该第二光学系统所成的像感光用的感光装置；根据该感光装置的感光信号运算倾角用的运算处理装置，

10 所述暗场条纹在一方向即 X 方向上排列使得条纹中心线等间距，并配置使得条纹宽度沿正交方向即 Y 方向变化，通过使所述感光装置按条纹排列方向配置，检测正交的 2 个方向的倾角。

2. 一种倾斜传感器，其特征在于，包括：光源；使该光源出射光平行用的第一光学系统；让该第一光学系统出射光通过的暗场条纹；配置成使该暗场条纹斜向入射、具有自由表面的第一液体部件；使该第一液体部件反射的条纹成像用的第二光学系统；对该第二光学系统所成的像感光用的感光装置；根据该感光装置的感光信号运算倾角用的运算处理装置，

20 所述暗场条纹在一方向即 X 方向上排列使得条纹中心线等间距，并配置使得条纹宽度沿正交方向即 Y 方向变化，通过使所述感光装置按条纹排列方向配置，检测正交的 2 个方向的倾角。

3. 一种倾斜传感器，其特征在于，包括：光源；使该光源出射光平行用的第一光学系统；让该第一光学系统出射光通过的暗场条纹；配置成从铅直方向使该暗场条纹入射、具有自由表面的第一液体部件；使透过该第一液体部件的光成像用的第二光学系；对该第二光学系统所成的像感光用的感光装置；根据该感光装置的感光信号运算倾角用的运算处理装置，

30 所述暗场条纹在一方向即 X 方向上排列使得条纹中心线等间距，并配置使得条纹宽度沿正交方向即 Y 方向变化，通过使所述感光装置按条纹排列方向配置，检测正交的 2 个方向的倾角。

4. 如权利要求 1~3 中任一项所述的倾斜传感器，其特征在于，包括：具有自由表面，用以对使暗场条纹转向用的半透过反射镜所透过的光进行反射，经由第二光学系统，入射至同一感光装置的第二液体部件，构成为可在二维方向上使用。

5. 如权利要求 1~3 中任一项所述的倾斜传感器，其特征在于，感光装置是配置在与多个纵向缝隙的像相正交方向即 X 方向上的线型传感器，运算处理装置构成为由相对线型传感器的移动量求出条纹超过间距的移动，通过运算傅里叶变换得到的条纹相位求出条纹低于间距的移动，从而求出 X 方向倾角，通过利用 Y 方向变化的缝隙像的宽度，求出 Y 方向倾角。

6. 如权利要求 1~3 中任一项所述的倾斜传感器，其特征在于，采用晃动自如的悬垂部件代替具有自由表面的液体部件。

7. 一种采用如权利要求 1~3 中任一项所述的倾斜传感器的测量仪，其特征在于，将靠所述暗场条纹检测正交的 2 个方向的倾角的倾斜传感器装配在测量装置主体上，来检测测量装置主体 X 方向和 Y 方向的倾角。

说明书

倾斜传感器以及采用它的测量仪

5 本发明涉及利用具有自由表面的液体部件的倾斜传感器，尤其对测量仪的倾斜传感器最为适合，可以只由一个线性传感器检测 X 轴和 Y 轴两轴方向倾角的... 倾斜传感器以及采用它的测量仪。

10 以往，检测测量仪倾角的元件采用的是图 9 所示的气泡管 10000。这种气泡管 10000 内部封入气泡 5000，并且形成电极 6000、7000，可通过电气测量静电电容，来测定倾角。

但上述气泡管 10000 其外周部分由玻璃构成，因而要求冲击较弱和较高的机械精度，因而具有成本较高这种问题。

此外，为了测量 X、Y 方向倾角，两轴方向需有要两个气泡管 10000，因而成本高。

15 气泡管 10000 还有受环境温度变化的影响，必须对温度变化进行修正等这种问题。

20 本发明，第一光学系统使光源出射的光平行，暗场条纹让第一光学系统出射的光通过，半透过反射镜使暗场条纹转向，第一液体部件使半透过反射镜转向的条纹反射，第二光学系统使第一液体部件所反射的条纹成像，感光装置对第二光学系统所成的像感光，运算处理装置根据感光装置的感光信号运算倾角，暗场条纹由多个缝形成，在某一方向上条纹中心线等间距地配置，并且沿正交方向使条纹宽度变化地配置。

25 本发明第一方面的倾斜传感器，包括：光源；使该光源出射光平行用的第一光学系统；让该第一光学系统出射光通过的暗场条纹；使该暗场条纹转向用的半透过反射镜；具有自由表面用以反射由该半透过反射镜转向的条纹的第一液体部件；使该第一液体部件反射的条纹成像用的第二光学系统；对该第二光学系统所成的像感光用的感光装置；根据该感光装置的感光信号运算倾角用的运算处理装置，所述暗场条纹在一方向（X 方向）上排列使得条纹中心线等间距，并配置使得条纹宽度沿正交方向（Y 方向）变化，通过使所述感光装置按条纹排列方向配

置，检测正交的 2 个方向的倾角。

5 本发明第二方面的倾斜传感器，包括：光源；使该光源出射光平行用的第一光学系统；让该第一光学系统出射光通过的暗场条纹；配置成使该暗场条纹斜向入射、具有自由表面的第一液体部件；使该第一液体部件反射的条纹成像用的第二光学系统；对该第二光学系统所成的像感光用的感光装置；根据该感光装置的感光信号运算倾角用的运算处理装置，所述暗场条纹在一方向（X 方向）上排列使得条纹中心线等间距，并配置使得条纹宽度沿正交方向（Y 方向）变化，通过使所述感光装置按条纹排列方向配置，检测正交的 2 个方向的倾角。

10 本发明第三方面的倾斜传感器，包括：光源；使该光源出射光平行用的第一光学系统；让该第一光学系统出射光通过的暗场条纹；配置成从铅直方向使该暗场条纹入射、具有自由表面的第一液体部件；使透过该第一液体部件的光成像用的第二光学系；对该第二光学系统所成的像感光用的感光装置；根据该感光装置的感光信号运算倾角用的运算处理装置，所述暗场条纹在一方向（X 方向）上排列使得条纹中心线等间距，并配置使得条纹宽度沿正交方向（Y 方向）变化，通过使所述感光装置按条纹排列方向配置，检测正交的 2 个方向的倾角。

15 本发明第四方面的测量仪，采用上面所述的倾斜传感器，将靠所述暗场条纹检测正交的 2 个方向的倾角的倾斜传感器装配在测量装置主体上，来检测测量装置主体 X 方向和 Y 方向的倾角。

附图示出本发明实施例。

20 图 1 是示意本发明第一实施例倾斜传感器 1000 的光学构成图。

图 2 是本实施例暗场条纹 300 的说明图。

图 3 是第二实施例倾斜传感器 2000 的光学构成图。

图 4 是第三实施例倾斜传感器 3000 的光学构成图。

图 5 是第四实施例倾斜传感器 4000 的光学构成图。

25 图 6 是第一实施例第一流体部件 600 的说明图。

图 7 是运算处理装置 900 倾角运算处理的说明图。

图 8 是运算处理装置 900 倾角运算处理的说明图。

图 9 是现有技术的说明图。

图 10 是本实施例应用于电子式经纬仪 20000 的例子的说明图。

30 图 11 是本实施例应用于电子式经纬仪 20000 的例子的说明图。

根据附图说明本发明实施例。

(第一实施例)

图 1 示出第一实施例倾斜传感器 100 的光学构成，由光源 100、聚光透镜 200、暗场条纹 300、第一图案中继透镜 400、半透过反射镜 500、具有自由表面的第一液体部件 600、第二图案中继透镜 700、感光装置 800 和运算处理装置 900 构成。

第一实施例光源 100 为 LED，但可以使用任意光源。

聚光透镜 200 是使光源 100 出射的光平行用的装置，相当于第一光学系统。

暗场条纹 300 是在感光装置 800 上形成条纹像用的装置。

图 2 示出第一实施例暗场条纹 300，由多个纵向缝隙 310、310，……构成。这里，令与多个纵向缝隙 310、310……相正交方向为 X 方向，缝隙 310 的纵向为 Y 方向。

多个这种纵向缝隙 310、310……配置成各缝隙 310 的中心点按间距 P 等间隔分布，并且沿正交方向条纹宽度变化配置。

第一图案中继透镜 400 是将通过暗场条纹 300 的光导向半透过反射镜 500 的装置。

经半透过反射镜 500 转向的光朝向上方，入射至具有自由表面的第一液体部件 600。接着，由具有自由表面的第一液体部件 600 反射的光便通过半透过反射镜 500，朝向下方的感光装置 800。

具有自由表面的第一液体部件 600 充填有硅油等具有合适粘性的液体。第一液体部件 600 具有自由表面，因而表面总是保持水平的状态。

第二图案中继透镜 700 是使具有自由表面的第一液体部件 600 反射、透过半透过反射镜 500 的光成像于感光装置 800 上所用的装置。具体来说，第二图案中继透镜 700 是在感光装置 800 上使暗场条纹 300 成像用的装置。

另外，第二图案中继透镜 700 相当于第二光学系统，配置于距感光装置 800 有第二图案中继透镜 700 焦距 9 距离的位置上。

感光装置 800 是对暗场条纹 300 的像感光，变换为电信号用的装置，第一实施例中可采用 CCD（电荷耦合元件）线型传感器。

运算处理装置 900 是含 CPU 的运算处理装置，对全体加以控制，并算出暗场条纹 300 缝隙像的移动距离，运算相应倾角用的装置。

如上所述构成的第一实施例，倾斜传感器 1000 倾斜的话，由于第一液体部

件 600 的自由表面保持水平，因而暗场条纹 300 在感光装置 800 上的像与倾斜角度成正比移动。

这里，倾斜传感器 1000 倾斜角度 θ 时，如图 6 所示，令第一液体部件 600 的折射率为 n 的话，自由表面的反射光便倾斜 $2n\theta$ 。令感光装置 800 即线型传感器 5 上的距离为 L 的话，则有以下式成立。

$$L = f \times \tan(2n\theta) \quad (\text{式 1})$$

因而，感光装置 800 检测出暗场条纹 300 缝隙 310 的移动量，运算处理装置 900 变换为倾角的话，便可以测定倾斜传感器 1000 的倾角 θ 。

(第二实施例)

10 图 3 示出第二实施例倾斜传感器 2000 的光学构成，由光源 100、聚光透镜 200、暗场条纹 300、第一图案中继透镜 400、具有自由表面的第一液体部件 600、第二图案中继透镜 700、感光装置 800 和运算处理装置 900 构成。

第二实施例倾斜传感器 2000 省略第一实施例倾斜传感器 1000 的半透反反射镜 500，构成为由第一图案中继透镜 400 从斜向将光入射至具有自由表面的第一 15 液体部件 600，并且，由具有自由表面的第一液体部件 600 反射的光也斜向出射，由第二图案中继透镜 700 在感光装置 800 上成像。因而，感光装置 800 倾斜配置。

另外，其它构成与第一实施例相同，故省略说明。

(第三实施例)

20 图 4 示出第三实施例倾斜传感器 3000 的光学构成，由光源 100、聚光透镜 200、暗场条纹 300、第一图案中继透镜 400、具有自由表面的第一液体部件 600、第二图案中继透镜 700、感光装置 800、和运算处理装置 900 构成。

第三实施例的倾斜传感器 3000 省略第一实施例倾斜传感器 1000 的半透过反射镜 500 和第一图案中继透镜 400，构成为使光从铅直上方入射至具有自由表面的第一液体部件 600，透过具有自由表面的第一液体部件 600 的光便出射至铅直 25 下方，由第二图案中继透镜 700 在感光装置 800 上成像。

另外，其它构成与第 1 实施例和第 2 实施例相同，故省略其说明。

以下详细说明运算处理装置 900 的倾角运算处理。

感光装置 800 即线型传感器配置在与多个纵向缝隙 310、310……的像相正交方向（X 方向）上。

30 因而，对于 X 方向的倾角，如图 7 所示，可以将缝隙 310 的特定条纹视作为

起始条纹，测定距离预先设定的水平基准位置的距离 dx 。

对于小于间距距离，则通过对线型传感器输出进行傅里叶变换，来计算与同间距对应的水平基准位置的相位差 ϕ ，通过求出

$$\phi \times p / (2\pi) \quad (\text{式 } 2)$$

- 5 可对小于间距距离作高精度测定。接下来，可以与由上述起始条纹距离求得的大于间距距离相结合，运算总体距离。

接着，运算处理装置 900 可以由总体移动量运算相应的 X 方向倾角。

接下来为 Y 方向倾角，但 Y 方向倾角是由宽度变化的三角形缝隙 310b 来运算的。

- 10 具体来说，线型传感器配置在 X 方向上，因而在 Y 方向上发生倾斜的话，三角形缝隙 310b 的感光宽度便变化。该变化量与 Y 方向的倾角成正比，因而运算处理装置 900 可算出在 Y 方向上的倾角。

- Y 方向宽度的测定，如图 7 所示，可通过对线型传感器的输出进行微分，测定其上升沿与下降沿的距离。而且，为了提高测定精度，对整个信号进行运算，求出平均宽度 dy_{ave} ，由傅里叶变换得到的间距宽度 p 和预定的比例关系 k ，可将线型传感器上的距离 L 表达如下。

$$L = k \times dy_{ave} / p \quad (\text{式 } 3)$$

此外，还可以由式 1 计算 Y 方向的倾角。

- 20 另外，宽度变化的缝隙不限于三角形，宽度变化，只要是与倾角相对应设定的就行。

如上所述，只利用一个线型传感器，就可以检测 X 方向和 Y 方向两轴方向的倾角。

而且，不用线型传感器，用面型传感器，则可以通过采用等间隔形成的多个缝隙 310、310……，检测出 X 方向和 Y 方向两轴的倾角。

- 25 此外，还可以采取晃动自如的悬垂部件来代替具有自由表面的第一液体部件 600。

(第四实施例)

- 图 5 示出第四实施例倾斜传感器 4000 的光学构成，由电源 100、聚光透镜 200、暗场条纹 300、第一图案中继透镜 400、半透过反射镜 500、具有自由表面的第一液体部件 600、具有自由表面的第二液体部件 610、第二图案中继透镜 700、感光

装置 800 和运算处理装置 900 构成。

按与上述第一实施例相同方法实施时，第一液体部件 600 形成自由表面，第二液体部件 610 从光路上撤出，因而与第一实施例具有相同构成。

如图 5 所示，第四实施例整体向左旋转 90 度的话，便变成第二液体部件 610 形成自由表面，第一液体部件 600 从光路上撤出的情形。也就是说，第二液体部件 610 配置成即便使第一实施例旋转 90 度也可以使用。

因而，倾斜传感器 4000 一旦倾斜，由于第二液体部件 610 的自由表面确保水平，因而感光装置 800 上暗场条纹 300 的像便与倾斜角度成正比移动。

透过半透过反射镜 500 的条纹像经第二液体部件 610 反射，再经由半透过反射镜 500 和第二图案中继透镜 700，在感光装置 800 上成像。这时入射至第一液体部件 600 的光由于液体处于光路以外位置，因而没有反射。

也就是说，只要增加第二液体部件 610，图 5 倾斜传感器 4000 便可以在两维方向上使用。

图 10 和图 11 所示的电子式经纬仪 20000 等装配倾斜传感器的话，可以检测出测量装置主体在 X 方向和 Y 方向上的倾角。

如上所述构成的本发明，第一光学系统使光源出射的光平行，暗场条纹让第一光学系统出射的光通过，半透过反射镜使暗场条纹转向，具有自由表面的第一液体部件使半透过反射镜转向的条纹反射，第二光学系统使第一液体部件所反射的条纹成像，感光装置对第二光学系统的成像感光，运算处理装置根据感光装置的感光信号运算倾角，暗场条纹由多个缝形成，在某一方向上条纹中心线等间距地配置，并且沿正交方向使条纹宽度变化地配置，因而具有可以提供高机械强度、高精度倾斜传感器这种效果。

而且，本发明的感光装置将线型传感器配置在与多个纵向缝隙的像相正交方向（X 方向）上，运算处理装置由相对线型传感器的移动量求得条纹超过间距的动作，通过运算傅里叶变换产生的条纹相位，求得条纹低于间距的动作，从而可求出 X 方向倾角，通过利用 Y 方向变化的缝隙像宽度，从而可求出 Y 方向倾角，因而可以由一个线型传感器检测出 X 方向和 Y 方向两轴的倾角，具有结构简便、可靠性提高、成本也低这类优越效果。

此外，本发明对于缝隙像低于间距的移动量，是运算处理装置通过傅里叶变换运算缝隙条纹相位求出的，因而，不需将暗场条纹精度专门提高，便可以进行高

精度的倾角测定。尤其是采用傅里叶变换，因而具有暗场条纹的缝隙形状误差和间距误差对于最后的倾角可减轻传递这种优越效果。

说明书附图

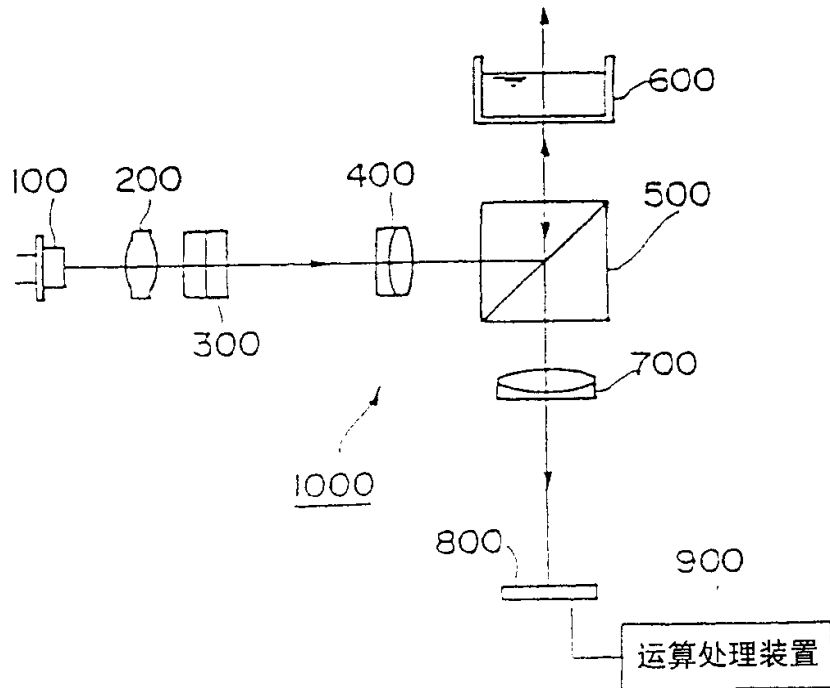


图 1

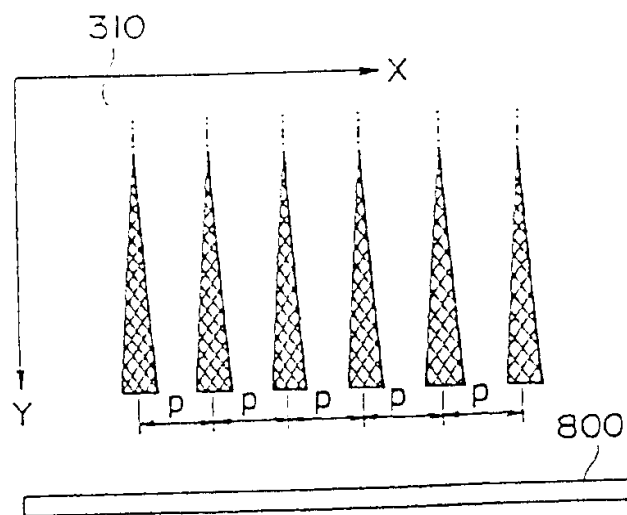


图 2

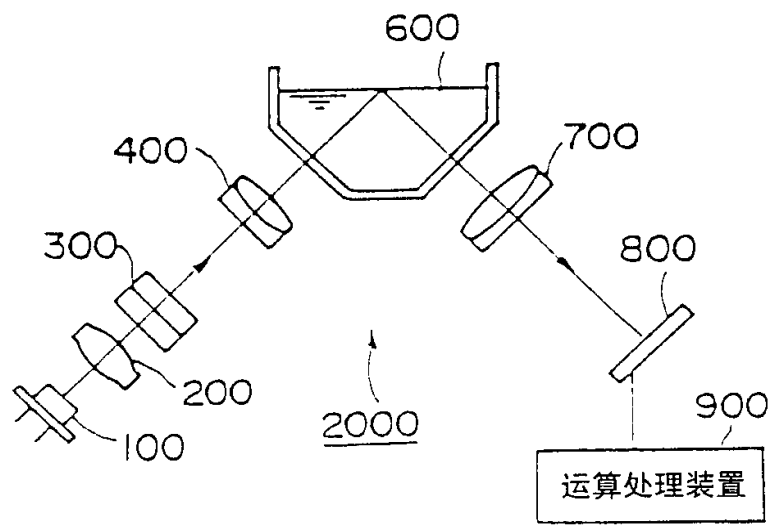


图 3

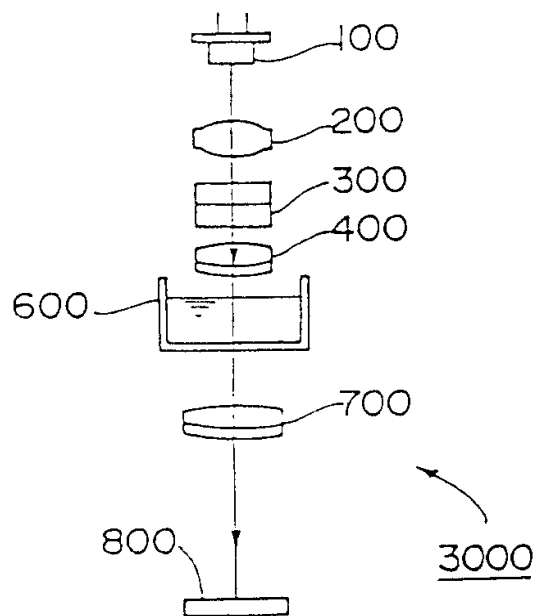


图 4

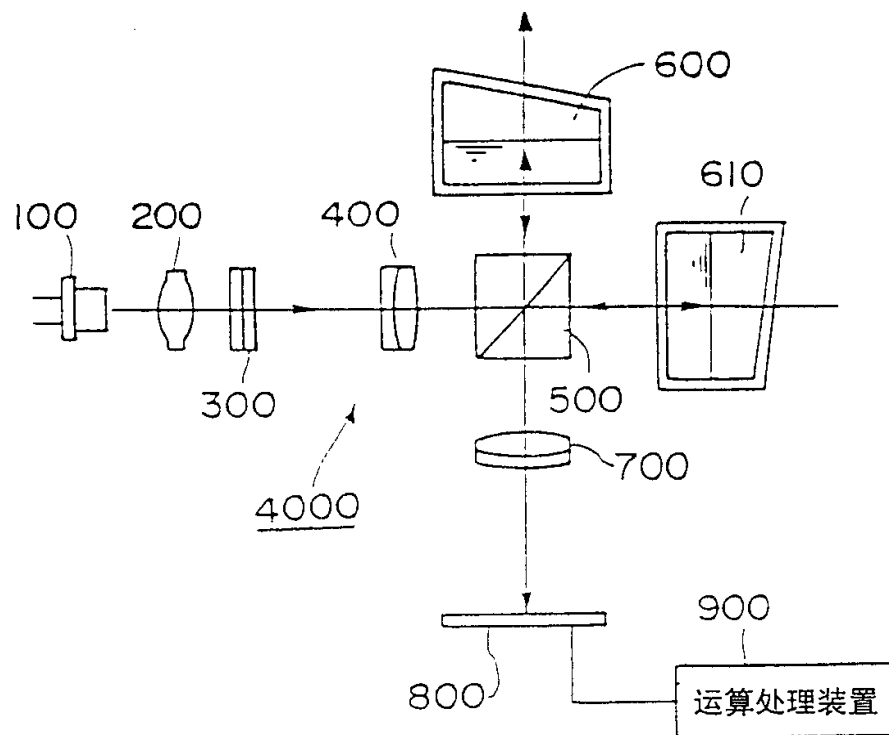


图 5

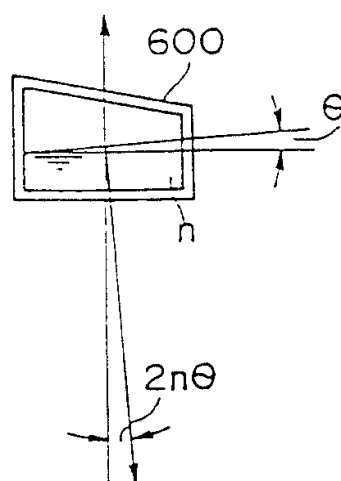


图 6

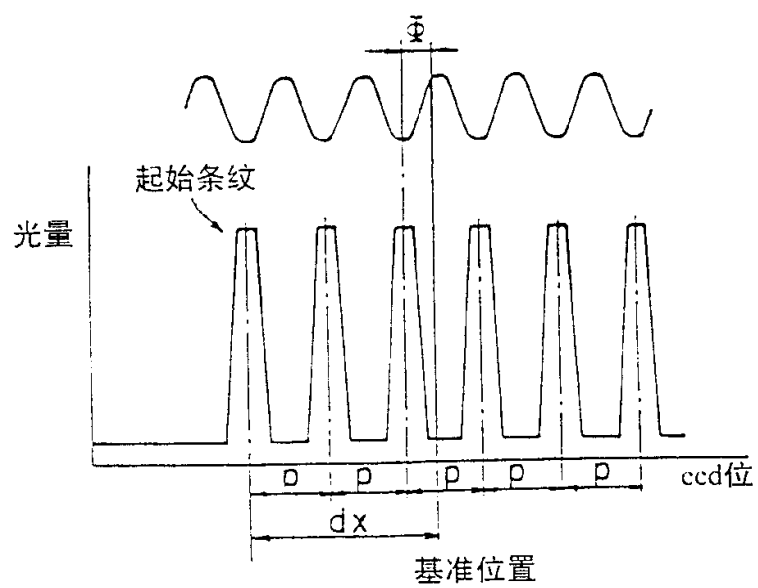


图 7

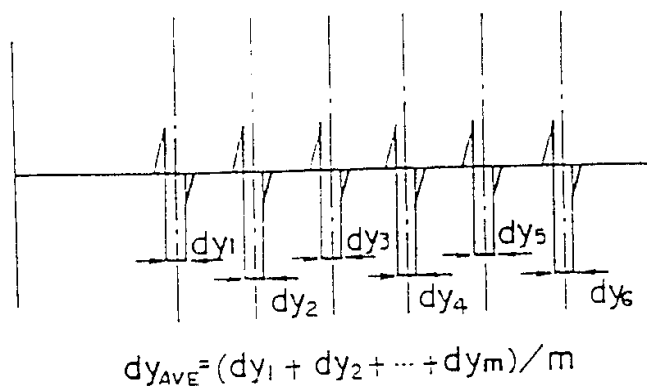


图 8

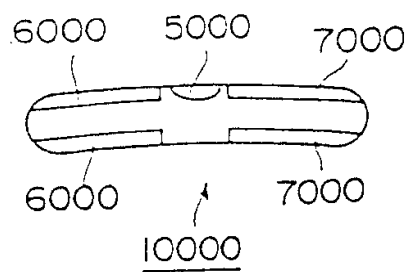


图 9

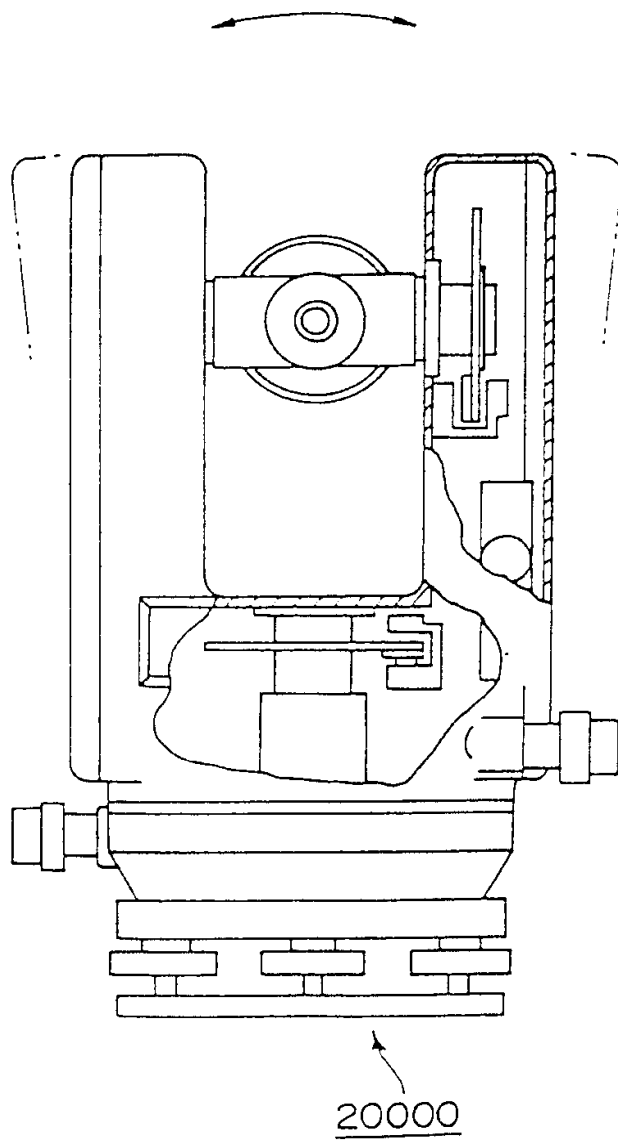


图 10

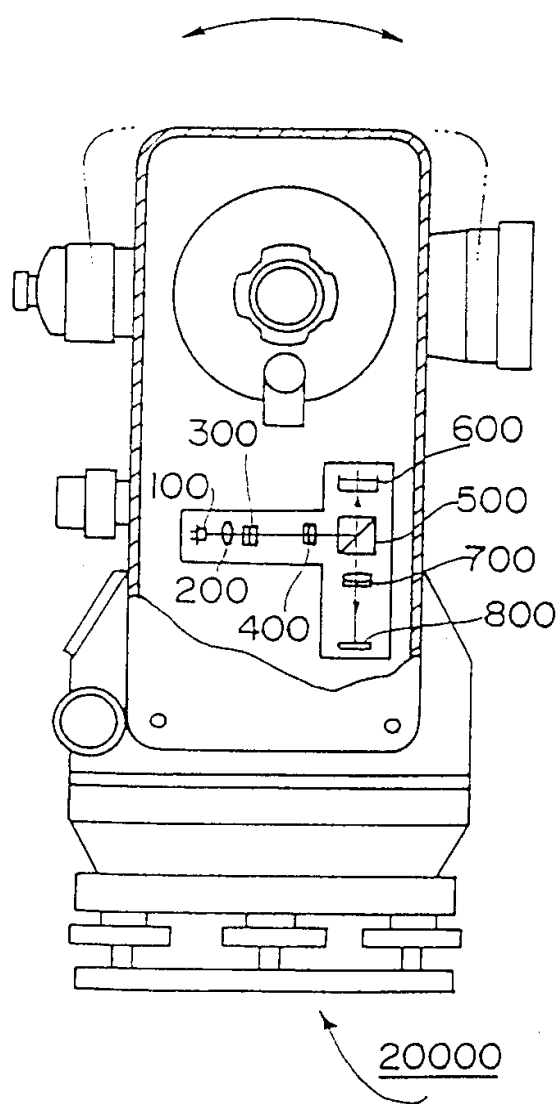


图 11