



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94192114.X

[45]授权公告日 1997年2月26日

[11] 授权公告号 CN 1034142C

[22]申请日 94.5.4 [24]颁证日 96.11.23

[21]申请号 94192114.X

[30]优先权

[32]93.5.15 [33]DE[31]P4316348.3

[73]专利权人 莱卡公开股份有限公司

地址 瑞士希尔布鲁格

[72]发明人 H·艾贝斯 H·贝纳德 K·盖格
J·兴德林

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 董巍 萧掬昌

[56]参考文献

GB2233182A

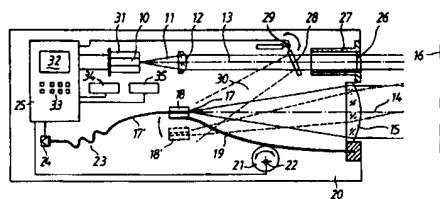
审查员 朱世定

权利要求书 6 页 说明书 11 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 测距设备

[57]摘要

本发明的测距设备具有一个由半导体激光器(10)产生的可见光测量光束(11);一个准直器物镜(12),用于在准直器物镜(12)的光轴(13)的方向把测量光束进行准直;一个调制测量光束的电路装置;一个接收物镜(15),用于接收和把一个远距离被测物体(16)反射回来的测量光束成像到一个接收装置上;一个可接入的光偏转装置(28),用于产生一个介于半导体激光器(10)和接收装置之间的内部参考距离;和一个电子分析装置(25),用于测出和显示所测量的被测物体(16)的距离。根据本发明,接收装置有一段光导纤维(17')与光电转换器(24)连接,其中为测量远距离物体把光导纤维入射面(17)安置在接收物镜(15)的成像平面内,并且可控制入射面由此位置(18)垂直于光轴(14)移动(18')。在另一种可选择的结构中,光导纤维入射面(17)是固定的,而在接收物镜(15)的光轴(14)之外,设置某些光学部件(36),对较近距离被测物体,这些光学部件把测量光束偏转到接收物镜(15)的光轴(14)。测量光束是用小于两毫微秒脉宽的激励脉冲调制的。



权 利 要 求 书

1. 测距设备具有:

- 一个由半导体激光器(10)产生的可见光测量光束(11),
- 一个准直器物镜(12), 用于把测量光束(11)准直到准直器物镜(12)光轴(13)的方向,
- 一个调制测量光束的电路装置,
- 一个接收物镜(15), 用于接收和把从一个远距离被测物体(16)反射回来的测量光束(11)成象到一个接收装置,
- 一个可接入的光偏转装置(28), 用于产生一个介于半导体激光器(10)和接收装置之间的内部参考距离和
- 一个电子分析装置(25), 用于测出和显示所测出的物体(16)的距离,

其特征在于,

接收装置有一段连接着光电转换器(24)的光导纤维(17'), 其中为测量远距离物体把光导纤维入射面(17)安置在接收物镜(15)的成象平面内, 并且可控制光导纤维入射面由此位置(18)垂直于接收物镜(15)的光轴(14)移动。

2. 测距设备具有:

- 一个由半导体激光器(10)产生的可见光测量光束(11),
- 一个准直器物镜(12), 用于把测量光束(11)准直到准直器物镜(12)光轴(13)的方向,
- 一个调制测量光束的电路装置,
- 一个接收物镜(15), 用于接收和把从一个远距离被测物体

(16) 反射回来的测量光束 (11) 成象到一个接收装置,

——一个可接入的光偏转装置 (28), 用于产生一个介于半导体激光器 (10) 和接收装置之间的内部参考距离和

——一个电子分析装置 (25), 用于测出和显示所测出的物体 (16) 的距离,

其特征在于,

接收装置有一段连接着光电转换器 (24) 的光导纤维 (17'), 其中为测远距离物体把光导纤维入射面 (17) 安置在接收物镜 (15) 的光轴 (14) 上的成象平面内, 并且在接收物镜 (15) 与光导纤维入射面 (17) 之间, 接收物镜 (15) 的光轴 (14) 之外设置光学部件 (36、37、38), 这些部件能够在测量较近距离的物体时, 把测量光束 (11) 的成象位置偏转到接收物镜 (15) 的光轴 (14) 上。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述设备,

其特征在于,

测量光束用脉冲宽度小于两毫微秒的激励脉冲进行脉冲调制。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述设备,

其特征在于,

光导纤维 (17') 在其路径中多次弯曲 (23)。

5. 根据权利要求 1 所述设备,

其特征在于,

光导纤维 (17') 的光入射端 (17) 固定在机械调位装置 (18、19、21、22) 上, 调位装置可在一个平面内进行调整, 此平面由准直物镜 (12) 和接收物镜 (15) 的光轴 (13、14) 确定。

6. 根据权利要求 5 所述设备,

其特征在于,

调位装置还可以沿垂直于光轴 (13、14) 确定平面的方向调位。

7. 根据权利要求 5 或 6 所述设备,

其特征在于,

设置了一个具有控制装置的电动机驱动装置, 此装置带动调位装置由基准位置 (18) 开始在预定的调位范围 (18') 内移动, 此时所接收的光强被测量和存储并据此把调位装置移到一个对接收信号分析为最佳光强的位置。

8. 根据权利要求 7 所述设备,

其特征在于,

调位装置由一个具有电动机驱动偏心轮 (21、22) 的弹簧联杆 (19) 组成。

9. 根据上述权利要求之一所述设备,

其特征在于,

设置一个光散射元件 (28), 作为产生参考距离的可接入的光偏转装置, 其散射特性 (30) 与光导纤维入射面 (17) 的调整范围 (18、18') 相匹配。

10. 根据权利要求 2 所述设备,

其特征在于,

为了偏转成像位置, 设置了一个适当的向着接收物镜 (15) 光轴 (14) 的反光镜 (36)。

11. 根据权利要求 2 所述设备,

其特征在于,

为了偏转成象位置, 设置一个在接收物镜 (15) 的边缘区域内安装的光折射元件 (37)。

12. 根据权利要求 2 所述设备,

其特征在于,

为了偏转成象位置, 为接收物镜 (15) 安装一个光绕射元件 (38)。

13. 测距设备有

——一个由半导体激光器 (110) 产生的可见光测量光束 (11),

——一个准直器物镜 (12), 用于把测量光束 (11) 准直到准直器物镜 (12) 光轴 (13) 的方向,

——一个调制测量光束的电路装置,

——一个接收物镜 (15), 用于接收和把从一个远距离被测物体 (16) 反射回来的测量光束 (11) 成象到一个接收装置,

——一个可接入的光偏转装置 (28), 用于产生一个介于半导体激光器 (10) 和接收装置之间的内部参考距离和

——一个电子计值装置 (25), 用于求出和显示测出的物体 (16) 的距离,

其特征在于,

测量光束用脉冲宽度小于两毫微秒的激励脉冲进行脉冲调制。

14. 根据权利要求 13 所述设备,

其特征在于,

接收装置有一个连接着光电转换器 (24) 的光导纤维 (17'),

其中光导纤维(17')在其路径中多次弯曲(23)。

15. 根据上述权利要求之一所述设备,

其特征在于,

有一电子倾斜计(34), 调整其测量轴平行于准直器物镜(12)的光轴(13)。

16. 根据上述权利要求之一所述设备,

其特征在于,

有一个双轴电子倾斜计(34), 其一个轴调整到与准直器物镜(12)的光轴(13)平行, 其另一个轴调整到与光轴(13)垂直并且平行于由准直器物镜(12)和接收物镜(15)的光轴(13、14)所组成的平面。

17. 根据上述权利要求之一所述设备,

其特征在于,

有一个数字磁罗盘仪(35), 其方位角一参考方向调整到平行于准直器物镜(12)的光轴(13)。

18. 根据权利要求 15 至 17 之一所述设备,

其特征在于,

倾斜计(34)和/或罗盘仪(35)的输出信号作为附加的输入信号传送给分析装置(25)。

19. 根据权利要求 15 或 16 所述设备,

其特征在于,

倾斜计(34)的输出信号传送给一个有源的光学或机械调位元件, 用于把准直测量光束(11)调成水平。

20. 根据上述权利要求之一所述设备,

其特征在于,
有一个可插入所发出的测量光束(11)中的棱镜(40、41、43)。

说明书

测距设备

本发明涉及一种具有权利要求 1、2 和 13 的总构思中所述特征的测距设备。

由 Fa. Wild Heerbrugg AG. Schweiz, V. 86 发表的公开文献中,其题目为“用具有大地测量精度的渡越时间测量法测距”,已知一种这种类型的设备。这种设备也用于测量具有天然粗糙表面物体的距离。所以有些设备可以用于测量难以接近的表面,例如岩石裂缝、洞穴内壁、隧道轮廓等等,其待测距离可能达数百米。这些设备使用大发光表面脉冲红外半导体激光二极管作为光源。使用的脉冲宽度为 12ns。这种光源的优点在于可以产生峰值功率高达数瓦数量级的光脉冲,从而可以满足测距为数百米的要求。测量精度为 5 - 10mm。这种设备的缺点在于这种激光器具有数量级为 300μ 的较大发光表面,因为由此使该设备的发射光束具有约 2mrad 的发散度,所以在 50m 处光束横截面已是 0.1m。在很短的距离时这种设备的光束横截面总还有数 cm 的直径,因为为了以 2mrad 光束发散度发射脉冲功率为数瓦的光束需要数 cm 物镜直径。

因为发射和接收物镜是分开安装的,所以为了要测量少于 10 到 15m 的近距离,必须要安装一个前置透镜使发射和接收光束重叠。另一个缺点是由于红外测量光束不能识别实际被测物体的位置。为了可以看到目标位置要附加一个发射可见光的激光器,而

且其光轴对发射光轴的相互位置必须进行细心的调整。这种测量仪器装有电子分析和显示装置,该装置可用键盘输入其它数据并完成计算。

同样由专利 DE 40 02 356 C1 已知一种具有分开的发射和接收物镜的测距仪。该仪器的发射装置具有两个电子互补开关的激光二极管,其中之一将光波群送往测量光路,另一激光器将光波群送往参考光路。两个光波群由同一个光接收器交替接收,该光接收器与计值电路系统连接。从该专利文件不知激光器是否发出可见光。可测量距离的范围为 2 到 10m 并且测量精度约在数 mm 范围。

在杂志“Industrie”, 11/92, 6-8 页叙述了一种以渡越时间测量为基础的光学测距仪,即 Fa, Sick Gmbh 公司的 DME 2000 型测距仪。这种测距仪用两个发射可见光的半导体激光器工作。其一个激光器具有准直器光学系统产生所需要的发射光,另一个激光器直接向接收器提供必要的参考信号。发射光束和接收光束彼此同轴安装,所以只用一个唯一的具有较大直径的物镜。用直径约 3mm 的光斑对天然粗糙表面的测量距离为 0.1 到 2m。对于可达 130m 较远的物体必须在被测物体上装一反射薄膜。对这些距离光斑直径约 250mm。在同轴发射—接收光学系统中光接收器使用了一种较大面积的 PIN-光电二极管。从而强发散的接收光束与发射光束重叠在一起,所以可以测量小到 0.1m 的距离,然而用这种大面积的光探测器在无附加的反射镜时仍不能测量远距离。

在建筑业,特别是在内部建筑和装修业要求不用加反射镜对表面作额外处理就可以测量距离达 30m 的粗糙表面。当要求测量

精度为 1 到 2mm 时, 接收光束的发散度为此必须尽可能小, 因为否则在接收器中同时被接收的周围光分量可能引入大的噪声信号。然而约 2mrad 的小发散度接收光束的缺点是, 在分离的发射—和接收光学系统中, 发射光束与接收光束的重叠只有在 1 到 2m 之外才出现, 所以当没有其它辅助措施时只有大于此距离才能进行距离测量。

因此本发明的任务是, 采用一个经很好准直的可见光测量光束, 此光束在近距离范围内直径小于 0.5cm 而在远距离的边缘区域直径小于 1 到 2cm, 可以对天然粗糙表面进行测量, 总的测量范围由仪器前缘起至少可到 30m。测量精度应在毫米范围。

在本文开始所述类型的设备中, 此项任务根据本发明用权利要求 1、2 和 13 所述特征予以解决。从属权利要求 3 至 12 和 14 至 20 所述特征给出了本发明设备的优选实施结构和其改进结构。

在本发明的设备中, 准直器物镜产生一个沿其光轴很好聚束的测量光束。在其一旁安装的接收物镜的光轴与准直器物镜光轴至少接近平行, 并且与此轴位于同一平面。测量光束不可避免的发散度、比较近地相互靠在一起的光学成象系统和这些系统的焦距共同的作用在于从约到 2m 距离的物体反射的测量光束在接收物镜的焦点附近成象。由于接收光束能集中在小的面积上, 所以对信号的分析、甚至对远的测量距离都不存在光强太弱的问题。

然而在近距离测量时观察到, 随测量距离的减小从被测物体反射回的测量光斑的成象位置与焦点的距离沿接收物镜光轴的纵向与横向不断增加。于是在焦点处安装的光导纤维的入射面接收不到反射光, 从而达到测量下限。根据本发明, 在第一种实施结

构中，把光导纤维的入射面移到测量光斑成象偏移到的位置，并且只需垂直于接收物镜的光轴移动。可以不必沿光轴方向调整，因为在近距离被测物体反射的测量光束的光强是不成问题的。实验甚至证实，调整到准确成象位置会导致分析电路过载。移动可调的光导纤维入射面为各种距离的测量提供了与最佳信号功率相匹配的可能性。对此问题的另一种解决方法是，让光导纤维入射面固定不动，而使用光偏转部件把在近距离时愈加倾斜进入接收物镜的测量光束偏转到光导纤维入射面。这里也利用了这样的见解，即偏转时不必考虑精确的光学成象，因为测量近距离的物体不存在光强问题。这种解决方案的优点是在接收光路中不需要移动的元件。

限制本发明设备测量精度的效应是由被调制的激光束的物理特性与被测粗糙表面的共同作用产生的。

半导体激光二极管的可见光以等距谱线（模式）光谱向外发射。在调制电流作用期间不仅改变波长而且也改变模式的光密度（光强）。因此依据电调制脉冲、激光脉冲的各种波长产生不同的调制相位延迟。此调制相位涉及一个调制脉冲期间、在激光脉冲光发射持续时间内光强变化 $I(t)$ 的时间重心 t_s 。数学上 t_s 等于 $I(t) \cdot t \cdot dt$ 的积分除以 $I(t) \cdot dt$ 的积分，其中积分范围等于整个激光脉冲持续时间。

根据调制方式和调制脉宽与不同波长所决定的调制相位差相对应的激光脉冲时间延迟可达 $1.3nS$ 。其相应的视在距离差可达 $200mm$ 。

由被测粗糙表面散射回的光由于激光的相干性形成光强的

颗粒化分布,这种颗粒通常称为色斑。只有在激光可能反射的方向,如果粗糙表面是镜面的话,激光不同模式的光斑将重合在一起。由于模式的不同波长,对所有其它方向都不出现这种情况,以致存在一个具有空间不同调制相位的光场。

进入接收物镜并导向光电探测器的光束,有一个具有代表性的调制相位,此相位是从进入物镜的光场所有调制相位经对相应的光强取加权平均值产生的。此平均值依据光场上色斑结构,即依据粗糙表面的结构而起伏。通过在垂直于测量方向上的一个宏观上显现具有均匀表面的物镜的位移可以证实,由调制相位起伏所决定的距离测量误差可达 20mm。

令人感到惊讶的是结果表明,仅用激励脉宽小于 2ns 的激励脉冲调制激光二极管就可对物理性能有决定性的改善。于是依据波长之不同调制相位差足以小到使相应的距离测量起伏小于 2mm。

就测距仪中应用光导纤维而言是众所周知的。在本发明的仪器中使用光导纤维有着特殊的优点,即光导纤维在其通向光电转换器的路径中可以多次弯曲。从而使上述就所有调制相位取得的加权平均值得到进一步改善。

众所周知,为了补偿在电子电路中和光电转换器中的漂移效应,为了对测量外部距离之前和之后进行比较,需测量一个内部已知长度的参考距离。为此目的在本发明的仪器中,在准直测量光束中插入一个光散射元件,使光不经外部光路进入。此元件的散射特性与调整光纤入射面的空间范围相匹配。从而得到了本设备功能的两个主要优点。其一是实现了测量光束的每一部分都有

光进入光导纤维入射面，从而在测量光束整个横截面上的调制相位差对距离测量没有影响。因为光散射元件把光散射在光导纤维入射面活动的整个空间范围内，所以在光导纤维入射面的每一个位置可以立即完成参考测量而不需要重新调位，从而实现短的测量时间。单位面积的散射强度可以适当调整，以保证分析系统不出现过载。因此这种措施不仅对于光导纤维入射面可调的装置，而且以同样的方式对于具有固定的光导纤维入射面和附加的光束偏转部件的另一种可选用的装置都具有意义。

下面借助在附图中示意性示出的实施例进一步阐明本发明的设备，其中还进一步谈及其它的优点。这些附图分别是：

图 1 具有可调光导纤维入射面设备的整机俯视图，

图 2 具有光偏转反射镜的接收部件，

图 3 具有光折射偏转元件的接收部件，

图 4 具有光绕射偏转元件的接收部件，

图 5 在发射光束中插入的分光器，

图 6 在发射光束中可接入的偏转棱镜。

图 1 中半导体激光器 10 产生可见光测量光束 11，此光束经准直器透镜 12 沿光轴 13 的方向以平行光束发出，其直径约为 4mm。接收物镜 15 的光轴 14 与准直器透镜 12 的光轴 13 至少接近平行并与此位于同一平面内。接收物镜 15 的直径约 30mm 和接收角约 120° ，所以一方面光束截面对远距离被测物体 16 反射的光强足够大，而另一方面也可以接收由近物体以大的入射角反射的光。

远距离被测物体 16 对接收光学系统 15 好像是处于无穷远，

所以在被测物体上产生测量光斑的成像点位于光轴 14 上接收物镜 15 的焦点处。在这种情况下光导纤维入射面 17 安装于其基准位置。光导纤维末端用支撑架 18 固定, 此架与一弹簧片 19 连接。弹簧片 19 的另一端牢固地固定在测距设备的机壳 20 上并且从而构成一个弹簧联杆。弹簧片 19 在预应力下靠在一个偏心轮 21 上, 此偏心轮可在马达带动下绕轴 22 转动。在偏心轮 21 转动时支架 18 移动到例如垂直于光轴 14 的位置 18'。在一个实际的实施例中调整距离约 3mm。在位置 18' 接收由一个近距离被测物体反射的光, 图中用虚线标出的接收光束示出了这样的光接收。光导纤维入射面的调位大体上在接收物镜 15 的焦面内进行。显然近距离测量光斑的准确成像位置位于光线方向焦面的后面。

用其它设计结构例如滑块元件或多联杆元件代替实施例中选用的弹簧联杆和偏心轮的调位装置是可能的。

光导纤维 17' 在其前面的部分是可以自由移动的, 所以它可以跟随支架 18 移动。在其后面部分 23 是经多次弯曲后固定的, 在其末端的出光面处连接了一个光电转换器 24。接收信号被传送给分析装置 25。

在由设备机壳 20 发出的测量光束 11 的出口处安装一个制成低反射镜面的保护片 26, 为了减少反射也可以将其对光束倾斜安置。此外, 为了防止剩余散射进入光导纤维入射面 17, 还安装了一个管状光阑 27。在此光阑 27 入射口处的前面安装了一个可接入的光偏转位置 28, 此装置可经马达绕轴 29 转动。光偏转装置 28 受测量光束 11 照射的表面对光是散射的, 从而产生一个发射的散射锥体 30。散射锥体 30 的开口在光导纤维入射面 17 的活动

范围内开得很大,致使在所有位置都可以接收到来自这样产生的参考光路的光线。

分析装置 25 还含有调制半导体激光器 10 的电路,为了把半导体激光器 10 的光发射方向调到准直透镜 12 的光轴 13, 安装半导体激光器 10 的外壳可围绕轴 31 或者一个与此垂直的轴转动。其调整可以依据一个选定的接收信号经计值装置 25 用马达控制。为了补偿光轴 13、14 调到一个共同平面的微小调整误差, 光导纤维入射面不仅可在光轴 13、14 的平面内而且也可在其垂直的方向调位是有益的。经在接收物镜 15 焦面内适当的扫描运动, 可以找到最佳信号电平的位置, 并且在光导纤维入射面 17 的这个位置进行信号分析。

分析装置 25 有一个指示装置 32 和键盘 33, 经此键盘可以输入例如校正值或用于实际距离测量的补充信息。一个重要的补充信息是关于由两个光轴 13、14 所定义平面的水平和垂直位置的数据, 以便能确实垂直于被测物进行测量。为此可以为设备安装一个双轴向电子倾斜计 34, 其水平轴位于光轴 13、14 的平面内并且调到平行和垂直于这些轴。

倾斜计 34 的输出信号可以传送给分析装置 25, 并且在测量距离时自动予以考虑。但是这些输出信号也可用于半导体激光器 10 的机械调位或者用于在发射光路中的一个未示出的有源光器件的机械调位, 以便自动把准直光束调整成水平方向。

除关于设备在空间倾斜角的信息外, 对方位角的考虑即在水平平面内的测量光束辐射到被测物表面的角度扩大了距离测量的应用范围, 而且以极性测描图的形式给出测量值。为此可以在

设备上安装一个数字磁罗盘仪 35, 其方位角参考方向被调整到与准直透镜 12 的光轴 13 平行。用一个单一的测量地点为起点、以实际上已知的方式、参照测量光束倾斜角和方位角、经多次距离测量, 便能够确定空间的若干点和若干面的距离并且也能够确定若干面相互之间的位置。同样也可以用计算方法求得水平距离, 如否则只有在具有机械轴的电子测距仪的测量系统中这样计算求值的方法是可能的。

作为测量的零点可以选择设备机壳 20 的前面板、后面板或中间位置, 并且有选择地例如经键盘 33 输入分析装置 25 和由它在距离测量时自动予以考虑。

图 2 示出把近距离被测物表面反射的光束偏转到固定的光导纤维入射面 17 的方向的第一种解决方案。为此这里使用一个位于光轴 14 外面, 并对光轴在一定倾斜角下安装的平面反光镜 36, 此反光镜也可以是轻微弯曲的和散射的。其适当的形状、安装部位和结构可以通过专业人员进行的实验很容易确定。为了补偿光轴 13、14 之间可能存在的位置倾斜, 把反光镜设计成围绕光轴 14 的环形面是特别有益的。上述装置的优点是偏转部件不影响从远处被测物体接收的光束。

在图 3 中作为偏转倾斜入射的测量光束的另一种可能性是安装一个棱镜 37 做为折射元件。这里也是通过实验确定棱镜 37 的最佳安装位置, 在此位置一方面从远距离被测物体接收的光束不会很远地偏转, 以致于出现光强不够的困难, 并且另一方面倾斜入射的测量光束有足够的分量被偏转到光导纤维入射面 17 的方向。尤其有利的是把折射面对光轴 14 环形对称安置, 并且在中

心让一部分不受影响。棱镜 37 也是可以接入的, 致使其只有在测量近距离物体时起作用。

图 4 示出借助一个绕射元件 38 实现与方向相关的偏转光束的另一种可能性。这些元件由于全息照像元件、分区板和双光学系统的微结构技术的进一步发展而获得日益增长的重要性。关于这些元件的结构和应用概貌可以由 Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique S. A. 1991 年 6 月出版的关于绕射光学元件 (DOE) 读物中获得。这种元件的优点在于, 其绕射结构可以与各成像特性相匹配。其中也可以相当容易地实现复杂的光学变换功能。尤其是可以计算出一种绕射结构, 并且可以用光刻技术把它制造出来, 这种结构可以把由不同方向入射的光束偏转到同一个方向。因此在发射光束方向物镜 15 的接收角可以显著增大。

在发射的准直测量光束光路中加入一个可转动的双光束棱镜可以扩大本发明设备的应用领域。如图 5 所示, 为此可以把保护片 26 去掉, 并在其位置上把一个镜筒 39 插入管状光阑 27 中。在镜筒 39 中装入一个具有能够分光的胶合面 41 的棱镜 40。以这种方式可以经镜筒 39 的开口 42 产生一个垂直于测量光束光轴 13 的附加可见光束。此光束例如可以应用于将其射向一个已存在的表面, 以便能够测量垂直于此表面的距离。在安排测量设备垂直于被测物体的情况下也可以用此附加光束把距离数值转移到其它表面。

图 5 所示用于产生垂直于测量光束的定位光束的附件实际上也可以按已知的方式用具有许多分光平面或者其它光的偏转面的棱镜, 例如用五棱镜进行改装。

附件的另一项任务在于，可以把测量光束的光轴 13 偏转到接收物镜 15 的光轴 14 的方向。图 6 示出了这样一种结构。此结构的优点是，甚至位于机壳 20 前缘 20' 的被测物体都可以把光反射到接收光路。在此情况下出于结构上对固定物镜 15 的需要，把接收物镜 15 稍向机壳 20 内移一段距离是有益的。用于偏转光束而设置的棱镜 43 安装在一个滑块 44 上，在测量很短的距离时，可以用手将其推入光路。

本发明设备所用功能元器件的费用很低，且适于小型化。因此本设备结构可以特别紧凑，尤其是可以制成袖珍式仪器。

图 1

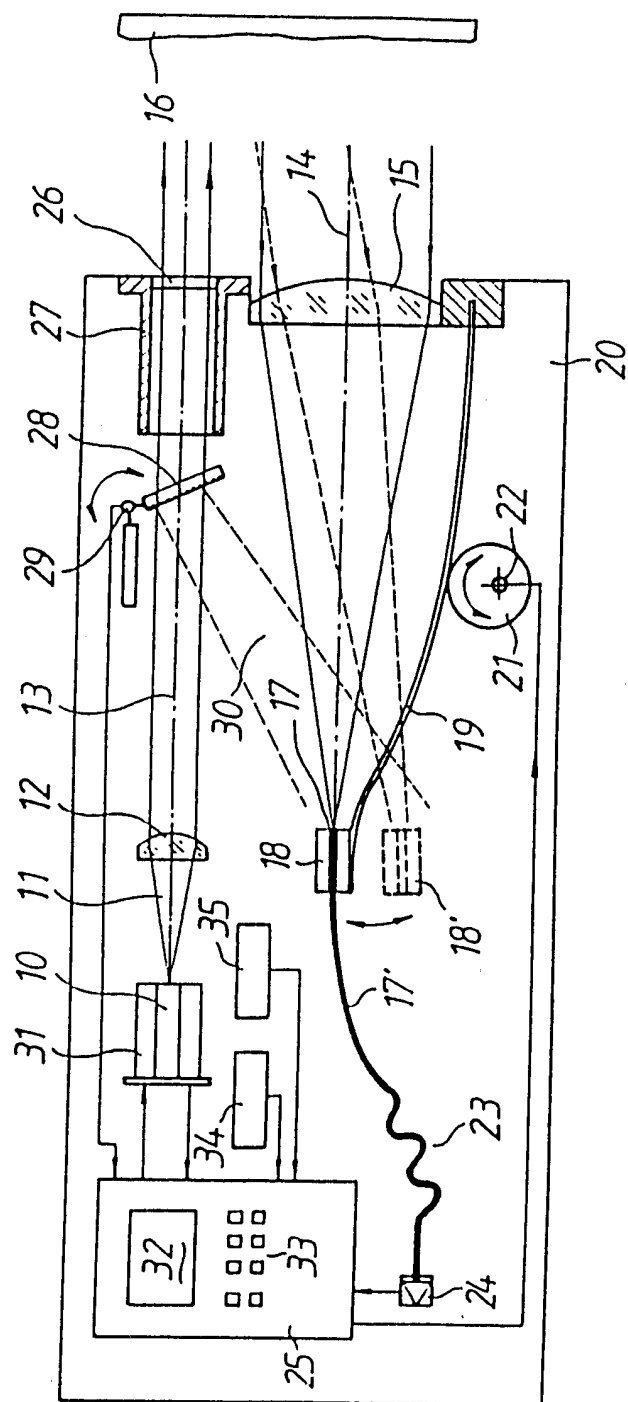


图 2

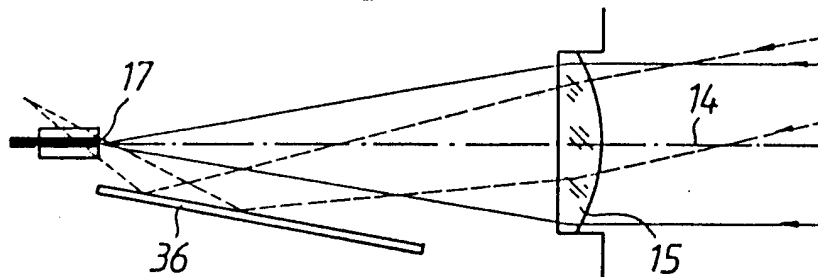


图 3

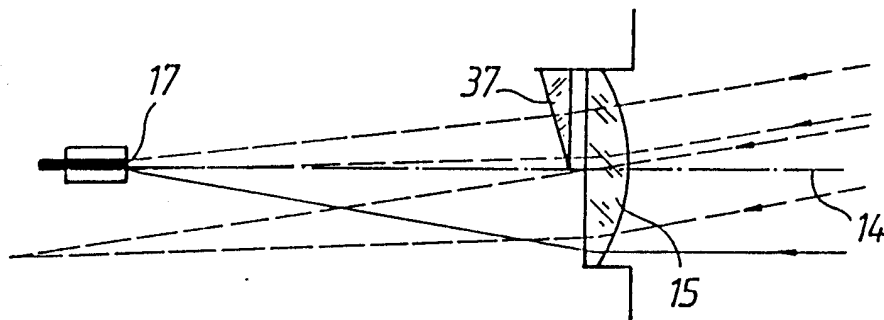


图 4

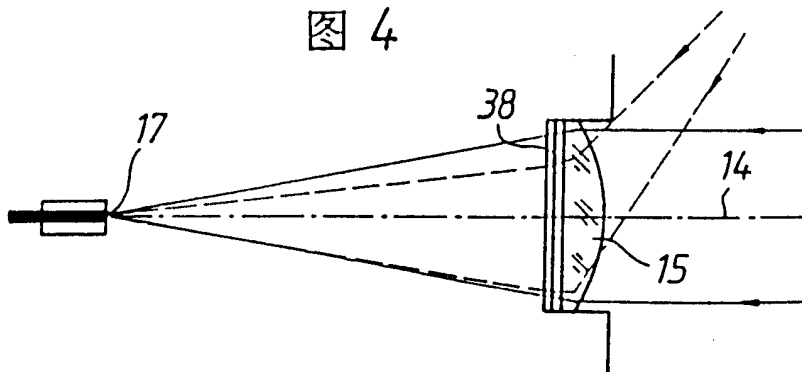


图 5

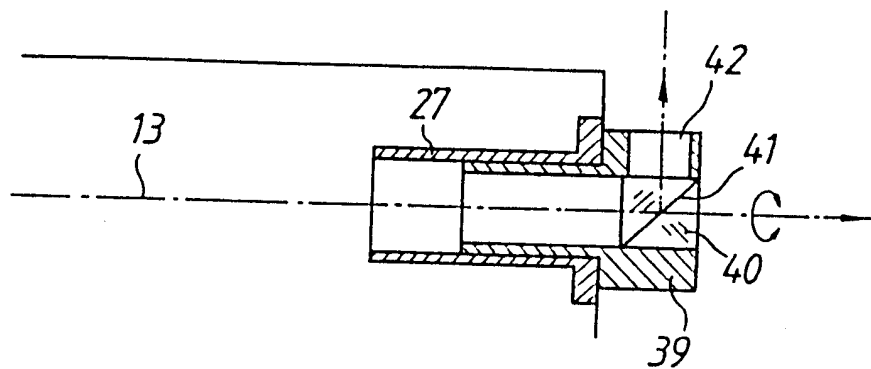


图 6

