

用于测量位移和距离的干涉仪

久保田俊博

京都工业大学摄影技术系, 京都市左京区Motsugasaki, 606, fopan

牧羊人奈良

Nippon Kougaku K.K., 1-6-3, Nishioi, Shinogawa-ku, Tokyo 140, fopan

吉野俊彦

东京都港区六本木7-22-1, 东京大学工业科学研究所, 邮编106。

1986年12月30日收到; 1987年2月5日接受

制作了一个简单的干涉仪, 用于测量相对位移和绝对距离, 它使用一个激光二极管。位移的符号通过A/8板检测, 而距离则通过调制激光二极管频率的调频雷达技术来测量。在几米范围内, 位移的测量精度为0.02微米, 距离的测量精度为100微米。

已经提出了许多通过光学技术测量相对位移或绝对距离的方法, 如使用干涉仪, 检测通过调制激光产生的信号束和参考束之间的相位差, 以及检测从物体上反射的脉冲光的时间延迟。

在测量位移精确到几米之内的情况下, 干涉测量法是最精确的方法。使用齐曼激光器的外差干涉仪在这方面是众所周知的, 但它是复杂和昂贵的。

在这封信中, 我们介绍了一个测量位移和距离的简单仪器, 其中使用了一个激光二极管和一个'1/8'板。通过使用'A/8'板, 位移及其方向被测量。另一方面, 利用激光二极管的工作频率对注入电流的依赖性, 通过调频雷达技术测量距离。来自激光二极管的线性偏振准直光束射向移动镜M, 其位移将被测量。一个偏振轴与入射光线的偏振方向成45°倾斜的'1/8板'被插入路径中。从C的前表面反射的参考光束和从M反射的信号光束之间发生干涉。从C的后表面的不需要的反射可以通过抗反射涂层或板的楔形来消除。信号光束在通过C的两个方向后变得圆极化, 在沿图中的正交极化分量和...1方向的正交极化分量之间产生了 $\pi/2$ 的相位差。和图1中的"1"方向产生相位差。这两束光被重新组合, 在具有相同偏振的成分之间产生干涉条纹。这些光束被一个偏振分光器PBS分割, 然后被一个光束反射出去。

分离器BS, 并由光电探测器PD1和PD2干涉条纹的强度与 $1 + \cos(\delta)$ 和 $1 + \sin(\delta)$ 成正比, 分别为I1和I2。

分, 其中 δ 是参考光束和物体光束之间的相位差。因此, 我们可以通过条纹计数法来确定M的位移的符号以及它的大小。IS是一个光隔离器, 防止C和M的反射光返回到激光二极管。

众所周知, 激光二极管的频率随着注入电流的变化而变化。激光二极管的这一特性已被用于距离测量, 如轮廓条纹的产生², 使用外差法的短距离测量³, 以及使用光反馈诱导的模式跳动进行测距⁴。激光二极管的频率由函数发生器调制, 并测量由参考光束和目标光束干扰产生的跳动频率。

测量的原理如图2所示。

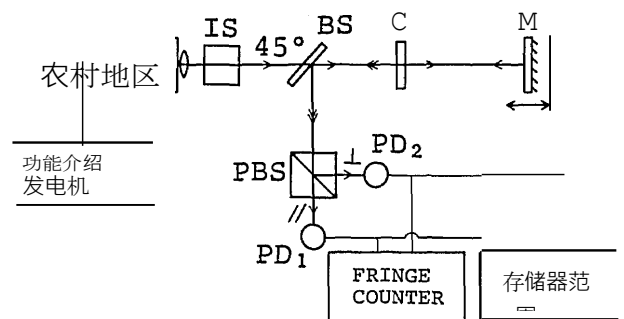


图1. 用于测量的干涉仪示意图
逐渐减少的位移和距离。

0416-9592/87/050310-03\$2.00/0

© 1987年, 美国光学学会

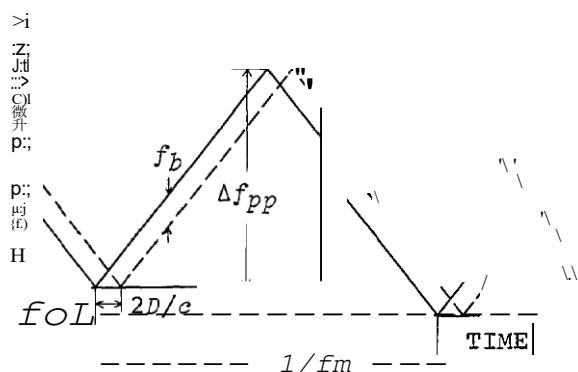
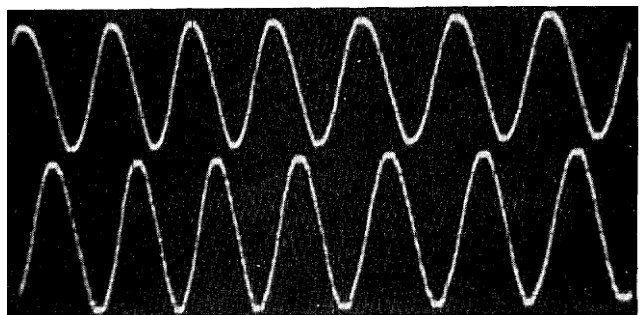
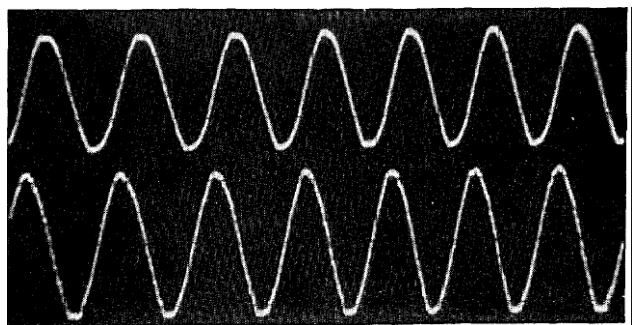


图2. 调频雷达系统的测量原理。



(a)



(b)

图3. 示波器上的干涉条纹痕迹。Mir Mis移动 (a) 到右边，(b) 到左边。

使用函数发生器对注入电流进行三角波调制（频率 f_m ，调制振幅 M_{pp} ）。当光路差 C 和 M 之间的距离为 D ，从 C 和 M 反射的两束光到达检测器（例如， PD_1 ）的时间延迟为 $2D/c$ （ c 为光速），它们相互干扰，产生节拍信号。跳动信号 b 的频率与 D 成正比，给出的是

$$D = [c / (4 \times M_{pp} \{m\})] f_b. \quad (1)$$

其中 x 是一个常数，代表激光频率对注入电流的依赖性。然后通过测量 b 来计算距离 D 。因此，绝对距离和相对位移都可以通过这个干涉仪来测量。

一些实验是用激光进行的二极管（Hitachi HL 7802E）在波长 $\lambda = 0.79$ 微米的单边模式下工作。典型情况

在图3和图4中显示。图3显示的是痕迹在示波器上显示的干涉条纹。

当 M 以恒定的速度移动时。(a) 和 (b) 与观察到的曲线相对应，当 M 被移动到分别为右侧和左侧。对于这两个的情况下，上部和下部的痕迹对应于 f 和 L 成分。从图3中可以清楚地看到，根据 M 的移动方向，干涉条纹彼此相位相差 $\pm \pi/2$ ，一个条纹对应于 $\lambda/2$ 的 D 变化。在一个典型的例子中，如果我们把最小的可检测的流苏数 $6.N$ 设定为 $1/20$ ，就有可能做到

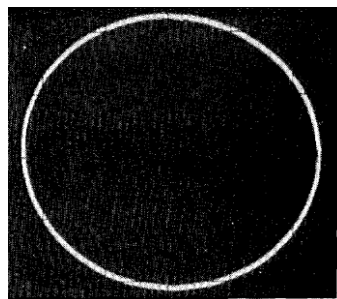


图4. 利萨茹斯的干涉条纹图。

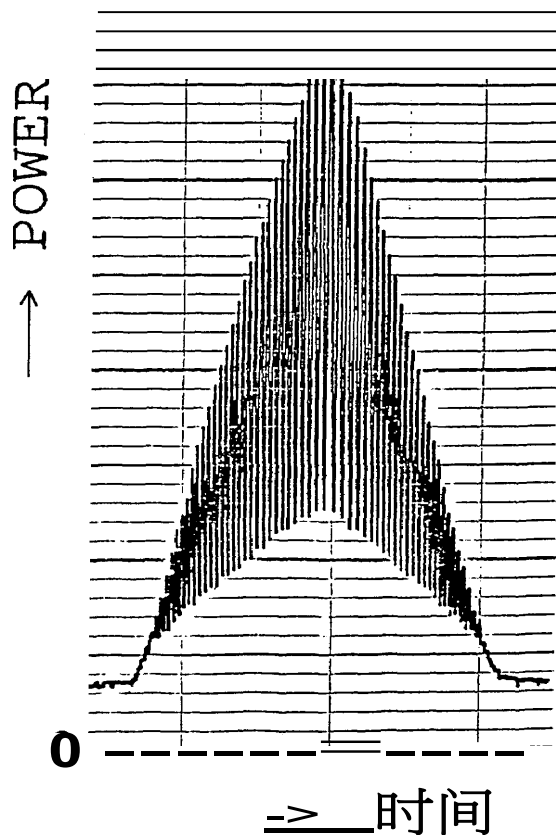
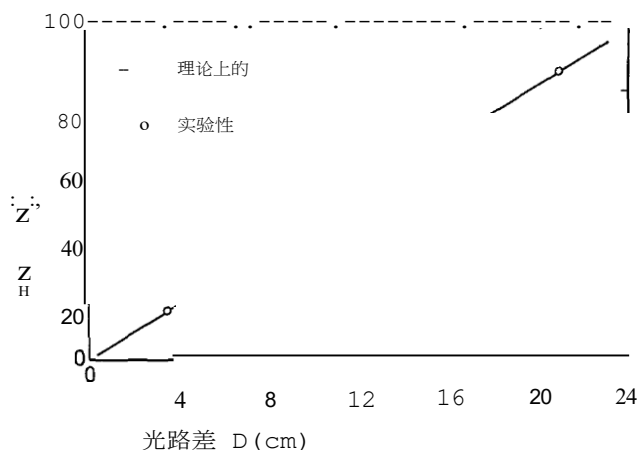


图5. 跳动信号的典型样本。 $f_m = 90$ Hz, $M_{pp} = 15$ 毫安，和 $D = 6$ 厘米。

图6. 穗数 N 与光路差 D 的关系。

检测位移变化的精度为 $X/40$ ，即 $0.02\mu\text{m}$ 。

图4显示了 M 移动时的干涉条纹的利萨茹图。根据 M 的运动方向，明亮的圆形曲线按顺时针或逆时针方向追踪，一圈对应于 $X/2$ 的位移。因此，位移的巨大变化可以通过使用流苏计数器计算净转数来确定。

接下来我们展示一下绝对距离测量的实验结果。图5显示了从 C 和 M 反射的两束光之间的节拍信号的一个典型例子。这个轨迹是通过存储节拍信号，使用存储范围，并在记录仪上绘制输出获得的。调制

频率 f_m 和振幅 M_{PP} 分别为90赫兹和

15

mA ，分别。激光二极管的频率随着注入电流的变化而线性变化，其速率为

变化 x 被测量为 $4.1\text{GHz}/\text{mA}$ 。跳动信号的条纹数 N

($=\{b/2, m\}$) 与光路差 D 之间的关系如图所示

图6。 N 和 D 之间有很好的线性关系。

D 也是通过测量节拍信号的一个条纹的变化所需的时间来获得的。最小可探测距离 W 给定为

$$W = cAN/2f \cdot 4PP' \quad (2)$$

其中 $A_{pp} = xA_{ipp}$ 。如果我们再次设定 $AN =$

$1/20$ ，则 W 约为100微米。

"位移测量的动态范围取

决于相干长度

的激光二极管。在目前的情况下，可测量的绝对距离是几米。

当在分光器 BS 和图1所示的 $X/8$ 板 C 之间插入一根保持偏振的光纤时，通过改进的使用光纤的远程干涉仪的操作方法，可以远程测量相对位置和绝对距离。

参考文献

1. T. Yoshino和M. Nara, 在激光和电光会议摘要(美国光学学会, 华盛顿特区, 1984), 论文ThA6。
2. M. Yonemura, Opt. Lett. **10**, 1 (1985).
3. H. Kikuta, K. Iwata, and R. Nagata, Appl. Opt. **25**, 2976 (1986).
4. G. Beheim和K. Fritsch, Appl. Opt. **25**, 1439 (1986).
5. T. Kubota, T. Yoshino,和T. Ose, Opt. Lett. **9**, 31 (1984).