

Bull. Am. Phys. Soc., **8**, p. 372, April 1963.

- [2] S. E. Schwarz, "Scattering of Optical Pulses From a Nonequilibrium Plasma," *Proc. IEEE* (Correspondance), **51**, P. 1362, October 1963.
- [3] D. J. Rose, L. M. Lidsky, and E. Thompson, "Radiation Enhancement in an Optical Thomson-Scattering Experiment," *Bull. Am. Phys. Soc.*, **9**, p. 323, March 1964; See also: Quarterly Progress Report, Research Lab. of Elec., M. I. T., No. 74, p. 64, 1964.
- [4] Session Q, 6th Annual Meeting of Plasma Phys. Div., *Bull. Am. Phys. Soc.*, **10**, p. 226~228, February 1965.
- [5] H. A. H. Boot, S. A. Self, and R. B. R-Shersby-Harvie, "Containment of a Fully Ionized Plasma by Radio-Frequency Fields," *J. Electronics and Control*, **4**, p. 434~453, May 1958.

顏紹知 譯自 *Proc. IEEE*, 1965, **53**, №8, 1145~1146

測量地壳应变的激光干涉仪

V. 維利 R. S. 克罗格斯特德 R. W. 莫斯

导 言

观察陆潮成了研究地球弹性的工具^[1]。测量地震之后横过断层地带（在某些地段有几哩宽）的应变率和地球的振动是很有意思的事情。有几种获得地球应变数据的方法；其中最有效的是别尼俄夫(Benioff)的石英应变计和萨塞(Sassa)^[2]的伸长计。但当测量还不超过 20~30 米的距离上的应变时，这些方法就已经受到限制。而激光干涉仪，除具备了其他很多优点外，尚不受这种限制。这种仪器的精度仅为激光辐射的频率稳定性所限。10¹⁰ 分之一的长期稳定性不难达到，而 10¹⁴ 分之几的短期稳定性则已经观察到了^[3]。这意味着可在 1 公里的距离上测量 10⁻⁵ 的长期距离改变。

将激光干涉仪作为线性地球物理应变计是以下一事实为根据的：可使窄频带的相干长度很长。其值由下式确定^[4]：

$$\Delta l = c / \Delta \nu, \quad (1)$$

其中 c 是光速而 $\Delta \nu$ 是所用的谱线的频率范围。在实际感兴趣的情况下，短期稳定性（即 $\Delta \nu$ ）为每秒几周，因此可使有效相干距离长达 10⁵ 公里。与普通的技术相比，激光干涉仪的明显优点是与温度无关。虽然别尼俄夫和萨塞的方法使用了膨胀系数很低的材料，但为了扣除热影响，仍然需要知道整个长度上的温度分布情况。此外，适当安置干涉仪的反射镜，也很容易除去振荡的正常波型。并且，由于惯性影响很小，故频率响应仅仅是电子学读出系统的函数。

大体上说来，测量距离的改变就变成了确定干涉条纹的位置。

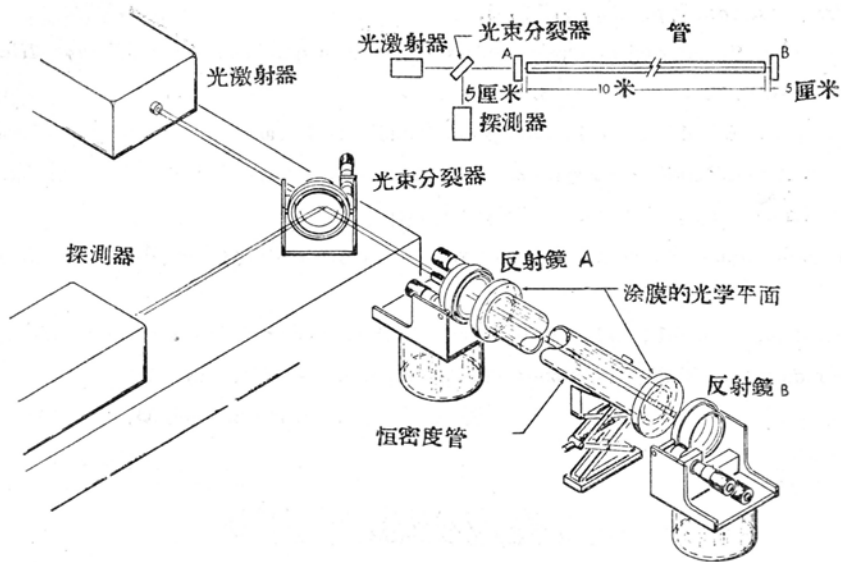


图 1 激光干涉仪的结构

干 涉 仪

激光干涉仪的设计经过了特殊考虑，即要能除去大气压力和骚动的影响，且易于操作。这种仪器的基本结构示于图 1。它包括稳定的光激光器、光束分裂器、干涉仪反射镜 A 和 B、恒密度管和探测器。镜 A 的反射率为 40%，B 为 100%，后者是曲率半径为 10 米的凹面镜。在本实验中，A 和 B 间的距离为 10 米。反射镜和光束分裂器都装在有两个角自由度的测微器常平架中。光激光器、光束分裂器、条纹聚焦系统和探测器装在可调的钢质底座上，但光激光器的位置也能独立调节。

这样结构的仪器的所有可动部分都靠近干涉仪的一端。当干涉仪的臂长到 100 米或更长时，这是不可少的条件。虽然迈克耳逊干涉仪的结构与压力波动无关，但由于对大气骚动很敏感，因此也放弃不用。直径 5 厘米的、抽空了的魏克 (Vycor) 玻璃管造成了一条恒密度路径^[1]，管的两端面都是光学平面，并涂以波长为 6,328 埃的增透膜。恒密度管两端面与干涉仪两面反射镜之间的总距离小于 1 厘米。

将光谱物理学公司 119 型 He-Ne 光激光器作为恒定频率 (波长 = 6,328 埃) 的辐射源。这种光激光器的短期稳定性 (由干涉花样的性质估计出) 比 $3/10^{10}$ 好。

探 测 器

当在每一面镜子上只反射一次时，干涉花样的强度变化是正弦式的^[5]：

$$I = I_1 + I_2 + 2(I_1 I_2)^{1/2} \cos \theta, \quad (2)$$

式中 I_1 和 I_2 分别是由镜 A 和镜 B 反射回来的强度， θ 是相角：

$$\theta = 2\pi n x / \lambda_0, \quad (3)$$

式中 λ_0 是真空中激光波长， n 是折射系数，而 x 是几何路程。在这种情况下， x 是从任一

点算起的、鏡 A 和 B 之间的距离改变。

曾考虑并使用了几种读出系统。第一种是简单的惠斯通电桥线路，它的两个可变电阻器是放在干涉花样上的两个光电导体，其间的位相区分为 180° 。但由于每当波长移动时总有两个模糊点，因此分析输出有困难。第二种系统如图 2 所示，本文报导的实验结果便是由它得

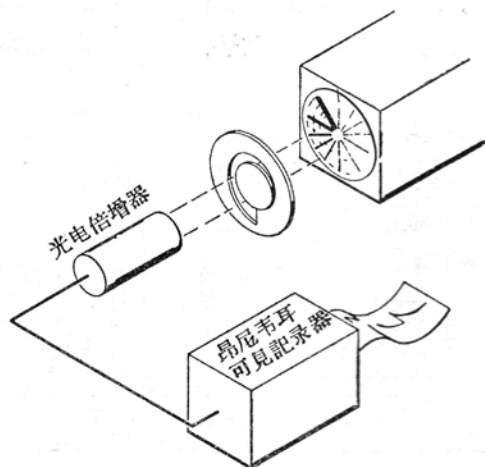
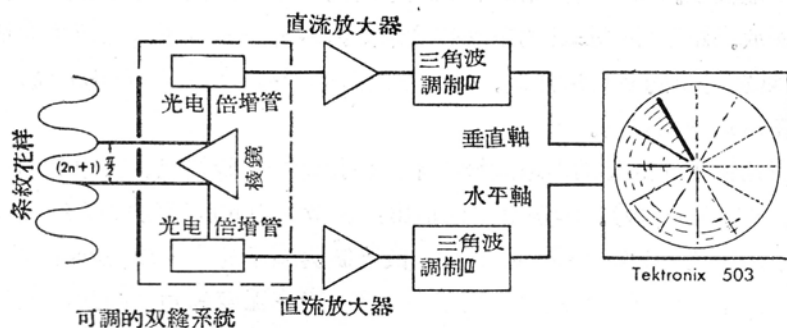


图 2 干涉仪探测器和记录装置。

到的。该系统使用了两只以 90° 相区分置于条纹花样上的光电倍增管。这样，由方程(3)可知，一个输出对应于 $\cos\theta$ ，而另一输出对应于 $\cos(\theta \pm 90^\circ)$ 。如果将其中一个讯号加在示波器的水平轴上，而另一加在垂直轴上，则轨迹是一个圆形的利萨如图。每绕一圈便表示移动了一根条纹。光激光器功率的波动虽不会影响 θ ，但却会稍许改变圆的半径。因此，对每一输入都作三角波振幅调制，这样，示波器图形便变成一根在荧光屏上不断扫圈的辐射线。辐射线的角位置(角 θ) 由光电倍增器记录，而倍增器是通过沿轴向安置的螺旋形蔽光片对准示波器荧光屏的。这样安排之后，很容易分辨出小于 $1/100$ 根条纹的位移，而模糊点不复存在。这讯号连同地震计输出一起记录在杭尼韦耳 (Honeywell) 可见记录器上。虽然这种系统的频率响应很好，但多少表现出几分长期漂移。故在以后的多数测量过程中，将使用锁在相干最小值的伺服读出装置。

实验结果

已在某些典型条件下利用干涉仪进行了观察。

干涉仪安置在华盛顿州西雅图一座大楼的底层混凝土地板上，而混凝土是直接浇灌在坚硬的沙石床岩上的。常平架装在直径 8.9 厘米、长 15 厘米的玻璃筒上，而后者又用环氧树脂粘合在混凝土地板上。反射镜支架的共振频率约为 1 千周，故对结果无影响。干涉仪的长臂沿东西方向安放。距干涉仪长臂的东端约 2 米处，装有一台地平式东西方向地震计。每当观测干涉仪时，地震计也同时记录曲线。地平地震计的低截止频率约为 0.1 周/秒。室温维持恒定，其变化在摄氏一度以内。

图 3 表示在比较平静的时期内地震计与干涉仪记录的比较情况。其中表示出某些局部的大地振动（频率约为 3 周/秒）。地震计记录指出，由微震引起的平均位移约为 7.5×10^{-5} 厘米。坚硬岩石中的声速约为 5×10^5 厘米/秒。故当微震频率为 0.3 周/秒时，波长为 2×10^6 厘米。这意味着，干涉仪臂在地震波上张了一个 3×10^{-3} 弧度的角。因此，干涉仪反射镜的相对位移应该是 2×10^{-7} 厘米。这与观察到的结果最多不过差一个因子 1.5，而这一因子在地震计的校正极限以内。图 4 表示一种典型的讯号。此时仪器经过调节，其灵敏度比图 3 的

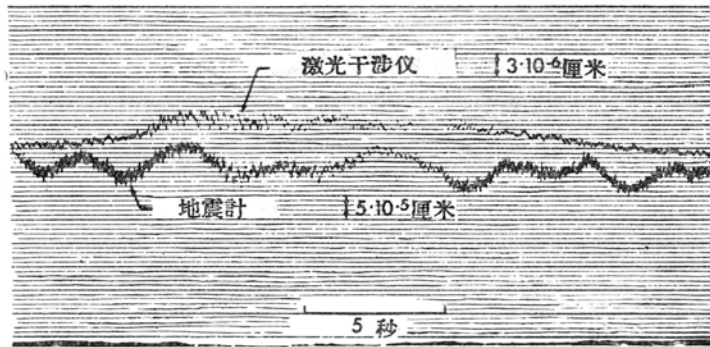


图 3 地壳平静期间激光干涉仪和地震计记录的比较。

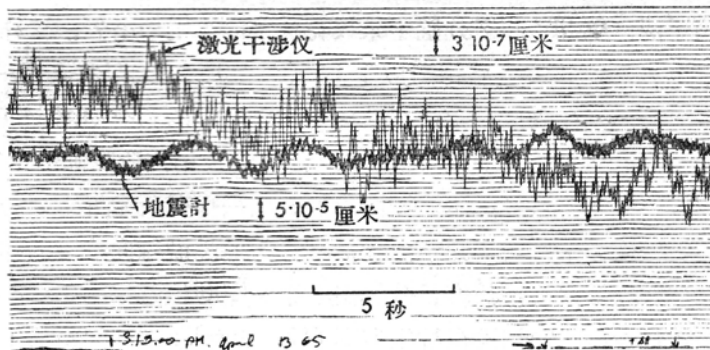


图 4 地壳平静期间激光干涉仪和地震计记录的比较。
此时仪器的灵敏度比图 3 的高 10 倍。

高 10 倍左右。图 5 比较了 1965 年 4 月 17 日下午 10 时 35 分 (太平洋标准时间) 阿拉斯加地震之后记录下来的讯号。

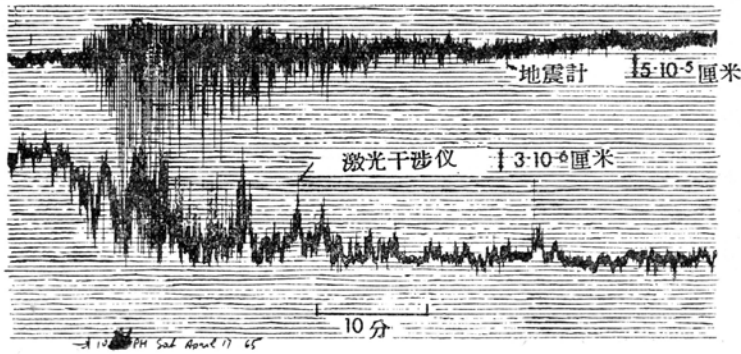


图 5 1965 年 4 月 17 日阿拉斯加地震之后激光干涉仪和地震计的记录。

目前正将本实验中所用的技术应用到臂长 100 米的干涉仪上。由于现有的光激光器有足够的相干长度，因此唯一需要修改的是将曲率半径 10 米的反射镜换为 100 米的。故这种仪器除具有能跨过更大距离的优点外，还有另一个天生的优点，即其灵敏度比本文所述的高一个数量级。

参 考 文 献

- [1] V. Vali, R. S. Krogstad, and W. Vali, *Proc. IEEE*, **52**, 854 (1964).
- [2] R. Tomaschek in *Encyclopedia of Physics*, edited by S. Flügge (Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1957), Vol. 48, p. 815.
- [3] T. S. Jaseja, A. Javan, and C. H. Townes, *Phys. Rev. Letters*, **10**, 165 (1963).
- [4] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics* (Pergamon Press, Inc., New York, 1959), p. 318.
- [5] See Ref. 4, p. 256.

顏紹知 譯自 *Rev. Scient. Instrum.*, 1965, **36**, №9, 1352~1355

激光在天然的透明金剛石中引起的損壞

P. 怀特門 G. W. 威耳森

前一报导^[1]描述了激光在光学透明材料——诸如玻璃、碱金属的卤化物、CaF₂、MgO、青玉和水晶——中引起的损坏；本文报导在天然的透明金剛石中观察到的这种效应。用焦距 5 厘米的透鏡将隐花青 Q 开关红宝石发出的 6,943 埃、0.3 焦耳、10 兆瓦的强脉冲辐射聚焦在样品的抛光表面上。样品的线度远小于透鏡的焦距，因此在整个样品表面上，入射的功率密度能保持 10⁹ 瓦/厘米²的常数值。前表面上的损坏可由明显的黑色碳质灼斑看出(图 1)，这表明已得到了高的表面温度。而后表面的损坏可由大面积的碎裂看出(图 2)。由于切开金