

散斑法测量振动的液晶实时显示

陈军 龙槐生

(浙江大学光学仪器系)

一、概 述

1980年 Takemori^[1] 利用液晶光阀作散斑测振的实时显示, 其装置如图1所示。用氩

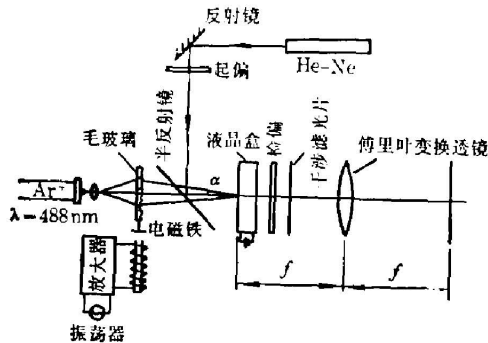


图1 利用液晶光阀作散斑测振实时显示的装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of real-time display of speckle vibration measurement with liquid crystal valve

离子激光作入射光, 扩束后辐照在毛玻璃上, 使毛玻璃作面内振动, 在其后方空间形成的散斑也作相应的振动。由于液晶光阀的时间积分性质, 它记录了时间平均散斑花样, 其作用就象全息底片一样。用准直的平面偏振 He-Ne 激光同时照明光阀, 就可以实时地对散斑图作傅里叶变换, 在傅里叶透镜的后焦面上得到贝塞尔条纹^[2]。

本文在此基础上, 从实际应用出发对前述装置作如下改进。

(1) 为了便于应用, 用普通白光代替氩离子激光作入射光。此时把透射振动体改用一般的铝板, 以适用于更为普遍的非透射体振动情况。按常用的白光散斑法^[3], 在铝板上贴玻璃

微珠纸。用照相物镜把物体成象在液晶盒的光导层上。这样液晶盒记录了白光散斑, 再用 He-Ne 激光作参考光照射, 得到振动散斑的傅里叶变换图。

(2) 由于硒光导液晶盒本身只透射红光, 且白光散斑图在液晶光阀上成的象光强很弱, 故不用干涉滤光片对实验结果无影响。

二、原 理

液晶光阀结构如图2所示。在与液晶接触的硒光导和透明电极的表面上蒸镀了一层氧化硅层, 使造成细微的平行沟槽。然后使二面的沟槽互成 90° , 注入液晶后, 盒内液晶分子也被逐渐扭转了 90° , 如图2所示。其中短线表示液晶分子在线面上顺短线方向, 小点表示液晶分子垂直于纸面。当线偏振光偏振方向平行于入射面上液晶分子排列时, 通过液晶盒后偏振方向也发生了 90° 旋转。

当入射光(Ar^+ 激光)照在光导层上时,光导层上光强较大的部分电阻率明显减小,所以它的电压降减小,而使相应部分的液晶上具有较大的电压降。在大电场作用下,液晶分子由平行于表面方向被拉成顺着电场的方向(靠近氧化硅层沟槽的部分例外)。这时线偏振光通过液晶后不改变偏振方向^[3]。因此,入射光(Ar^+ 激光)的光强分布经光导层后变成在液晶上的电压分布,使液晶分子旋转方向随之不同。参考光($He-Ne$ 激光)经过液晶后就有相应的偏振方向的不同分布。因此,光阀的作用就是一张不同冲洗的散斑图。利用它可以实时地对面内振动进行测试,得到贝塞尔条纹。

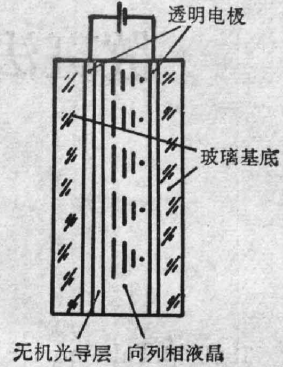


图2 液晶光阀结构示意图
Fig. 2 Schematic diagram of liquid crystal valve configuration

三、实验装置及结果

实验装置如图3所示,用电影放映灯照明物体。在物体表面上贴有玻璃微珠纸以造成“白光散斑”。照相物镜把微珠成象在液晶光阀的光导层上。液晶盒的方向应放置得使其前表面分子排列方向与起偏器允许通过的偏振方向一致,而检偏器则与起偏器平行,如图4所示。当没有入射光(Ar^+ 激光)时,

由于光导层对参考光(6328 \AA)的响应极低,参考光几乎不改变光导层的电阻率,故液晶仍保持原有状态。这时通过检偏器的参考光光强应接近为零。

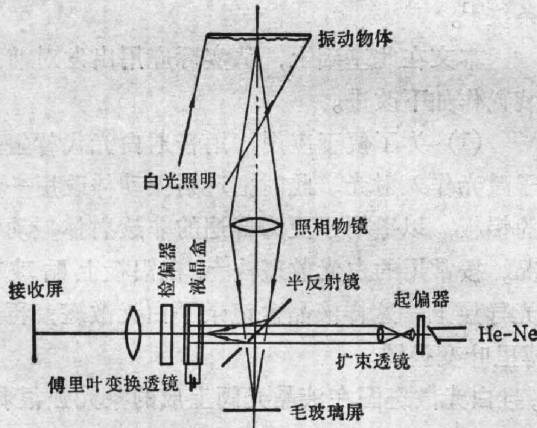


图3 白光散斑测振的液晶实时显示装置
Fig. 3 Liquid-crystal real-time display arrangement for white light speckle vibration measurement

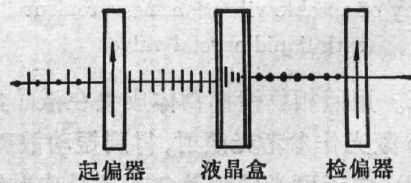


图4 液晶盒与检偏器放置位置
Fig. 4 Position of liquid-crystal cell and analyzer

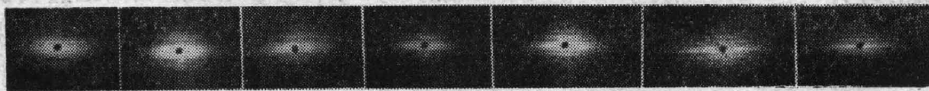


图5 用液晶盒作白光散斑振动实时显示的贝塞尔条纹($g=9.8 \text{ m/sec}^2$)
Fig. 5 Real-time displayed Bessel fringes of white light speckle vibration measurement with liquid-crystal cell ($g=9.8 \text{ m/sec}^2$)

表 1 用液晶显示的振幅计算值与用加速度计测量后的计算值之比较

Table 1 Comparison of the calculated value from liquid-crystal displayed amplitude with the calculated value from accelerometer measurement

实验序号	加速度计测量值 $a_n(g=9.8\text{ m/sec}^2)$	被测条纹级次 $\pm N$	K_N	$\pm N$ 级暗纹间距 为 $2u_{yN}$ (mm)	计算的振幅 值 $\eta_{\text{计}}(\mu)$	加速度计测得的振幅值 $\eta_{\text{测}}(\mu)$	$\frac{\eta_{\text{测}} - \eta_{\text{计}}}{\eta_{\text{测}}}$ (%)
1	3	1	2.4048	$2u_{y1}=6.600$	196.56	206.86	4.98
2	4	1	2.4048	$2u_{y1}=4.840$	263.04	275.82	2.81
3	5	2	5.5021	$2u_{y2}=8.330$	356.32	351.67	1.32
4	6	1	2.4048	$2u_{y1}=3.155$	411.19	413.73	0.62
5	7	2	5.5021	$2u_{y2}=6.106$	481.84	482.68	0.17
6	8	3	8.6537	$2u_{y3}=8.500$	549.20	551.64	0.44
7	9	2	5.5021	$2u_{y2}=4.800$	620.59	618.37	0.36

当振动散斑成象在光导层上时, 光强分布就转换为加在液晶上的电压分布, 使得液晶分子

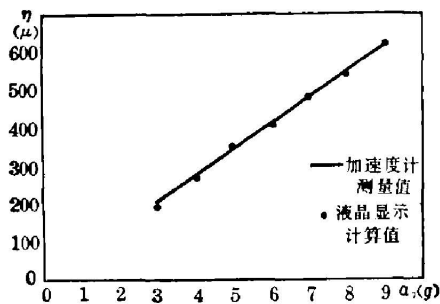


图 6 用液晶显示的振幅计算值与用加速度计测量后的计算值比较

Fig. 6 Comparison of the calculated value from liquid-crystal displayed amplitude with the calculated value from accelerometer measurement

子旋转角度在不同光强处各不相同。参考光 (He-Ne 激光) 经过液晶盒后在各个部分的偏振方向也各不相同, 经检偏器后, 其光强分布与散斑图相对应。通过傅里叶透镜后, 得到振动散斑图的傅里叶变换, 即在傅里叶透镜后焦面上得到贝塞尔条纹^[4], 此条纹的去向与物体振动方向垂直。

图 5 表示白光散斑测振的实时显示实验结果。物体安置在 Y-512-1/2F 型标准振动台上, 使它作面内振动, 振动频率为 60 Hz。照相物镜把物成象在液晶盒的光导层上。放大率 $M=242.1525$, 傅里叶变换透镜焦距 $f_1=425\text{ mm}$ 。用加速度计测得 $a_n(g)$ 值, 并由加速度峰值与振幅峰值关系可求得

$$\eta_{\text{理}} = a_n(g) / \omega^2 = a_n / (2\pi\nu)^2, \quad (1)$$

式中 ν 为物体振动频率。

物方振幅的理论值 $\eta_{\text{理}}$ 可通过公式^[4]

$$\eta_{\text{理}} = \frac{K_N \lambda f_1}{2\pi u_{yN}} \frac{L}{L'} = \frac{K_N \lambda f_1}{2\pi u_{yN} M} \quad (2)$$

计算求出。

由计算结果与用液晶显示测量的振幅和用加速度计测量求得值(分别列于表 1 和图 6 中)符合得很好。

四、参数选择及影响

当用白光散斑作液晶显示时,除了白光散斑照相中讨论过的参数影响,如照相物镜的孔径、放大倍数、微珠尺寸等参数的选择外,还应考虑以下两参数:

(1) 液晶光阀的工作电压

由多次实验知道,在白光信号下,光阀在 3 V 电压时开始打开,即处于工作状态。实验表明,当加 3.6 V 电压时条纹最清晰,而电压再高,背景噪音增大,造成条纹模糊。图 5 即为 $V = 3.6 \text{ V}$ 时得到的条纹。

(2) 液晶盒的分辨率

液晶盒的分辨率直接影响到衍射晕的大小,因而也影响到再现条纹的长度及可观察到的级数。应当根据光阀可分辨的线数来选择散斑尺寸。

图 5 实验中所用的液晶盒的分辨率约为 36 line pair/mm,故可分辨的微珠衍射斑最小尺寸为 27μ 。对于直径为 100μ 的玻璃微珠,按实验时放大倍数及 f 数算得象面上衍射象直径为 24.5μ ,因此对直径为 $100 \sim 200 \mu$ 的微珠,经系统成象后的微珠衍射斑,液晶盒是可以分辨的,并算得傅里叶平面上衍射晕半径约为 12 mm。

五、结 束 语

用散斑法测量振动有许多优点。但由于要使用全息底片,给测量过程带来了许多麻烦。若能实现实时显示,将对散斑测量法起很大的推动作用,使之更具有实用意义。我们通过实验表明,由于光导层对参考光(He-Ne 激光)与入射光(Ar^+ 激光)的响应极为不同,故可以用二束不同波长的光同时记录散斑图及作傅里叶变换。结果表明用液晶盒作散斑测振的实时显示元件是可行的,但由于液晶盒尚在试制阶段,光阀易疲劳。图 5 的照片是在液晶盒加电压后短时间内得到的。这时条纹比较清晰,但时间稍长,高级次条纹就模糊。若能提高液晶盒的质量,它将在散斑测振中成为有效的实时器件。

本实验所用的液晶光阀是由上海有机化学研究所提供的,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Tamiki Takemort; *Opt. Commun.*, 1980, **32**, No. 1 (Jan), 24.
- [2] F. P. Chiang, A. Asund; *Appl. Opt.*, 1979, **18**, No. 4 (15 Feb), 409.
- [3] Aaron D. Gara; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, No. 23 (1 Dec), 3696.
- [4] E. Archbold, J. M. Burch *et al.*; *Opt. Acta*, 1970, **17**, No. 12 (Dec), 883.

Real-time display of the speckle vibration measurement with liquid-crystal

CHEN JUN AND LONG HUAISHENG

(Zhejiang University, Department of Optical Instrument, Hangzhou)

(Received 9 April 1982, revised 18 October 1982)

Abstract

Principle and arrangement for real-time display of in-plane vibration by speckle method with the aid of liquid-crystal valve is presented. White light is used as the writing beam and He-Ne laser as the reading beam. The preliminary experimental results are given. The amplitude calculated from the real-time displayed Bessel fringes is in good agreement with the actual one.