

改进了的检测表面声场用激光探针

张淑仪 陆钟楠

(南京大学声学研究所)

1981年10月24日收到

激光探针是检测表面声场分布情况的重要工具,我们对过去建立的简单激光探针装置做了一些改进,提高了灵敏度和信噪比,因而使检测更精确而使用更为方便。

当激光束入射于基片表面传播的声场时,由于声光相互作用,使反射或透射光束产生衍射现象。对于瑞利表面波的情况,通常使用反射式激光探针。根据 Raman-Nath 理论,在声波强度较小时,只出现 ± 1 级衍射光,如图 1 所示,

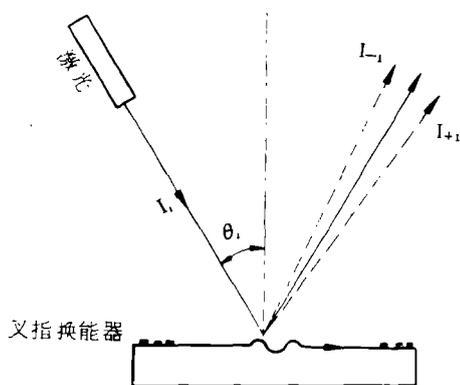


图 1 表面声波引起光衍射现象

并且有

$$I_{\pm 1} \doteq R^2 I_i \left(\frac{k_i^2 \cos^2 \theta_i P}{P_R W} \right) \quad (1)$$

式中 $I_{\pm 1}$ —— ± 1 级衍射光强,

I_i ——入射光强,

R ——基片表面反射系数,

k_i ——入射光波数,

k ——声波波数,

θ_i ——入射光的入射角度,

P ——表面声波的声功率,

W ——叉指换能器的孔径,

P_R ——决定于材料特性的常数,

如果以表面振动的振幅 δ 来表示,则有

$$I_{\pm 1} \doteq R^2 I_i k_i^2 \cos^2 \theta_i \delta^2 \quad (2)$$

当直径比较小的激光束在样品表面横截声束扫描时,测量 ± 1 级衍射光强的变化,即可测出声场强度的分布情况,此即为激光探针。

激光探针是检测表面声场分布情况的重要工具,近年来激光探针技术不断有所发展^[1],我们参照 [1] 对以前建立的简单激光探针装置^[2] 做了一些改进,测量方框图如图 2 所示。主要的改进措施为:

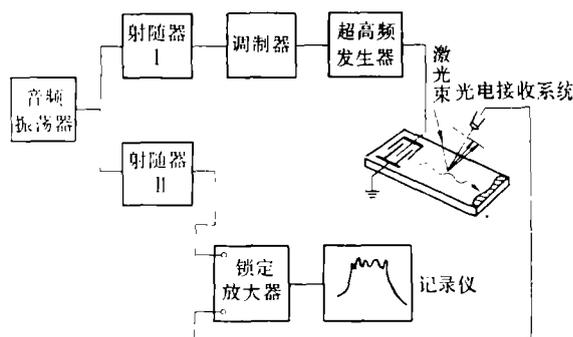


图 2 实验装置方框图

一、光学系统:

为了使测量结果稳定可靠,采用稳功率 He-Ne 激光器,输出功率约为 0.7 mW。光束经透镜系统会聚后直径约为 0.1 mm 入射于基片表面,光点直径相当于 Y-Z LiNbO₃ 表面的瑞利波在 60 MHz 时波长的 2 倍左右。由于光点较小,因而能描绘出声场剖面的详细分布情况。

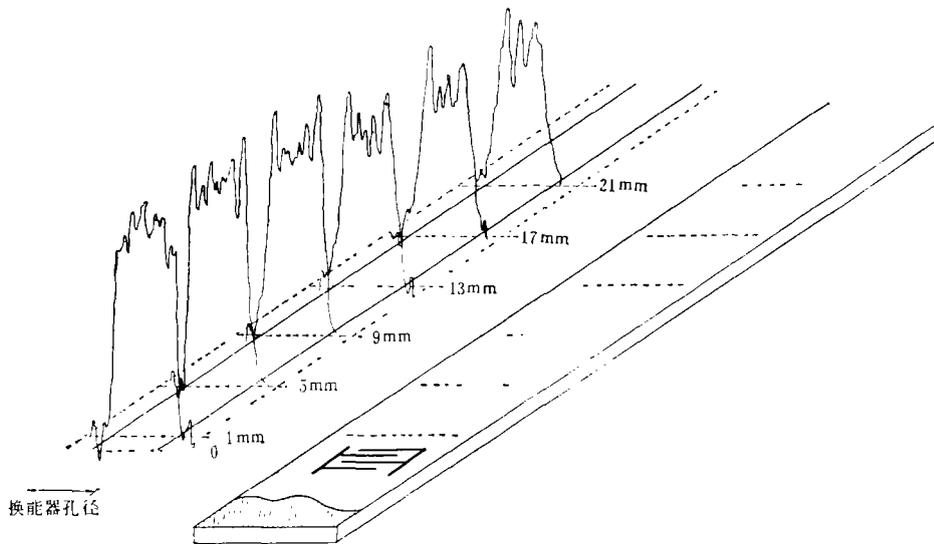


图3 表面声场能量剖面图

二、电路系统:

为了提高接收信号的信噪比,将发射的表面声波用 1500 Hz 的音频信号加以调制,由光电倍增管接收 +1 级或 -1 级衍射光输出电信号经锁定放大器放大后再输入至记录仪记录。由于锁定放大器由同一音频振荡器提供 1500 Hz 的参考信号,它只对与参考信号同频率同相位的信号有最大的放大倍数,因此只放大有关系的信号,而对无规噪音起抑制作用,大大提高了整个系统的信噪比和灵敏度。因此具有以下几方面优点:

1. 激光器输出功率可减低,光点易于聚细。
2. 对可能测量的声波功率的最低极限值降低,因而对超高频发生器的输出功率、基片材料的机电耦合系数以及叉指换能器的换能效率等要求降低。
3. 测量结果受样品表面加工处理及清洁程度的影响减小。

因此使检测更精确,使用更为方便。

根据这样的装置,对光刻在不同基片上的几种不同叉指换能器激发的声场进行了测量。图 3 曲线表示中心频率 $f=60$ MHz、叉指孔径 $W=3$ mm、指对数为 4 对的叉指换能器光刻在 127.86° 旋转 Y 切割 LiNbO_3 基片表面沿 X 一

方向激发声场的分布情况,此时声波波长 $\lambda \approx 67 \mu\text{m}$,换能器孔径 $W \approx 45\lambda$ 。由图 3 曲线可看出声场分布随传播距离而改变的情况。

根据上述测量,再将换能器的各参量代入公式 (1) 和 (2),并借用 Stegeman^[1] 对于 Y-Z LiNbO_3 的参数 $P_R = 0.5 \times 10^{11}$ Watts/cm²,估计本装置可检测表面声功率为 mw 数量级,相当于表面声振幅为 \AA 数量级。与参考资料 [2] 相比,灵敏度提高 3 倍以上,信噪比提高 15 dB 以上。与光外差法^[3] 所能达到的灵敏度具有相同的数量级,但本装置比较简单、易于实现。目前正用来对各种形式叉指换能器激发的表面声场以及各种声波导效应进行测量和研究。作为暗场法的补充和佐证,为表面声波传播规律的研究和器件的设计提供有价值的资料。

以上工作得到南京大学声学研究所的同志们的支持和帮助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] G. I. Stegeman. *IEEE Trans.*, **SU-23**(1976), 33.
- [2] 张淑仪等,南京大学学报(自然科学版), 第二册(1978), 31.
- [3] R. L. Whitman and A. Korpel, *Appl. Opt.* **8**(1969), 1567.