

# 便携式激光远程语音监听装置设计

黄 贞 吴林富

(湛江师范学院物理科学与技术学院, 广东 湛江 524048)

**摘要** 将半导体激光器输出光照射到带有振源信息的受迫振动玻璃表面,经玻璃表面反射的光携带有振源的信息。反射光由光电二极管采集并转换为电信号,再经功放放大后,直接送喇叭输出,达到了将振源声音还原的目的,实现了对远程语音的监听。同时还设计了基于声卡采集和 LabVIEW 软件的信号分析系统并进行了测试。测试结果表明,本装置可以较好的对模拟房间内的语音信号进行远程监听,最远监听距离可达 50.7 m,具有灵敏度高、操作简单、制作成本低廉等优点。

**关键词** 测量;远程语音监听;LabVIEW;声卡

**中图分类号** O439 **文献标识码** A **doi:** 10.3788/LOP49.121206

## Laser Remote Voice Detection System

Huang Zhen Wu Linfu

(Physical Science and Technology School, Zhanjiang Normal University,  
Zhanjiang, Guangdong 524048, China)

**Abstract** A remote voice detection system is designed. Laser output light is focused on the surface of the forced vibrated glass nearby the sound source, and the reflected light, carrying the information of the sound source, is converted to electrical signals by the photodiode. The signal is amplified and sent directly to a speaker to obtain the remote voice detection. A computer sound card which is the essential part of the apparatus because it processes signals from the photodiode is designed. Signals analysis system is also designed based on LabVIEW software. Testing results show that the system can detect the voice signal from an analog room in a distance of 50.7 m with high sensitivity. This design is simple operation, low manufacture cost.

**Key words** measurement; remote voice detection; LabVIEW; sound card

**OCIS codes** 120.0280; 120.7280; 250.5960

## 1 引 言

语言是信息传递一种直接、有效、可信的方式,到目前为止,还没有一种工具能取代其在传输信息领域的独特性,对被关注对象的谈话进行监听是人们获取各种情报的重要来源。激光监听基本原理是将一束激光打在监听目标周围容易受声压作用产生振动的物体上,然后在其光束反射的方向上接收振动信号,并对信号进行解调达到声音还原<sup>[1]</sup>。该技术经过多年的发展,渐渐转入了实际应用。罗海俊等<sup>[2]</sup>介绍了激光监听的基本原理,并提出了激光监听的实现方案,实验取得较好的效果。Shang 等<sup>[3]</sup>提出了利用激光多普勒振动测量仪进行远程语音信号采集的方法,进行了实验探索。甯青松等<sup>[4]</sup>提出了基于探测光电检测器窗口的光斑面积的变化的方法,进行语音监听。张超凡<sup>[1]</sup>运用"猫眼"效应原理对激光监听技术进行了改进,解决了发射端与接收端分离的问题。

本文根据激光语音监听基本原理,基于计算机声卡和 LabVIEW 软件进行信号处理的便携式激光远程语音监听装置进行了设计,并对装置测量特性进行分析。

**收稿日期:** 2012-06-01; **收到修改稿日期:** 2012-07-01; **网络出版日期:** 2012-10-19

**基金项目:** 广东省湛江师范学院校级科研基金(L1106)资助课题。

**作者简介:** 黄 贞(1981—),女,硕士,实验师,主要从事激光光电检测技术方面的研究。

E-mail: zzhuangzhen@163.com

## 2 工作原理

图1为玻璃振动对激光路径和光程的影响原理,玻璃垂直于 $z$ 轴位于 $z=0$ 处。设玻璃做频率为 $f$ 的简谐振动,方程为

$$z = B \cos 2\pi ft, \quad (1)$$

式中 $B$ 为振幅。

设一束激光振动函数为 $x = A \cos(\omega t + kz)$ ,垂直入射到玻璃上。玻璃静止时,反射光为 $x = A \cos(\omega t - kz)$ 。

如图1(a)所示,当光束以一定角度 $\theta$ 入射时,玻璃振动到位置 $a$ ,反射光束为光束1。玻璃振动到位置 $b$ ,反射光束为光束2。玻璃振动使反射光束在空间的路径发生改变,但并不改变反射光束的方向。

如图1(b)所示,当光束以一定角度 $\theta$ 入射时,在某一时刻玻璃的振动位移为 $z$ 时,相对于静止位置 $z=0$ ,光束的光程变化为 $2z/\cos\theta$ 。以 $A$ 点为原点,建立如图所示 $A-x'-z'$ 坐标系,则反射光束的方程为

$$x = A \cos[\omega t - kz' + k(2B/\cos\theta) \cos 2\pi ft]. \quad (2)$$

去掉传播因子后得到调制波的表达式为

$$x = A \cos[\omega t + k(2B/\cos\theta) \cos 2\pi ft]. \quad (3)$$

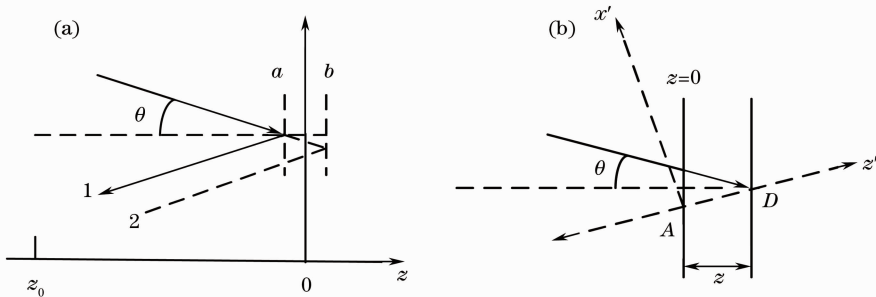


图1 玻璃振动对任意入射角激光束的反射。(a)玻璃振动对反射光束路径的改变;(b)玻璃振动对光程的改变

Fig. 1 Glass vibration reflection for any angle of incidence of the laser beam. (a) Changes in the reflection beam path; (b) changes in the optical path

## 3 激光监听装置设计

图2为实验装置结构框图,其中 $L$ 为激光器到透明玻璃前端面的距离, $d$ 为激光器与光电二极管所在的平面到透明玻璃前端面距离, $s$ 为激光器到光电二极管距离的一半。图中选用一个形状规则、稳定、密封性好、一侧为透明玻璃(厚度为5 mm)的木箱来模拟房间,取一个喇叭,将其放入木箱中充当声源,将半导体激光器(最大输出功率为5 mW,波长为980 nm)与光电二极管放在与玻璃面平行的平面上。信号发生器输出正弦波信号,经功放放大后驱动喇叭,引起箱内空气气压变化,使玻璃发生振动。利用激光输出光照射到带有振源信息的玻璃上,使反射光携带有振源的信息。反射光经光电二极管转换为电信号,再经前置放大、功放放大后,直接送喇叭输出的同时也通过声卡采集,再经LabVIEW软件处理显示结果。

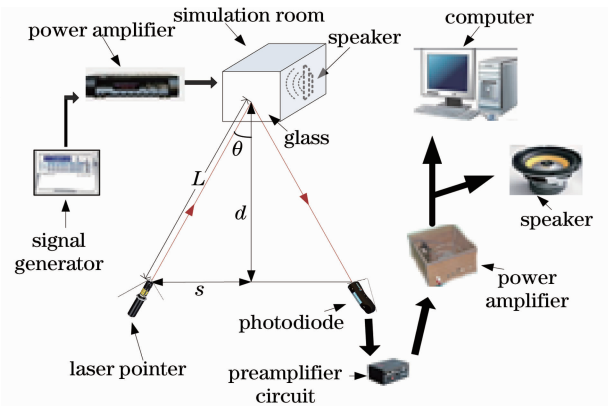


图2 实验装置结构框图

Fig. 2 Experimental setup

数据采集与分析系统利用计算机声卡进行数据采集,利用LabVIEW软件进行处理,并将结果显示。数据采集与分析系统主要包括声卡采样频率、采样点的设置,采集信号波形的显示、保存及一些相关的信号处理、信号对比等功能。前面板及程序图如图3所示。

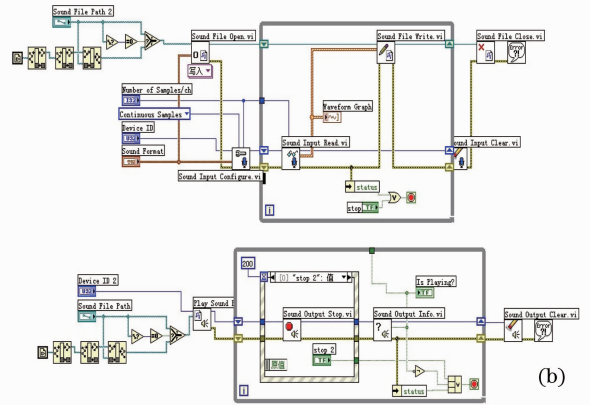
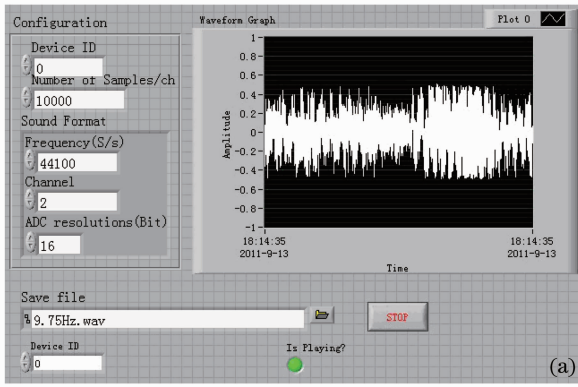


图3 数据采集与分析系统。(a)前面板；(b)程序图

Fig. 3 Data acquisition and analysis system. (a) Front panel; (b) procedure chart

## 4 结果与分析

### 4.1 单音检测

函数信号发生器输出正弦波电压  $U=5\text{ V}$ ，频率  $f=200\sim 3000\text{ Hz}$  驱动模拟房间内喇叭发声(间隔为  $100\text{ Hz}$ )，结果如图4所示。本装置能很好地对这段频率范围进行响应。当频率  $f=1200\text{ Hz}$  时，其峰峰值达到最大，由此得到该系统的共振频为  $f=1200\text{ Hz}$ 。根据文献[5]，玻璃在振源的驱动下，其共振峰对应的频率  $f\approx 1240\text{ Hz}$ <sup>[5]</sup>，与本实验结果基本一致，从而验证了本装置的可行性。

选择喇叭驱动频率为  $f=1220\text{ Hz}$  时，依次调节函数信号发生器输出电压值  $1\sim 20\text{ V}$ (间隔为  $1\text{ V}$ )，结果如图5所示。分析图可知当函数信号发生器输出电压峰峰值  $V_1=1\sim 7\text{ V}$  时，驱动电压越大，喇叭振动幅度越大，从而使模拟房间玻璃的振动幅度也愈大，因此，采集到的监听信号的峰峰值  $V_2$  也越大。喇叭驱动电压与采集到的监听信号峰峰值基本成线性关系。当  $V_1=7\text{ V}$  时，达到了功放的最大输出电压，因此，当  $V_1>7\text{ V}$ ，采集到的监听信号的峰峰值，也基本稳定在  $0.75\text{ V}$  左右。

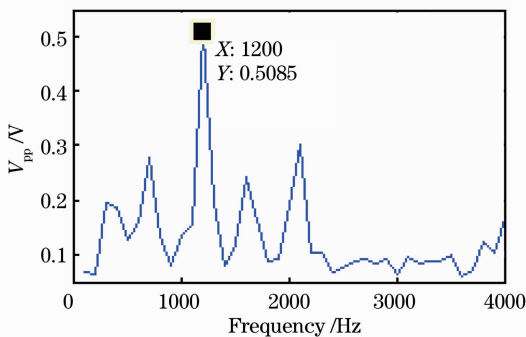


图4 频率响应

Fig. 4 Frequency response

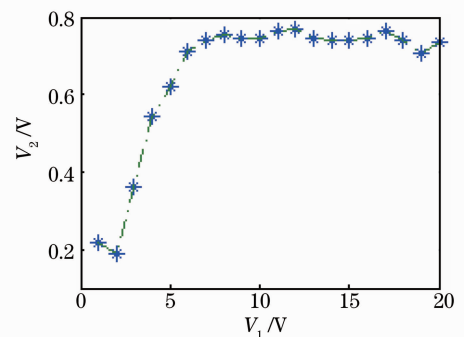


图5 喇叭驱动电压与采集信号强度关系

Fig. 5 Relationship between speaker drive voltage and collecting signal strength

### 4.2 语音检测

上述实验都是对系统的频率响应特性进行分析，结果表明所设计的激光监听装置能够在语音频率范围内较好地对不同频率的信号响应，因此，进一步分析本装置对语音信号的监听效果。由计算机声卡输出一段音乐信号，驱动模拟房间内的声源(喇叭)发声，利用本设计监听装置采集回玻璃振动信号进行的频谱对比，结果如图6所示。输出的声音频谱与采集回的声音频谱基本吻合，相关系数  $r=1$ 。这证明了本设计装置能较好地实现远程语音监听。

### 4.3 监听范围测量

如图2所示，喇叭驱动电压  $U=5\text{ V}$ ，频率  $f=1220\text{ Hz}$ ，距离  $d=60\text{ cm}$ ，依次改变  $s$  值，测量激光入射角

$\theta$ , 读取采集信号的峰峰值, 如图 7 所示。当入射角度达到  $88.2^\circ$  时, 其峰峰值最大, 监听的效果达到最好。

当激光入射角  $\theta$  固定为  $88.2^\circ$ , 在实验室条件下(实验室长 9.7 m, 宽 8.7 m), 激光器与玻璃的距离  $L = 210$  cm 时, 监听效果最好。

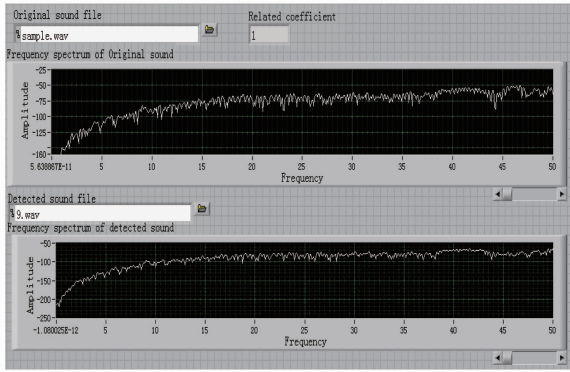


图 6 语音信号频谱对比

Fig. 6 Voice signal spectrum comparison

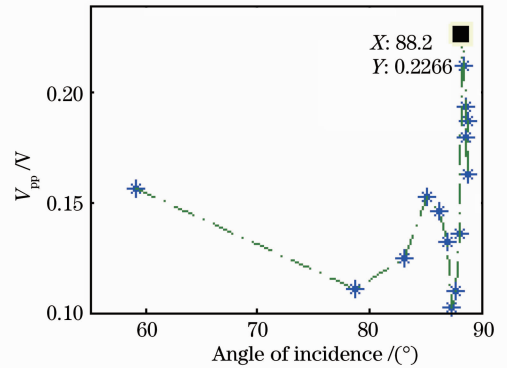


图 7 入射角与测量信号强度关系

Fig. 7 Relationship between angle of incidence and measuring signal strength

为测量最远监听距离, 将装置移至户外进行测试。相比于实验室, 户外测量所受干扰较大, 但更接近于实际的远程语音监听。通过手机输出音频信号直接驱动喇叭振动, 固定激光入射角  $\theta = 50^\circ$ , 最远监听距离为  $L = 50.7$  m。

## 5 结 论

设计完成了一款便携式激光远程语音监听装置的制作与测试。结果表明本装置较好地还原了振动源声音, 达到了远程监听的效果。测试结果显示, 其最佳监听角度为  $88.2^\circ$ , 最大监听距离可达 50.7 m。设计利用声卡和 labview 对实验数据进行采集与分析, 实现了实时采集、实时存储、回放等多种功能。所设计装置结构简单、软件界面友好易操作、成本低。

## 参 考 文 献

- Zhang Chaofan. The improvement and realization of laser eavesdropping[J]. *Laser & Infrared*, 2008, **38**(2): 145~148  
张超凡. 激光窃听技术的改进与实现[J]. *激光与红外*, 2008, **38**(2): 145~148
- Luo Haijun, Zhu Xiao. Research on laser eavesdropping technique[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2003, **40**(12): 53~56  
罗海俊, 朱 晓. 激光窃听技术的研究 [J]. *激光与光电子学进展*, 2003, **40**(12): 53~56
- J. H. Shang, Y. He, D. Liu *et al.*. Laser Doppler vibrometer for real-time speech-signal acquirement[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2009, **7**(8): 732~733
- Ning Qingsong, Ma Xiaolong, Yang Zhen. Experimental research on laser eavesdropping [J]. *Physics Experimentation*, 2009, **29**(12): 38~41  
甯青松, 马小龙, 杨 振. 激光窃听实验探究[J]. *物理实验*, 2009, **29**(12): 38~41
- R. Li, T. Wang, Z. G. Zhu *et al.*. Vibration characteristics of various surfaces using an LDV for long-range voice acquisition[J]. *IEEE Sensors Journal*, 2011, **11**(6): 1415~1422