

Design of Infrared Laser Tapping Device

Mingtong Zhao, Fanlin Duan, Chi Liu, Xudong Wang, Zhichao Wu

College of Opto Electronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an Shaanxi
Email: 1441551731@qq.com

Received: Dec. 8th, 2016; accepted: Dec. 22nd, 2016; published: Dec. 27th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In recent years, the infrared laser eavesdropping has become a hot research in many countries. In view of the defects of separation of transmitting and receiving device and debugging with long time in the existing laser eavesdropping device, a portable laser eavesdropping device with Integration of transmitting and receiving was proposed. It used 780 nm infrared laser to illuminate the glass simulation box of the analog sound source. The laser with acoustic signal reflected from the glass surface was received by the photodiode. After LM833 chip filter circuit, CA3140 chip amplifier circuit, the sound was restored by studio monitor. Experimental platform was set up, and the experiment was carried out. The optimal eavesdropping effects with angle of 16 degrees and distance of 10.2 meters are obtained, and the signal-to-noise ratio is about 47.2 dB.

Keywords

Laser Eavesdropping, Transmitting and Receiving, Vibration, Filter Amplifier

红外激光窃听器的研制

赵铭彤, 段帆林, 刘池, 王旭东, 武志超

西安工业大学光电工程学院, 陕西 西安
Email: 1441551731@qq.com

收稿日期: 2016年12月8日; 录用日期: 2016年12月22日; 发布日期: 2016年12月27日

摘要

近年来红外激光窃听器成为各国研究的热点,针对现有激光窃听器发射接收装置分离调试时间长,本实验设计了一款发射接收一体的激光窃听器采用780 nm红外激光器经准直后照射到模拟声源的玻璃模拟箱中,玻璃表面反射的带有声波信号的激光被光电二极管接收器接收,经过滤波元件LM833、放大元件CA3140所组成的滤波放大电路,最终用音箱还原声音。搭建了实验平台,进行了调试实验,实验得到最佳窃听角度 16° ,最佳窃听距离10.2米,窃听效果较好,信噪比约为47.2 dB。

关键词

激光窃听, 发射接收, 振动, 滤波放大

1. 引言

随着科学技术的发展,人们根据声波振动的特性,制造出多种多样用于窃听的仪器[1][2]。从早期的“大耳朵”窃听器、定向麦克风窃听器、“鸟枪”窃听器等,到后来的微型话筒窃听器、无线电波窃听器、微波窃听器、电话窃听器以及激光窃听器等。

激光窃听技术是随着激光技术[3]的发展和逐步成熟而得到研制和开发的。这种窃听方式集光学设计、机械设计与信号处理于一体,作用距离长,不易受干扰,无需在窃听目标周围安装任何设备,已成为一种新型的窃听手段,将会在军事方面发挥非常重要的作用。红外激光器经过光束准直系统产生一束极细的激光照射在窃听目标周围容易受声压作用产生振动的物体上,其反射光束经光学系统被光电探测器接收,再对接收到的振动信号进行滤波、放大解调还原声音。2009年,北京师范大学的马晓龙、杨振[4]采用发射和接收分开的方式,搭建了激光窃听实验,因该窃听需要保持光路固定且周围环境振动小,实验装置搭建困难。2014年广州大学邓荣标[5]采用发射接收分离,对实验结果的描述笼统,实验效果不佳。现有激光窃听器多采用硅光电池[6],其频率响应特性并不太适合做这样的实验。导致其搭建时间长[7],工作效率低,不适合长时间监听。为缩短调试时间增加监听时长,设计一款发射接收一体的红外激光窃听器是必要的。

本文设计的激光窃听器采用发射接收一体,以780 nm激光作为光源,光电二极管作为接收器并采用LM833作为滤波电路主元件,CA3140作为放大电路主元件,最终用音箱还原声音。具有成本低、操作简便、方便快捷等特点。

2. 设计方案

激光窃听器的总体设计方案图如图1所示。

如图1所示,发射装置由半导体激光器,光束扩展器,电源组成。声源装置由固定在玻璃箱激光照射面上的镜面组成,在声源装置内用录音机播放有规律的“叮”声。接收装置由单色滤波片,会聚镜,光电探测器和信号处理装置组成。录音机播音时,贴在玻璃箱上的平面镜振动[8],使激光反射光的光斑发生振动,照射在光电二极管上的位置发生变化。由于镜面的振动,使反射光带有了声源中声波的信息,引起光斑的振动,使照射在光电二极管[9]上的光点面积发生相应改变,从而引起光电二极管输出电流的变化,再把这个电流变化经放大器放大,转入扬声器,就能听见声音,模拟实现对室内人谈话的监听。整个过程可简单地看成:声音信号-光信号-微弱的电信号-放大-还原成声音。

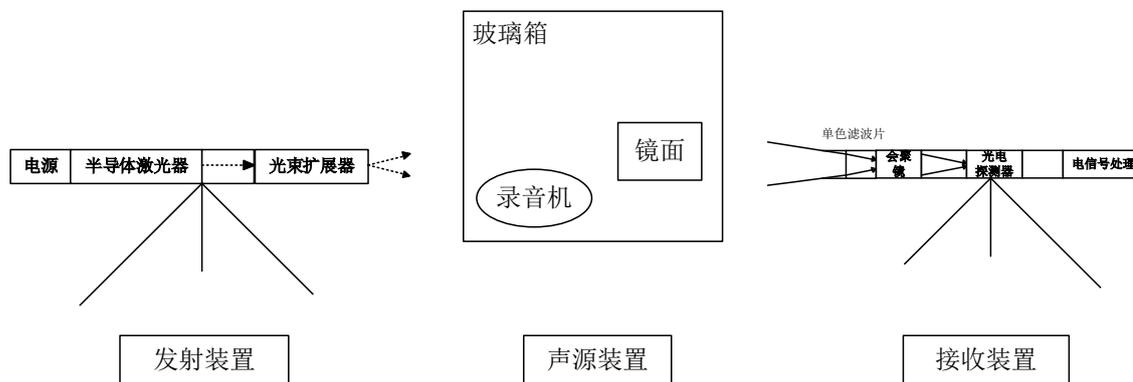


Figure 1. The overall design of infrared laser tapping
图 1. 激光窃听器总体设计

激光窃听系统中对接收到的信号进行处理是还原声音的关键，对信号进行了滤波与放大电路设计，电路设计如图 2 所示。

对照原理图 2 中，光电二极管将光信号转化为电信号，经过放大高低通滤波电路，最后信号经三级放大以声音形式输出。D1 为光电二极管，使输入的光信号转化为电压信号，U2 为跨阻放大器，可以实现电流和电压信号的转变。R10 为 100 K 的放大的电阻。将 U2 6 脚的信号放大 100 K 倍。C16 为去耦电容，去掉低频噪声。C4 为去耦电容。U4 和 C2 对电源高通信号进行滤波，C5 和 R2 对电源地同信号进滤波。R8/R9 为电源放大倍数，R8、R9、C10 组成一级放大。C10 为 U4 放大级的去耦电容。C13、R12、C15 对电源进行滤波。C7/R6 为高通滤波，R4、C8 为低通滤波。U3 电路为二级放大，R1C1C6 为电源正极滤波，C14 为负极滤波。R7/R5 为放大倍数，C11 为去耦电容。U8、U9 电路同理。U7 为电压跟随器，隔离模数电，同时屏蔽前后信号干扰。

声源模拟装置和激光窃听器装置如图 3 所示。

如图，左边装置是一个立方体玻璃箱模拟声源，右边是激光窃听器装置。

3. 实验及数据的分析

3.1. 实验装置的搭建

把模拟声源装置放在距离发射装置 10.2 米处的位置，把半导体激光器夹持在万向支架的套筒中，可实现激光器的固定与调节。红外激光器发射一束激光，转动万向支架，先使半导体激光器对准玻璃箱黑纸板的位置，然后对激光的入射角度进行微调，让激光以 16° 入射角射到粘在玻璃箱上的黑纸板。录音机在玻璃箱中播放有规律的“叮”声，为了密封，在玻璃箱的开口边缘粘贴双面胶，然后盖上玻璃盖，玻璃箱中的音箱发声，引起黑纸板振动，带有声音信息的激光以 16° 反射。调整接收装置光电二极管的位置，使反射来的激光打在光电二极管上，经过功率放大电路还原出音箱所发出的声音，将示波器连接到电路中，测出窃听到声音的波形，达到窃听目的。激光入射角小于 16° 时，发射接收装置距离过近，易产生干扰。激光入射角大于 16° 时，发射接收装置过大。

根据示波器上的波形图可计算出窃听信号的信噪比，进而衡量激光窃听的实验效果。窃听到的声音的波形图如图 4 所示。

图 4 是光电二极管接收到红外激光信号瞬间截取到的波形图，波形稳定的波段是噪声波形，噪声波形的平均值 $V_{p-p} = 100 \text{ mv}$ 。峰值高的波段是窃听到的波形图。从示波器的右边部分可以读出：窃听到的声音波形的平均值 $V'_{p-p} = 4720 \text{ mv}$ 。

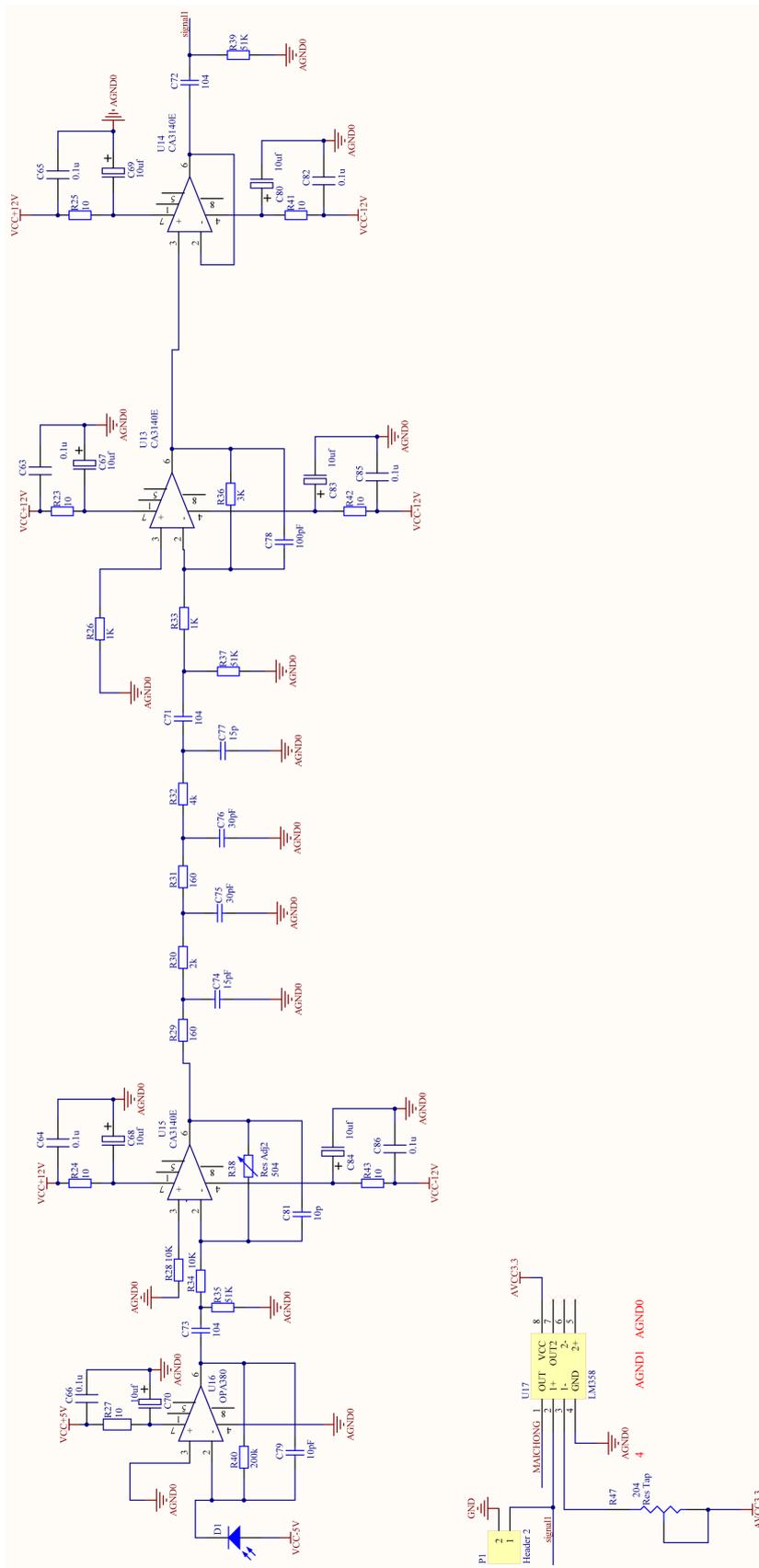


Figure 2. The principle diagram of the circuit
图 2. 电路原理图



Figure 3. The sound source analog device and infrared laser tapping

图 3. 声源模拟装置和激光窃听器装置

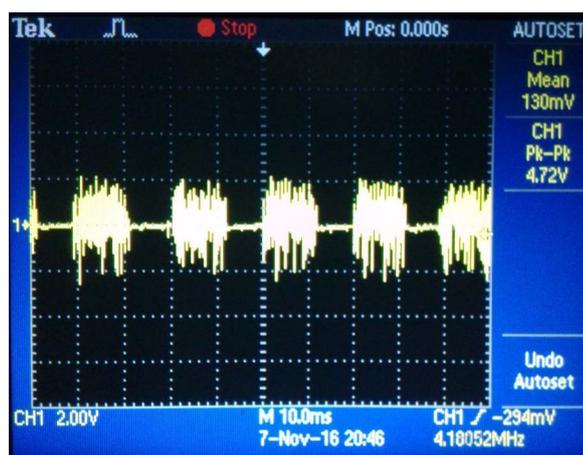


Figure 4. Waveform figure of voice

图 4. 窃听到声音的波形图

因此，该激光窃听器的信噪比：
$$P = 20 \lg \frac{V'_{p-p}}{V_{p-p}} = \frac{4720}{100} = 47.2 \text{ dB}。$$

3.2. 入射角对声音效果的影响

固定接收距离为 10.2 m，改变入射角度得到在不同角度上信噪比 - 角度关系如图 5。

实验发现随着入射角度的增大，接收到的信号强度会减小。光电二极管在光束从不同方向入射时会产生不同的响应结果，这被称为光电二极管对光的角度响应特性或余弦响应特性。产生光电二极管角度响应特性的原因是：当光束入射光电二极管时，光束中的光能量会在光电二极管表面及其内部产生一个比较复杂的随光束入射角变化而变化的反射、透射和吸收的过程(此过程遵守描述光能量在不同介质间传播情况的菲涅耳公式)。实践证明，在光束入射光电二极管表面的入射角较大时，光电流一般会产一个负误差，且入射角越大，负误差越大。

3.3. 入射光距离对声音效果的影响

固定入射角为 16° ，改变激光窃听器与模拟声源装置的距离得到信噪比 - 距离关系如图 6。

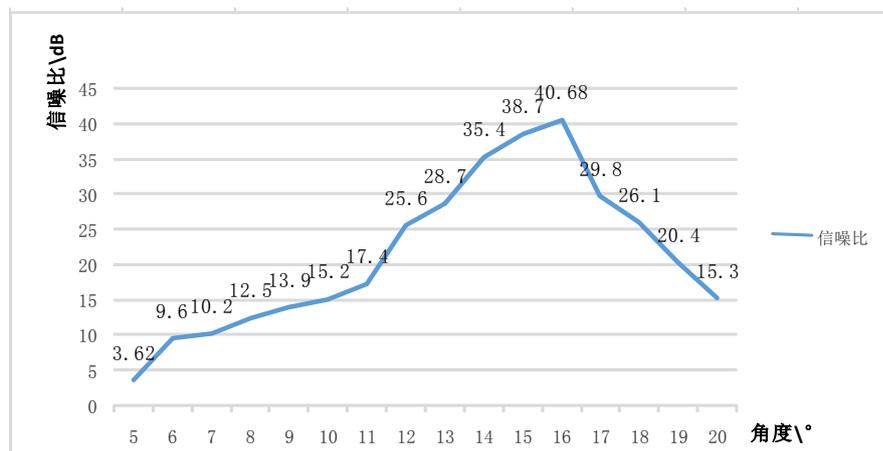


Figure 5. The relationship between signal-to-noise ratio and angle of incident light
图 5. 信噪比与入射光角度的关系

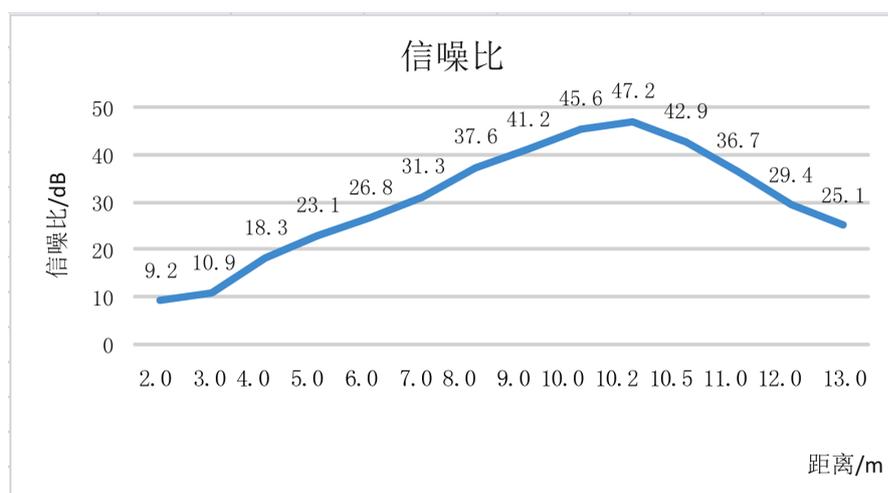


Figure 6. The relationship between signal-to-noise ratio and incident light distance
图 6. 信噪比与入射光距离的关系

入射光距离对声音效果的影响如图 6 所示。接收距离较近时，光电二极管接收的光强很强，容易饱和，当反射光斑全部都照射在探测器表而上时，光电二极管所收到的光通量几乎不变，因此系统产生的直流信号是无用的，窃听不到声音。当适当增大距离，会发现接收效果更好，原因是当增加距离，光斑的振动会因光斑发散被放大。但随着距离的增加，光斑面积会增大到无法全部接收，故当距离在 10.2 米的基础上再增加时信噪比降低快。

4. 结论

采用 780 nm 红外光电二极管准直后作为发射管，光电二极管作为接收器，并采用 LM833 作为滤波电路主元件，CA3140 作为放大电路主元件，最终用音箱还原声音，完成了发射接收一体的红外激光窃听器的设计。搭建实验平台，研究了接收效果与入射角的关系、接收距离的关系实验，实验得到窃听角度 16° 和窃听距离 10.2 米时，窃听的效果最好，声音清晰，且噪音小，信噪比约为 47.2 dB。相比其他监听装置本设计有发射接收一体，装置易搭建；光电二极管光谱响应特性好；高低通滤波三级放大，声音还原度高的特点。

致 谢

感谢大学生创新创业训练计划项目(201510702036)的资金支持。

参考文献 (References)

- [1] 赵官华, 唐芳. 激光监听演示实验仪器的制作[J]. 物理与工程, 2010, 3(20): 62-64.
- [2] Zhang, C.F. (2008) The Improvement and Realization of Laser Eaves-Dropping. *Laser & Infrared*, **38**, 145-148.
- [3] 高峰. 激光窃听给你安上顺风耳[J]. 青年科学, 2013, 5(2): 8-9.
- [4] 马小龙, 杨震. 激光窃听技术探究. 学生园地, 2009, 29(12): 53-56.
- [5] 邓荣标. 红外监听器创意实验[J]. 物理实验, 2014, 34(12): 36-38.
- [6] 钱星博. 窃听器 50 年[J]. 世界发明, 2002, 4(9): 30-31.
- [7] 黄贞, 吴林富. 便携式激光远程语音监听装置设计[J]. 激光与光电子学进展, 2012(12): 98-101.
- [8] 朱洪斌, 苏欢. 激光监听与声源定位[J]. 电子制作, 2013(8): 25.
- [9] 李静. 激光监听器: 看不见的光能“偷”听你说话[N]. 金陵晚报, 2013, 7(5): 26-2Z. [2013-05-26]

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: oe@hanspub.org