

文章编号: 1672-8785(2020)05-0024-06

## 红外热成像技术在反窃听中的应用

王 赫 张自富 张 禹

(中国电子科技集团公司第十一研究所, 北京 100015)

**摘 要:** 简述了窃听技术分类和红外热成像原理, 分析了将红外热成像技术应用于反窃听领域的可行性, 并重点介绍了一种基于制冷型红外焦平面探测器的反窃听设备设计方案。该方案具有一定的技术优势, 且对部分窃听装置具有良好的侦测效果。此方案在设计时以用户及使用场景为出发点, 重点关注人机适应性, 具有一定的市场前景。

**关键词:** 反窃听; 红外; 热成像; 制冷型探测器

**中图分类号:** TN215 **文献标志码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2020.05.004

## Application of Infrared Thermal Imaging Technology in Anti-Eavesdropping

WANG He, ZHANG Zi-fu, ZHANG Yu

(The 11th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100015, China)

**Abstract:** This paper briefly discusses the classification of eavesdropping technology and the principle of infrared thermal imaging, analyzes the feasibility of applying infrared thermal imaging technology in the field of anti-eavesdropping, and emphatically introduces a design scheme of the anti-eavesdropping equipment based on cooled infrared focal plane detector. The scheme has certain technical advantages and good detection effect for some eavesdropping devices. The design of this scheme is based on users and usage scenarios, and focuses on man-machine adaptability, so it has a certain market prospect.

**Key words:** anti-eavesdropping; infrared; thermal imaging; cooled detector

### 0 引言

随着窃听技术的发展, 各式各样的窃听设备不断涌现出来。经常有新闻报道说, 在宾馆的插座、吊灯以及开关等位置上发现窃听设备, 客人的隐私由此遭到泄露。甚至在部分重要场所, 如部队、公司高层乃至国家首脑的会议室, 都存在被窃听的风险。自从 1933 年美

苏两国建交后, 美国驻苏联大使馆就一直受到苏联情报部门的重点关照。1945 年, 美英苏三国在雅尔塔举行旨在制定战后新秩序的首脑会议。由于事关重大, 会议召开前后, 美方在驻苏大使馆开展了大规模的彻底清查工作, 结果发现其中隐藏了 100 多个伪装起来的麦克风。由此可见, 即使是戒备森严的大使馆, 也

收稿日期: 2020-05-02

作者简介: 王赫(1990-), 男, 北京人, 工程师, 主要从事红外热成像系统设计研究。

E-mail: 2240189001@qq.com

有被窃听的可能, 更不用提普通的会议场所了。因此, 如何快速有效地搜索隐藏的窃听设备是当前的一大难题。

## 1 窃听技术分类

目前已知的窃听技术包括线路-中继窃听、激光窃听以及调频发射机窃听等等。

最传统的窃听方式——线路-中继窃听: 在电话的传输通路上增加传输中继, 使窃听人员通过中继设备接收声音信号。该方式主要窃听的对象是有线电话, 其缺点是安装难度大、中继设备昂贵等, 目前使用较少。

最隐蔽的窃听方式——激光窃听: 分为正反射式激光窃听技术、激光干涉窃听技术和散斑干涉窃听技术三种。其中, 正反射式激光窃听技术的工作原理如下: 室内谈话的声音引起室内的薄壁器物(窗户上的玻璃、紧绷的蒙皮等)发生轻微振动, 此时将激光对准薄壁器物发射, 然后利用激光接收器来接收反射的激光, 并将其还原成声音。窃听者可通过将激光发射器及接收器远程对准会议室的窗户来进行窃听。该技术存在操作复杂、对薄壁器物要求高等缺点。经过数年的技术升级, 出现了激光干涉窃听技术和散斑干涉窃听技术。这两种技术的工作原理与正反射式激光窃听技术基本类似, 但在窃听距离上有了显著提升, 激光瞄准的目标也从单一的薄壁器物增加到了纸、金属、塑料等多种材料。但由于激光窃听技术必须要对特定的物体发射激光, 对窃听场所的条

件要求较高, 因此也未能获得广泛应用。

使用最广泛的窃听方式——调频发射机窃听<sup>[1]</sup>: 将调频发射机作为声音信息的采集端, 并将调频收音机作为声音的中继端, 再直接窃听、录制或用短波编码将信号发射出去。该方式可将发射机的体积做得非常小, 隐藏在室内(如会议桌内部、装饰物或展板背面等)时具有极强的隐蔽性。此外, 即使窃听活动被发现了, 也无从查找窃听者的线索。据记载, 某企业高管的办公室内就发现了 6 个窃听器, 日常工作中被窃取的商业机密不计其数, 令人咂舌。

针对使用最广泛的调频发射机窃听装置, 本文设计了一种基于红外热成像的反窃听设备。它能够快速、高效地搜索出室内隐藏的疑似窃听装置。

## 2 红外热成像对窃听设备的搜索原理

在可见光波段之外, 有一种人类看不见的光线——红外线。自然界的任何物体都在实时向外辐射红外线。不同的物体, 甚至是同一个物体的不同位置, 向外辐射的红外线强度都会有差异, 因此物体的表面就会产生温度差<sup>[2-3]</sup>。作为一种可实时探测红外线强度的仪器, 红外探测器将红外信号转换成可处理的电信号。然后通过非均匀性校正、图像增强、滤波等一系列的图像处理, 给不同温度赋予不同的灰度值, 最终在屏幕上显示出一幅黑白的温度分布图(成像效果见图 1)。

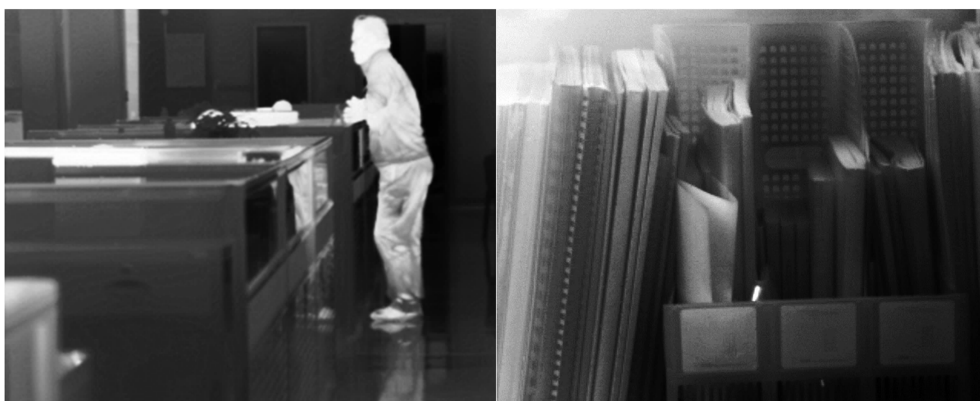


图 1 红外热成像的示意图

调频发射机窃听装置在工作时需要供电。为了提高隐蔽性，绝大多数的窃听装置都使用电池来供电。电池的放电电流只有毫安量级，而该电流会引起电池自身温度的上升。随着温度的升高，隐藏在墙体、家具、装饰板背后的窃听装置会将热量传递给遮蔽物，导致后者的局部温度明显高于周围的表面温度。此时，若温度差异高于红外热像仪的最小可分辨温差 (Minimum Resolvable Temperature Difference, MRTD)，则可通过热像仪快速观察到异常的温度点，从而指导使用者作进一步的排查。

### 3 红外热成像的搜索效果仿真

以家具浅表位置上埋藏的窃听器作为使用场景，采用 Flotherm V9.3 热分析软件建立窃听器与木板之间的热传导仿真模型 (见图 2)。

在软件中模拟以下场景，并将相关参数输入到软件中：

- (1) 窃听装置尺寸设置为  $50\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ ；
- (2) 窃听装置正常工作时的功耗为  $7.5\text{ mW}$ ；
- (3) 贴近窃听器电池一侧的外壳为壁厚  $1\text{ mm}$  的塑料，其导热系数取  $0.15\text{ W/mK}$ ；
- (4) 窃听装置紧贴木板的厚度为  $10\text{ mm}$ ，导热系数取  $0.125\text{ W/mK}$ ；

(5) 环境温度 (木板的初始温度) 为室温  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，热传导的时间取  $10\text{ min}$ 。

图 3 为获得的热传导仿真图。可以看出，在  $10\text{ min}$  内，作为热源的窃听装置的热量迅速穿透  $10\text{ mm}$  厚的木板并向周围扩散。中心点的最高温度为  $25.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，与周围的温差达到  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 4 红外热像仪设计

本文采用高灵敏度制冷型红外焦平面探测器作为核心器件，参考商用数码摄像机的外形，设计了一款快速、高效的手持式反窃听红外热像仪。

该热像仪的工作原理如下：来自窃听装置的红外辐射进入光学镜头，通过选定焦距的光学系统后聚焦到红外探测器的敏感元上。在斯特林制冷机的连续工作下，红外探测器被制冷到  $77\text{ K}$  左右，其敏感元将红外信号转换为可处理的电信号。对经偏置与驱动电路后输出的模拟信号进行减直流和放大等预处理。然后通过模数采样将其转换成高精度数字信号，并进行一系列的数字图像处理，包括非均匀性校正、盲元填充、直方图处理、伪彩处理、图像增强、对比度调节和亮度调节等<sup>[4]</sup>。最终输出的红外视频能完全反映目标的热特性灰度或伪

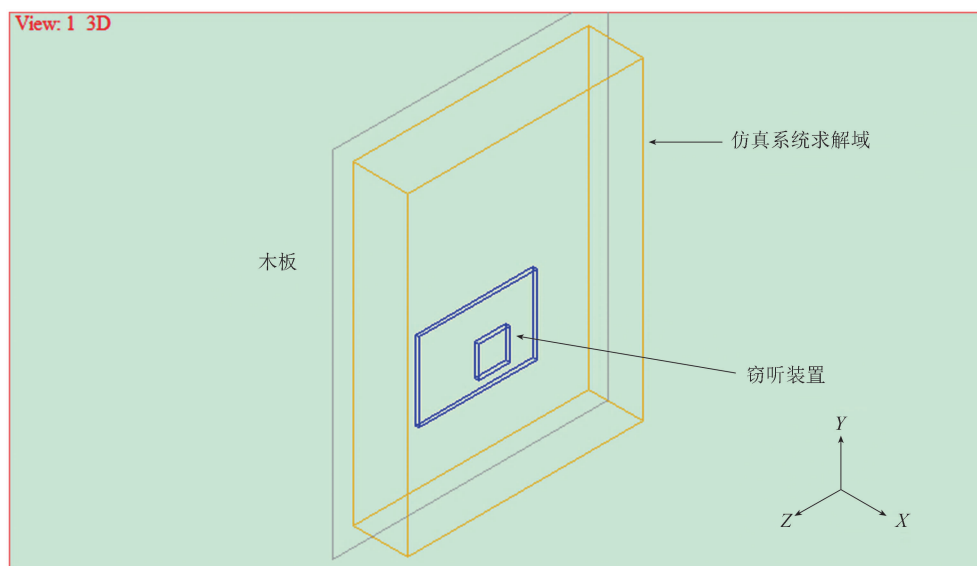


图 2 Flotherm 软件仿真的示意图

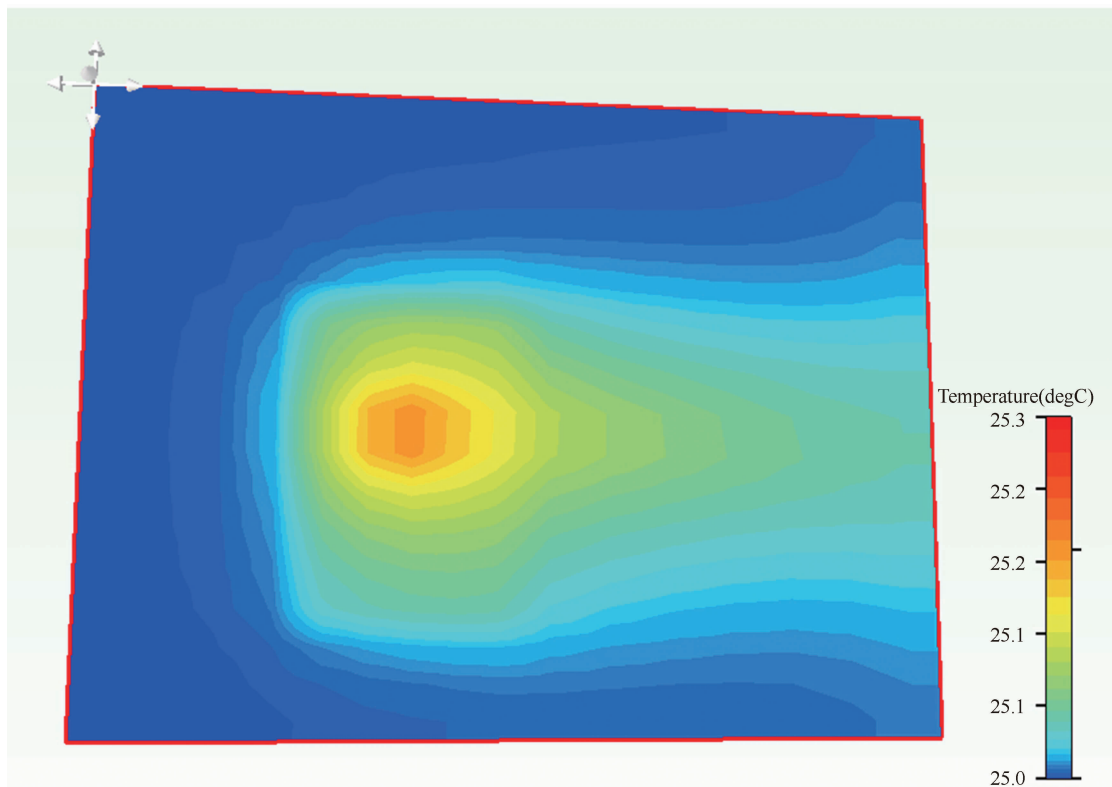


图 3 Flotherm 软件的仿真效果图

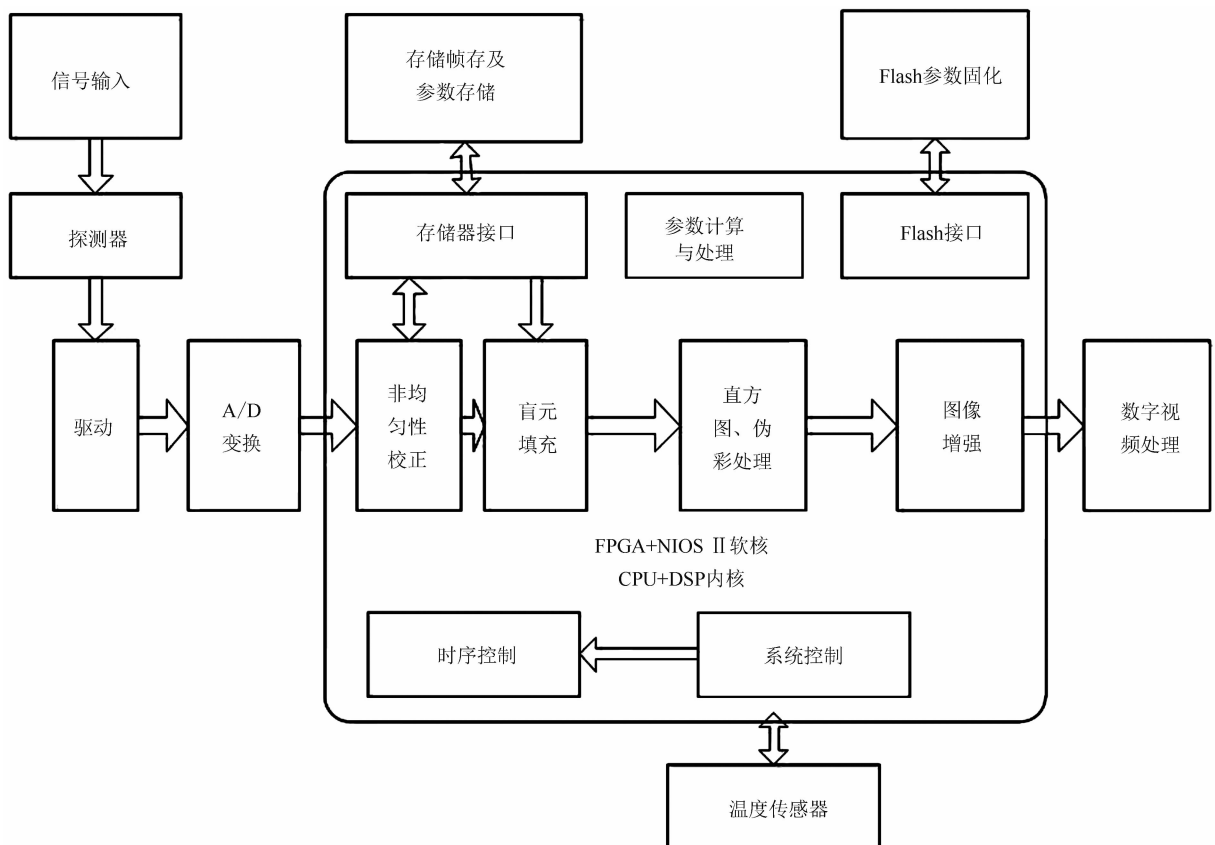


图 4 红外热像仪的信号处理示意图

彩图像，从而协助观察者快速识别可疑位置并进一步搜查窃听装置。图 4 为信号处理的示意图。

该热像仪的主要技术参数如下：

(1)探测器类型：320×256 元碲镉汞焦平面探测器。

(2)工作波段：3~5 μm。

(3)质量：≤2 kg。

(4)MRTD(0.83 cyc/mrad)：≤0.1 K。

(5)视场角：≥11°×8.8°。

(6)制冷启动时间：≤8 min。

综合考虑使用场景、功能需求以及用户操作习惯等因素，通过将手动对焦式光学镜头与红外探测器配合来采集红外光信号；采用 FPGA(现场可编程门阵列)+DSP(数字信号处理)的双核架构来实现图像处理、拍照、录像等多种功能；由于采用高清 7 in 液晶显示屏，显示效果得到进一步提升；由轻量化的 PVC(聚氯乙烯)外壳包装后，该热像仪轻便小巧。此外，产品内置的 32 G 内存卡可支持连续录制超过 9 h 的视频或拍摄超过 3 万幅的图片。通过产品的 USB(通用串行总线)接口可将存储的数据导出到电脑中查看。产品组成如图 5

所示。

目前，反窃听红外热像仪已研制成功。它对埋藏在展板、金属文件柜、泡沫塑料、A4 纸、木板、水泥板等办公室及会议室中常见介质背后的窃听器有较强的侦查能力，因此实用性较强。实际成像效果如图 6 所示。

试验结果表明，手持式反窃听红外热像仪可协助操作人员快速有效地识别出隐藏在室内典型介质(展板、金属柜、文件、薄墙体等)背面的窃听器，以避免重要信息泄露。

## 5 结论

本文在介绍窃听装置种类和分析反窃听需求的基础上，提出了一种基于红外热成像技术的手持式反窃听红外热像仪产品。该产品具有便携性和实时性强等特点，适用于快速、高效、大范围地搜索隐藏在室内的窃听装置。它对目前使用最广泛的调频发射机窃听装置具有良好的侦查效果。

研制成功后，该产品已进入批量试生产阶段，预计 2020 年底可交付用户使用。随着非制冷焦平面探测器的升级换代，其探测灵敏度会相应提升，未来将有望替代制冷型焦平面探测器成为该产品的核心器件。这样，产品的体

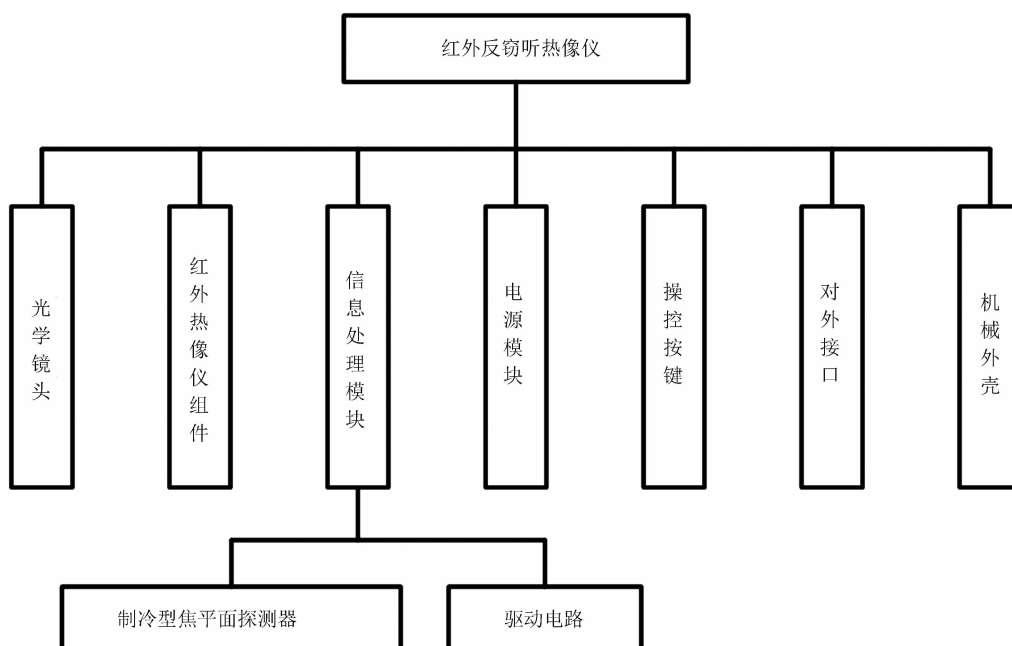


图 5 红外反窃听热像仪产品的结构框图

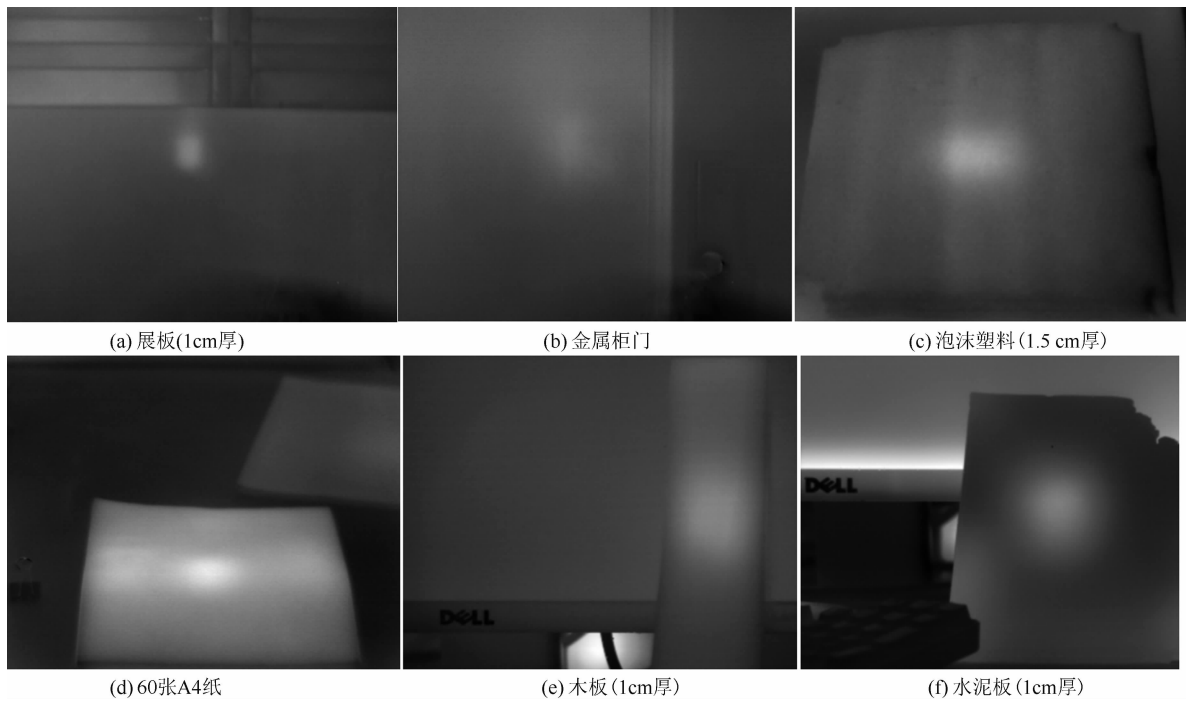


图 6 实际成像效果图

积、重量和成本将会进一步降低。产品投放后将有效排除隐私泄露的困扰，因此具有十分广阔的市场前景。

### 参考文献

- [1] 刘玉华, 郑焯. 侦听技术综述 [J]. 电子科技, 2012, 25(10): 138-139.
- [2] Antoni Rogalski. 红外探测器 (原书第 2 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [3] 刘辉. 红外光电探测原理 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2016.
- [4] 牟宏山, 陈静, 乔育花. 快速制冷型红外焦平面成像制导系统设计 [J]. 红外与毫米波学报, 2016, 35(3): 310-316.