

文章编号: 1672-8785(2008)08-0011-06

基于半导体器件的仿真系统显示 驱动电路的研究

王黎明 刘力群 张 玮 杨 伟

(安徽省红外与低温等离子体重点实验室, 安徽合肥 230037)

摘 要: 为了提高基于半导体器件的红外动态景像仿真系统的工作效率, 根据仿真系统的工作特点设计了一种驱动电路。首先简述红外动态景像仿真系统的技术要求, 其次给出基于半导体器件的动态红外仿真系统的工作原理, 最后通过分析半导体器件的特点给出系统显示驱动电路的设计及时序图, 并指出使用该驱动电路可使系统具有低功耗、高占空比、无闪烁和良好的均匀性等优点。

关键词: 动态红外景像仿真; 半导体器件; 帕尔帖效应

中图分类号: TN367 **文献标识码:** A

Study of Driving Circuit for Dynamic IR Scene Simulation Screen Based on Semiconductor Device

WANG Li-ming, LIU Li-qun, ZHANG Wei, YANG Wei

(Key Lab of Infrared and Low Temperature Plasma of Anhui Province, Hefei 230037, China)

Abstract: In order to improve the operation efficiency of an infrared (IR) dynamic scene simulation system based on semiconductor devices, a driving circuit is designed according to the operation characteristics of the simulation system. First, the technical specifications of IR dynamic scene simulation systems are presented in brief. Secondly, the operation principle of an IR dynamic scene simulation system based on a semiconductor device is given. Finally, the design and time sequence diagrams of the display driving circuit of the system are given after the features of semiconductor devices are analyzed. The simulation system which uses this driving circuit has the advantages of low consumption, high duty cycle, no flashing, good uniformity and etc..

Key words: dynamic IR scene simulation; semiconductor device; Peltier effect

1 引言

在红外仪器和设备的研制过程中, 对其红外传感器的响应灵敏度、精度及其抗干扰能力等的测试是必不可少的^[1]。然而这需要进行大量的外场试验, 这种试验既费钱又费时, 而且很难在不同的环境和气象状况下对各种目标进行测试, 因此在研发阶段人们常利用红外动态景

像仿真系统来模拟不同天气情况下的各种目标和背景, 以辅助完成红外成像系统的测试和评估工作。这样可降低红外仪器的研制成本, 缩短研制周期, 提高效费比。所以, 对红外仿真系统的研究具有很重要的意义, 鉴于此, 本文对基于半导体器件的动态红外景像仿真系统的显示驱动电路进行了一点探索和研究。

收稿日期: 2008-04-22

作者简介: 王黎明(1983 —), 男, 白族, 湖南张家界人, 硕士研究生, 主要研究方向为红外仿真。

2 红外动态影像仿真系统的技术要求

尽管红外影像仿真器的技术原理多种多样,但在红外影像仿真器的设计中需要考虑的基本技术指标主要有以下几个方面^[2]:①空间分辨率。在实验中,红外影像显示器的理想空间分辨率比被测系统高两倍以上,并且其显示面积通常为被测系统视场的两倍以上,以保证在仿真跟踪过程中的精确度。在实际的应用中,要求模拟器的分辨率应至少大于成像系统;②温度范围。红外影像所能仿真的温度范围必须与被测系统所能探测的温度范围一致,但是仿真很宽的温度范围可能会受到其它性能参数(如温度转换时间)的限制;③动态范围。系统仿真屏的理想动态范围必须远大于被测系统,以确保被测系统所接收的红外图像的清晰度;④帧频。要求红外影像仿真系统生成的图像像元必须在信号要求的帧时间内做出反应,以确保测试单元在红外投影场景下的反应时间与在实际外场环境下的反应时间基本相同。目前系统的帧频大多在 200Hz ~ 500Hz 之间,有的甚至可达到 2kHz;⑤温度分辨率。温度分辨率是指模拟器在给定的温度范围内所能产生的最小温度差别。此外,相关技术指标还包括空间分辨率的特征(连续或离散函数)、基温水平的转换能力、辐射激化的程度和光谱等。

3 基于半导体器件的红外动态影像仿真系统的工作原理

物体发射的红外辐射量主要与温度和表面发射率有关。当表面发射率固定时,通过对温度的控制,就能达到对物体红外辐射量的控制。基于半导体器件的红外仿真系统正是以碲化铋半导体为像素单元,铝基覆铜板为衬底,利用半导体器件的帕尔帖效应和焦耳效应,通过改变器件的温度来控制表面红外辐射量而实现红外影像动态仿真的。

3.1 帕尔帖效应和焦耳效应^[3]

(1) 帕尔帖效应

当直流电通过两种不同导电材料构成的回路时,结点上将产生吸热或放热现象,这种现象

称为帕尔帖效应,如图 1 所示。试验表明,结点上吸收或放出的热量(帕尔帖热)与电流成正比^[4]:

$$Q_P = \pi_{ab} I \quad (1)$$

式中, π_{ab} 为比例常数,称为帕尔帖系数, I 为通过导电材料的电流。

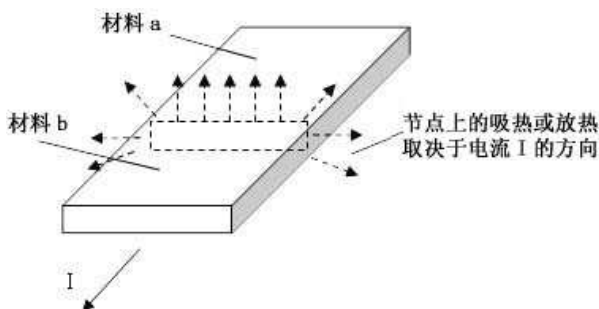


图 1 帕尔帖效应示意图

(2) 焦耳效应

电流流过导体时产生的热量称为焦耳热。单位时间内由稳定电流产生的热量等于电流平方和导体电阻的乘积:

$$Q_J = I^2 R = I^2 \frac{\rho l}{S} \quad (2)$$

式中, R 为导体的电阻, ρ 为导体的电阻率, l 为导体长度, S 为导体截面积。

3.2 半导体器件的工作特点

根据帕尔帖效应,采用特种材料制作而成的半导体器件,其 P-N 结在接通低压直流电后,一面制冷,另一面制热,并且可以通过控制电流的大小和方向来精确调控表面的温度及变化趋势,具有可靠性高以及制冷 / 制热速度快等优点。

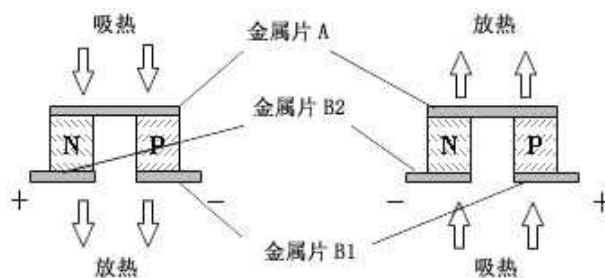


图 2 半导体器件工作示意图

图 3 是典型半导体制冷器的结构示意图, 按图示接上直流电源后, 在接头处就会产生温差和热量的转移。在上面的接头处, 电流方向是 $N \rightarrow P$, 温度下降并吸热, 这就是冷端; 在下面的接头处, 电流方向是 $P \rightarrow N$, 温度上升并放热, 这就是热端。将制冷器的冷端放到工作环境中去吸热降温, 并采用散热手段使热端不断散热, 这就是半导体制冷器的工作原理。

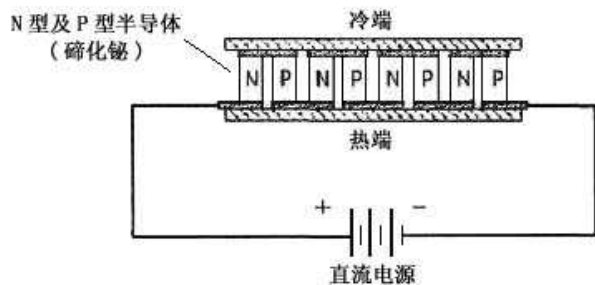


图 3 典型半导体制冷器的结构示意图

4 基于半导体器件的红外动态影像仿真系统

基于半导体器件的红外动态影像仿真系统, 在理论上能实现大动态范围、高帧频、高分辨率和良好均匀性的标准。同时, 半导体器件具有体积小、重量轻、寿命长、无噪声的优点, 所以在红外仿真技术中具有一定的发展前景。

红外影像模拟器可以视为平板显示器, 其结构类似 LED 和 OLED, 都是通过控制像素点的电流 (大小和方向) 来精确控制其辐射强度, 生成所需图像。工作物质的差异使得红外影像模拟器的工作原理与 LED 和 OLED 有本质的区别, 但在驱动电路的设计上却是大同小异, LED 和 OLED 最为常用的驱动方式有两种^[5]: 电流直接驱动和脉冲电流驱动。在红外影像仿真器的驱动控制电路设计中, 综合考虑了这两种驱动电路的优缺点, 结合半导体制冷器的工作特性, 提出一种适合红外影像仿真器的驱动控制电路。

4.1 常用的电路驱动方式

1. 电流直接驱动方式

对每一个像素点都采用一套完整驱动控制电路, 这样就可以实时控制通过每个半导体晶

粒的电流的大小以及方向, 以实现显示屏的控制。因为每个像素点都有一套独立的控制电路, 不存在相互影响与干扰, 所以能够达到实时和精确的控制, 同时又由于每套电路只控制单个像素点, 电路中所需的电流相对较小, 降低了输出的功率, 提高了器件的使用寿命。但是由于每个像素点都需要一套控制电路, 设计成本会随着空间分辨率 (清晰度) 的提高而迅速增加。所以这种驱动方式仅仅适用于对分辨率要求不高的电路。

2. 扫描驱动方式

该驱动方式主要是采用脉冲电流通过扫描方式对每个像素点进行驱动, 扫描方式可分为行扫描、列扫描和寻址扫描。扫描驱动简单高效, 成本较低, 利于向大面积显示器方向发展, 但是占空比不可能达到百分之百, 所以在工作过程中, 不能够实时控制显示屏的辐射温度, 这样就存在精度不高的问题。根据每个像素点的控制电路的实现方式, 扫描电路又可以分为无源驱动扫描方式和有源驱动扫描方式^[6]。

(1) 无源驱动扫描方式

无源驱动为普通矩阵交叉屏, 其结构^[7]如图 4 所示, 即在行信号 X_i 上加高电平、在列信号 (寻址线) Y_j 上加低电平时, 其交叉点 (X_i, Y_j) 电流导通, 像素点发光, 而其它未被寻址的处于截止状态。系统通过快速扫描 (每秒几十帧), 可以形成一幅良好的图像。此种方式成本较低, 工艺简单, 但所需驱动电压较高, 耗电量较大, 刷新速度较低, 适用于信息含量低的显示终端, 色彩以单色为主。但是作为电流型的显示器件, 用无源驱动方法建立图像时, 随着显示器屏幕的增大, 显示密度的提高, 各个器件本身的消耗就不得不考虑了。为了获得正常的图像显示, 每个像素点需要在很短的时间内通过很强的电流脉冲, 而这会在驱动线路上造成大量的功率损耗, 并使元件劣化, 限制了无源驱动在大型显示器中的应用。

(2) 有源驱动方式

有源驱动和无源驱动的最大差别在于有源驱动包含有两个 MOS 晶体管。如图 5 所示, T_1 为选通管, 用以选通需要工作的器件; T_2 为放大管, 用以控制电流的通断和大小。当选通 Y_i

有效时, 信号 X_j 经 T_1 传输至 T_2 栅上并给电容充电, T_2 维持器件工作。当选通无效时, 存储在电容 C 上的电荷经 T_1 缓慢放电。在放电时间内, T_2 导通可维持器件的工作。这样的电路有如下的好处:

①选通的时间可以很短, 只要大于 T_1 管的传输时间即可;

②即使阵列的列数很大, 帧时也不很大;

③单元没被选通时, C 的放电回路电阻极大, 放电时间很长, 使得通过器件的电流在整个帧时内基本保持稳定, 不需要进行图像刷新, 显示频率也比较灵活;

④最大帧时, 以 T_1 截止时 C 的放电时间常数为限; 最小帧时以器件的响应时间为限^[8]。相应减小了器件对刷新频率的影响。

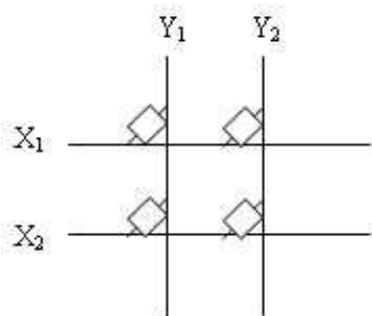


图4 无源驱动结构示意图

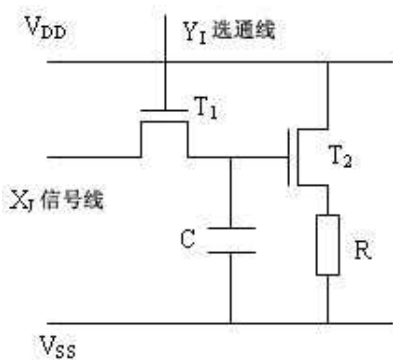


图5 有源驱动结构示意图

此驱动方式虽然工艺复杂, 成本较高, 但耗电量低, 适用于显示要求较高的场合, 主要以全彩色为主。在实际应用中, 有源驱动就是为了解决在无源驱动中器件难以实现高亮度和高分辨率而采取的有效方案。造成器件辐射亮度受限

的主要原因是无源矩阵是多路动态驱动, 受到扫描电极数的限制, 并存在占空比问题。这就使得无源矩阵很难实现高亮度和高分辨率, 而且随着列数的增加, 占空比系数也变小。那么, 要想得到一定的亮度, 就必须提高电流强度, 这样做就必然会降低发光效率而增加功耗; 而有源矩阵属静态驱动, 它具有存储效应, 可进行 100% 的负载驱动, 不受电极数限制, 不存在占空比的影响, 易于实现高亮度、高分辨率以及高效率 and 低功耗。

4.2 红外仿真系统显示驱动电路的设计

在考虑半导体制冷 / 制热器件自身的特性后, 结合以上两种驱动方式, 设计了如图 6 所示的有源行扫描驱动方式。在像素单元结构中集成一个半导体晶粒、一个保持电容和三个选通开关。半导体晶粒与电容 C 并联, 之后与三个选通开关串联。其中 T_1 由行 X_j 选通控制, T_2 由列 Y_i 选通控制, T_3 由 C_z 选通控制, 其中 C_z 为电流方向变换控制信号线, 用于改变驱动电压的大小。 $+V_{DD}$ 和 $-V_{DD}$ 为半导体晶粒提供直流电源, 当 X_j 为高电平时, T_1 导通; Y_i 为高电平时, T_2 导通; 工作时可以通过行选通线 (X) 与列选通线 (Y) 确定像素点。当 C 为低电平时, 电流方向是 T_2 、 T_1 、半导体晶粒、 T_3 。当 C_z 为高电平时, 电流方向是 T_3 、半导体晶粒、 T_1 、 T_2 , 可以改变半导体晶粒中的电流方向。在此单元处于选通状态即工作状态时, 电源迅速给电容 C 充电; 在非选通状态时, 电容在与半导体晶粒组成的回路中缓慢放电, 为半导体晶粒继续提供能源, 维持器件的工作, 这样就相应地提高了器件工作的占空比。

之所以采用此种驱动电路设计方法, 主要考虑到以下几点:

(1) 半导体制冷 / 制热器件采用了铝基覆铜板作为衬底, 而该衬底具有一定的热惯量, 所以在高帧频扫描下, 如果使用普通的无源驱动, 由于占空比较小, 加上自身能量的损失, 势必会对器件表面温度的快速变化造成一定的影响, 所以不能采用普通的无源驱动; 在此处为半导体晶粒并联一个电容, 在电源断开后, 为半导体晶粒提供短暂的电流维持工作, 相应提高了占空比, 同时可以通过改变电容的容值, 控制电容

放电时间的长短,使半导体晶粒的工作不受占空比限制,利于向大面积扩展;

(2) 由于半导体的工作电流方向是不断变换的,所以当半导体晶粒处于非选通状态时,小单元必须与电源断开,而不能与普通的有源驱动方式等同,所以此处采用与半导体晶粒并联的方式。

(3) 半导体晶粒在工作过程中需要通过改变电流的方向来改变半导体晶粒的工作状态,所以需要两种极性不同的电源,根据需要进行切换,且可以进行多阶扩展以增加电源电压等级。

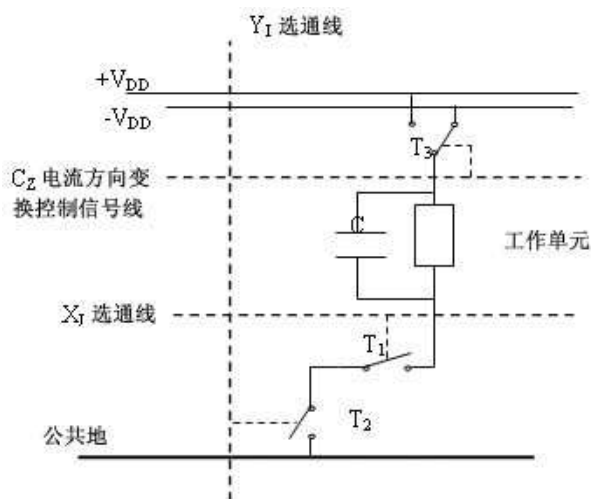


图 6 驱动电路的单元结构

4.3 驱动电路的时序图

基于半导体器件的红外影像仿真系统中的像素单元驱动电路的结构如图 7 所示。图 8 为基于半导体器件的红外影像模拟器的驱动电路结构图。图 9 为控制信号的时序。X 为行选通信号, Y 为列选通信号, X、Y 都为高电平时的器件选通; C1、C2 为电压高低变化控制信号, C3 为电压变相控制信号。当 X、Y 都为高电平时,器件开始工作。若 C3 为高电平, C2 控制有效。当 C2 为低电平时,器件工作在低压致冷状态。当 C2 为高电平时,器件工作在高压致冷状态;若 C3 为低电平, C1 控制有效。若 C1 为高电平,则器件工作在高压致热状态。若 C1 为低电平,器件工作在低压致热状态。在器件从选通变换到非选通的过程中,电容将放电,从而延迟器件的工作状态。

5 结束语

本文通过分析半导体器件的特性,结合平面显示屏的相关驱动电路的特点,对基于半导体器件的红外影像仿真系统的显示驱动控制电路进行了探索和研究,设计了该仿真系统的驱动电路。通过分析得出,使用该驱动电路,提高了器件工作时的占空比,使得仿真系统显示时具有低功耗、高占空比和良好的均匀性的特点,并为以后实现大面积的模拟器设计打下了基础。

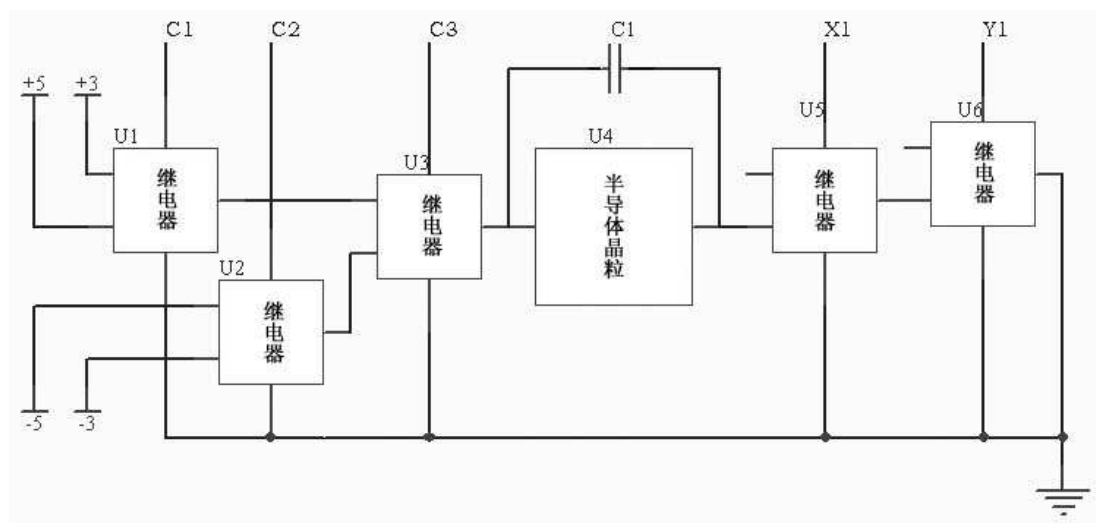


图 7 像素单元驱动电路的结构图

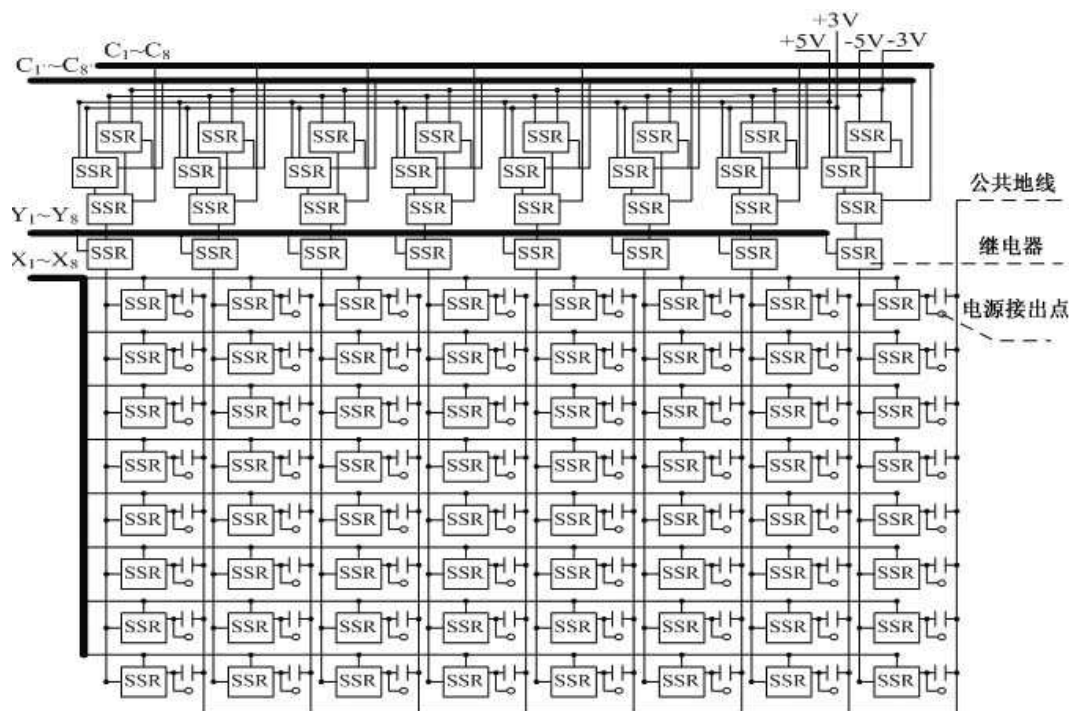


图 8 基于半导体器件的红外景像模拟器驱动电路的结构图

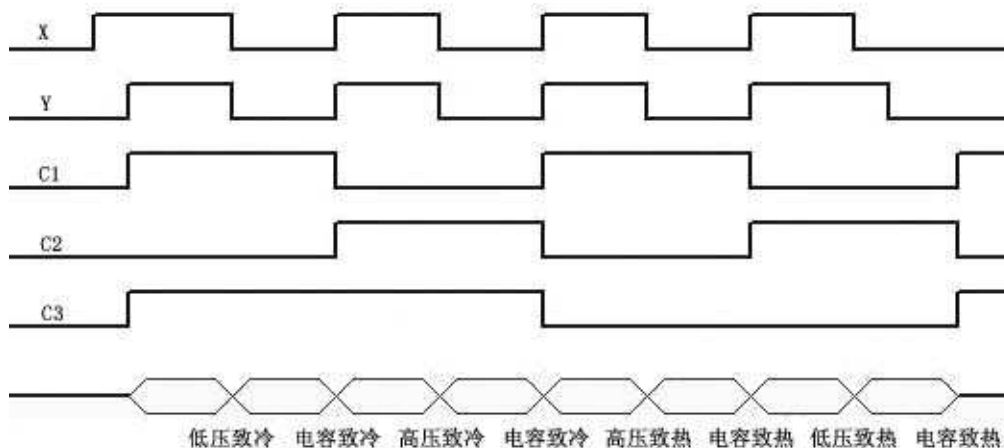


图 9 像素点致冷与致热控制时序图

参考文献

- [1] 耿康. DMD 动态红外景象仿真器研究 [J]. 激光杂志, 2004, 27(4): 14-15.
- [2] 高教波, 叶克飞, 王军, 等. 利用单晶硅液晶光阀产生动态红外场景 [J]. 激光与红外, 1999, 29(6): 330-333.
- [3] 王义玉, 叶文, 王彬. 红外探测器 [M]. 兵器工业出版社, 2005: 104-105.
- [4] 徐德胜. 半导体制冷与应用技术 [M]. 上海交通大学出版社, 1992: 1-22.
- [5] 徐艳蕾. 有源 OLED 显示屏像素及屏上驱动电路的研究与设计 [D]. 吉林大学硕士论文, 2005: 5-7.
- [6] 何其锐. 有机电致发光驱动芯片及电路设计 [D]. 电子科技大学硕士学位论文, 2003: 15-16.
- [7] 郑喜凤, 朴燕, 刘维亚. 电致发光显示屏原理、结构及驱动电路 [J]. 液晶与显示, 2000, 15(2): 114-119.
- [8] 李守荣, 梁平治. 电阻阵列动态红外景像产生器 [J]. 半导体光电, 2001, 22(5): 308-312.
- [9] 李守荣. 动态红外景像产生技术综述 [J]. 红外技术, 2001, (7): 9-13.