

金属布线结构对电阻阵列辐射均匀性的影响

陈世军, 马 斌

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘 要:介绍了动态红外场景模拟的电阻阵列单元电路结构,分析了地 V_{ss} 压降对输出电流的影响。比较了两种不同金属布线的地电位压降,并用 Spice 软件进行了仿真,对 128×128 网格状金属布线结构的电阻阵列器件进行了测试,实际验证了仿真结果的可靠性。

关键词:电阻阵列;动态红外景象;条状布线;网格状布线

中图分类号:TN386

文献标识码:A

Effect of Metallization Pattern on Radiant Uniformity for Resistor Array

CHEN Shi-jun, MA Bin

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: Pixel drive circuit of resistor array dynamic infrared scene projectors (DIRSP) was introduced, and analyzed the effect of V_{ss} drop on drive current. V_{ss} drop of two different metallization patterns was compared and simulated with Spice, were tested, simulation were verified by the test of 128×128 resistor arrays. Metallization patterns adaptable to different scale resistor array were given in the end.

Key words: resistor array; DIRSP; tramlined; cross-stitched

1 引 言

随着红外成像仿真技术的快速发展,对目标图像动态模拟的要求越来越高,迫切需要一种低成本的对其进行测试和评价的方法,以代替大量的复杂的高成本的外场飞行试验。红外硬件闭环在线(HWIL)仿真系统的实现,可以在实验室内对各种红外探测系统进行测试和评估。电阻阵列是动态红外景象产生技术中发展最快和最具潜力的一种器件,一直以来都受到人们的关注^[1]。

由于电阻阵列规模的不断扩大,器件内部地线的宽度总是有限的,因此存在一定的总线电阻,而器件工作时的电流很大,通常达到 10A 以上,导致地线上一定的电位不均匀。由于地电位的不均匀直接造成驱动电流的不均匀,从而影响了电阻阵列辐射

的均匀性。

中国科学院上海技术物理研究所从 20 世纪 90 年代初就开始从事电阻阵列的研究,至今已经 15 年,器件的规模从 8×8 元、 64×64 元到现在的 128×128 元。本文借助 128×128 电阻阵列器件,对两种金属布线结构进行分析、仿真和测试。

2 单元电路结构

图 1 为 128×128 电阻阵列动态红外景象投射器单元电路结构图,是一种源极跟随器驱动结构^[2]。

基金项目:航空科学基金(No. 20060112114)资助。

作者简介:陈世军(1967-),女,研究方向为半导体器件测试及集成电路设计。E-mail: susan1967@citiz.net

收稿日期:2008-01-04

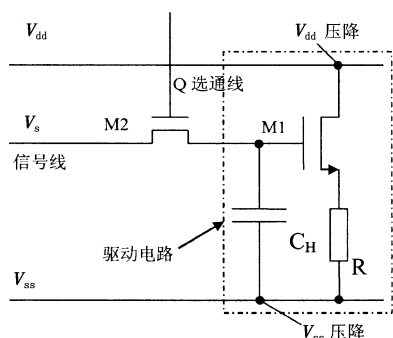


图1 源跟随驱动单元结构

其中, R 为辐射电阻元; $M2$ 为选通管, 用作选通需要加热的电阻元; $M1$ 为驱动管, 为 R 提供电流, 以使 R 发出热辐射。当 $M2$ 选通时, 信号 V_s 经 $M2$ 传输至 $M1$ 栅上, $M1$ 以相应的电流给电阻元加热。当 $M2$ 关断时, 存储在电容 C_H 上的电荷经 $M2$ 的漏电阻缓慢放电。在放电时间内, $M1$ 可维持给电阻加热。该电路结构中, 所有的 V_{dd} 均连在一起形成电源总线, 为负载提供驱动电流, 而最后驱动电流流向共同的地线 V_{ss} 。

如图1, 微辐射体连接在驱动管 $M1$ 的源极与地之间, 形成源极跟随器结构, 只要 $V_s < V_{dd}$ 驱动管始终工作于饱和区。地电位 V_{ss} 的变化经过辐射元电阻 R 影响到 $M1$ 栅源电压 (V_{GS}), 所以对输出驱动电流 I_D 影响很大^[3]。应用 Spice 仿真工具对图1虚框内的驱动电路进行了输入电压与输出电流的仿真, 仿真结果如图2所示。

减小 V_{ss} 的压降有三种方法: 采用尽可能小的电流设计; 增加金属层的宽度和厚度以增加电导; 选择有效的金属布线结构^[4]。

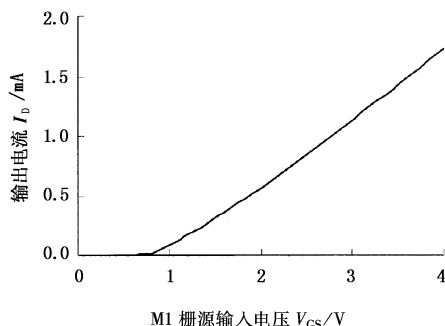


图2 M1 输入电压与输出电流的关系曲线仿真结果

3 金属布线结构

3.1 一维条状

图3(a)是一种传统的条状布线结构, 采用条状

两端共接地 V_{ss} , 由于导线上存在一定电阻, 电流较大, 某单元的电流只在一维方向上流动, 造成每条地线中间电位高于两端电位, 地电位分布不均匀, 从而导致器件均匀性较差。

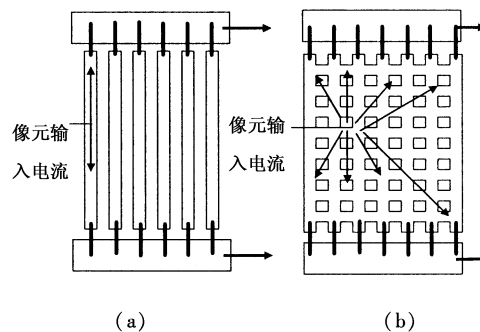


图3 (a)条状结构图; (b)网格状结构图

3.2 二维网格状

如图3(b)所示, 将 V_{ss} 地线敷设在 x 和 y 两个方向, 采用网格状分布。由于某单元的电流会分散到整个地线网络, 降低该点的压降, 整个地电位的分布比较均匀^[5]。

4 仿真结果

对 128×128 电阻阵列条状结构和网格状布线结构进行了仿真, 结果如表1所示。

表1 128×128 电阻阵列条状结构和网格状布线结构仿真结果

器件规模	每单元 电流/mA	最大压降/V	
		条状	网格状
128×128 全点亮	1.0	0.25	0.1
	1.2	0.3	0.12
	1.4	0.34	0.14
	1.6	0.38	0.15

图4是点亮 128×128 元, 单元电流为 1.6mA , 两种结构的第64行地电位沿单元坐标分布的仿真结果, 中心点的地电位最高。

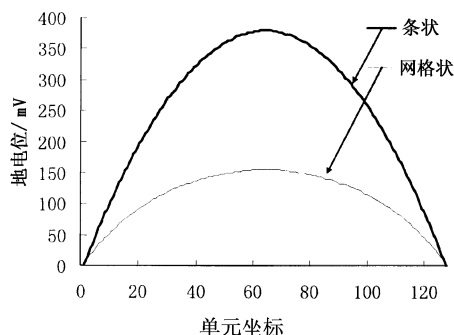
图4 单元电流 1.6mA 地电位沿单元的分布

表1仿真结果表明:特别是在点亮规模较小,而且每单元电流小的情况下,网格状金属布线结构地电位压降优于条状布线结构,但随着器件规模增大,电流也相应增大,网格状布线引起的电位不均匀也变得非常明显。

5 网格状地布线结构测试

测试所采用的器件为中国科学院上海技术物理所研制的 128×128 电阻阵,采用的是网格状地布线结构。

5.1 测试方法

仿真结果表明, 128×128 电阻阵中心区域是地电位变化最大的位置。如图5所示,以电阻阵中心点(8×8 区域)为测温点,分别点亮 8×8 , 16×16 , 32×32 , 64×64 , 96×96 , 128×128 个单元区域,使用单元中波光伏型 MCT 红外探测器,测量电阻阵中心 8×8 区域在不同点亮规模下的信号输入电压 V_s 和黑体等效温度的关系。

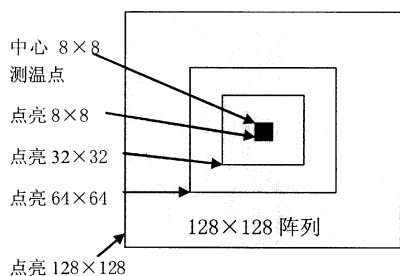


图5 网格状地线电压降测试方法图

5.2 测试结果

图6为器件中心 8×8 区域在不同点亮规模下输入信号电压 V_s 与等效黑体温度 t 的关系曲线。

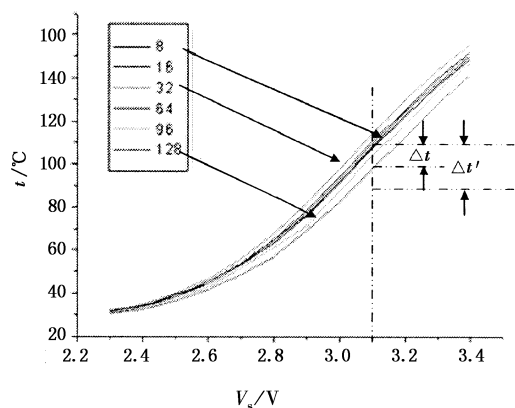


图6 中心点在不同点亮规模下的 $t \sim V_s$ 曲线

从图中可以看出,由于制冷效果不理想,随着点亮规模的增加,衬底温度会有一定程度的升高,从点

亮 32×32 区域,衬底温度就明显升高。点亮 8×8 区域的等效黑体辐射温度 t 与控制电压 V_s 的关系可以用一个控制电压 V_s 的4次多项式拟合:

$$t = -4556.8 + 7176.1V_s - 4170.6V_s^2 + 1059.9V_s^3 - 98.3V_s^4 \quad (1)$$

当 V_s 为 $3.12V$ 时,点亮 8×8 区域和点亮 128×128 区域的等效黑体温度差 Δt 为 $10^\circ C$ 左右,由于点亮 128×128 规模增多,衬底温度的升高,根据实际测试衬底有 $10^\circ C$ 的温升,那么实际点亮 8×8 区域和点亮 128×128 区域的等效黑体温度差 $\Delta t'$ 应该在 $10 \sim 20^\circ C$ 范围内。由图2的仿真结果, V_s 为 $3.12V$ 时,电流为 $1.2mA$,根据表1网格状地线在点亮 128×128 元,单元电流为 $1.2mA$ 时,中心点的最大压降 $0.12V$,根据公式(1), Δt 为 $18.8^\circ C$,仿真结果与测试结果相吻合。

6 结论

对条状和网格状地线结构进行了大电流下单元接地点的电位均匀性仿真,结果表明在总线电流不太大的情况下,采用网格状地线结构,各单元接地点电位分布比较均匀,单元电流均匀性较好,但在总线电流过大时,网格状地线结构的均匀性不再理想,更由于地线电流的二维分布,导致非均匀性校正的计算出现困难,而条状地线结构虽然在均匀性方面始终不如网格状地线结构,但由于其电流的一维分布特性,非均匀性校正计算简单,在大电流条件下反而更显优势。

参考文献:

- [1] 张树春,宋凯. 基于电阻阵列的导弹红外目标模拟器的设计和实现[J]. 电光与控制,2002,9(3):54.
- [2] 肖云鹏,马斌,梁平治. 电阻阵动态红外景象投射器单元电路研究[J]. 科学技术与工程,2006,6(14):2117.
- [3] Recent progress in large dynamic resistor Arrays[C]// SPIE,3084:64.
- [4] 李守荣,梁平治. 动态红外景象产生技术[J]. 红外与激光工程,2001,30(3):188.
- [5] Pritchard, A P, et al. Current status of the British aerospace resistor array IR scene projector technology[C]// SPIE,3084:74.