

TDI 模式硅电荷耦合器件

董建民 汤学新

(中国科学院上海技术物理研究所)

本文介绍一种时间延迟和积分(TDI)模式硅电荷耦合器件(SiCCD)。该器件与10元InSb 线列互连获得成功。它的功能得到了证实。输出的视频信号表明,器件具有良好的均匀性。

红外电荷耦合器件因其本身具有的种种特性,越来越广泛地在成像领域中得到应用。目前,一些初具规模的产品已在一些技术比较先进的国家出现^[1]。

在各种结构的红外电荷耦合器件中,建立在成熟的单元红外探测器和硅集成电路工艺基础上的混成红外电荷耦合器件是现阶段比较适宜的结构。本文介绍一种与红外探测器阵列混成的 TDI 模式 SiCCD。

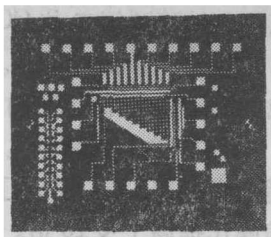


图1 铝反刻版图

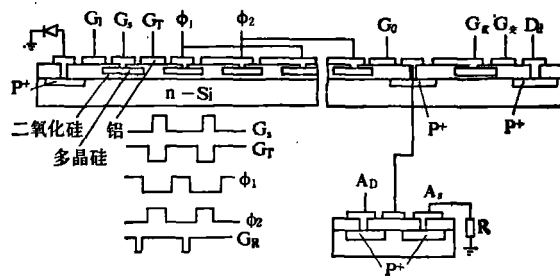


图2 剖面图和脉冲波形

1. 器件结构

图1是TDI模式SiCCD的铝反刻版图。该器件采用P沟道二相硅铝交迭栅结构。总尺寸为 $2.16 \times 1.92 \text{ mm}^2$ 。第一位CCD时钟电极面积为 $38 \times 44 \mu\text{m}^2$,其余的时钟电极面积依次是第一位的二倍、三倍、……、十倍。整个管芯呈阶梯形状,体现了器件逐位积分的特征。

十个输入源 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_{10}$ 分别与红外探测器阵列的十个探测元相对应,作为直接混成的连接端。各个输入源之间用 $8 \mu\text{m}$ 宽的磷扩散沟阻条实现电学隔离。为了有效地控制电荷的注入,设置了输入栅 G_i ,存贮栅 G_s 和转移栅 G_T 。使用直流和交流两个复位栅,消除复位脉冲对输出波形的干扰。输出部分设置的源极跟随器具有把信号电荷包转变成信号电压的功能。

2. 工作原理

图2是器件的剖面图和脉冲波形。红外探测器接收光辐射而产生的光电流注入到反向

偏置输入源的势阱里。分别在输入栅和存贮栅上施加一个负的栅压,使输入栅下的硅表面形成沟道,而存贮栅下的硅表面出现深势阱。这样,输入源势阱里的电荷就被引入存贮栅下的势阱中。然后,转移栅上施加一个负的栅压使栅下的硅表面形成沟道。当时钟脉冲使与转移栅相邻的电极下出现深势阱时,电荷又一次转移,从存贮栅转移到 CCD 的第一相电极下。接着,按常规 CCD 的驱动方法,逐位将电荷送至输出端。

在输出栅上施加一个负的栅压使栅下形成沟道。当第二相时钟脉冲幅度逐渐减小,势阱逐渐消失时,电荷就通过沟道注入到浮置扩散区。电荷的注入使浮置扩散的电势分布发生一个变化,这个变化使其相连的源极跟随器的栅极上产生一个相应的栅压变化。由于源极跟随器的源极电位跟随栅极电位变化而变化,所以,我们就在电阻 R 上获得了读出信号电压。

为了使器件连续地工作,信号读出后,在复位栅上施加一个复位脉冲,把浮置扩散区里的电荷抽走。

3. TDI 模式^[9]

TDI 模式如图 3 所示。探测器阵列与 CCD 平行放置。用热压的方法,把探测元与 CCD 的输入源连接起来。在第一个周期的时间延迟相期间,探测器阵列的第一个探测元接收光辐射。产生的信号电荷注入与其对应的第一个存贮栅势阱中。在接下来的积分相期间,此信号电荷包被转移到第一位 CCD 势阱里。

在第二个周期的时间延迟相期间,一方面,第二个探测元接收光辐射,并将产生的信号电荷注入第二个存贮栅势阱中;另一方面,第一位 CCD 势阱里的电荷包转移到第二位 CCD 势阱里。在此周期的积分相期间,第二个存贮栅势阱里的电荷包转移到第二位 CCD 势阱里,并在那里与时间延迟相期间预先转移过来的电荷包累加,形成一个新的电荷包。这样,随着探测器阵列对象源的扫描,CCD 获得了十个采样电荷包。这十个电荷包在向 CCD 输出端转移的过程中逐位累加,最后成为一个总的输出电荷包。在这个输出电荷包里,信号成份是 $10\bar{R}S$, 其中 $\bar{R} = (R_1 + R_2 + \dots + R_{10})/10$ 是平均响应率;噪声成份是 $[10N^2]^{1/2}$ 。这里, N 是一次采样引进的噪声。由此可见,TDI 的效果是把信噪比提高了 $\sqrt{10}$ 倍。另外,由于 TDI 模式采用的是平均响应率的概念,所以在探测器阵列存在较大的不均匀性的情况下,器件也能正常地工作,只是输出信号幅度有所下降。

4. 实验结果

TDI 模式硅 CCD 已成功地与 10 元 InSb 探测器阵列实现了互连。器件输出的视频信

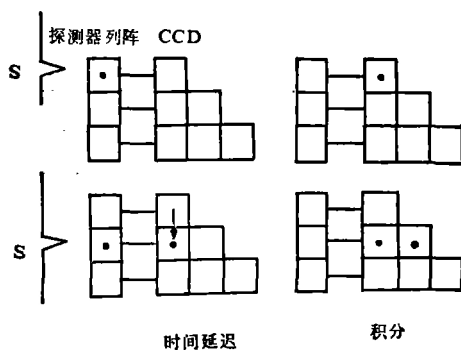


图 3 TDI 模式

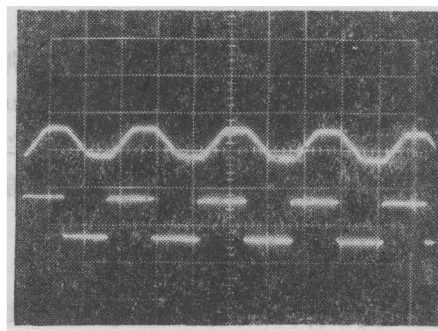


图 4 输出视频信号波形

号如图 4 所示。输出信号包络线的上升和下降基本上是一条直线,这表明该器件具有良好的均匀性。

致谢——在器件的研制工作中曾得到吴一彦、吴作良等同志的指导和帮助,文中图 4 由王新德同志提供,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 徐申生, 红外物理与技术, (1981), 6, 59~63.
- [2] AD-A 068910.

SILICON TIME-DELAY-AND-INTEGRATION CCD

DONG JIANMIN, TANG XUOXIN

(Shanghai Institute of Technical Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

A silicon Time-Delay-and-Integration charge-coupled device which successfully couples with 10-element Insb linear array is designed. Its function is demonstrated. The output video signal shows that the uniformity of the device is good.