



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103076552 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201210080080. 7

(22) 申请日 2012. 03. 23

(73) 专利权人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫 200 号

(72) 发明人 陈钱 许轰烈 顾国华 隋修宝
刘宁 季尔优 钱惟贤 路东明
于雪莲 张闻文 何伟基 毛义伟
王士绅 陈明杰

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 唐代盛

(51) Int. Cl.

H02M 1/14(2006. 01)

(56) 对比文件

- CN 1301080 A, 2001. 06. 27, 全文.
- CN 101212172 A, 2008. 07. 02, 全文.
- US 7105821 B1, 2006. 09. 12, 全文.
- CN 101951133 A, 2011. 01. 19, 全文.
- US 5420419 A, 1995. 05. 30, 全文.

Xiubao Sui. etc. Influencing factors of microscanning performance based on flat optical component. 《CHINESE OPTICS LETTERS》. 2011, 第 052302-1-052302-4 页.

刘宁等. 640×512 制冷探测器积分时间与 SNR 分析. 《红外与激光工程》. 2012, 第 41 卷 (第 1 期), 第 43-48 页.

任建乐等. 基于配准的红外焦平面阵列条纹非均匀性校正. 《红外与毫米波学报》. 2011, 第 30 卷 (第 6 期), 第 499-502、506 页.

刘宁等. 640×512 红外焦平面探测器前端噪声分析及抑制技术. 《红外技术》. 2010, 第 32 卷 (第 10 期), 第 572-575、582 页.

王娴雅等. 基于 BP 神经网络的红外焦平面非均匀性校正技术. 《光子学报》. 2009, 第 38 卷 (第 6 期), 第 1504-1506 页.

审查员 樊维维

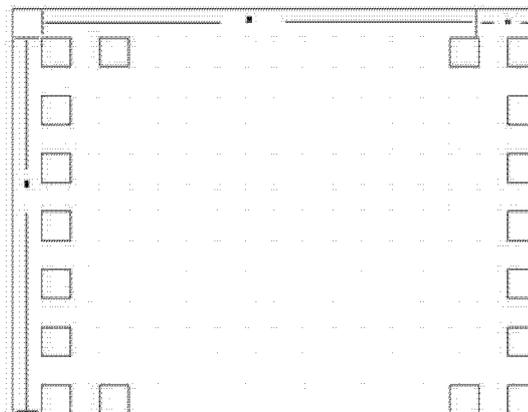
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法, 外界辐射入射到改进的探测器焦平面上由焦平面的光电转换效应将光能转换成电流的形式, 即在标准的 $N \times M$ 象元的探测器焦平面阵列基础上做 n 的列延拓, 位于 $N \times M$ 象元阵列周围, 使原有的阵列大小 $N \times M$ 变为 $(N+n) \times M$, 将蓝宝石作为 n 列延拓背景象元的材料, 整个 $(N+n) \times M$ 象元阵列与读出电路连接; 读出电路按照时序要求对每一帧的图像按行积分, 对电压信号进行处理, 使得最后的实际输出都保持在一个均匀的程度, 从而有效的去除图像上的滚动条纹。



CN 103076552 B

1. 一种抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法,其特征在于步骤如下:

第一步,外界辐射入射到改进的探测器焦平面上由焦平面的光电转换效应将光能转换成电流的形式,即在标准的 $N \times M$ 象元的探测器焦平面阵列基础上做 n 的列延拓,位于 $N \times M$ 象元阵列周围,使原有的阵列大小 $N \times M$ 变为 $(N+n) \times M$,将蓝宝石作为 n 列延拓背景象元的材料,整个 $(N+n) \times M$ 象元阵列与读出电路连接, N 、 M 、 n 的取值是根据现有的焦平面来选取,其中 N 、 M 、 n 为整数, N 最大为 1024, M 最大为 1024, n 小于 N ;

第二步,读出电路按照时序要求对每一帧的图像按行积分:读出电路是将探测器阵列所采集的电信号,按时序输出,并对输出信号进行处理,输出 $N \times M$ 像素的图像;

第三步,对电压信号进行处理:

(1) 读出电路计算延拓出来的 n 列背景象元上当前的入射辐射所引起的温度—电压信号的平均值;

(2) 对一行上的所有 N 个像素积分完成后,将每个像素的积分值减去 n 列背景象元的温度—电压信号的平均值;

(3) 通过探测器焦平面输出端口上的采样电路对减去“背景象元”温度—电压信号的平均值的信号进行采样并输出即得到了均匀的每一行像素的电压值,从而达到消除条纹的目标。

2. 根据权利要求 1 所述的抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法,其特征在于第二步中的读出电路包含与探测器阵列相应的单元传输电流阵列,电流输入端 (9) 与每个单元传输电流阵列连接,电流信号从电流输入端 (9) 处输入,依次经过 240 个并联的偏置电路 (10) 进行调整,然后由水平增益电路 (11) 调整,再按行信号积分电路 (12) 进行积分,由采样电路 (13) 进行采样和多路开关 (14) 的选择,输出 $N \times M$ 像素的图像。

3. 根据权利要求 1 所述的抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法,其特征在于第二步的时序要求中,MC 为探测器主时钟,RESET 为复位信号,INT 为积分信号, SORTIE 为视频信号,DATAVALID 是数据有效信号,LIGNE1 是第一行读出信号:探测器主时钟 MC 的最高频率为 5.5MHz 和 50% 的占空比,是整个电路的操作同步的基础,像素寻址是由主时钟控制的静态同步移位寄存器执行的,像素信息是在每一个主时钟周期率的读出;

积分信号 INT 允许来自一行的焦平面的信号积分,当积分信号 INT 是高电平的时候,在 INT 阶段必须在逐个发送行积分,每帧 240 次;

积分信号 INT 在探测器主时钟 MC 的上升沿改变状态,积分信号 INT 的周期大于 340 个主时钟周期,积分时间等于 INT 为高电平的持续时间减去 2 个主时钟周期,最低积分时间是主时钟周期,最大积分时间为 318 个主时钟周期;

复位信号 RESET,通过迫使焦平面第一行的信号积分,使读出电路的操作复位,在探测器主时钟 MC 的上升沿过程中,复位信号改变其状态,每帧不得重复一次以上;

数据有效信号 DATAVALID 在积分结束后自动设置到一个高电平;

第一行读出信号 LIGNE1 自动设置在高电平,以获得来自第一行的 FPA 的信号输出。

一种抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法

技术领域

[0001] 本发明属于微测辐射热计读出电路硬件定标技术,特别是一种抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法。

背景技术

[0002] 红外辐射能够被探测是由于物质内部的相互作用,通过光子间交换的加热效应,或是通过直接电子吸收/内部光电子效应。前者,吸收辐射而加热,使温度升高,因此,测量出探测器随温度变化的参数,这样的器件称为平方律器件;后者,带隙半导体中的价带电子由于直接吸取光子而跃迁到导带上,因此能够检测出导带内电子数的增加,这类器件称为量子探测器,平方律和量子探测器之间最突出的差别就是后者必须制冷到低温才能工作。

[0003] 对于不需要进行制冷的微测辐射热计,其工作状态受环境温度影响特别大,表现在整机结构中为各电路板上的 IC 器件的工作状态会随着外界环境温度的变化而发生些许的改变,特别是一些分立元件的电学特性,导致部分提供给探测器工作所需的偏置电压在一个平均值范围内发生上下微小的波动,形成一定的噪声,即如下式所示:

$$[0004] \quad V_{\text{bias}}(t) = V_0 + V(t) \quad (1)$$

[0005] 其中, $V_{\text{bias}}(t)$ 为随时间变化的偏置电压实际值, V_0 为理论上应当输出的偏置电压标准值, $V(t)$ 为受环境温度影响的电压波动噪声。这种波动噪声会影响到探测器进行图像行积分时所采到的有效信号的大小,导致即使是观察均匀的背景,其图像上每行之间也存在明显的差异,这种差异就以条纹的形式表现出来,又因为是行积分,所以条纹会在图像上不停的滚动,大大降低了图像质量及信噪比(SNR)。

[0006] 目前应用最广泛的去除这种由于偏置电压波动而引起的条纹噪声的办法是对于得到的每一行的数字信号进行多帧累加取均值的算法,即连续采集多帧内各行的数据并分别取其平均值,然后用各行数据减去该平均值的方法来抑制条纹的形成,这样做的结果虽然能够在一定程度上抑制条纹,但是对于外界照度很强时各行的均值差异较大,很多时候并不能完全去除该种条纹噪声。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法,针对外界输出微测辐射热计焦平面的偏置电压上存在随时间变化波动的噪声而导致的图像行积分采样时列通道输出的不均匀带来的滚动条纹问题,能够有效的去除图像上的滚动条纹。

[0008] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法,步骤如下:

[0009] 第一步,外界辐射入射到改进的探测器焦平面上由焦平面的光电转换效应将光能转换成电流的形式,即在标准的 $N \times M$ 象元的探测器焦平面阵列基础上做 N 的列延拓,位

于 $N \times M$ 象元阵列周围,使原有的阵列大小 $N \times M$ 变为 $(N+n) \times M$,将蓝宝石作为列延拓背景象元的材料,整个 $(N+n) \times M$ 象元阵列与读出电路连接, N 、 M 、 n 的取值是根据现有的焦平面来选取,其中 N 、 M 、 n 为整数, N 最大为 1024, M 最大为 1024, n 小于 N ;

[0010] 第二步,读出电路按照时序要求对每一帧的图像按行积分;读出电路是将探测器阵列所采集的电信号,按时序输出,并对输出信号进行处理,输出 $N \times M$ 像素的图像;

[0011] 第三步,对电压信号进行处理;

[0012] (1) 读出电路计算延拓出来的 n 列背景象元上当前的入射辐射所引起的温度—电压信号的平均值;

[0013] (2) 对一行上的所有 N 个像素积分完成后,将每个像素的积分值减去 n 列背景象元的电压平均值;

[0014] (3) 通过探测器焦平面输出端口上的采样电路对减去“背景象元”平均值的信号进行采样并输出即得到了均匀的每一行像素的电压值,从而达到消除条纹的目标。

[0015] 本发明与现有技术相比,其显著优点:通过采用对环境辐射温度不敏感的蓝宝石材料制作的背景象元来对读出电路做 n 元列延拓,通过对 n 列背景象元求和取均值的方式计算出标准值,并在输出前将各采样值与标准背景值取差,使得最后的实际输出都保持在一个均匀的程度,从而有效的去除图像上的滚动条纹。

[0016] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述。

附图说明

[0017] 图 1 是探测器焦平面结构图。

[0018] 图 2 是单个象元结构图。

[0019] 图 3 是读出电路结构简图。

[0020] 图 4 是读出电路时序要求。

[0021] 图 5 是输出信号的采样波形。

[0022] 图 6 是 n 元延拓方式。

[0023] 图 7 是偏置电压噪声引起的含有滚动条纹的图像。

[0024] 图 8 是列输出不均匀性被抑制的无滚动条纹的图像。

具体实施方式

[0025] 本发明抑制偏置电压纹波和列输出放大器通道不均匀的方法,步骤如下:

[0026] 第一步,外界辐射入射到改进的探测器焦平面上由焦平面的光电转换效应将光能转换成电流的形式,即在标准的 $N \times M$ 象元的探测器焦平面阵列基础上做 n 的列延拓,位于 $N \times M$ 象元阵列周围,使原有的阵列大小 $N \times M$ 变为 $(N+n) \times M$,将蓝宝石作为 n 列延拓背景象元的材料,整个象元阵列与读出电路连接; N 、 M 、 n 的取值是根据现有的焦平面来选取,其中 N 、 M 、 n 为整数, N 最大为 1024, M 最大为 1024, n 一般小于 N ,取其二分之一较为合适。下面内容,取 N 为 320, M 为 240, n 为 160 为例。

[0027] 第二步,读出电路按照时序要求对每一帧的图像按行积分,

[0028] (1) 读出电路:读出电路是将探测器阵列所采集的电信号,按如图 4 的时序输出,

并对输出信号进行处理,读出电路包含与红外探测器阵列相应的单元传输电流阵列,每个单元传输电流阵列由偏置电路 10、水平增益电路 11、积分电路 12、采样电路 13、多路开关 14 依次连接组成,电流输入端 9 与每个单元传输电流阵列连接,电流信号从电流输入端 9 处输入,依次经过 240 个并联的偏置电路 10 进行调整,然后由水平增益电路 11 调整,再按行信号积分电路 12 进行积分,由采样电路 13 进行采样和多路开关 14 的选择,输出 $N \times M$ 像素的图像,如图 3 所示。

[0029] (2) 时序要求,其中,MC 为探测器主时钟,RESET 为复位信号,INT 为积分信号, SORTIE 为视频信号, DATAVALID 是数据有效信号, LIGNE1 是第一行读出信号。

[0030] 探测器主时钟 MC 的最高频率为 5.5 MHz 和 50% 的占空比,是整个电路的操作同步的基础。像素寻址是由主时钟控制的静态同步移位寄存器执行的。像素信息是在每一个主时钟周期率的读出。

[0031] 积分信号 INT 允许来自一行的焦平面的信号积分,当它是高水平的时候,于纹波操作模式,在 INT 阶段必须在每个发送行积分,每帧 240 次。

[0032] 积分信号 INT 在主时钟的上升沿必须改变状态。它的周期必须大于 340 主时钟周期。积分时间等于 INT 为高水平的持续时间减去 2 个主时钟周期。最低积分时间是主时钟周期。最大积分时间为 318 个主时钟周期。

[0033] 复位信号 RESET,通过迫使焦平面第一行的信号积分,使读出电路的操作复位。在主时钟的上升沿过程中,复位信号必须改变其状态。每帧不得重复一次以上。

[0034] 数据有效信号 DATAVALID,为了获得读出信息,是在积分结束后自动设置到一个高电平。

[0035] 第一行读出信号 LIGNE1,自动设置在高电平,以获得来自第一行的 FPA 的信号输出。

[0036] 第三步,对电压信号进行处理:

[0037] (1) 读出电路计算延拓出来的 n 列背景象元上当前的入射辐射所引起的温度—电压信号的平均值;

[0038] (2) 对一行上的所有 N 个像素积分完成后,将每个像素的积分值减去 n 列背景象元的电压平均值;

[0039] (3) 通过探测器焦平面输出端口上的采样电路对减去“背景象元”平均值的信号进行采样并输出即得到了均匀的每一行像素的电压值,从而达到消除条纹的目标。

[0040] 本发明从读出电路结构上来对探测器图像行积分时由于工作偏置电压的波动带来的条纹噪声进行抑制的方法,原理清晰,结构简单,且不占用后端的资源以及功耗。红外辐射的光能要转变为电能继而以电压的形式输出,并能被后端的处理电路接收并进行处理需要经过光电转换—电流电压转换两个过程,对于探测器来说,这两个过程分别发生在探测器内部的焦平面和读出电路中,焦平面接收外界辐射的光能,将其转变为电流的形式,并通过读出电路的积分过程将电流转变为电压形式输出,附图 1、2 为探测器焦平面及读出电路的结构图。

[0041] 图 1 所示为整个焦平面的结构分布,红外辐射 1 辐照在焦平面 2 上,焦平面 2 通过钢柱 3 与下面的读出电路 4 连接,将吸收到的红外辐射转变为电流后通过读出电路 4 进行信号输出 5。

[0042] 图 2 是单一象元的结构图,对于 $N \times M$ 个象元的焦平面阵列,就是由 $N \times M$ 个图 2 中示意的结构组成了整个焦平面。红外辐射 1 透过衬底 6 依次辐照在焦平面 N 沟道 7 和焦平面 P 沟道 8 上,焦平面 P 沟道 8 通过钢柱 3 与下面的读出电路 4 连接,将吸收到的红外辐射转变为电流后通过读出电路 4 进行信号输出 5。

[0043] 本发明的方法是针对 $N \times M$ 象元的微测辐射热计焦平面阵列做 n 列延拓,用受辐射照射温度变化十分小的半导体材料作为“背景象元”,该背景象元搭载在读出电路上,位于标准的 $N \times M$ 大小阵列周围,使原有的阵列大小变为 $(N+n) \times M$,用图 6 表示。

[0044] 本发明的工作原理是:首先分析了该条纹产生的原因,是由于每个像素工作时偏置电压上微小的波动导致采样值无法保持相等,而是在一个统计平均值的周围上下波动,从图 5 中得到:

$$[0045] \quad V_{\text{out}}(t) = V_0 + V(t) \quad (2)$$

[0046] 其中 $V_{\text{out}}(t)$ 为随时间变化的偏置电压实际值,为理论上应当输出的偏置电压标准值, $V(t)$ 为受环境温度影响的电压波动噪声。由 2 式可以得到对于一行像素,其总的输出响应 V_{out} 应该满足下式:

$$[0047] \quad V_{\text{out}} = \sum_{i=1}^N V_0(i) + V_{\text{noise}} \quad (3)$$

[0048] 由于每行像素的统计平均值有所差别,导致显示在监视器上时出现滚动条纹,因此,从结构的角度的分析,只要在每行像素积分完成后能够减去同一个背景值,那么就相当于将噪声的波形扰动直流分量去除掉,每个像素的实际值就能保持在理论范围的同一个均匀水平上,该统计平均值 V_{ave} 可以用下式得到:

$$[0049] \quad V_{\text{ave}} = \sum_{j=1}^n V_0(j) / n \quad (4)$$

[0050] 在图 5 中,令 $N \times M$ 的标准像素值为 V_{out} , $n \times m$ 的背景象元的值为 V_b ,则读出电路的总像素值 V 可用下式表示:

$$[0051] \quad V = \begin{pmatrix} V_{\text{out}11} & L & V_{\text{out}1N} & V_{b11} & L & V_{b1n} \\ M & O & M & M & O & M \\ V_{\text{out}n1} & L & V_{\text{out}nN} & V_{bn1} & L & V_{bnm} \end{pmatrix} \quad (5)$$

[0052] 在完成了光电转换过程后,读出电路根据外部配置的读出时序的要求开始对外进行信号输出。读出电路按照行的方向逐行的对信号电流进行积分和采样,然后输出有效的图像信号,其读出结构简图如附图 3 所示。从图中可以看出偏置电压 FID 和 EB 直接与探测器的输出动态范围和直流电平有关,也就是说,这两个偏置电压对于条纹噪声的贡献最大,下面图 4 为单一象元在提供偏置电压的情况下的输出信号的采样情况图。从图 3,4 中可以对这种噪声波动引起的条纹做解释,当每行的电流信号被积分电容转变为电压信号后,由于偏置电压的噪声影响,其输出波形并不是各个时间相同的幅值,而是在一个平均值周围上下波动的波形,经由后面的采样输出放大器采样后就会得到一些同样在一个均值附近上下跳动的值,在一帧图像内,各行的均值都不相同的情况下就会产生这种条纹。

[0053] 假设不考虑读出电路的 KTC 噪声以及 $1/f$ 噪声, $V_{\text{out}} = V_{\text{in}}$, 因此只要将式 3, 4 两式相减, 然后再将这个值输出就能够得到各行均匀的探测器信号, 就能从根本上去除滚动条纹。

[0054] 本发明的具体实现需要利用到两方面的控制, 一是探测器内部读出电路上结构延拓; 二是需要用后端的 FPGA 对其“背景象元”的求和取平均操作进行数字控制。要在探测器正常的行积分时间内完成对“背景象元”的求和取平均过程, 并在一行像素积分完成的时候将其有效信号值与“背景象元”的平均值取差, 然后再经过采样的过程对外输出。

[0055] “背景象元”需要采用对于外界辐射温度—电压变化不敏感的半导体材料, 因为该延拓是直接连接在读出电路周围的, 所以也会受到部分焦平面上外界辐射的影响, 在选取材料时还需要特别注意, 被选择的材料要与探测器象元的化学性质相配合, 特别是与衬底的化学性质的配合, 因此, 本发明使用蓝宝石材料为背景象元的制作材料, 蓝宝石材料目前已经被广泛的使用与制作或者经由掺杂后制作制冷型探测器焦平面的衬底材料, 其受温度的影响非常小, 可以保证外界辐射无论如何变化, 其性质都保持稳定, 即可以为后面的 n 列延拓的求和取平均提供十分稳定的输出值。

[0056] 此外, 读出电路的结构相比普通的微测辐射热计结构需要有所调整, 在多出的 n 行, m 列背景象元上需要有 CMOS 结构的时序控制设计, 以便让后端的 FPGA 能够实现对前端的时序操作及控制。在图 1 中的信号输出接插件中需要有能够和外部的 FPGA 连接的背景象元时序控制端口, 后端的 FPGA 除了提供探测器正常工作所需要的数字信号, 包括时钟信号, 积分信号等以外, 还需要提供背景象元控制信号, 该信号与行积分信号后端同步, 即当行积分信号结束时, 正常的 N 个像素的值已经得到的情况下, 延拓后的 n 个背景象元的平均值也已经计算完毕, 此时经过求差操作就可以得到均匀的信号值。

[0057] 背景象元的求和方式等同于普通象元的积分累加方式, 即, 在提供一个工作电压和数字时序的情况下, 每一行后面延拓的背景象元的值通过累加的方式合到一起, 然后通过放大器的除法电路作用, 将计算出来的电压值存在电容中, 等到有效像元的积分完成后将电容中的电压和信号电压通过专门的减法电路取差, 最后由连接外部输出端口的输出采样放大电路完成输出的工作, 整个设计原理清晰, 实现方法容易实现, 由于是硬件实现方法, 能够从根本上改善输出图像的质量, 提高图像信噪比, 相比于繁琐的软件算法, 本发明不仅快速, 而且能节省大量的系统资源, 降低系统功耗, 适合于长时间使用电池工作的方式, 是一项十分具有工程意义的发明项目。

[0058] 图 6、图 7 为含有严重条纹的图像及使用该方法后的图像, 通过对比可以发现, 条纹已经几乎全部去除掉, 证明了该方法对抑制由偏置电压噪声带来的列输出不均匀问题起到了很好的效果。

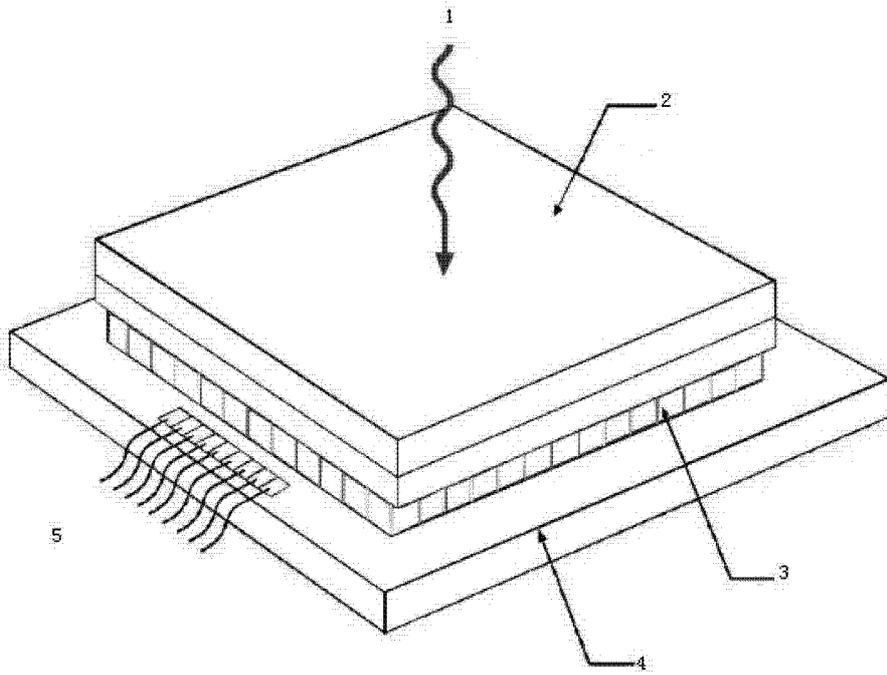


图 1

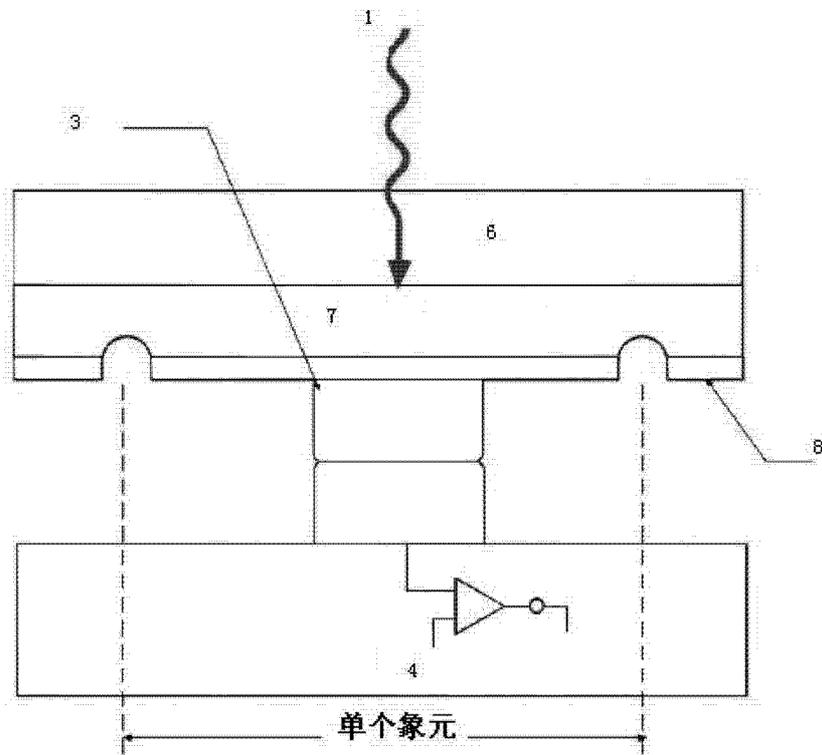


图 2

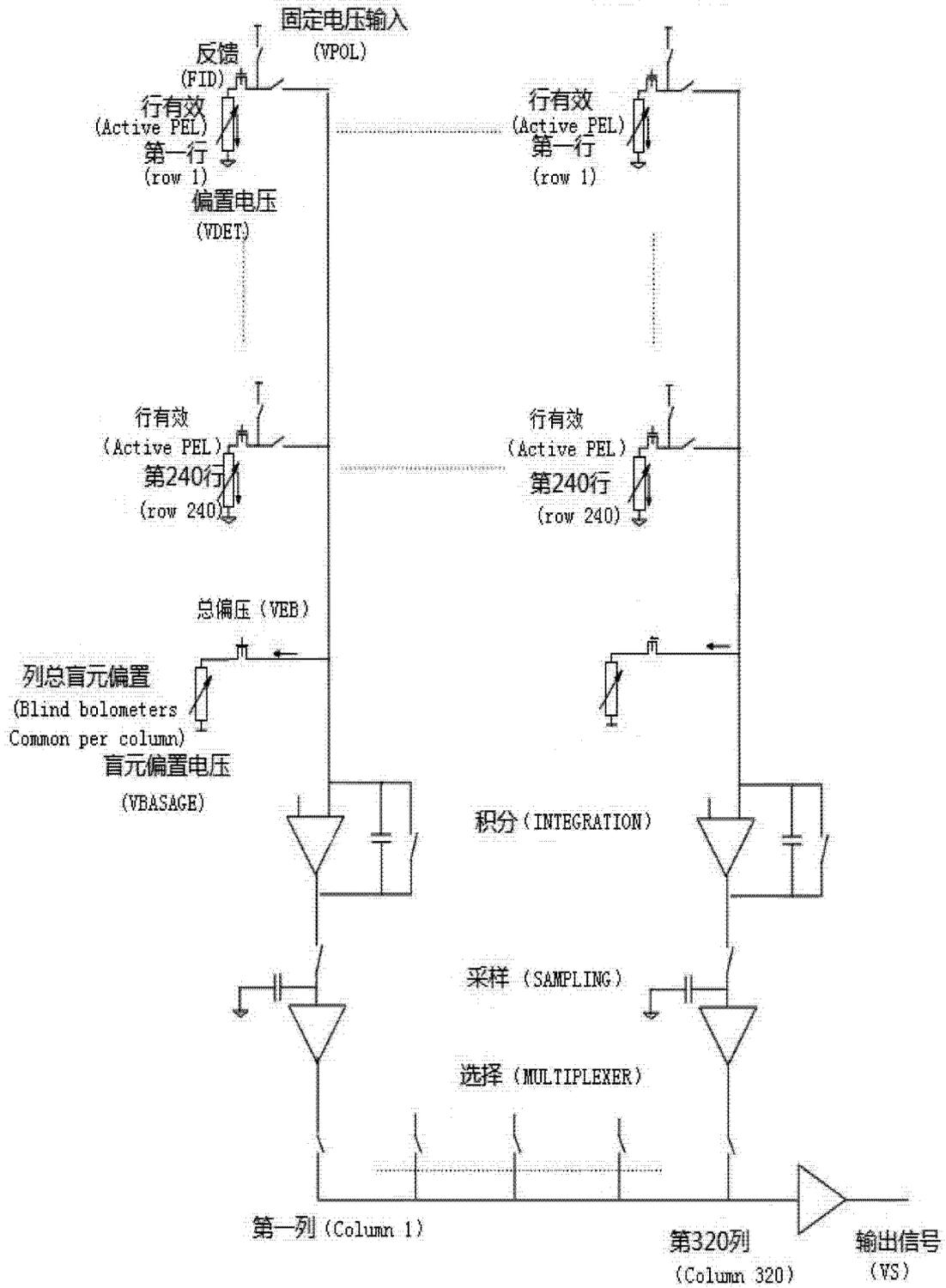


图 3

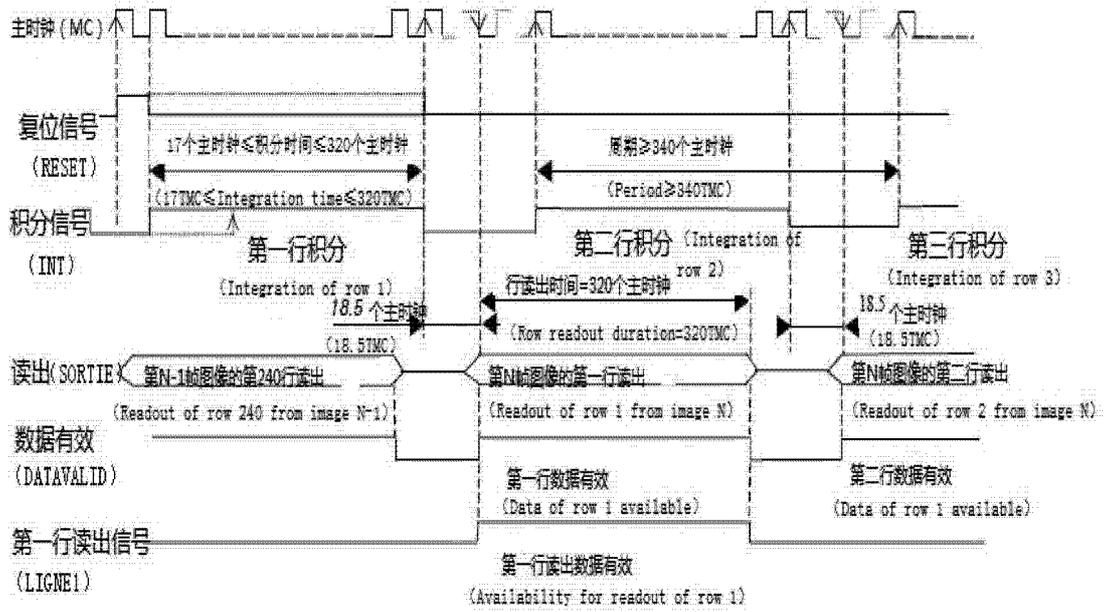


图 4

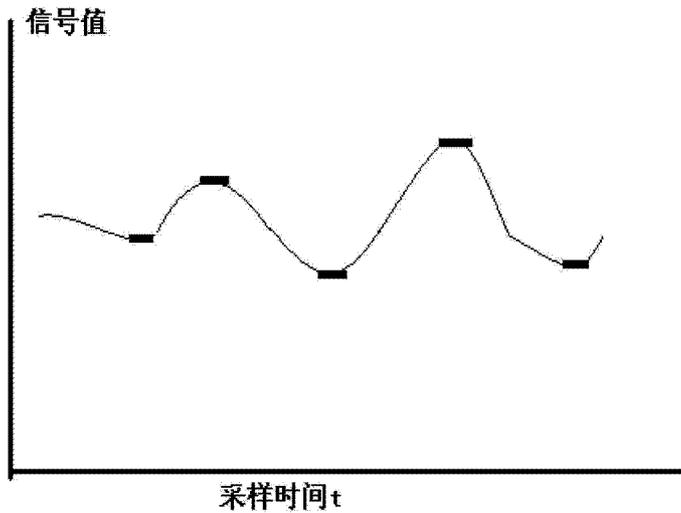


图 5

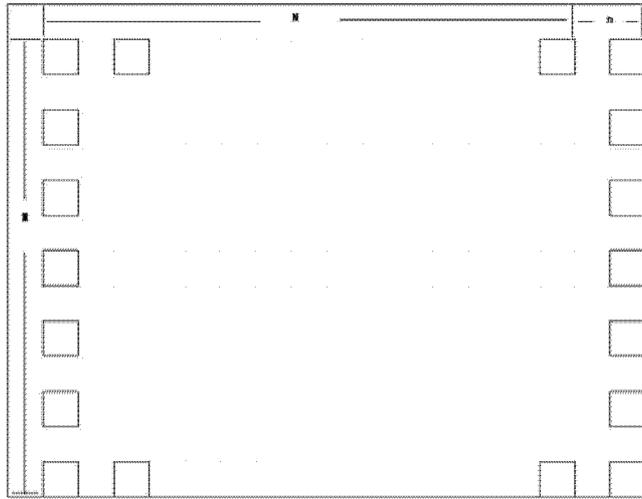


图 6

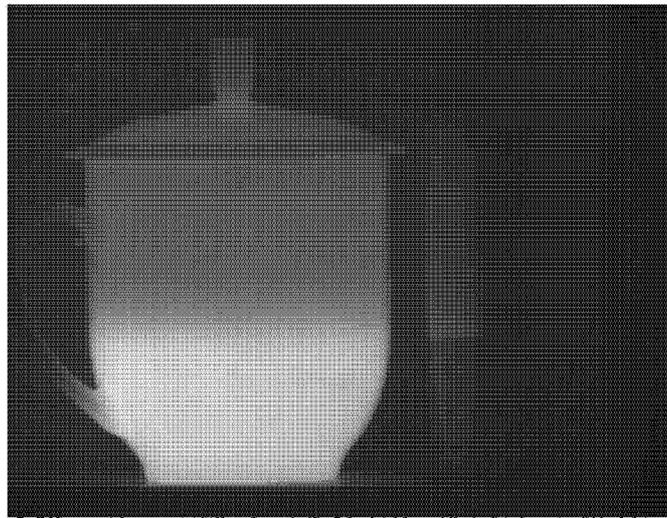


图 7

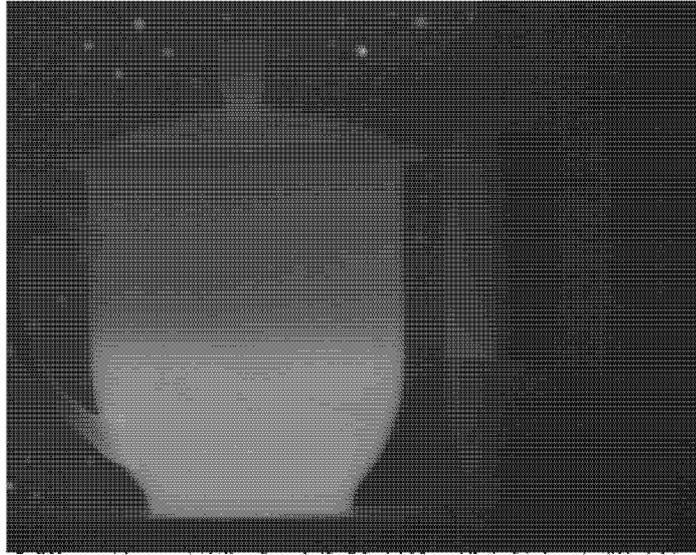


图 8