



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810050944.4

[43] 公开日 2008 年 11 月 19 日

[11] 公开号 CN 101309370A

[22] 申请日 2008.7.9
 [21] 申请号 200810050944.4
 [71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
 地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号
 [72] 发明人 刘 辉 郭永飞 王宏波 李云飞 薛旭成

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
 代理人 王立伟

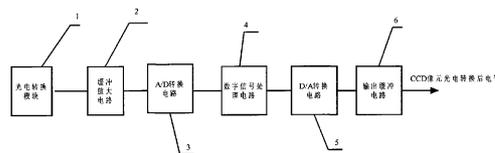
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种 TDI CCD 器件的光电转换模拟装置及方法

[57] 摘要

本发明一种 TDI CCD 器件的光电转换模拟装置及方法，属于 TDI CCD 器件的光电转换试验设备及方法。该装置包括光电转换模块，缓冲放大模块、A/D 转换器，数字信号处理电路，D/A 转换器、输出放大模块；光电转换模块用来完成接收光信号并完成光信号到电信号的转换功能；缓冲放大完成信号的幅值适当放大的作用；A/D 转换器用来完成将模拟电信号数字化的功能；数字信号处理电路负责进行算法转换，D/A 转换器用来将 TDI CCD 输出信号的数值量转化为实际的 TDI CCD 视频电平；输出缓冲放大用来加强驱动后级电路的能力。将本装置的输出信号连接到 TDI CCD 波形合成发生电路后，可对 TDI CCD 进行光电性能和电性能的完整模拟和转换。避免了电路调试阶段 TDI CCD 器件的损坏。



1、一种TDI CCD器件的光电转换模拟装置，其特征在于该装置包括光电转换模块（1），缓冲放大模块（2）、A/D转换器（3），数字信号处理电路（4），D/A转换器（5）、输出放大模块（6）；

光电转换模块（1）用来接收光信号并完成光信号到电信号的转换，缓冲放大模块（2）将信号的幅值放大，A/D转换器（3）将模拟电信号数字化，数字信号处理电路（4）负责进行算法转换，D/A转换器（5）将TDI CCD输出信号的数值量转化为实际的TDI CCD视频电平；输出放大模块（6）用来加强驱动后级电路的驱动能力；

将本装置的输出信号连接到TDI CCD波形合成发生电路中，各部分的连接关系是：光电转换模块（1）输出模拟信号连接到下级的缓冲放大模块（2），该信号通过缓冲放大模块（2）放大后，连接到A/D转换器（3）；A/D转换器（3）的输出的数字信号连接到数字信号处理电路（4）输入端，字信号处理电路（4）输出端连接到D/A转换器（5）输入端；D/A转换器（5）输出模拟信号连接到输出放大模块（6）输入端；最后输出放大模块（6）输出实际TDI CCD视频电平。

2、根据权利要求1所述的TDI CCD器件的光电转换模拟装置，其特征在于所述数字信号处理电路（4）中光电转换元件采用光电二极管，当光电二极管接受光照后，产生光生电流，该电流经电阻进行电流电压转换后形成电压，该电压信号经缓冲放大后输出给后级电路。

3、根据权利要求1所述的TDI CCD器件的光电转换模拟装置及方法，其特征在于所述该数字信号处理电路（4）是实现由反映光电二极管的光照情况的数值经过固定的算法转换为反映TDI CCD输出电压值的数字量，其中的算法如下：

光电二极管光电响应在一定的反偏电压下光照与光生电流成线性关系，经电阻转换为电压后相当于光照与电阻两端电压成线性关系，因此在忽略了各自的暗电流的情况下关系表达式如下：

$$V_{CCD} = T_{di} R_e E_e \quad (1)$$

其中 V_{CCD} ：为CCD器件的光生电荷经片上放大后的输出电压

T_{di} ：为CCD器件的积分级数

R_e ：为CCD器件的一级积分级数光灵敏度

E_e ：为像面辐照量

$$V_{diode} = \frac{E_e}{T_{int}} KRA_0 \quad (2)$$

其中 V_{diode} : 为光电转换模块的输出电压

E_e : 为像面辐照量

T_{int} : 像面曝光时间

K : 光电二极管的辐照度—光生电流响应曲线斜率

R : 光电转换模块输出电阻值

A_0 : 缓冲放大的增益

K 斜率可由光电二极管的响应曲线上任取一点得到

由(1)、(2)式可得 V_{CCD} 、 V_{diode} 对应关系如下:

$$V_{CCD} = \frac{T_{di} R_e T_{int}}{KRA_0} V_{diode} \quad (3)$$

采用(3)式将光电转换模块的输出电压转化为TDI CCD的电压输出值。

4、根据权利要求3所述的TDI CCD器件的光电转换模拟装置光电转换方法,其特征在于将N个模拟像元单元排列成一行,其线阵感光尺寸为L,光敏二极管长度为M时,其中N使用如下公式:

$$N = \frac{L}{M} \quad (6)$$

用该装置分段模拟CCD器件上的像敏单元。

一种 TDI CCD 器件的光电转换模拟装置及方法

技术领域

本发明涉及一种TDI CCD即积分延时电荷耦合器件的光电转换模拟装置及方法，属于光电转换试验设备及方法。

背景技术

TDI CCD具有可以不牺牲空间分辨率和工作速度的情况下获得高灵敏度这个突出特点，使其在高速、微光领域具有广泛的应用前景。在科研任务中，出于性能和指标的需求，往往需要定制新型TDI CCD器件，这就需要一定的研制周期和供货周期，有时甚至长达一至两年，这会严重影响科研生产任务的进度，另外，TDI CCD器件的造价往往很高，工艺复杂，有些新型TDI CCD器件的驱动要求很复杂，往往采用多种电源一起供电，并且电源的上下电顺序要满足一定的先后关，一旦没有满足要求，或者防护不好的话容易造成器件的损坏，造成巨大的损失，这在电路的调试阶段会经常发生。目前，业界已经开始设计各种TDI CCD的波形发生器以解决试验替代品的问题，但是均处于电性能模拟的阶段，无法实现光学和电学系统的完整调试。将本装置的输出信号连接到TDI CCD波形合成发生电路后可对TDI CCD进行光电性能和电性能的完整模拟。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种能在设备研制过程中和电路的调试阶段模拟实现TDI CCD器件光电转换功能的TDI CCD器件的模拟装置，模拟输出TDI CCD的视频电平信号。

为解决上述技术问题，本发明的TDI CCD器件的模拟装置如附图1，包括光电转换模块，缓冲放大模块、A/D转换器，数字信号处理电路，D/A转换器、输出放大模块；光电转换模块用来完成接收光信号并完成光信号到电信号的转换功能；缓冲放大完成信号的幅值适当放大的作用；A/D转换器用来完成将模拟电信号数字化的功能；数字信号处理电路负责进行算法转换，将代表光电转换并数字化后的数值量转化为代表实际TDI CCD输出信号的数值量；D/A转换器用来将TDI CCD输出信号的数值量转化为实际的TDI CCD视频电平；输出缓冲放大用来加强驱动后级电路的能力。

各部分的连接关系是：光电转换模块输出模拟信号连接到下级的缓冲放大模块，该信号通过

缓冲放大模块放大后，连接到A/D转换器；A/D转换器的输出的数字信号连接到数字信号处理电路输入端，字信号处理电路输出端连接到D/A转换器输入端；D/A转换器输出模拟信号连接到输出放大模块输入端；最后输出放大模块输出实际TDI CCD视频电平。

其中的光电转换模块结构如下：

该电路的作用是将外界光信号转化为电信号。电路原理图如附图2。实现光电转换的元件采用光电二极管。原因是光电二极管的光电特性为线性关系，与CCD的光电特性较为接近，在模拟CCD的光电特性时仅需要经过线性变换即可。当光电二极管接受光照后，产生光生电流。该电流经电阻进行电流电压转换后形成电压。该电压信号经缓冲放大后输出给后级电路。

所述缓冲放大模块：

完成对上级电路转化来的信号进行电压幅值的放大，加强与后级电路的耦合能力。

所述A/D转换器：

该模块电路的作用是将光电转换模块得到的反应光信号强弱的电信号进行数字化。数字化后的数据通过输出数据总线输入到后级电路。

所述数字信号处理电路：

该电路的功能是实现由反映光电二极管的光照情况的数值经过固定的算法转换为反映TDI CCD输出电压值的数字量。其中的算法如下。

采用线性对应的方法。光电二极管的光电响应如附图2。光电二极管光电响应在一定的反偏电压下光照与光生电流成线性关系。经电阻转换为电压后相当于光照与电阻两端电压成线性关系。这一点与CCD的感光特性一致。因此在忽略了各自的暗电流的情况下关系表达式如下：

$$V_{CCD} = T_{di} R_e E_e \quad (1)$$

其中 V_{CCD} ：为CCD器件的光生电荷经片上放大后的输出电压。

T_{di} ：为CCD器件的积分级数。

R_e ：为CCD器件的光灵敏度（一级积分级数）。

E_e ：为像面辐照量。

$$V_{diode} = \frac{E_e}{T_{int}} K R A_0 \quad (2)$$

其中 V_{diode} ：为光电转换模块的输出电压。

E_e ：同上。

T_{int} : 像面曝光时间。

K : 光电二极管的辐照度—光生电流响应曲线斜率。

R : 光电转换模块输出电阻值。

A_0 : 缓冲放大的增益。

K 斜率可由光电二极管的响应曲线上任取一点得到。

由(1)、(2)式可得 V_{CCD} 、 V_{diode} 对应关系如下:

$$V_{CCD} = \frac{T_{di} R_e T_{int}}{K R A_0} V_{diode} \quad (3)$$

采用(3)式可以将光电转换模块的输出电压转化为TDI CCD的电压输出值。

所述D/A转换器:

D/A转换器的功能是将数字信号处理电路输出的并行的代表TDI CCD的数据转换成模拟信号。该信号经缓冲放大后输出。实际的TDI CCD信号如附图3所示。TDI CCD输出的视频信号和普通的视频信号不同,每行由很多个像元信号组成。如图4所示,每个有效的TDI CCD像元视频信号是从A电平信号到C电平信号的过程,其中A信号电平代表的尖峰是由复位信号RST产生的干扰,叫做尖峰脉冲,是无用的信号,但消除不掉。B信号电平是复位参考电平,C信号电平是由驱动信号CR触发的信号电平。此信号电平经相关的电路处理后得到的有用的视频信号是由B信号电平和C信号电平产生的压差。此压差代表TDI CCD芯片在这个像元处采集的光信号的大小和强弱。而经缓冲放大输出后的幅值大小等于这个压差的大小。利用该信号配合后续的CCD信号合成电路可以实现TDI CCD的光电转换性能的模拟。

所述输出缓冲放大模块:

由于本发明能够模拟TDI CCD器件的光电转换功能,因此,在光电设备的研制周期及调试过程中可以用其部分代替TDI CCD器件模拟光电转换;或与TDI CCD电性能信号发生器配合使用,从而完成TDI CCD器件光电的模拟及完整的性能模拟,不仅缩短了设备的研制周期,而且避免了电路调试阶段TDI CCD器件损坏现象的发生。

附图说明

图1是本发明结构框图。

图2是光电转换模块电路原理图。

图3是光电二极管的光照响应曲线。

图4是缓冲放大电路的原理图。

图5是TDI CCD像元信号。

图6是DSP中进行电平转换的算法流程。

图7是使用光电二极管模拟TDI CCD的物理结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

实施例1

选用加拿大DALSA公司生产的IT-F6-2048B型TDI CCD图像传感器为例，介绍TDI CCD的基本结构。该TDI CCD的像素结构 2048×96 。它为双向、单路双路可选输出、级数为96级的TDI CCD。TDI CCD光敏区中光敏元为 $N \times M$ 排列结构， N 为水平方向像元数， M 为垂直方向的像元数（为96个像素）。TDI CCD不仅在线列方向而且在TDI级数方向存在移位时钟驱动，这样才能保证信号电荷包有序地传输到检测单元。

现以VISHAY公司的TEMD5010为例，介绍光电二极管的基本原理。TEMD5010是一种高速的，高灵敏度的PIN型光电二极管。其感光范围为400nm-1000nm的光谱范围。TEMD5010可以应用在红外线传感器，高速可见光成像设备中。

以DALSA公司的IT-F6-2048B型TDI CCD为模拟目标，以TEMD5010为例说明TDI CCD器件像元模拟装置的具体实施方法。

本发明的TDI CCD器件的像元模拟装置如图1所示，包括光电转换模块1，缓冲放大模块2、A/D转换器3，数字信号处理电路4，D/A转换器5，输出放大模块6。

如附图2所示，光电转换模块的实现电路中二极管采用TEMD5010。TEMD5010的光电响应曲线如附图3。电阻R阻值采用 $50k\Omega$ 。电源采用直流15V供电（忽略光电二极管的偏压变化带来的光电响应度的变化）。

如附图1所示，缓冲放大电路采用集成运放AD812构成同相放大器进行缓冲。电路原理图如附图4。其中输入的信号为光电转换电路输出的电压。因此该电路增益 A_0 为1。

如附图1所示，A/D转换电路与数字信号处理电路采用TI公司的TMS320LF2407芯片来实现。TMS320LF2407是专用数字信号处理CPU。其外围集成了ADC、SCI、SPI等重要的外设。本发明的A/D转换模块的实现可以利用TMS320LF2407上集成的ADC设备。数字信号处理器与A/D转换模

块的联接也转化为TMS320LF2407的内部总线连接。TMS320LF2407的处理器通过内部ADC寄存器获得ADC转化的数据量。

TDI CCD IT-F6-2048B的与光电转换相关的主要参数如下：灵敏度（96TDI） $1920 \text{ V}/\mu \text{ J}/\text{cm}^2$ 。设像面曝光时间 T_{int} 为1s。再由附图3可得TEMDS010在像面辐照度为 $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 时的光生电流为 $63 \mu \text{ A}$ 因此可得

$$K = 63 \quad (4)$$

单位 $\frac{\mu \text{ A cm}^2}{\text{mW}}$ 其中 $\mu \text{ A}$ 为电流单位, cm^2 面积单位, mW 功率单位。将上面的已知条件带入公式(3)可得下式:

$$V_{\text{CCD}} = \frac{1920 \times 1}{63 \times 10^{-6} \times 1000 \times 50 \times 10^3} V_{\text{diode}}$$

$$V_{\text{CCD}} = 0.6 \cdot V_{\text{diode}} \quad (5)$$

从而根据(5)式可以计算出光电转换模块输出对应的TDI CCD应该的输出电平大小。在DSP中使用程序完成上面的公式计算。程序流程如附图6。

如附图1所示, DA转换电路采用D/A转换器3采用十位高速D/A转换器AD9750。它的作用是把DSP产生的十位数字信号转换成相应的模拟信号。例如当D/A的输出范围是 $0 \sim 1 \text{ V}$, 输出的1111111111被转成1V而0000000000转成0V。D/A转换器3输出的电平再经过输出放大电路5放大到相应的反映TDI CCD光电转换后的电平大小。

如附图1所示, 输出缓冲电路可以采用缓冲放大模块的形式。

实施例2

如附图7所示在实施例1的原理基础上可以将数个模拟像元单元排列成一行, 构成线阵CCD器件的模拟设备。计算关系如下: 在线阵感光尺寸为 L , 光敏二极管长度为 M 时, 可使用 N 个光电二极管用来模拟TDI CCD的光电特性。其中 N 使用如下公式:

$$N = \frac{L}{M} \quad (6)$$

现以加拿大DALSA公司生产的IL-P1型线阵图像传感器为例, 该系列具有4096、2048、1024、512像敏单元的不同型号。每个像敏单元尺寸为 $10 \mu \text{ m} \times 10 \mu \text{ m}$, 现以4096像敏单元的器件为例,

公式(6)中的L为40.96mm。

现以VISHAY公司的TEMD5010为例介绍光电二极管的基本结构。TEMD5010是一种高速的，高灵敏度的PIN型光电二极管。其感光范围为400nm-1000nm的光谱范围。TEMD5010可以应用在红外线传感器，高速可见光成像设备中。其外形尺寸为5mm×5mm。公式(6)中的M为5mm。

由此，公式⑥中的N为8。因此将8个 TEMD5010排列成一行，并且与CCD器件的像敏单元起始位置对齐，来完成IL-P1 4096器件的模拟。可见光敏二极管1，可以测量CCD器件上的1到512感光情况，光敏二极管2，可以测量CCD器件上的513到1024感光情况，依次类推可以利用该装置分段模拟CCD器件上的像敏单元。

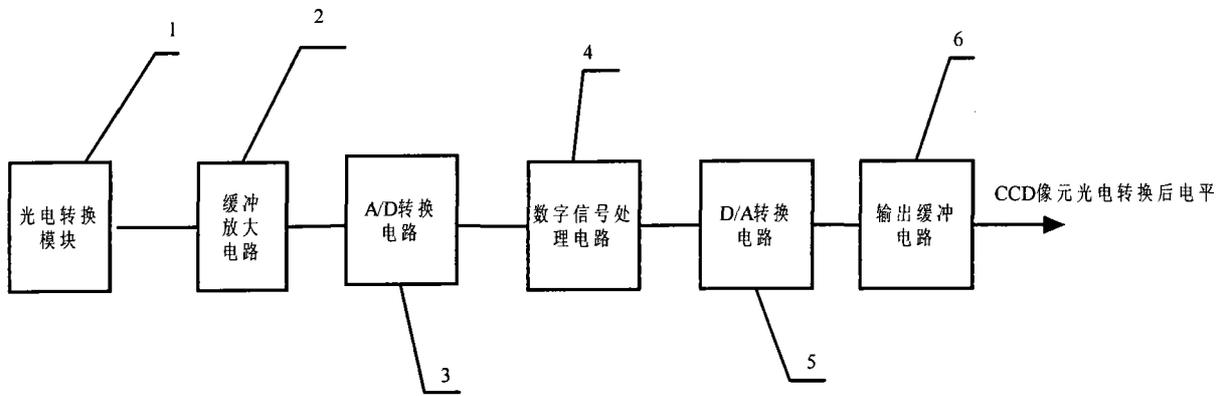


图 1

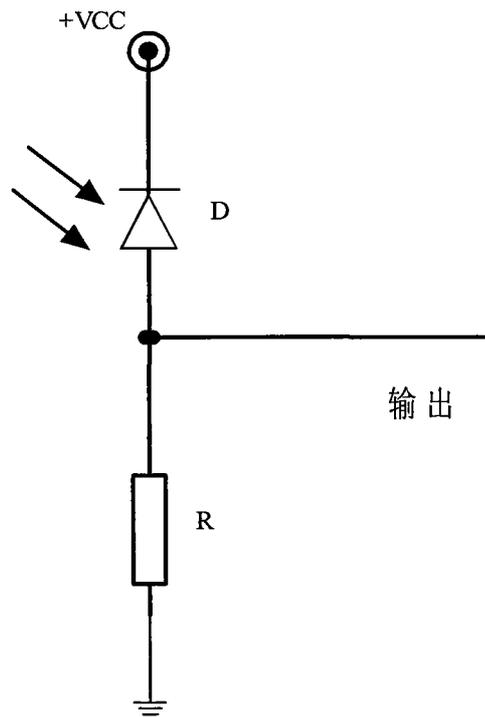


图 2

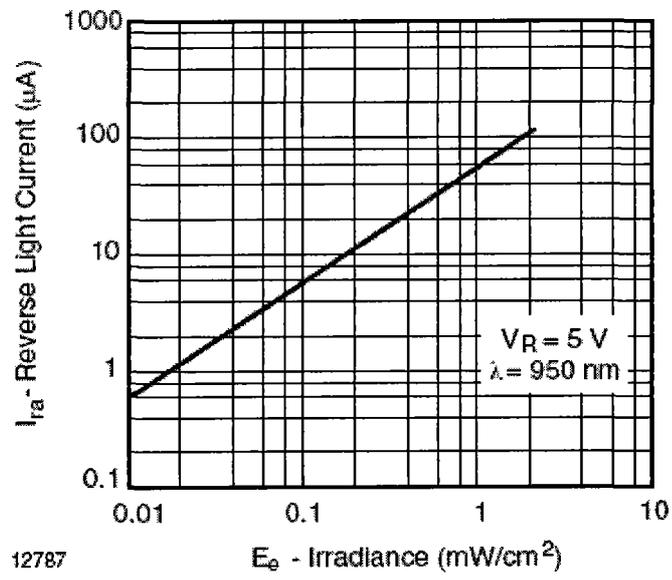


图 3

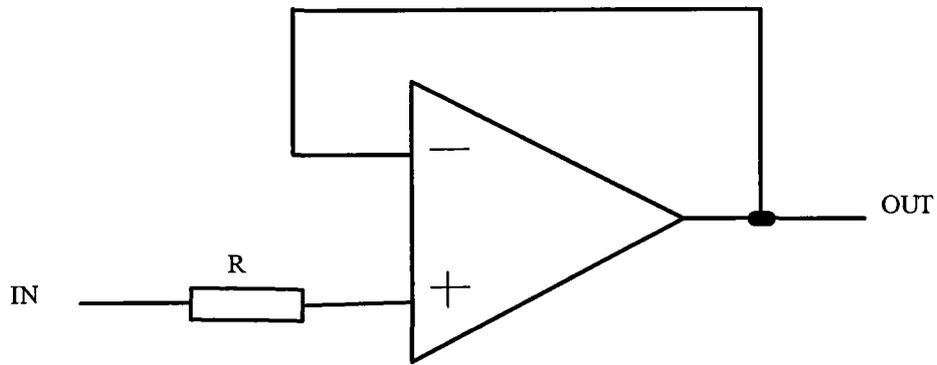


图 4

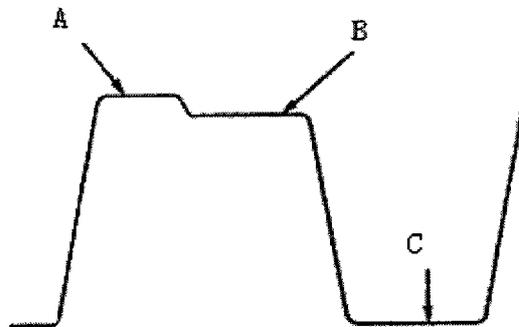


图 5

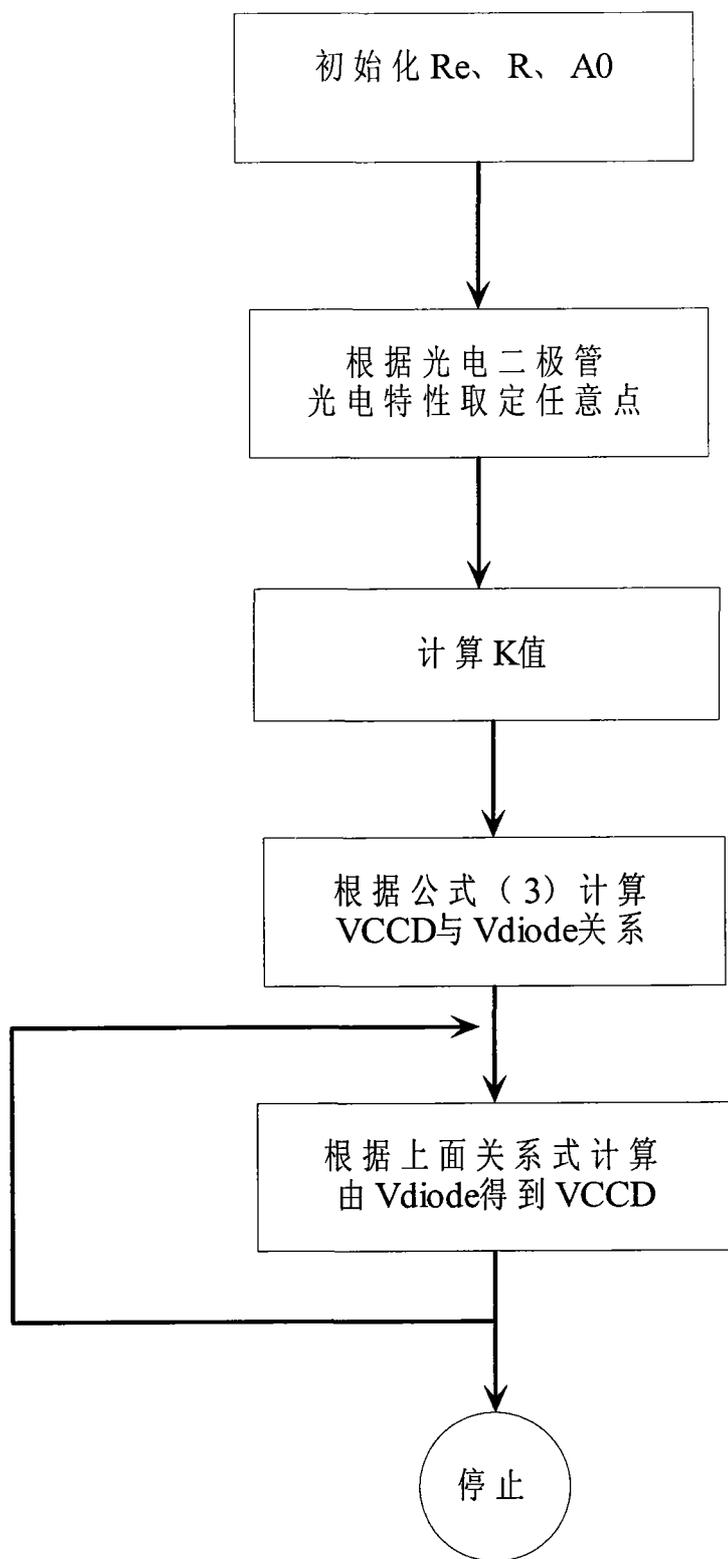


图 6

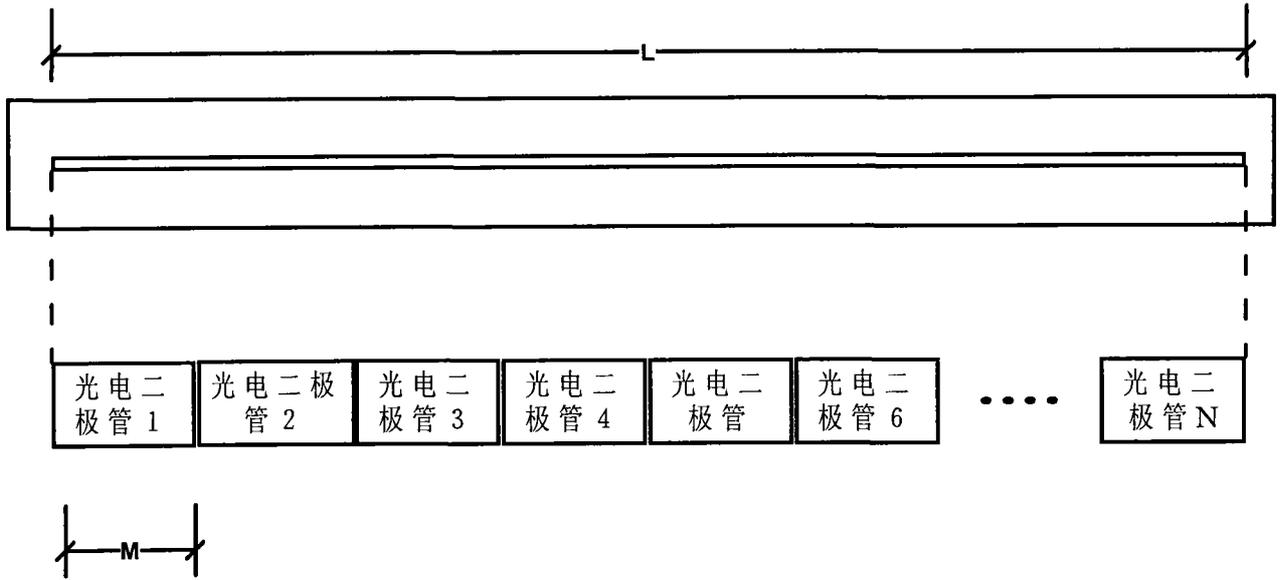


图 7