

闭路电视监控系统

杨磊 李峰 编著

机械工业出版社

闭路电视监控系统

杨磊 李峰 编著



机械工业出版社

闭路电视监控系统属于应用电视技术范畴,是电视技术在安全防范领域的新应用。近年来该项技术的发展势头特别猛,全社会的各个领域几乎都能找到闭路电视监控系统的应用实例。

本书从实用角度出发,对闭路电视监控系统中所有设备的原理及其使用方法做了较为详细的介绍,并附有大量的原理图及实物图,使本书以图文并茂的形式将闭路电视监控系统展示在广大读者的面前。另外,书中描述的 DSP 摄像机、多媒体监控系统以及数字远程图像传输系统等等都是近年来刚刚出现在监控系统中的新技术。

本书主要供从事安全防范技术、计算机系统集成技术、有线电视技术的工程技术人员及管理人员阅读,也适合已经或准备安装闭路电视监控系统的单位的使用人员及保安人员阅读,还可作为大专院校相关专业学生的参考书或职业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

闭路电视监控系统/杨磊,李峰编著.-北京:机械工业出版社,1999.5
ISBN 7-111-07215-4

I. 闭… II. ①杨… ②李… III. 闭路电视-监视控制 IV. TN949.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 10424 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王虹 封面设计:姚毅

责任印制:何全君

三河市宏达印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版第 5 次印刷

787mm×1092mm $1/_{16}$ ·20.75 印张·插页 1·507 千字

10501—13 500 册

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

闭路电视监控系统是电视技术在安全技术防范领域的新应用。目前已广泛应用到金融（银行、邮政储蓄、证券所）、文博（文物馆、博物馆）、酒店（宾馆、饭店、写字楼）、交通管理（高速公路、国道、省道收费站、城市交通枢纽）、交通运输（机场、码头、铁路、公路客运站）、商业（商场、超市、珠宝行、批发市场）、医院（手术室、病房、门诊大厅）、工厂、学校、住宅小区物业管理等各个领域。从目前趋势看，闭路电视监控系统的应用领域还在不断扩展，借助于光纤、微波或电话线路进行远程多点图像监控的应用已开始进入邮电、石油、水利、电力等各个领域。通过计算机局域网进行图像监控的系统方案也已进入实用阶段。

由于闭路电视监控系统已成为智能化大厦的一个重要组成部分，近些年来，越来越多从事计算机系统集成及从事有线电视系统工程的厂商开始拓展其闭路电视监控系统业务。

作者长期从事闭路电视监控系统的教学及相关工程项目的设计与施工，接触过许多直接用户与间接用户或刚刚介入此行业的相关人士，深感他们迫切需要一本全面介绍闭路电视监控系统的书籍，因而萌发了编写此书的想法。

为使本书既能作为工程设计的参考，又能作为培养学生的教材，作者除详细介绍监控系统中各部分设备的原理外，还介绍了各部分设备的使用方法及工程实施过程中的注意事项。

第一部分（1~3章）主要介绍 CCD 传感器原理及黑白、彩色摄像机原理及使用。

第二部分（4章）主要介绍光学成像原理及镜头的种类与参数。

第三部分（5~6章）主要介绍云台及云台镜头控制器的原理及使用。

第四部分（7~9章）主要介绍视频切换、画面分割及帧场切换等对多路视频信号进行切换处理的视频设备的原理及使用。

第五部分（10~11章）主要介绍集成控制系统的原理及使用。

第六部分（12~13章）主要介绍视频信号的处理及传输设备的原理。

第七部分（14章）主要介绍视频运动检测器的原理，这一章其实应属于报警探测部分的内容，因其报警的探测是基于视频画面的变化，且有些与视频设备是合为一体的，故在本书中也进行了简要介绍。

第八部分（15章）主要介绍监控系统中图像记录设备的原理及使用。

第九部分（16章）主要介绍监视器的原理及使用。

第十部分（17章）主要介绍楼宇可视对讲系统的原理及使用。

第十一部分（18章）主要介绍监控系统中辅助设备的原理及使用。

本书第 1~7 章及第 10~18 章由杨磊编写，第 8、9 章由李峰编写。北京特必佳公司为

本书的编写提供了大量的参考资料；汤洋、田艳生、汤晓丹、何西伟、吴月泉、杨光伟、陈静、赵斌、张燕玲等同志在本书的编写中提供了支持和帮助；特别是中国安全技术防范产品行业协会副理事长兼秘书长杜福来先生还在百忙当中对本书进行了审阅，北京市公安局安全技术防范管理办公室对本书的编写给予了有力的帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平及编写时间有限，书中难免有许多错误或不妥之处，敬请广大读者批评指正。（联系电话：010-62645115、62642323、62643434）

作 者

目 录

前言

第 1 章 CCD 图像传感器原理.....1

- 1 CCD 的基本工作原理.....1
- 2 MOS 电容器的稳态和非稳态工作...4
- 3 电荷的转移过程.....6
- 4 CCD 摄像器件的结构.....15
- 5 图像传感器的特性.....21

第 2 章 黑白 CCD 摄像机.....28

- 1 摄像机的扫描制式.....28
- 2 黑白 CCD 摄像机电路工作原理.....32
- 3 其他形式的黑白 CCD 摄像机.....45
- 4 黑白 CCD 摄像机的几个主要参数.....47
- 5 黑白 CCD 摄像机的附带功能.....50
- 6 黑白 CCD 摄像机的使用.....55

第 3 章 彩色 CCD 摄像机.....57

- 1 三片式彩色 CCD 摄像机.....57
- 2 二片式彩色 CCD 摄像机.....61
- 3 单片式彩色 CCD 摄像机.....64
- 4 彩色 CCD 摄像机的性能参数.....71
- 5 数字信号处理摄像机.....76

第 4 章 镜头.....83

- 1 光学成像原理.....83
- 2 镜头的参数.....97
- 3 镜头的种类.....102

第 5 章 云台.....107

- 1 水平云台.....107
- 2 全方位云台.....111
- 3 球形云台.....115

第 6 章 控制器.....119

- 1 继电器.....119
- 2 云台控制器.....123
- 3 云台镜头防护罩多功能控制器.....126

第 7 章 视频切换器.....129

- 1 普通视频切换器.....129

- 2 分组式视频切换器.....138

- 3 矩阵式视频切换器.....140

第 8 章 画面分割器.....147

- 1 画中画处理器.....147
- 2 四画面分割器.....150
- 3 九画面及十六画面分割器.....157

第 9 章 帧场切换处理器.....160

- 1 帧切换器.....160
- 2 场切换器.....168

第 10 章 集成控制系统.....172

- 1 系统主机.....173
- 2 控制键盘及远端解码器.....184

第 11 章 多媒体监控系统.....187

- 1 多媒体监控系统简介.....188
- 2 图像与声音采集卡.....196
- 3 系统软件.....199

第 12 章 视频处理设备.....203

- 1 视频分配器.....203
- 2 视频放大器.....207
- 3 时间日期发生器.....209
- 4 字符叠加器.....213

第 13 章 视频传输设备.....222

- 1 光纤传输设备.....222
- 2 无线传输设备.....229
- 3 单同轴电缆传输设备.....232
- 4 双绞线传输设备.....235
- 5 电话线路传输设备.....236
- 6 数字传输设备.....240

第 14 章 视频运动检测器.....245

- 1 视频运动检测器的功能.....245
- 2 视频运动检测器的原理.....245

第 15 章 时滞磁带录像与硬盘录像.....256

- 1 时滞录像机的工作原理.....256
- 2 时滞录像机的基本功能及特点.....258

3 时滞录像机的使用.....	260	2 楼宇可视对讲系统.....	311
4 硬盘录像机的工作原理.....	264	第 18 章 监控系统中的辅助设备.....	316
第 16 章 监视器.....	269	1 视频印像机.....	316
1 显像管.....	270	2 防护罩.....	316
2 黑白监视器.....	284	3 支架.....	322
3 彩色监视器.....	303	4 红外灯.....	323
第 17 章 楼宇可视对讲监控系统.....	309	5 电缆及连接器.....	323
1 单户型可视对讲门铃.....	309		

第 1 章 CCD 图像传感器原理

在闭路电视监控系统中，CCD 摄像机是最基本的前端设备，而 CCD 图像传感器又是 CCD 摄像机的核心部件。监视现场的景物，经摄像镜头在摄像机内的 CCD 图像传感器靶面上成像，使 CCD 图像传感器输出反映监视现场图像内容的电信号。该电信号经摄像机内部电路处理后，即可输出能为监视器所接收的视频信号。因此，要了解 CCD 摄像机的原理，必须先了解 CCD 图像传感器的原理。

1 CCD 的基本工作原理

CCD (Charge Coupled Device) 称为电荷耦合器件，它是于 70 年代初受磁泡存储器的启发、作为 MOS (Metal Oxide Semiconductor) 技术的延伸而产生的一种半导体器件。

CCD 的结构原理是由一行行紧密排列在硅衬底上的 MOS 电容器构成的。图 1-1 为三相二位 N 沟道 CCD 简图。

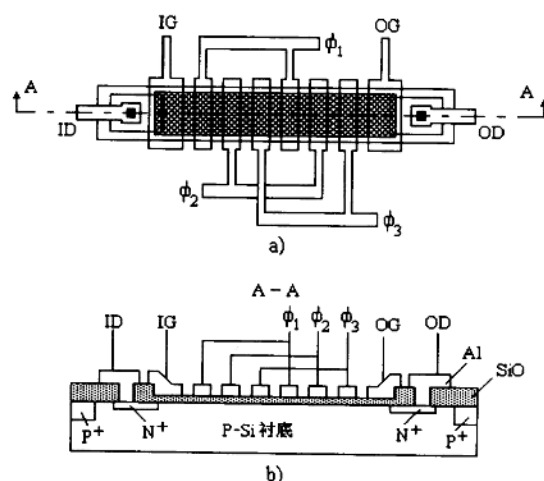


图 1-1 三相二位 N 沟道 CCD 简图

a) 器件结构 b) A-A 剖面图

在图 1-1 所示的 CCD 结构中，6 个 MOS 电容器排成一行，其电极分别连接到 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 三条时钟线上，这就构成了 CCD 的主体，再加上输入二极管 (ID)、输入栅 (IG)、输出栅 (OG)、输出二极管 (OD)，就组成了电荷的输入输出机构。在 CCD 有源区的周围

进行了 P⁺扩散（即注入过量的三价元素，以增加空穴的浓度），以防止 P 型硅衬底表面反型（因正的栅电压作用，会使 P 型硅衬底上表面处的电子浓度增加，相当于由 P 型转成了 N 型，见 2.1 节）。

图 1-2 为图 1-1 所示 CCD 结构的驱动脉冲波形。图 1-3 为其电势分布和电荷分布。图 1-4 则是把这种 CCD 作为摄像器件驱动时的脉冲波形。下面参照图 1-2 及图 1-3 说明 CCD 的基本工作原理。

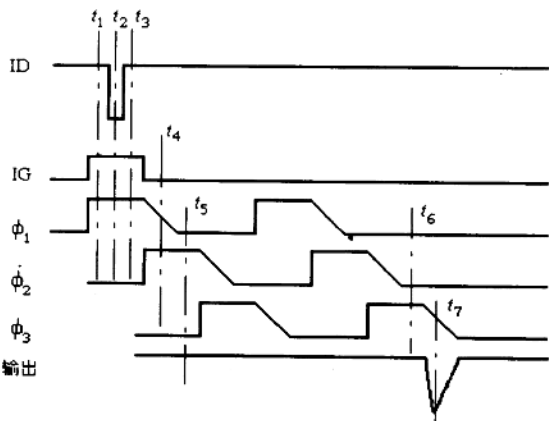


图 1-2 CCD 驱动脉冲波形和输出波形

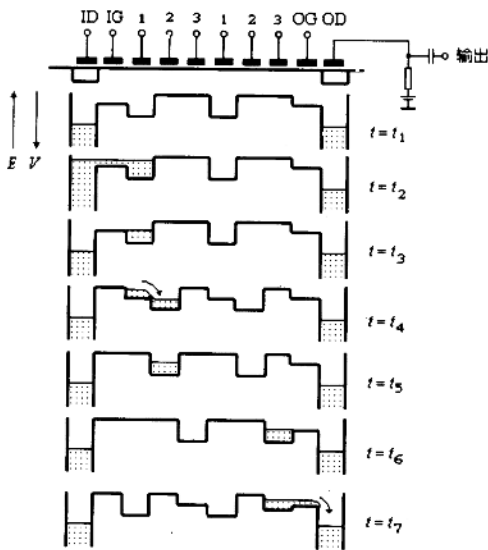


图 1-3 CCD 表面电势分布和电荷分布

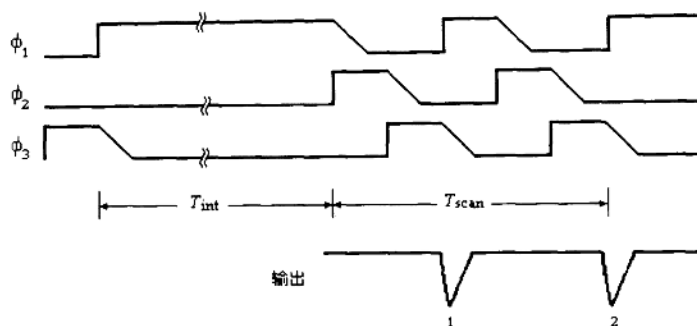


图 1-4 把图 1-1 的 CCD 作为摄像器件驱动时的脉冲波形

当 $t=t_1$ 时, ϕ_1 为高电压, ϕ_2 、 ϕ_3 为低电压, 并在 ID 和 OD 上加正偏压, 使 IG 和 OG 下的表面不反型。因此, 在 IG、OG 下面的表面产生深的耗尽层 (Depletion Region, 详见 2.1 节), ID、OD 不能给 CCD 阵列提供电子。同时, 6 个 MOS 电容器也产生深的耗尽层, 其表面电势由加在电极上的电压决定。 ϕ_1 下面的表面电势比 ϕ_2 、 ϕ_3 下面的表面电势大, 而这种表面电势的差别使得在 P 型硅衬底的不同区域上形成了高低分布不均的电势, 其中相对于高电势而言, 低电势区域被形象地称为势阱 (Potential Well)。当这种电压状态保持几秒钟不变时, 由热激发产生的电子-空穴对中, 空穴将流向衬底, 电子则聚集到势阱里, 从而在那里产生不是信号电荷的电荷包 (Charge Packet)。当 CCD 工作时, 使用脉冲电压, 趁热激发产生的电子来不及聚焦 (即尚未达到热平衡状态) 的时候进行转移。这样, 在势阱里注入的仅是信号电荷的电荷包。

在 $t=t_2$ 时注入信号电荷。此时, 降低 ID 电压, 使其大小为 IG 和 ϕ_2 下面的两个表面势之间的值。这样, 电子通过 IG 流入 ϕ_1 的第一个电极下面的势阱。电子注入结束时, IG 下面的表面势和 ϕ_1 的第一个电极下面的表面势就与 ID 电压的大小相当。电子存储在 IG 下面和 ϕ_1 的第一个电极下面。

$t=t_3$ 时, ID 电压回升, IG 和 ϕ_1 的第一个电极下面的过剩电子通过 ID 引线流到器件外面。据此, 在 ϕ_1 的第一个电极下面, 产生填满势阱的电荷包。这个电荷包的大小正比于 IG 和 ϕ_1 的第一个电极的表面势之差。在上述注入结束时, ϕ_1 的第一个电极下面的表面势和 IG 下面的表面势相等。

$t=t_4$ 时, ϕ_1 电压下降, 而 ϕ_2 电压升高, 因此, 存储在 ϕ_1 的第一个电极下面的电子转移到 ϕ_2 的第一个电极下面的势阱中。

$t=t_5$ 时, 电荷转移完毕, 电荷包转移到 ϕ_2 的第一个电极下面。

$t=t_6$ 时, 重复前述转移过程, 注入的电荷包存储在 ϕ_3 的第二个电极下面。

$t=t_7$ 时, ϕ_3 返回到低电压, 把电子转移到 OD。于是, 在外部端子上出现正比于电荷包大小的输出信号。

根据以上分析可见, CCD 是一种把信息转化为电荷包形式并进行存储、转移的器件。这种工作机理可使之作为移位寄存器和模拟延时线来用。另外, 若将图 1-1 所示的 CCD 用图 1-4 那样的脉冲进行驱动时, 就能作摄像器件。其中在 T_{int} 期间 (参见图 1-4), ϕ_1 加高

电压, ϕ_2 、 ϕ_3 加低电压。 ϕ_1 的两个电极下面形成势阱。现在, 假定 ϕ_1 的第一个电极对应图像的发暗部分, ϕ_1 的第二个电极对应图像的发亮部分, 当成像光子的能量大于衬底半导体的禁带宽度时, 光子就会产生电子—空穴对, 其中的电子聚集到 ϕ_1 电极下面的势阱里。 ϕ_1 的第一个电极因对应图像的发暗部分, 电荷包小; ϕ_1 的第二个电极则因为对应图像的发亮部分, 电荷包大。在 T_{scan} 期间, 电荷包转移到输出端, 得到与图像的亮度成正比的输出信号。在这种应用中, CCD 起转换器的作用, 它把光强度随空间分布的变化 (在 CCD 靶面上各像素点的光照度不同) 转换成电信号随时间的变化 (以时间轴为基准, CCD 传感器在不同时刻输出的电压值是不同的), 所以, CCD 可以作为摄像机使用。

2 MOS 电容器的稳态和非稳态工作

CCD 是基于 MOS 电容器在非稳态下工作的一种器件, 在介绍 CCD 摄像器件的原理之前, 先讨论 MOS 电容器的稳态和非稳态工作及其与 CCD 的关系。

2.1 稳态下的 MOS 电容器

N 沟道 MOS 电容器及普通电容器如图 1-5 所示, 其中普通电容器由上下两块金属板中间夹电介质组成 (图 1-5b), 而在 MOS 电容器中, 用 P 型硅衬底代换了普通电容器的下金属板, MOS 电容器的特征也就由此而产生。

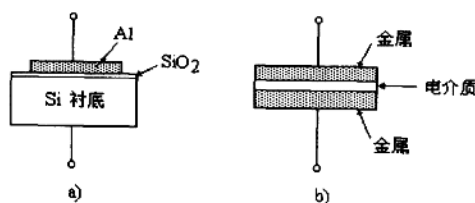


图 1-5 MOS 电容器和一般电容器比较

a) MOS 电容器 b) 一般电容器

在图 1-5a 的 MOS 电容器中, P 型硅衬底中有大量的空穴, 当栅电极上加直流负偏压时, 这些空穴将受反向电场的作用向衬底的上端移动, 即集中到 Si-SiO₂ 界面, 一般把这种状态称之为积累状态 (Accumulation State)。当在栅电极的直流负电压上叠加交流小信号时, 栅电极上的电压变成负的脉动电压, 因此, 积累在界面处的空穴数也将随这一脉动负压而变化, 也就是随所加交流信号的变化而变化。

如果在栅电极上加上小的正电压, P 型硅衬底中的空穴将受正向电场的作用, 从界面被排斥到衬底的另一侧 (P 型硅衬底的下端), 结果, 受主离子 (负离子) 留在晶格中, 相当于充了负电。这一充电区域称为耗尽层 (Depletion Region), MOS 电容器处于耗尽状态。

在耗尽状态时, 与受主浓度 (负离子浓度) 相比, 耗尽层中的电子和空穴的浓度是可以忽略的, 但当表面势进一步增大而使正向电场进一步加强时, 界面处的电子浓度将增加到大

致和受主浓度相同。界面处的这个电子层称为反型层，或称 MOS 处于反型状态。

若栅压进一步增大，则界面电子浓度随表面势增加呈指数规律增加，而表面势随耗尽层宽度的增加呈二次函数增加。因此，一旦出现反型层，即使提高栅电压，使栅的正电荷进一步增加，但由于反型层中的电子也增加而维持平衡，结果耗尽层宽度几乎保持不变。聚集在反型层中的电子由耗尽层中的热激发产生的电子-空穴对供给。因这种产生机构比较缓慢，即使在直流电压上叠加上小的交流电压，反型层的电子数也不能响应这种交流变化。所以在反型状态下，MOS 电容大致保持恒定值。图 1-6 表示 MOS 电容器的电容-栅电压 (C-V) 特性，其中 V_{TH} 为出现反型层时的栅电压，称作 MOS 电容器的阈值电压； V_{FB} 为能够使半导体能带图平坦所必须施加的小的栅电压，称作平带电压。

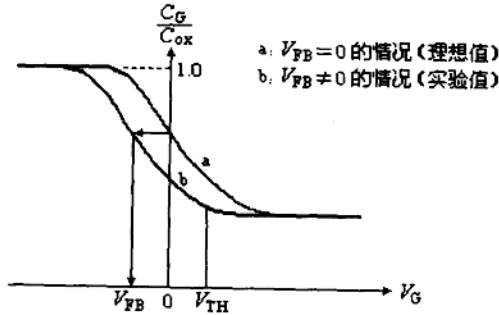


图 1-6 MOS 电容器的 C-V 特性

2.2 非稳态现象

对于脉冲驱动 MOS 电容器的情况，可理解为像 CCD 工作机理那样的瞬态过程。图 1-7 表示 CCD 的势阱图，图 1-8 表示一排简单的 CCD 栅电极。以下对表面沟道 CCD (SCCD) 加以讨论。

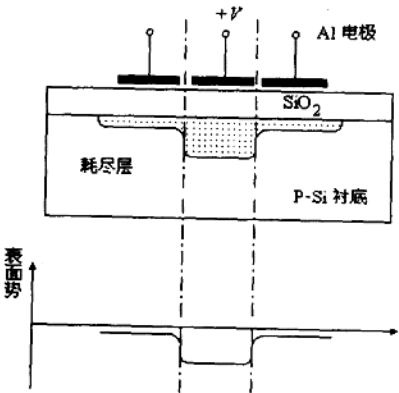


图 1-7 CCD 的势阱

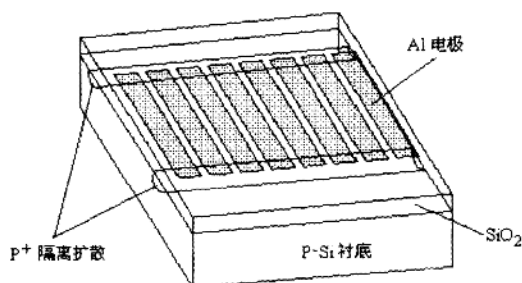


图 1-8 CCD 的电极结构

首先，在 P 型衬底的 N 沟 MOS 栅电极上加一个负电压或比 V_{FB} 略小的电压，则空穴集中到界面上，MOS 处于积累状态。接着，在栅电极上加一个比 V_{TH} 大的正电压，则空穴受排斥远离界面，在界面处形成耗尽层。但由热激发产生的电子—空穴对中的电子进行聚集时需要一定时间，所以经若干时间后，还会形成反型层。此时，栅电极的正电荷和耗尽层中的受主离子（负离子）相平衡。

随着时间的推移，热激发产生的电子向界面集中，空穴流入衬底，进而变成稳态，并在表面形成反型层。

在 MOS 电容器中，从深耗尽状态到形成反型层所需的时间称为存储时间 τ_s ，它近似等于通过耗尽层内的热激发而使整个耗尽区中和所需的时间 T 。一般硅的这一个 T 值约为 1 秒钟左右，因此，硅单晶的缺陷及器件工艺过程中的热处理对 CCD 的存储时间有很大的影响。

3 电荷的转移过程

在 CCD 摄像器件中，光敏区由于光照产生电子—空穴对，其中的少数载流子被取样聚集在时钟脉冲产生的势阱中，成为信号电荷包，然后再通过时钟脉冲在 CCD 移位寄存器中转移，最后作为输出信号被取出。本节将讨论信号在 CCD 移位寄存器中的转移过程。

3.1 三相 CCD

在三相 CCD 中，信号电荷包存储在三个电极中的某一个电极下面，其余两个电极下面没有电荷存储。此时，每位电极 E/B (Electron per Bit) 为 3。在这种情况下，为了把信息移到下一位，需要进行三相位移。然而，在 CCD 的转移过程中，需要更多地考虑时钟系统和电极结构。这里再介绍一种三相 CCD 中的表面沟道 CCD (SCCD)。在这种 CCD 中，硅衬底是 N 型半导体，作为信号电荷的空穴存储在势阱中，下面讨论这种情况下的转移过程。

图 1-9 是三相 CCD 的结构和势阱剖面。图 1-10 是时钟脉冲波形。在图 1-9 中使用了 N 型硅衬底，相对于使用 P 型硅衬底的 N 沟道 CCD，所加电压极性相反即可。

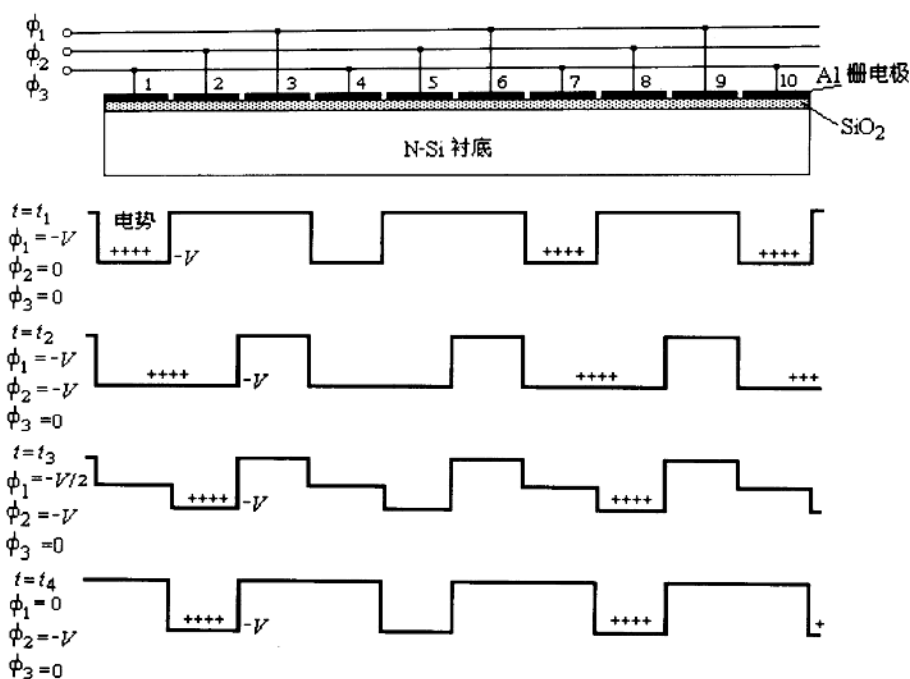


图 1-9 三相 SCCD 的转移过程

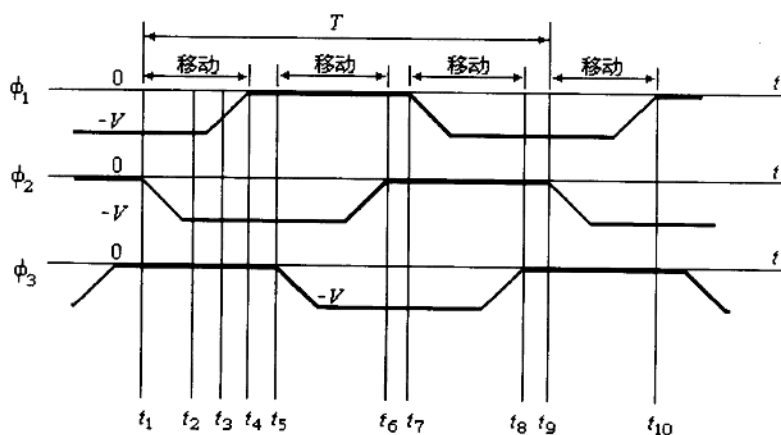


图 1-10 三相时钟脉冲波形

图 1-9 还示出了信号电荷（空穴）随时间向右转移的情况。而且为方便起见，图中示出了对应三相时钟脉冲的 10 个电极。 $t=t_1$ 时， $\phi_1=-V$ ， $\phi_2=\phi_3=0$ ，势阱位于第 1、4、7、10 电极下面，而且仅第 4 电极下面的势阱中没有空穴存储； $t=t_2$ 时， $\phi_1=\phi_2=-V$ ，此时空穴包扩展到两个电极下面； $t=t_3$ 时， $\phi_1=-V/2$ ， $\phi_2=-V$ ， $\phi_3=0$ ，空穴包流入深势阱； $t=t_4$ 时， $\phi_1=0$ ， $\phi_2=-V$ ， $\phi_3=0$ ，信号向右移动了一个电极的距离。如图 1-10 所示，从 t_1 到 t_4 之间为一周期，周期时间为 T 。图 1-11 示出使用 P 型硅衬底三相 N 沟多晶硅栅 CCD 移位寄存器的电极结构。在 SiO_2 上淀积 Si_3N_4 层以降低阈值电压 V_T 。

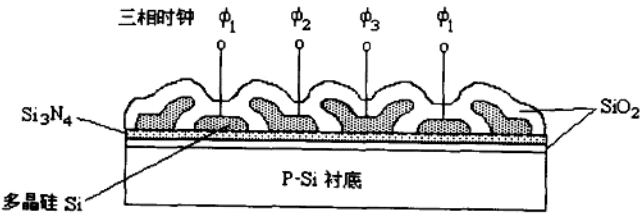


图 1-11 三相 N 沟多晶硅栅 CCD 移位寄存器的电极结构

3.2 二相 CCD

在三相 CCD 中，为了沿一定方向转移电荷，必须采用三相时钟。然而，在二相时钟中，当势阱形成时，能建立使电荷沿一定方向转移的内建电场。即通过改变氧化膜厚度或掺杂浓度，即使在同一栅电压下，也能部分地改变势阱深度。

这样，为了使电极结构本身具有方向性，有如图 1-12 所示的阶梯氧化膜法（Stepped Oxide）和离子注入法两种电极结构。图 1-13 是二相多晶硅栅结构。这种二相时钟方法无论在结构上，还是在时钟驱动上都是很简单的。

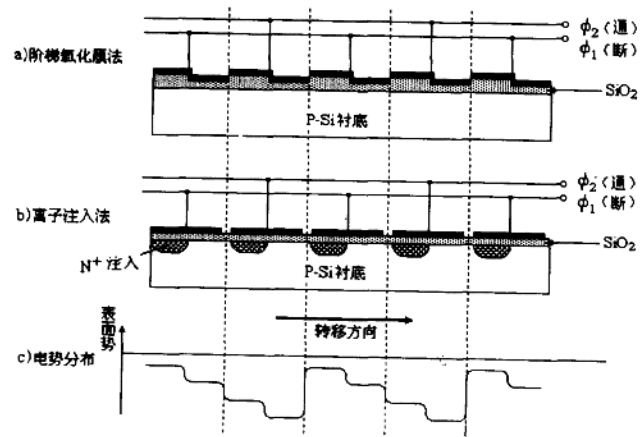


图 1-12 二相时钟的电极结构

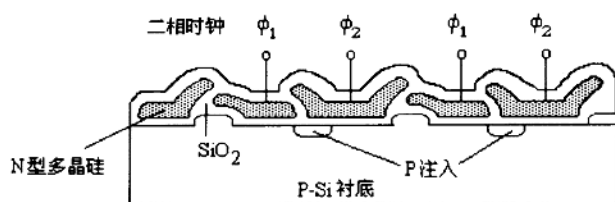


图 1-13 二相多晶硅栅结构

图 1-14 示出了二相转换过程，由图可见，在二相时钟时，因为势阱势垒差减小了，所以，能够存储在势阱中的信号电荷量比三相时钟少。

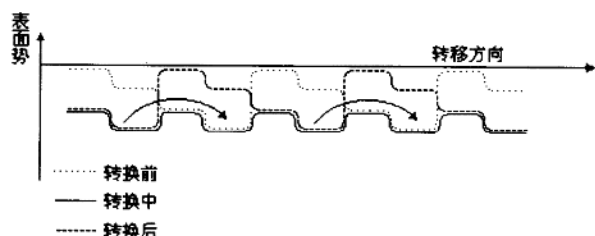


图 1-14 二相转换过程

图 1-15 表示出使电极有方向性的二相 CCD 的转移过程。图 1-16 示出了二相时钟波形。为方便起见，假定 V_T 为 0，则当 $t=t_1$ 时， $\phi_1=0$ ， $\phi_2=V$ 。因此，电极 1 下面无势阱，电极 2 下面有阶梯状势阱。

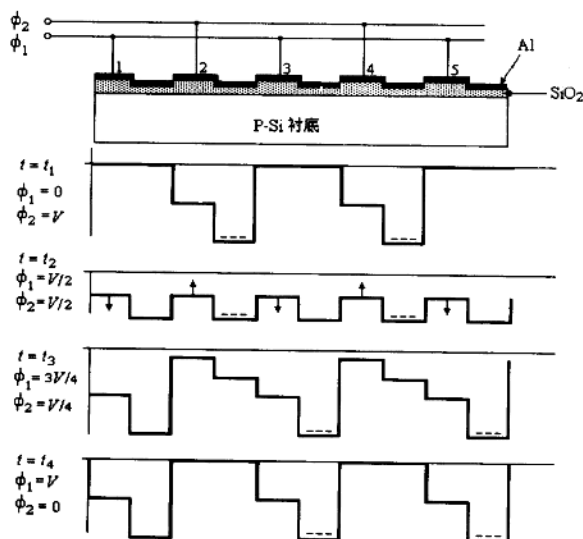


图 1-15 二相 CCD 的转移过程

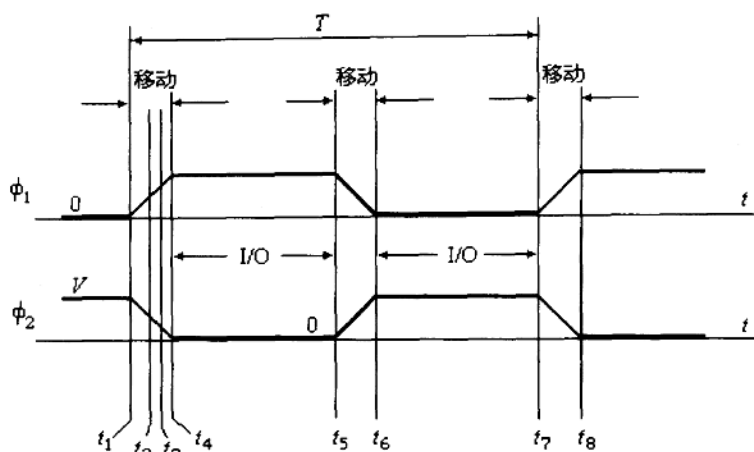


图 1-16 二相时钟波形

现在,假设用符号“—”表示的电荷包存储在电极 2 和电极 4 的下面。在 $t=t_2$ 时, $\phi_1=\phi_2=V/2$ 。各电极下面的电势分布相同。图 1-15 中的箭头表示电势分布的移动方向。即表示随着时间从 t_1 到 t_3 , 奇数电极下的势阱变深, 偶数电极下的势阱变浅。 $t=t_3$ 时, 势阱成阶梯状, 最深的地方在电极 3 和电极 5 下面。 $t=t_4$ 时, $\phi_1=V$, $\phi_2=0$, 电荷包转移了一个电极距离。从 t_5 到 t_8 期间产生第二次转移。在这样的 CCD 中, 每位为 2 个电极, 即 $E/B=2$ 。CCD 的一个单元有 2 个电极, $t_4\sim t_5$, $t_6\sim t_7$ 的间隔称为输入/输出 (I/O) 间隔。图 1-17 为二相时钟的脉冲波形。

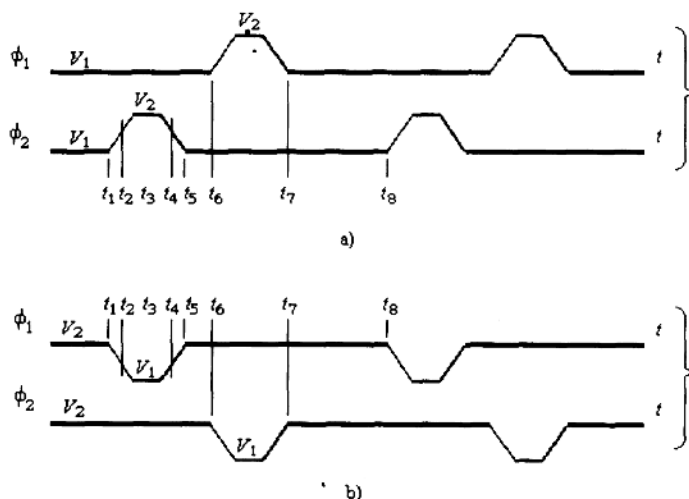


图 1-17 二相时钟的脉冲波形

a) 正脉冲型 b) 负脉冲型