



光电子技术(19)

(3) 电子束扫描P端取出电位图象，并重新初始化P端电位。充电电流通过取样电阻 R_L 取出。

硅靶的优点：(1) 量子效率高。(2) 光谱范围宽，0.35-1.1 μm

(3) 线性性较好 (4) 耐强光、高温、大电流冲击、震动，寿命长

缺点：暗电流较大，惰性较大，靶面坏点，分辨率较低。

主要应用：工业电视、医疗、可视电话等

五、光电发射式摄像管

光电发射式摄像器件利用外光电效应，光电转换、电存储分开，与光电导和硅靶的二合一结构不同。



光电子技术(19)

1、增强硅靶摄像管

增强硅靶摄像管是在硅靶摄像管基础上发展起来的，将内、外光电效应组合，实现高增益，高灵敏度。结构如图99所示。

工作过程：

(1) 光电阴极将光学图象转换为电子图象

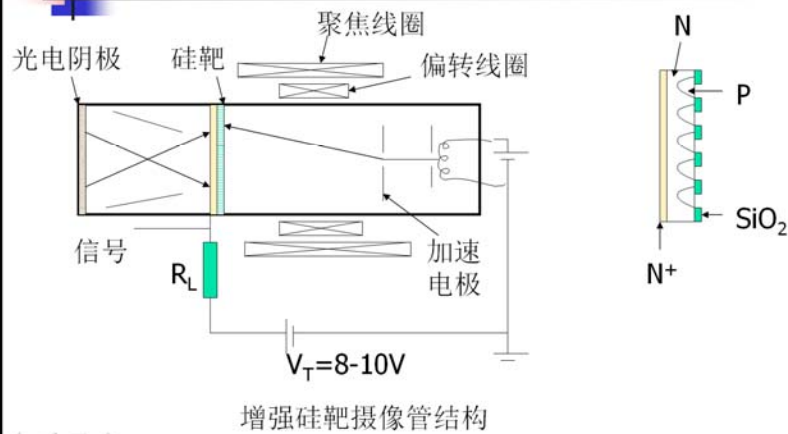
(2) 电子光学成像系统增强电子图象能量，并成像到硅靶上。

(3) 高能电子轰击硅靶产生多个电子-空穴对，增益 $G=V_p/3.5$ ，即为增强靶的增益，通常 G 可达几千。

(4) 硅靶上P端形成正比于光强分布的电位分布图像。

(5) 电子束扫描取出电位图象，并初始化P端电位。

光电子技术(13)



光电子技术(19)

特点：灵敏度高，达 $3 \times 10^5 \mu\text{A}/\text{lm}$ ，而硅靶视象管的灵敏度为4500

应用：光学多道分析器（OMA）

2、二次电子电导摄像管（SEC）

二次电子电导摄像管的结构与硅增强摄像管类似，只是把硅增强靶换为二次电子电导。结构如图100所示。

工作过程：（1）光电阴极转换光学图象为电子图象

（2）电子光学系统增强电子能量并成像到二次电子电导上

（3）增强能量的电子轰击二次电子电导-疏松结构的KCl（98-99%为真空空间），产生二次电子，二次发射系数大于1。

（4）二次电子被信号板导走，结果二次电导带正电，正电的高低正

光电子技术(13)

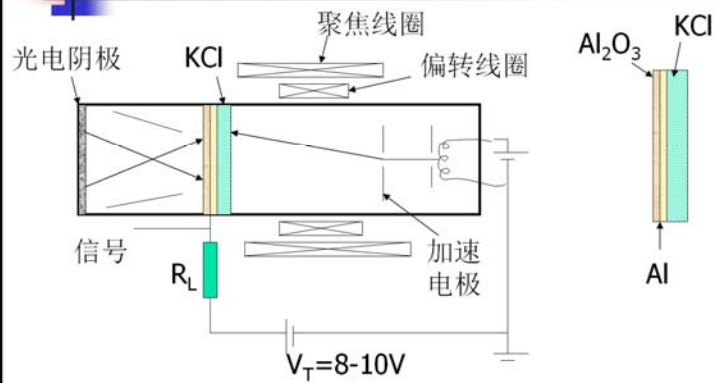


Fig.100 增强二次电导摄像管结构

光电子技术(19)

比于光学图象的亮度。结果光学图象转换为二次电导上的电位分布图。

(5) 电子束扫描二次电导，使二次电导恢复电中性，补充电子的多少反映在取样电压信号的高低。

特点：(1) 灵敏度高，一般可达 $2 \times 10^{-4} \mu A/lm$ 。

(2) 分辨率达 600TVL/H

(3) 惰性：三场后的残余信号小于 5%

(4) 存储性能：电阻率大于 $10^{16} \Omega/cm$ ，漏电流极小，暗电流小于 $0.1 \mu A$ ，可保存图象数分钟甚至数小时，这是 SEC 管的突出优点。

应用：用于弱信号的长时间累积，如天文记录，原子物理。

光电子技术(19)

§ 4.8 电荷耦合器件 (CCD)

一、CCD原理

1、电荷存储

CCD利用MOS电容存储电荷。MOS即金属(M)-氧化物(O)-半导体(S)，如图101所示为MOS电容的结构和工作原理。通过控制金属栅极的电压，引起半导体的能带倾斜，形成势阱，存储电荷。

2、电荷转移

所谓电荷转移指把电荷从一个MOS电容中转移到另一个MOS电容或别的地方。

CCD的电荷转移按所使用的控制栅的数目分为两相、三相和四相

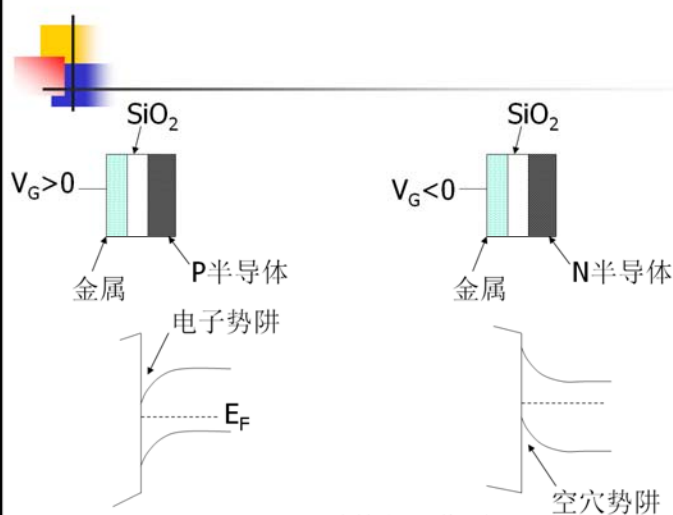


Fig.101 MOS结构与工作原理

光电子技术(19)

系统。如图102所示为三相转移系统

二、CCD物理性能

1、信号处理能力

指CCD能够处理，即存储的最大信号电荷量。这主要由器件结构、几何尺寸和栅极电压幅度等决定。对三相表面沟道CCD，

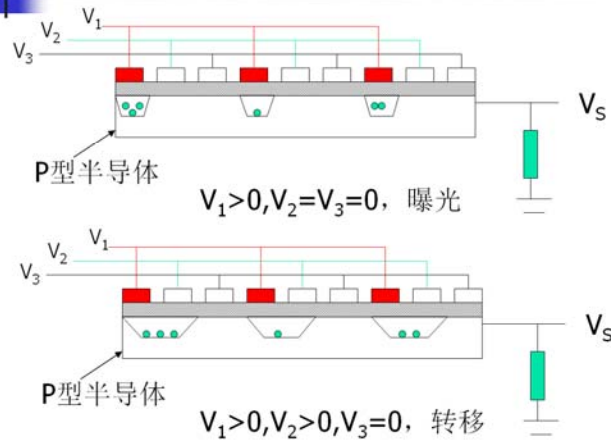
$$Q_{\max} = AV_{CL}C_{ox}$$

式中A为CCD面元的面积， V_{CL} 为栅极电压， C_{ox} 为单位面积氧化物薄膜电容。

2、转移效率

指电荷包在一次转移中被正确转移的百分比。

光电子技术(13)





光电子技术(19)

$$\eta = \frac{Q_{n+1}}{Q_n}$$

Q_{n+1} 为转移后实际获得的电荷量， Q_n 为转移前的电荷量。

电荷转移损失原因：（1）电荷复合，漏电流，引起电荷损失。

（2）陷阱的俘获及势阱耦合不充分，引起电荷的不完全转移。

3、最大曝光时间（存储时间）

指MOS电容器在没有信号输入下，由深耗尽状态向反型状态过渡的时间。实际上是暗电流注满阱的时间。它主要与温度有关，因为暗电流随温度按指数增加。所以，降低温度可以有效地延长曝光时间。



光电子技术(19)

三、CCD的驱动电路

驱动电路主要用于产生控制CCD曝光，电荷转移，信号放大，滤波等时钟脉冲、复位信号。驱动电路与CCD器件是一体化的。

四、CCD摄像器件

1、线阵CCD器件

根据转移寄存器的结构，线阵CCD可以分为单线和双线结构。

（1）单线结构

单线结构CCD如图103所示，转移寄存器与感光单元并行排列，两者间通过转移栅连接。

工作过程：



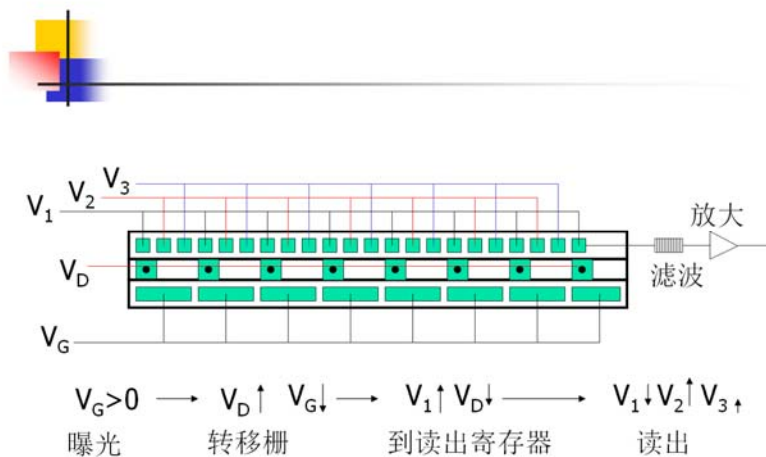


Fig.103 单线结构CCD

光电子技术(19)

- ②、电荷转移到转移栅， $V_D > 0$ ， $V_G \rightarrow 0$
- ③、电荷从转移栅转移到位移寄存器， $V_1 > 0$ ， $V_D \rightarrow 0$
- ④、再次曝光CCD，同时，通过 V_1 、 V_2 和 V_3 三相时钟控制，将位移寄存器中的电荷逐一送出，并通过滤波器、放大器，获取时序信号。
- ⑤、回到过程②。这样不断循环，连续将一维光信号转换为电信，并输出。

(2)、双线结构CCD

双线结构CCD的转移寄存器按奇、偶序号分别排在CCD的两侧，如图104所示。同样条件下，双线结构CCD的光敏元件的尺寸可以比单线结构CCD的小一半，所以双线结构CCD具有更高的空间分辨率。

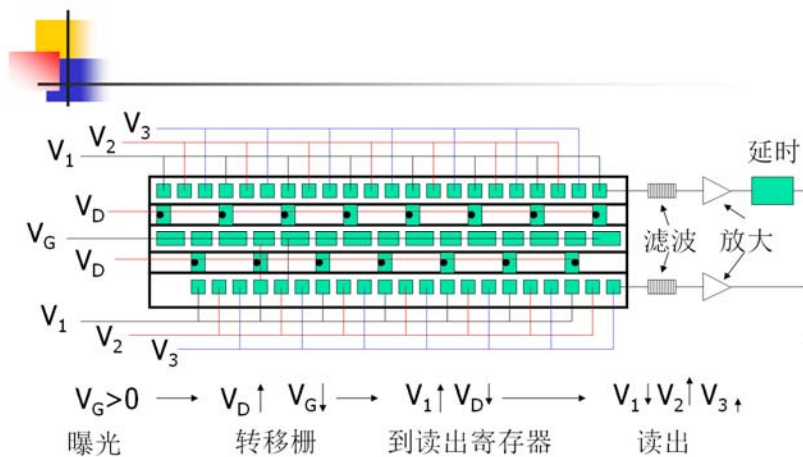


Fig.104 双线结构CCD，空间分辨率提高一倍

光电子技术(19)

工作过程:双线结构CCD的工作过程与单线结构CCD的相同。

应用: 光谱测量、扫描仪。

2、面阵CCD

面阵CCD为二维成像器件。按传输结构的不同，仍然可以分为两种：行间传输结构和帧传输结构

(1)、帧传输结构

帧传输结构中，光敏区和暂存区分别分为两部分。[如图105所示](#)。

工作过程:

- ①、CCD曝光，栅极加电压。

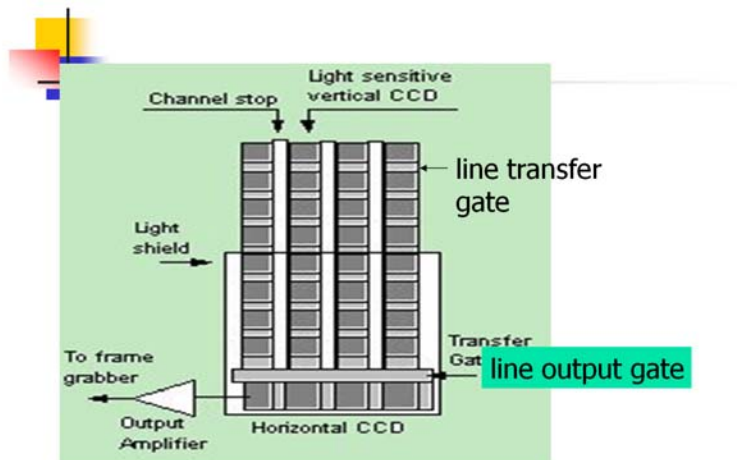


Fig.105 帧传输结构CCD

光电子技术(19)

②、转移光敏CCD中的电荷进入暂存区CCD中。两相结构使用逐行串行控制行转移门电压，实现行电荷的串行行转移。三或四相传输结构使用并行传输，整帧同时转移。

③、帧转移结束后，再次开始曝光，同时，行输出门信号控制暂存区中的电荷逐行输出到水平行CCD（输出寄存器）。

④、行寄存器顺序耦合输出电荷包到放大器，同时，暂存区中的电荷也下移一行。直到，输出暂存区中所有电荷包。

⑤、返回②，这样不断循环，将图象连续转换为电信号序列。

缺点：帧转移时间较长，信号串扰(smear)较严重。设置快门，转移期间关闭光。

应用：慢变化图象摄取，如工业电视。

光电子技术(19)

(2)、行间传输结构CCD

行间传输结构CCD中，光敏CCD列与暂存CCD列交替排列，如图106所示。一行光敏元和一行暂存CCD夹一个垂直转移栅，组成一组。多个这样的组水平排列，组间由高阻沟道隔开。

工作过程：①、CCD曝光，光敏栅加电压。

②、曝光结束，光敏CCD中的电荷包并行转移到暂存CCD。垂直转移栅和暂存CCD栅加电压，而光敏CCD栅降电压。转移时间短，图象串扰小。

③、开始新的曝光，垂直转移栅电压回零。同时，水平转移门加压，将暂存CCD中的电荷包逐行转移，进入输出CCD。

④、输出暂存CCD中所有行后，结束CCD曝光，返回②。

← / →

光电子技术

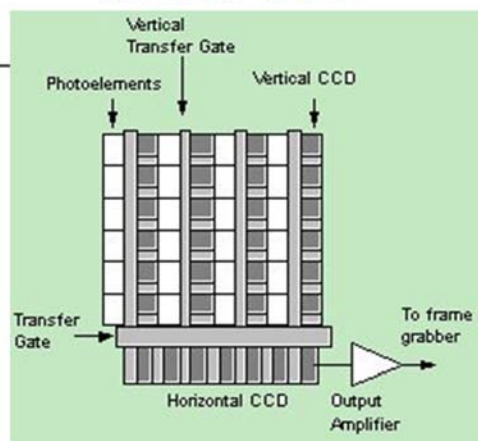


Fig. 106 行间传输结构CCD

← / →



复习要点

- 1、硅靶摄像器件的结构、工作原理？
- 2、增强硅靶摄像管的结构和工作原理？
- 3、二次电子电导摄像管的结构、工作原理？
- 4、CCD的含义？ CCD的结构、工作原理，信号存储、读出原理、时序控制？
- 5、CCD的参数？线阵、面阵CCD的结构、特点，？



练习十九

- 1、二次电子电导摄像器件的结构、工作原理？
- 2、CCD的含义，电荷存储、转移原理？

