



Innovations for Life Science Discovery

## CCD成像技术

专注于性能

2009年2月

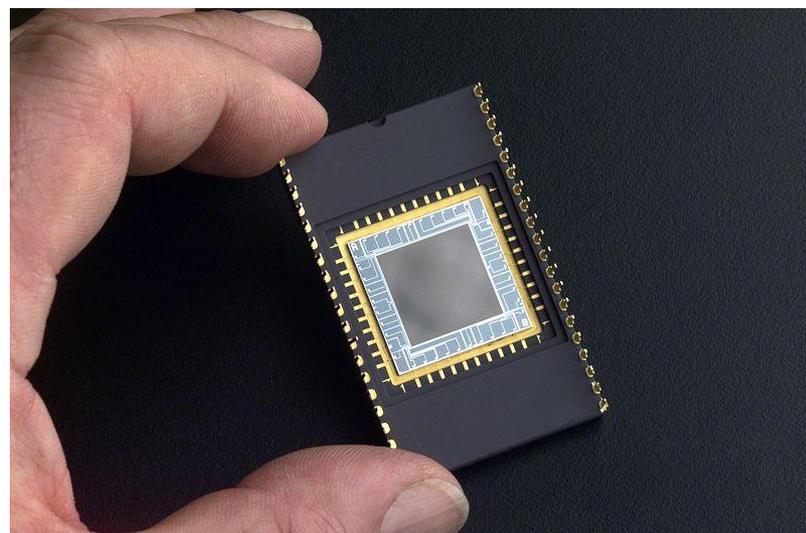
 Alpha  
Innotech

## CCD是什么？

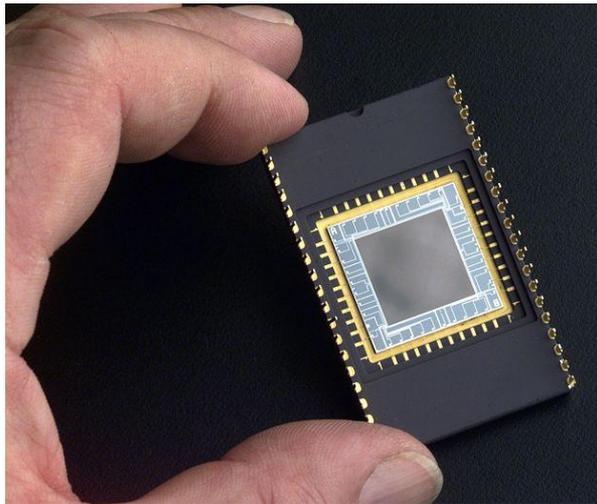
电荷耦合器（**Charge-Coupled Device**）：

一种光敏的硅芯片，用做数码成像系统中的光检测器

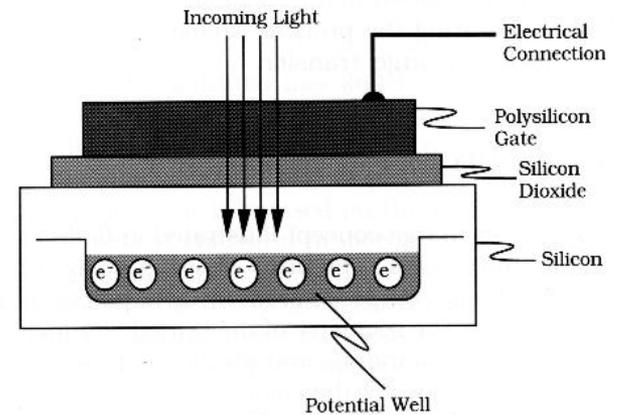
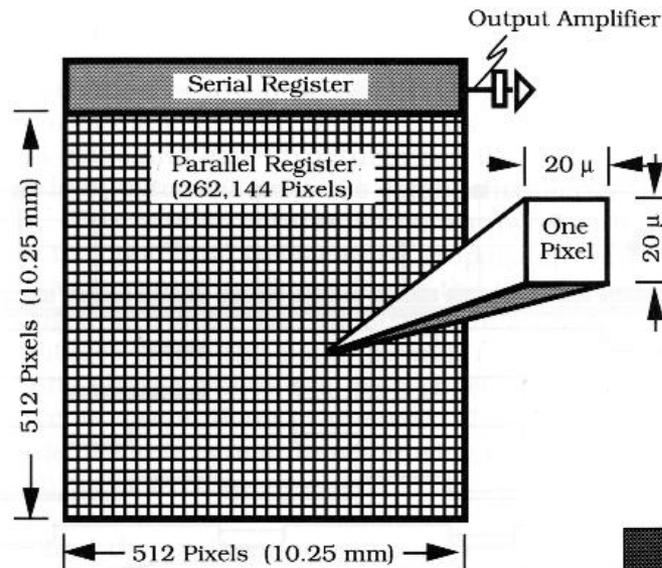
CCD有不同的型号，构造和等级



# CCD



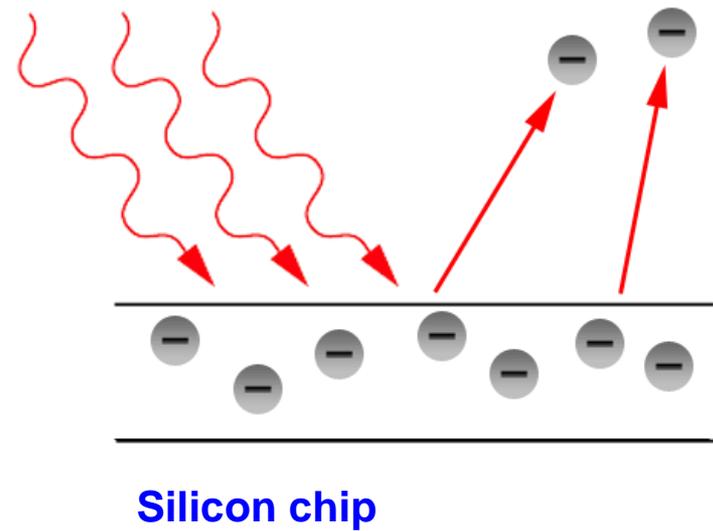
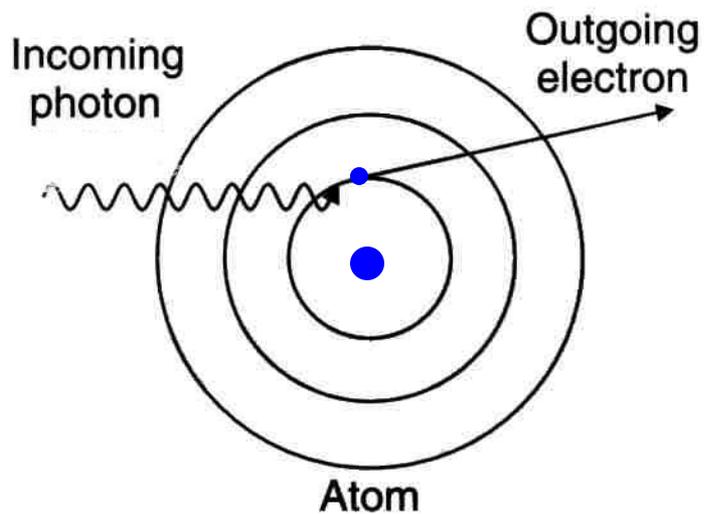
## CCD芯片由很多像素阵列组成



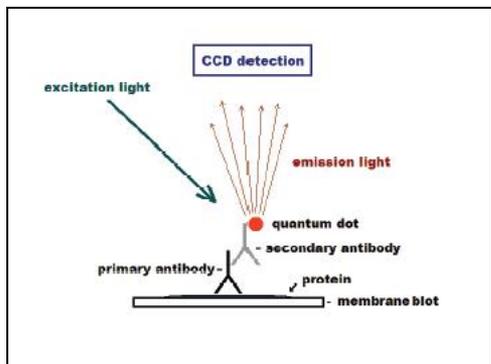
每个像素能够通过光电效应把光信号转化为电信号

# 光电效应

曝光时，绕原子核环行的电子吸收入射光子的能量，脱离原子核的束缚，成为自由电子，这样光信号转化为电荷



# 图像捕获：光转化过程



1. CCD采集生物样品发出的光线

2. CCD把光转化成电荷



3. 停止曝光



4. 电荷输出，转换成数字信号

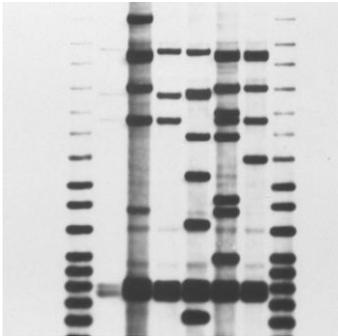


5. 图像经过处理后，显示在显示屏上



# CCD在生物领域的应用

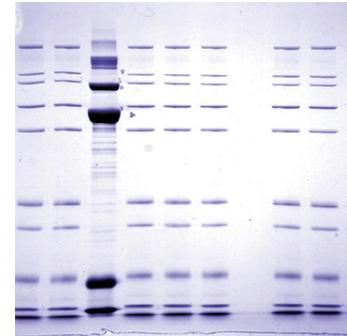
- 化学发光
- 荧光
- 可见光



Chemiluminescence



Fluorescence



Visible Light

# CCD 术语: 用于描述CCD的技术参数

像素 (Pixel)

分辨率 (Resolution)

满井电子容量 (Full Well Capacity)

量子效率 (Quantum Efficiency)

照明方式 (CCD illumination)

微镜头 (Microlenses)

模数转换A/D (Analog to Digital Conversion)

噪音 (sources of noise  
Read Noise, Dark Current)

制冷和非制冷 (Cooled vs Non-Cooled)

动态范围 (Dynamic Range/ Signal to Noise)

灵敏度 (Sensitivity)

## FluorChem FC2



CCD model	KAI-2020
Pixel size	7.4 Micron
Full well capacity	40.000 e-
Read noise	8 e- rms
Dark current	0.1 e-/p/s
Resolution	1600 x 1200
Cooling	-25C absolute & regulated
A/D	16 bit

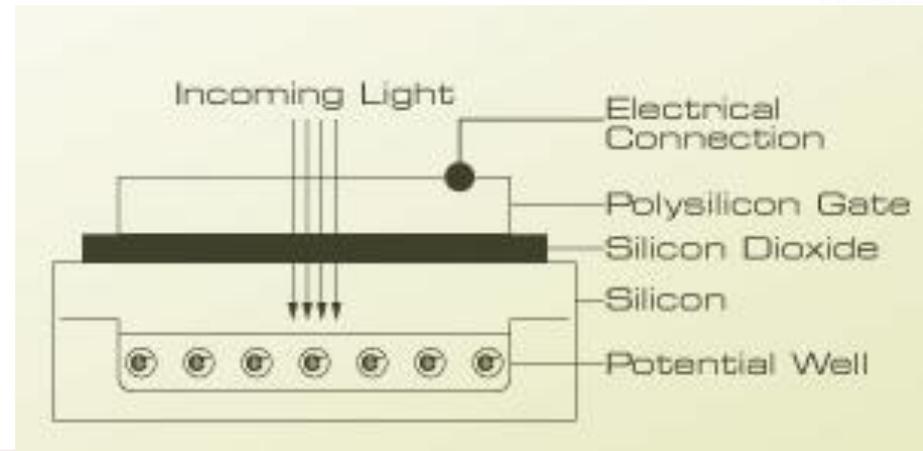
Specifications

# 像素

- 最小的感光单元
- 一个像素可以看成是一个井或桶



- CCD芯片由很多像素组成



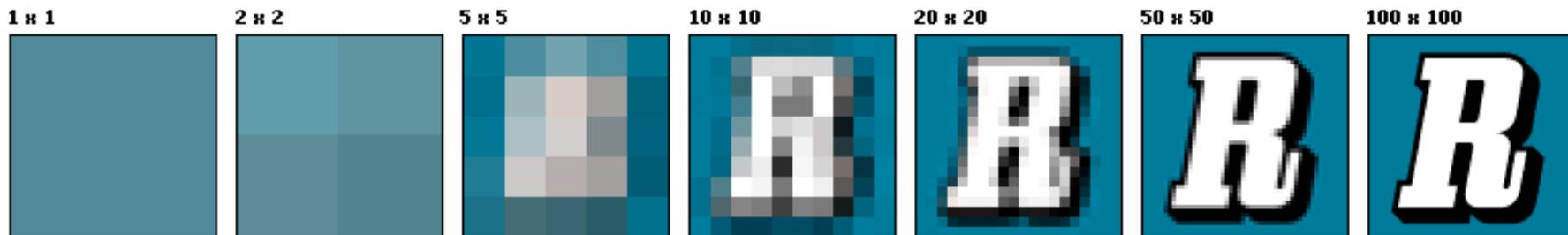
在硅层上覆盖一厚层氧化硅，再覆盖一层透明的门，就能形成势井

# 分辨率

用于描述组成CCD的像素数目

例如： $1600 \times 1200$ ，指的是CCD由1600列和1200行的像素组成，共192万像素

分辨率越高，越容易看清距离很近的两点，图像质量越好。



# 满井电子容量

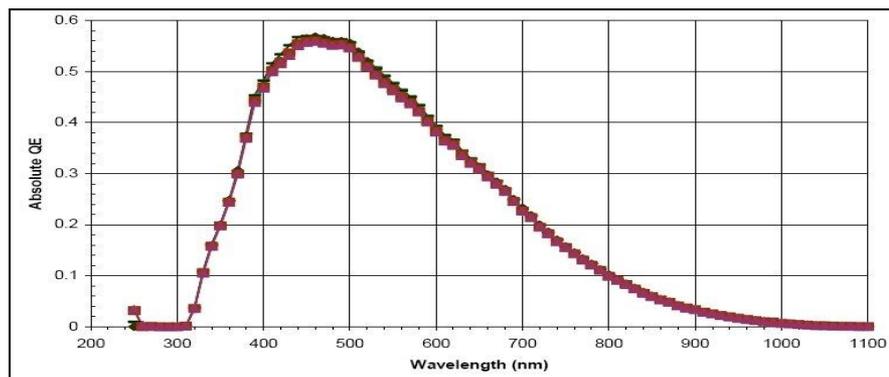
- 单个像素在曝光饱和之前，能够容纳的电荷数目  
好比一个桶子能够容纳多少水
- 它用电子来衡量
  - 例如：HD2 的 CCD 像素的满井电子容量为 40,000 个电子
- 和 CCD 的动态范围密切相关



满井电子容量告诉我们，在图像曝光饱和之前，**CCD**像素最多能够捕获多少信号

# 量子效率

- 用于衡量CCD相机把光子转换成电信号的效率
- 或者一个桶子能够接到多少百分比的水
- 50%的量子效率意思是对于100个入射光子，CCD能够把其中的50个转化成电子



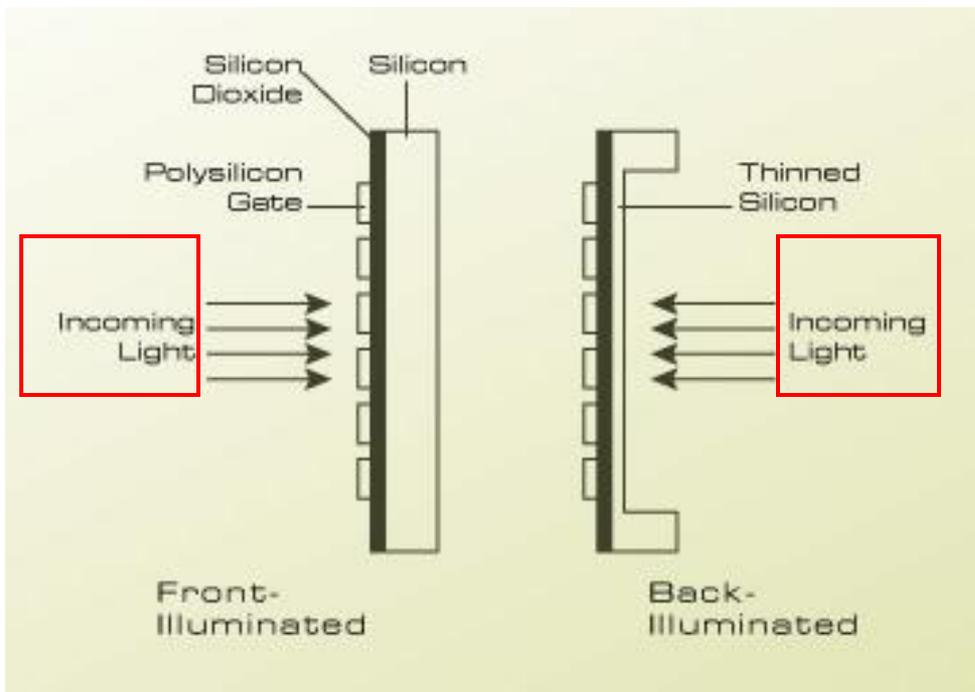
QE curve for the FluorChem FC2

- 量子效率越高，灵敏度越高
- 不同的CCD对于不同波长的光有不同的量子效率，在某一特定波长有一个最大的量子效率

CCD实际的量子效率由两个变量决定：

- CCD的量子效率曲线
- 被检测光的光谱

# CCD 的照明方式



## 前照式:

光线通过多聚硅门，到达光电转化层

很稳定，生产量大，价格便宜，我们使用

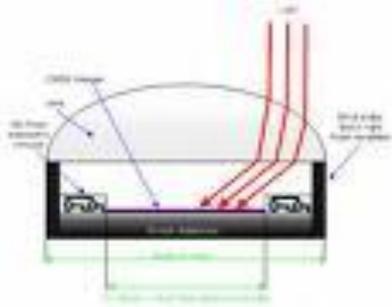
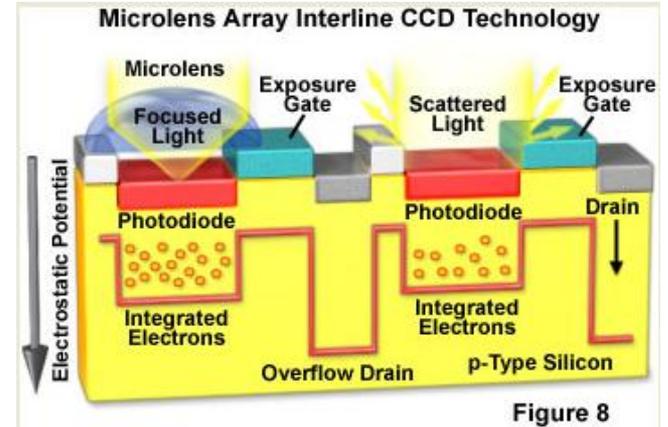
## 后照式:

光线通过CCD芯片的反面进入，因为反面很薄，光线能够快速通过，到达光电转化层

非常灵敏，但是产量低，价格昂贵

# 微镜头技术

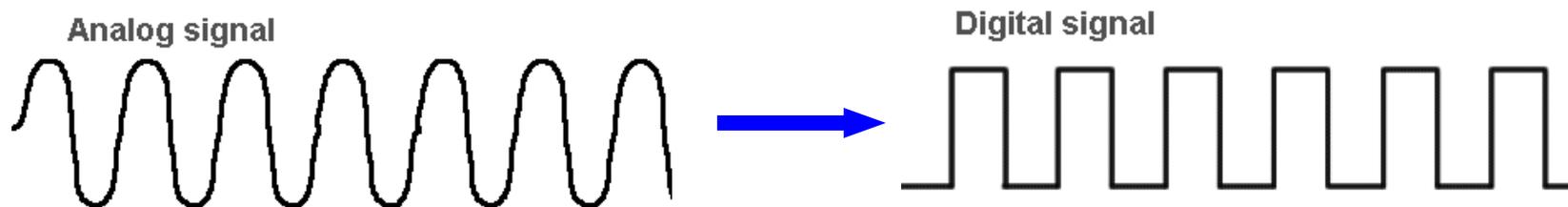
- 在每个像素的前面都装有一个微镜头，来汇聚像素周围的光线到像素内，从而减少光线的损失



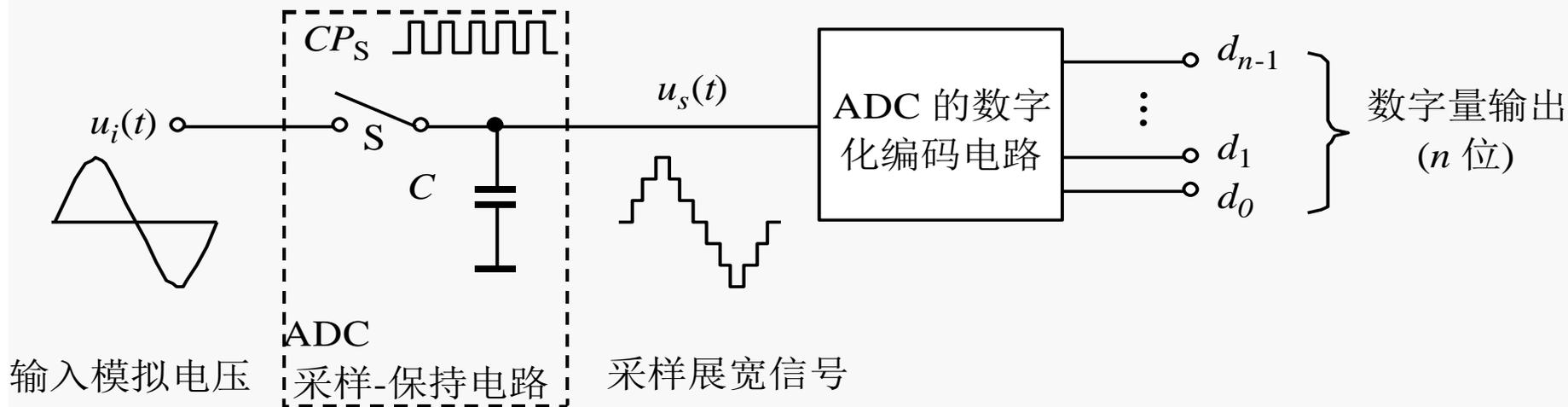
- 能够增加光线采集的效率
- HD2, FC2 和 SP的CCD中配有微镜头

# 模数转换

- 模数转换器能够把模拟信号转化成数字信号
  - CCD芯片输出模拟信号
  - 模数转换器把模拟信号转换成数字信号，以便计算机识辨



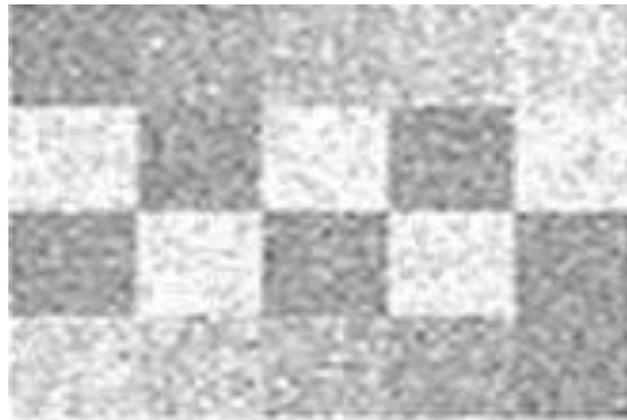
# 模数转换



- 模数转换器的分辨率描述为 “bits”
- 模数转换器的bit数值越大，数字化处理过程的精确度越高
- 如果用8 bits 的二进制数字来表示0到5V的模拟数据，那么就有 $2^8$  即256个可能的数值，分辨率 =  $5 / 2^8 = 20\text{mV}$ ；如果用12 bits ,分辨率 =  $5 / 2^{12} \approx 1.22\text{mV}$

# 噪音

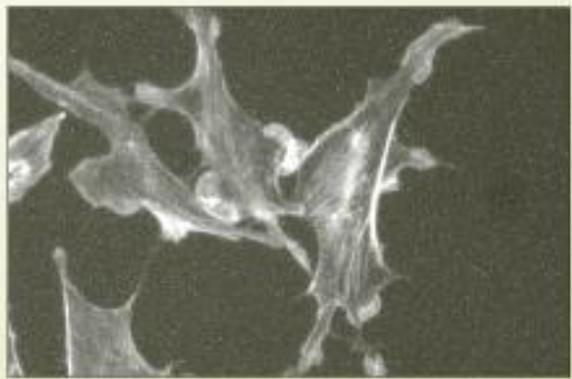
- 在每个电子系统中发现的不想要的信号成分，通称为噪音
- 噪音影响长时间曝光—大于**45** 秒
- 噪音对荧光曝光的影响不明显—少于**20**秒



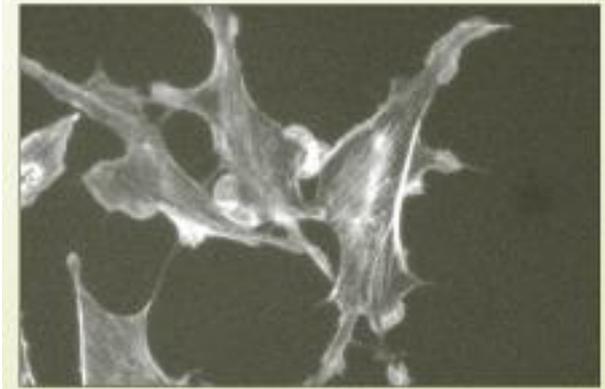
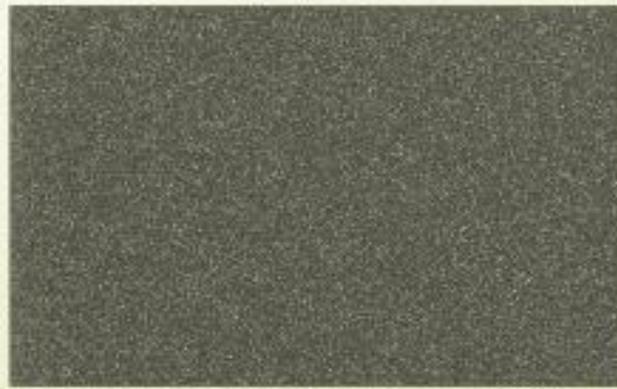
# 噪音的来源

- 光 (击) 噪音
  - 由光的内在特性决定
  - 总是存在
- 热噪音和暗电流
  - 由热产生
  - 在没有光照是可以检测到
- 读出噪音
  - 由输出放大器产生

背景校正技术，用于消除 图像中的Bias和Noise



**Before Dark Master**



**After Dark Master**

Alpha公司能够创建这些文件，对于每一个相机，这些文件是独一无二的

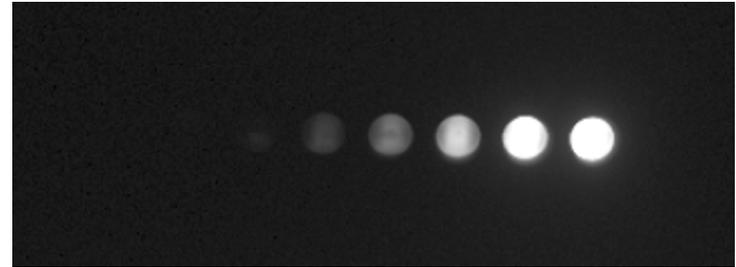
# 动态范围

- **CCD**相机的一个重要参数
- 动态范围是**CCD**相机能够同时区分最亮的光信号和最弱的光信号的能力
- 能够区分像素强度的不同等级

# 动态范围



12 bit



16 bit

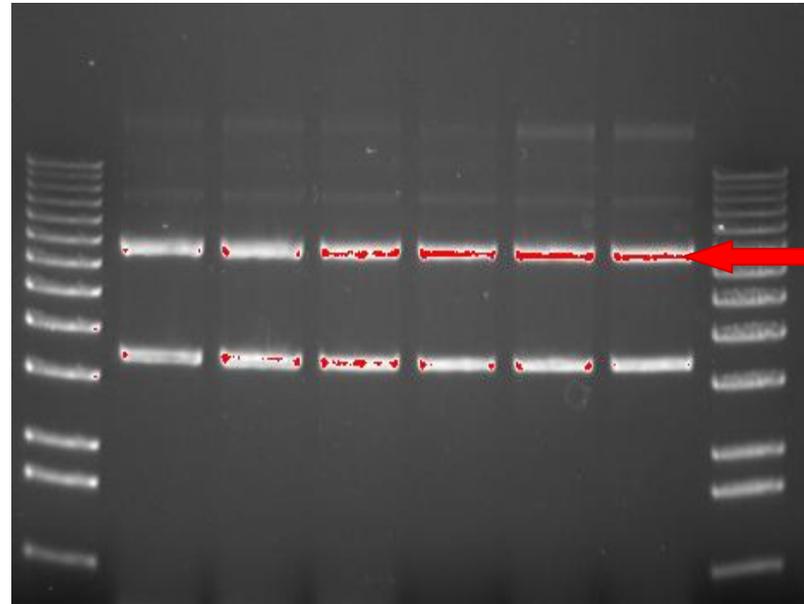
我们能够看清多少个点？

在最亮的条带保护之前，我们能够看到多弱的条带？

动态范围：我们能够看清多少灰阶？



# 线性动态范围的重要性



**Bright signal: saturated**

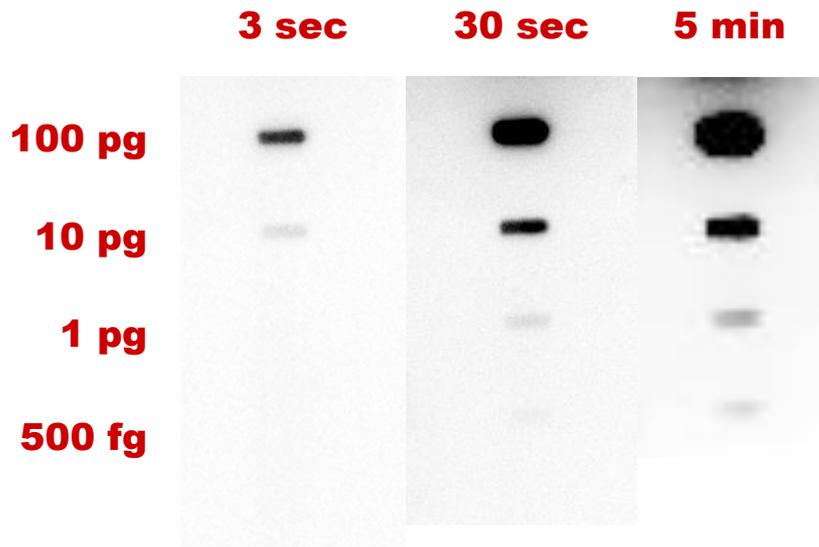
如果图像曝光过饱和，我们就不能进行定量分析

# 灵敏度

## 什么是灵敏度?

- 即： 1) 曝光速度或者 2) 检测极限

**HD2: 5 min exp, Super Speed**



**FC2: 5 min exp, Super Speed**

