

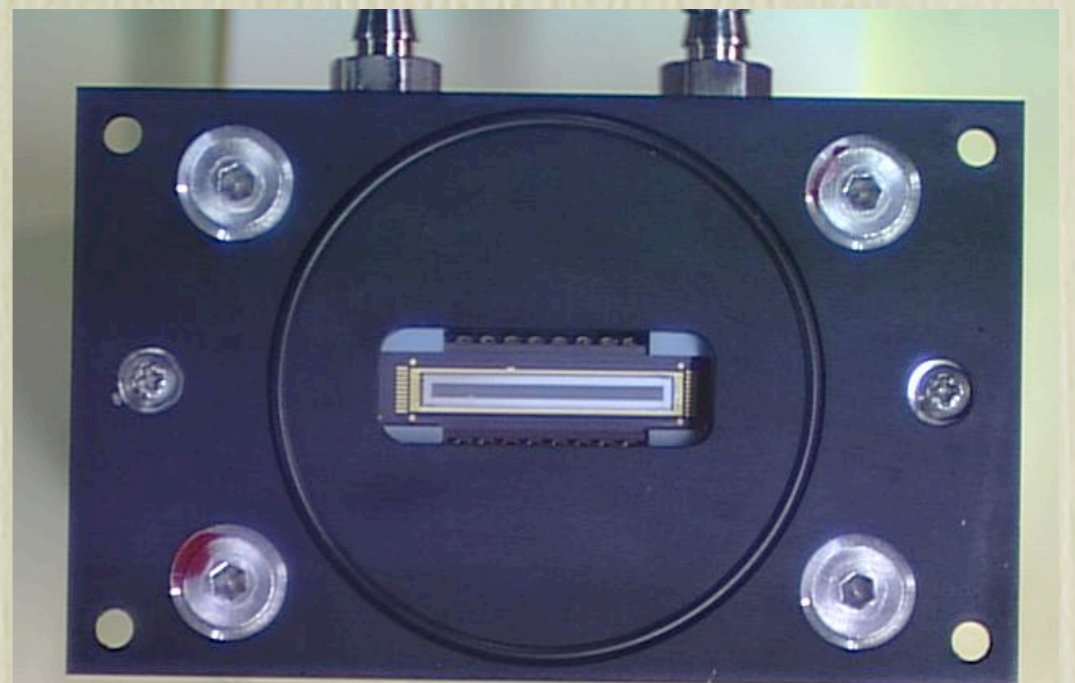
# The Properties of CCD and Data Reduction



2008/03/20

# CCD 簡介

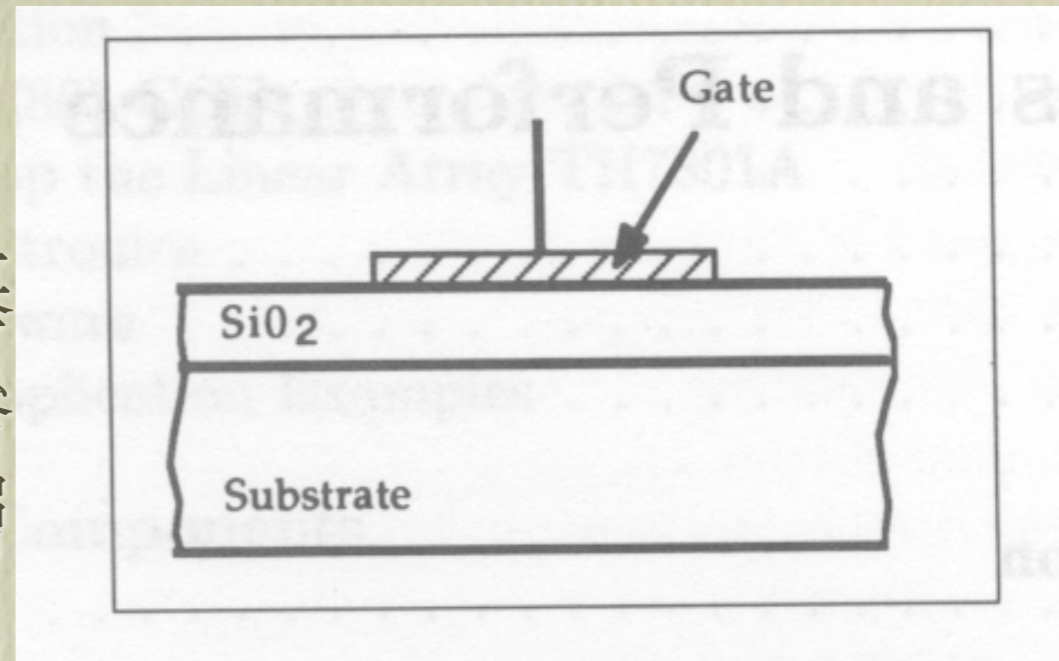
- 1970年由貝爾實驗室(Bell Lab.)的Boyle與Smith所開發。
- 透過光電效應(Photoelectric effect)將光子轉為電子。
- 就種類來分有：
  - 線性(Linear) CCD
  - 矩陣(Matrix) CCD



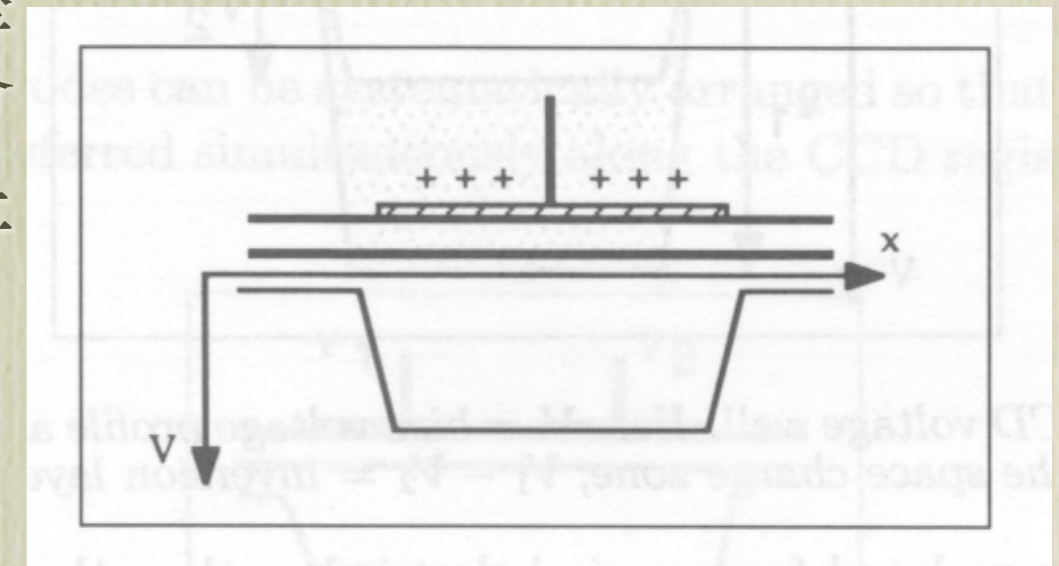
# 單一像元的結構與作用

- MOS capacitor

- 含有參雜具有半導體特性的基質層(substrate，通常是P型參雜的矽)與 $\text{SiO}_2$ 的絕緣層(Insulation)與金屬電極

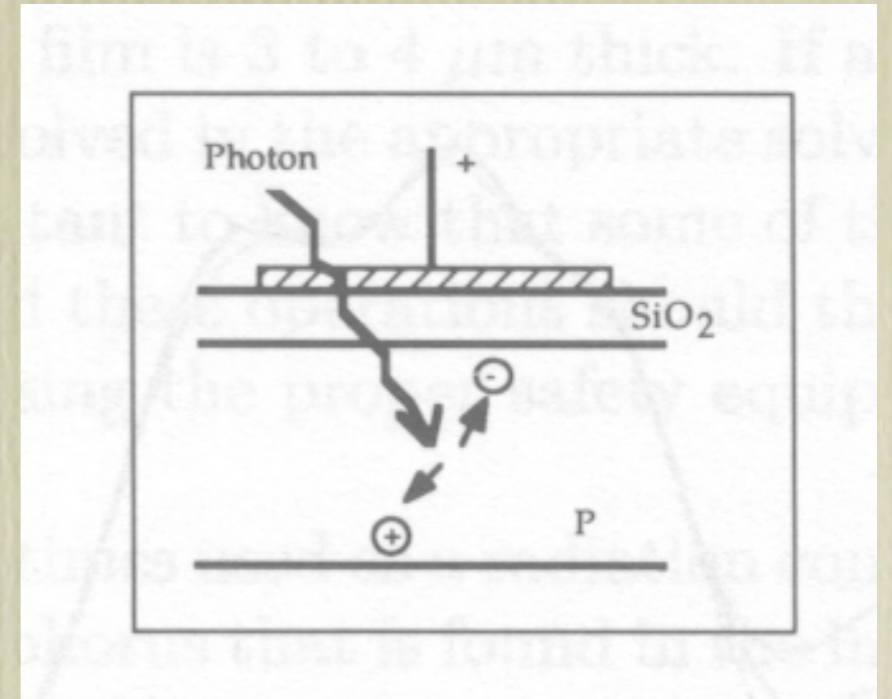


- 當在電極與基質之間通上電壓(稱為偏壓，Bias)後，就會形成一個電位差之量子井(Quantum Well)



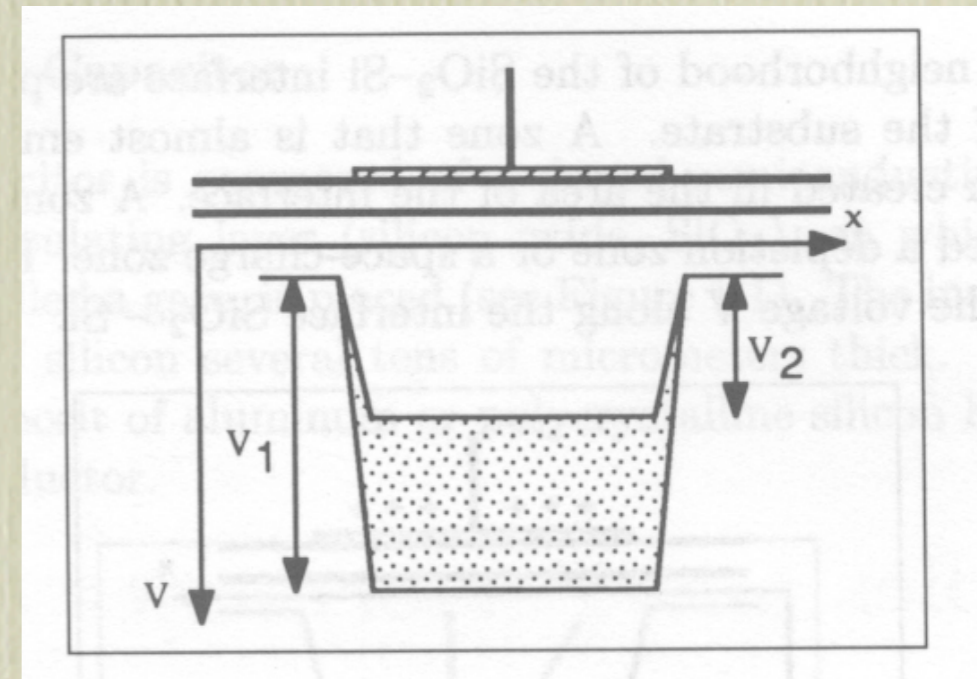
- 作用上就如同電容器

- 當光子射入，與矽晶格作用，打斷其能鍵，則會有電子與電洞發生成對（光電效應），經過偏壓作用後，變會向兩側電極移動，使電荷在 Inversion zone 儲存



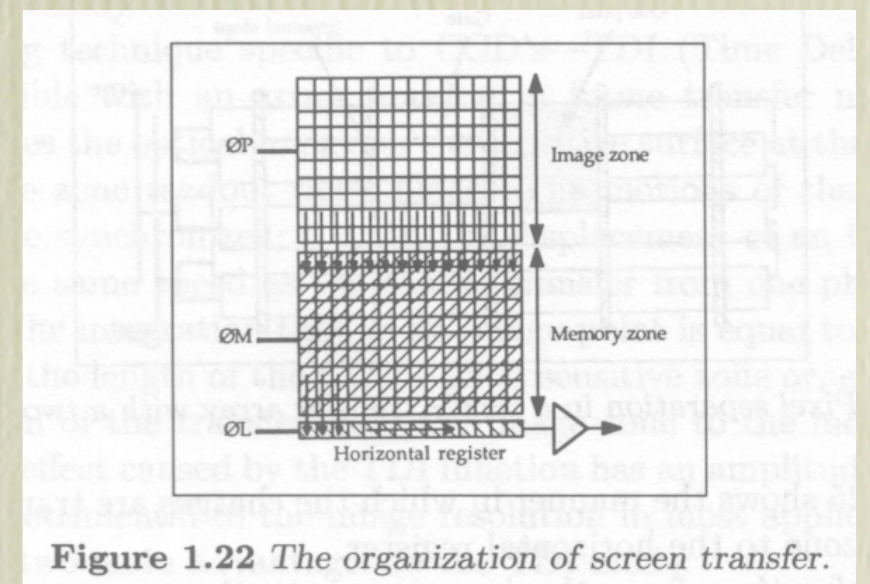
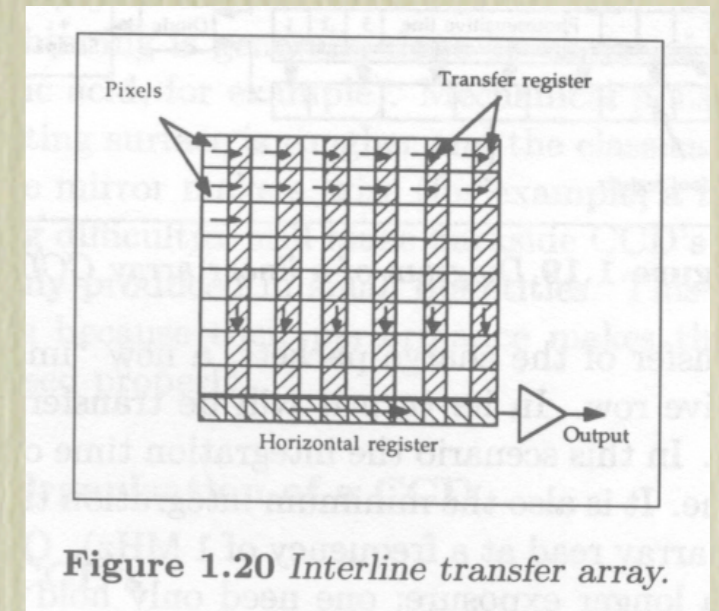
- Inversion zone 的深度大約只有 3-6 $\mu\text{m}$

- 當很多的 MOS capacitor 排在一起時，就具有空間上的成像能力，通常這樣的 MOS Capacitor 大小為 10-30  $\mu\text{m}$  左右，為了影像處理上的方便，大部分都是做成正方形大小



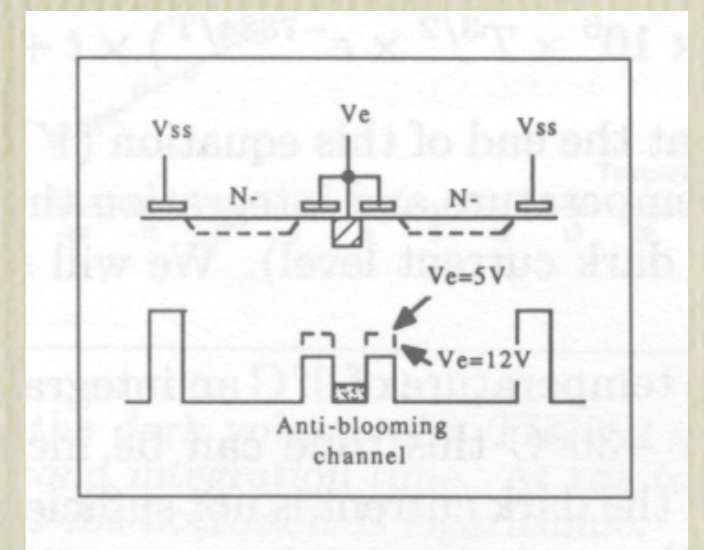
# Charge Transfer

- 電荷讀出，也就是傳送，的方法有兩種
  - Interline transfer
  - Frame transfer
- 傳送的過程中會因電子的熱運動而發生誤差雜訊，稱為Readout Noise
- 經過放大器放大後，透過AD/DA電路轉換為數位讀數
- 動態範圍與ADU



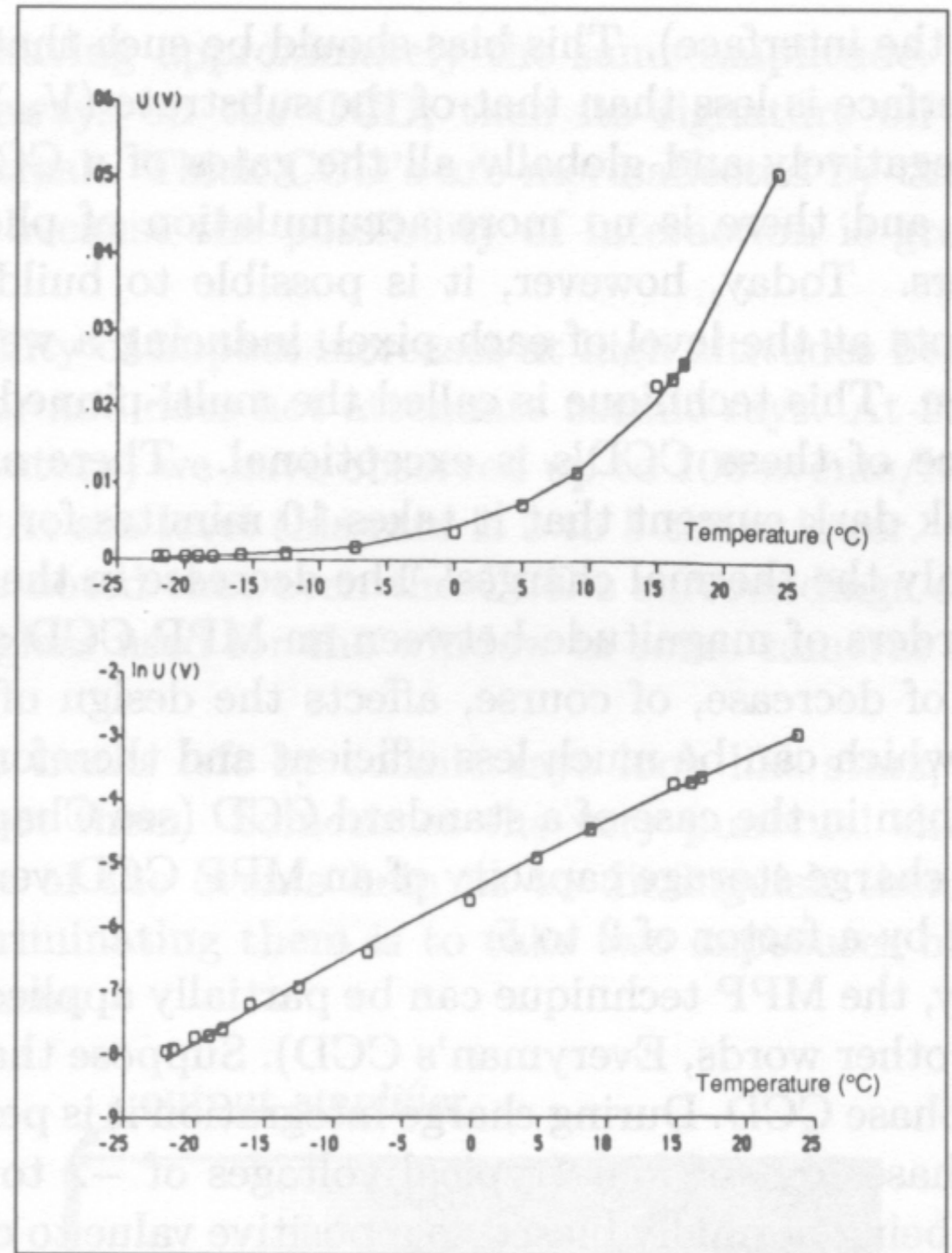
# Blooming and Anti-Blooming

- **Blooming:**當電荷於量子井嚴重飽和時，會有溢出至周圍像元的現象
- 溢出的方向視晶片本身的設計而定，有時是單軸有時是雙軸
- 部分CCD會有**anti-blooming**的設計，通常是利用安裝在像元周圍的電極排出溢流的電子，但是還是會有**charge diffusion**發生



# Dark Current

- 由熱擾動所形成的自由電子，在偏壓下即使不曝光都會累積成為電流
- 與積分時間和溫度有關
- 大約到 $-100^{\circ}\text{C}$ 以下時，暗電流可忽略不計
- 大體上來說，每差 $7^{\circ}\text{C}$ ，暗電流大小會差一倍



# 實際觀測上的一些其他影響

- 像元的不均勻性
  - 在製程上來說，不可能做到完美，因此會有部分像元無法有效工作
    - ▶ Hot pixel
    - ▶ Warn pixel
- 即使是可工作的像元，對於不同頻率、不同強度光源的反應也會有所不同
- 宇宙射線（Cosmic Ray）的污染

# Data Reduction

- 壞點(Hot pixel)修正
- 宇宙射線(Cosmic ray)修正
- 影像修剪(Trimming)
- 偏壓(Bias)修正
- 暗電流(Dark current)修正
- 平場(Flat field)修正

# 壞點與宇宙射線修正

- 相同之處：都是單一的飽和像元
- 不同之處：壞點出現在固定位置，可以預先量測建檔；宇宙射線位置為隨機，無法預測
- 利用Median method或 $3\text{-}\sigma$  rejection method來找出宇宙射線
- 利用均值法，使用周圍像元的平均值取代壞點或宇宙射線

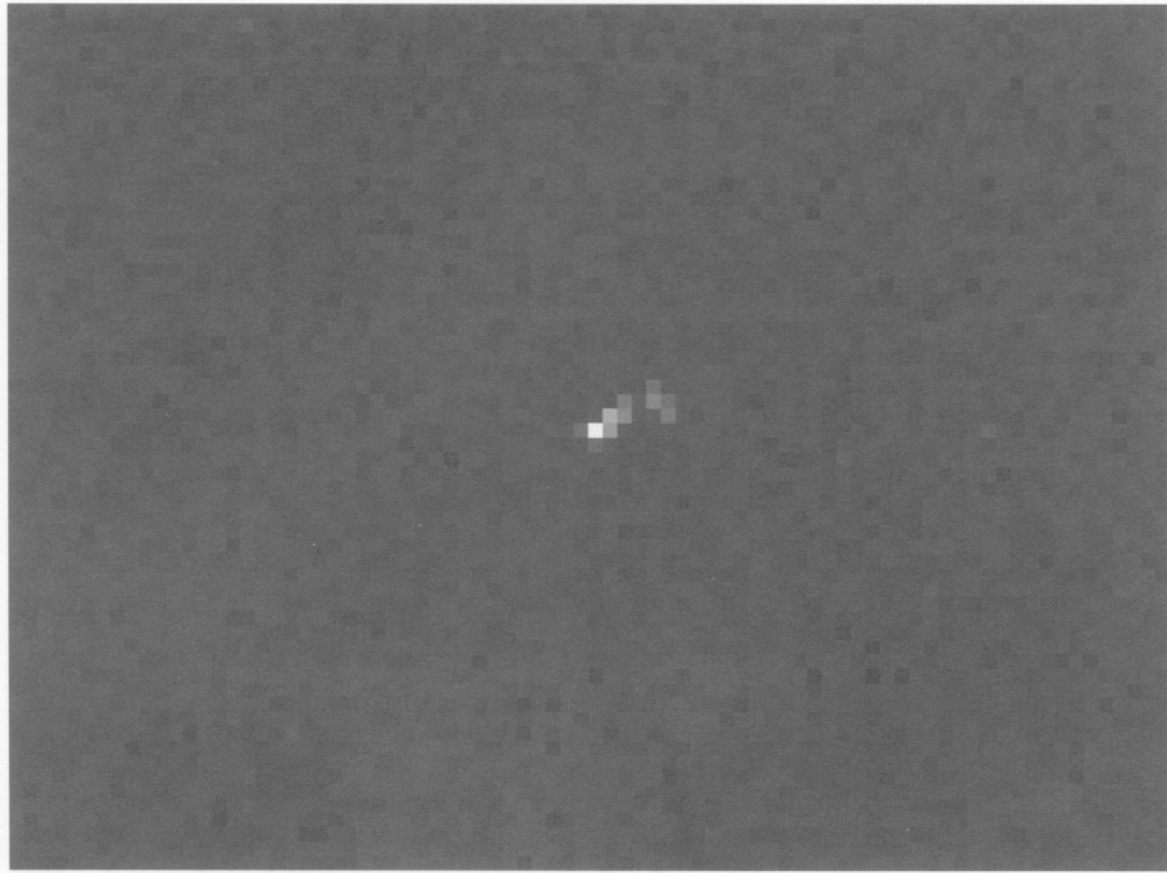
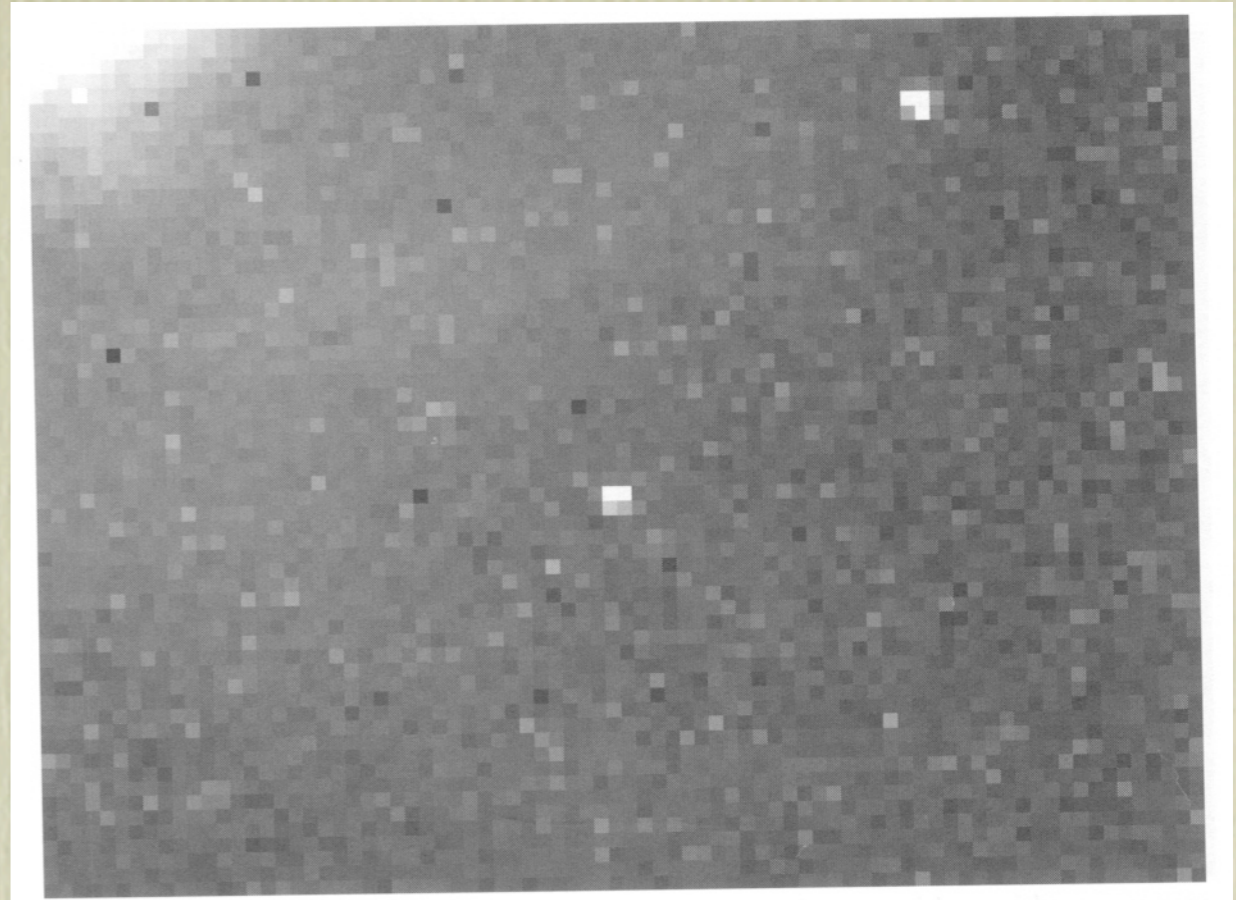


Figure 4.12 Here is a typical cosmic ray hit. Whenever you shoot images or dark frames, your images accumulate cosmic rays. Although the rate of accumulation depends on your altitude and the size of the CCD, you should expect around ten cosmic rays to hit each square centimeter of your CCD each hour.



含有宇宙射線的影像 (左) 與壞點影像 (右)

# 影像修剪(Trimming)

- 部分影像邊緣無法使用
  - Warn pixel
  - 周邊減光
- 在進行平場修正時會影響畫面的統計值，因此必須要切除

# 偏壓(Bias)修正

- 因為各像元的所加之偏壓不同，因此在讀出時，訊號強度的原點並不相同
- 可以透過拍攝零秒曝光的影像來進行修正
- 取多幅平均 (10~20幅)，以降低讀出雜訊(Readout noise)

# 暗電流(Dark current)修正

- CCD晶片上因熱運動所產生的電子流而額外增加的訊號
- 可以透過不開快門的相同曝光時間影像得到暗電流的大小（該影像仍包含了BIAS，需先處理）
- 由於暗電流的大小與曝光時間有線性關係，可以用較長時間的暗電流的影像以內插方式得到所需曝光時間的暗電流大小
  - 為什麼不能用外插？
- 取暗電流影像時，需注意溫度的變化！

# 平場(Flat field)修正

- 平場修正之誤差來源
  - 每個像元對於光的反應並不相同
  - 灰塵造成部分像元受光減少
- $\text{Count} = a \times \text{Flux} + b$ 
  - $a$  : 像元的反應係數  $b$  : Bias
- 拍攝一個均勻光源照射的畫面，以得到反應係數的變化
- 均勻光源：
  - Sky Flat，Dorm Flat，Manmade Flat