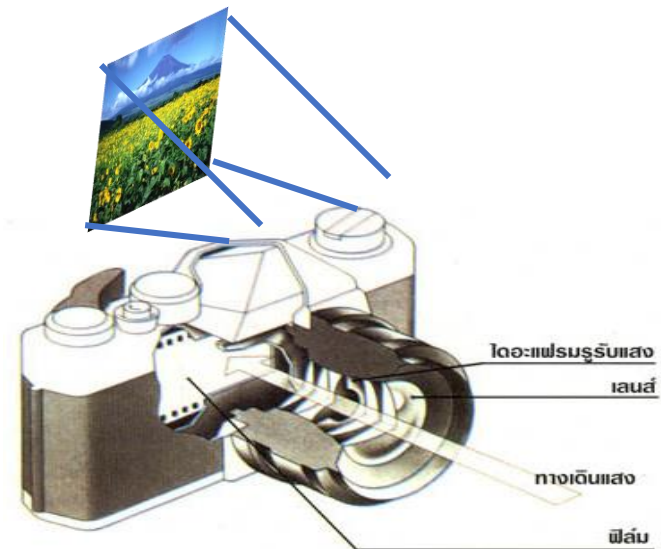
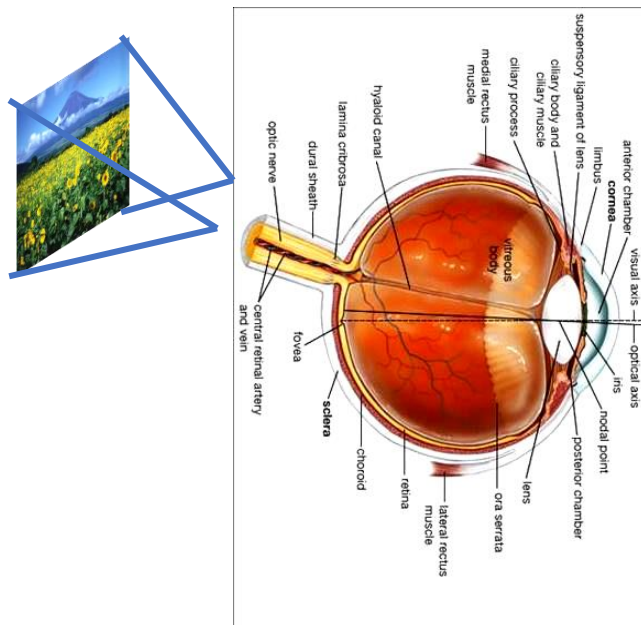
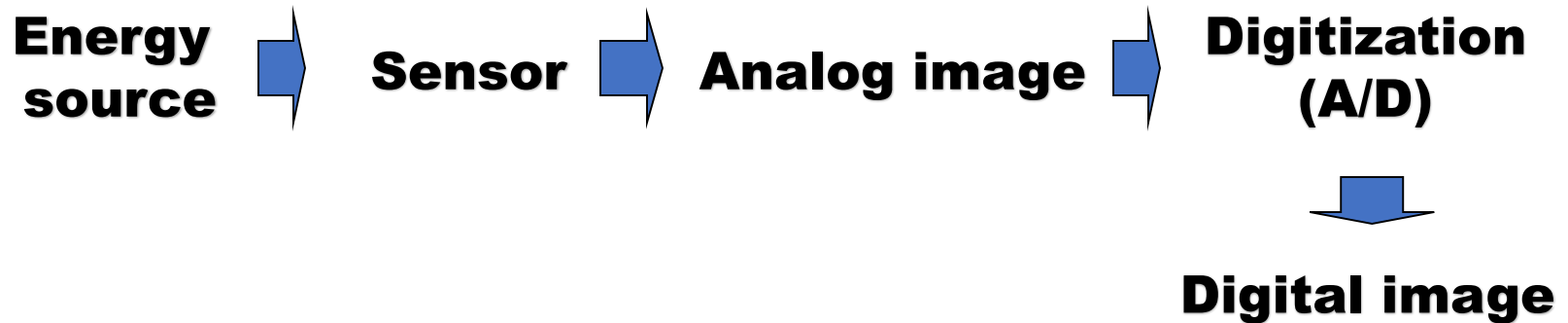


# Image Acquisition and Digitization



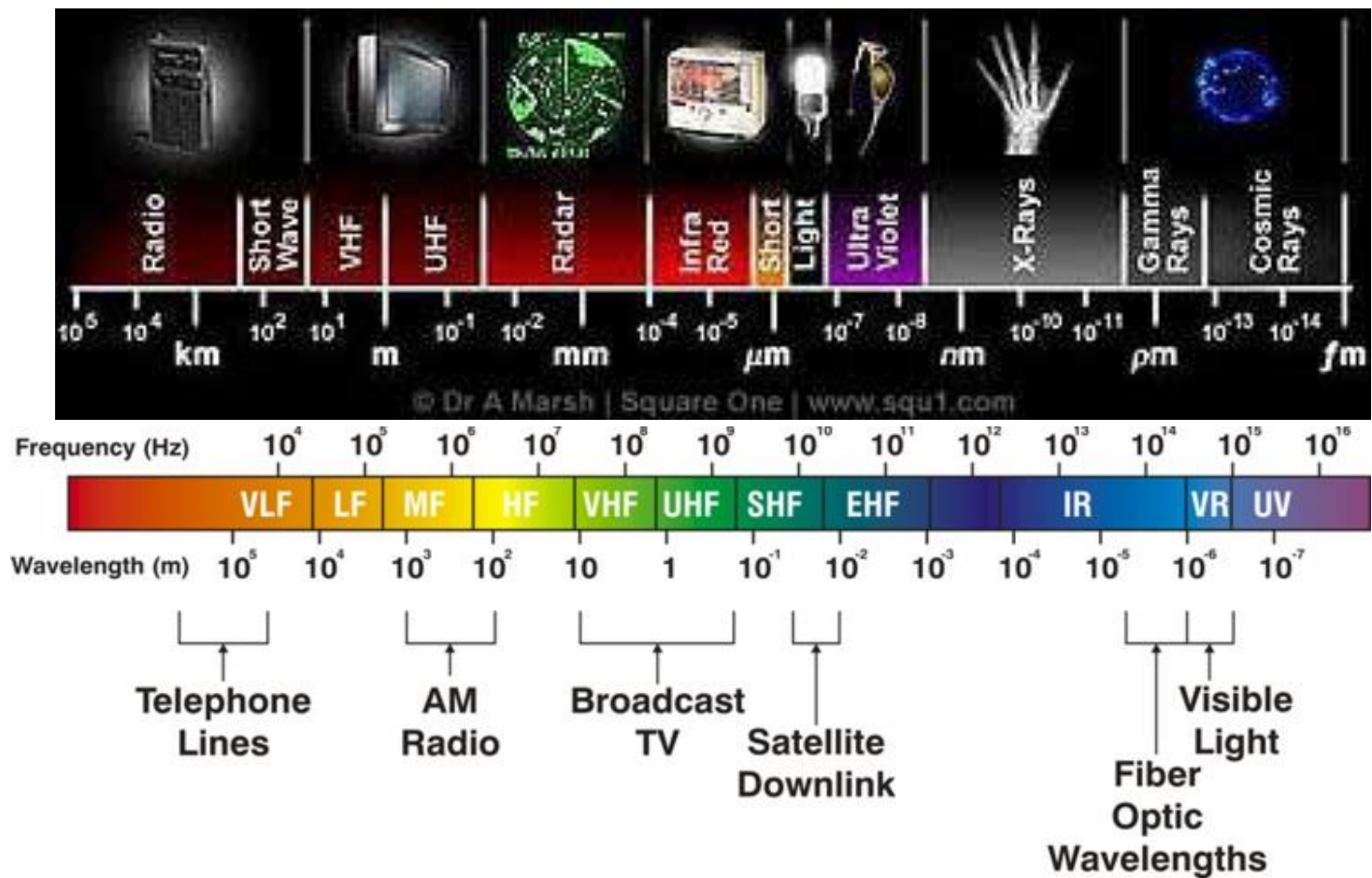
# Image Acquisition and Digitization

**Q: How can we create a digital image?**

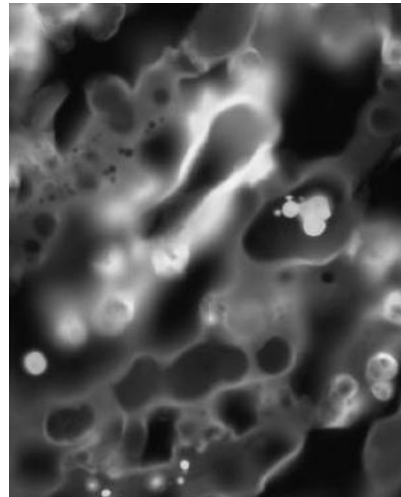
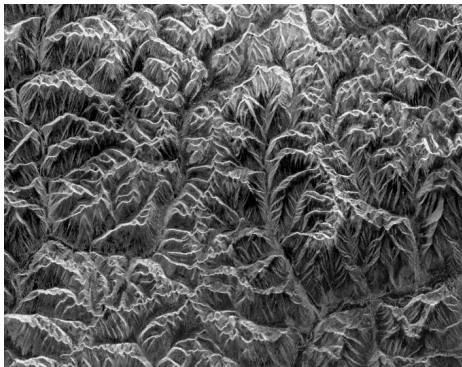
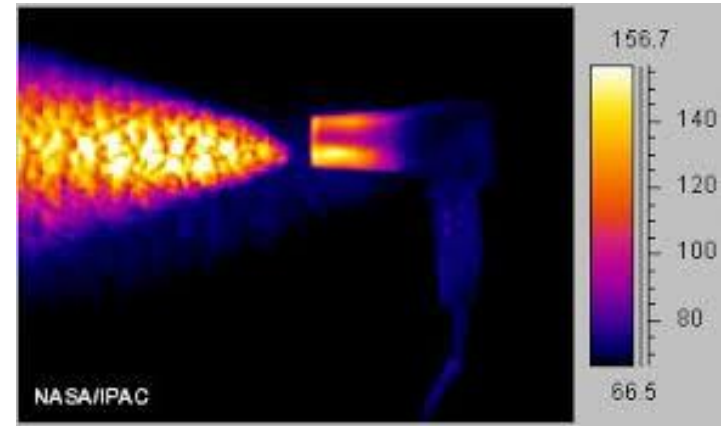


# Energy Source

Q: What **type of energy sources**  
would we **use to create** an image?



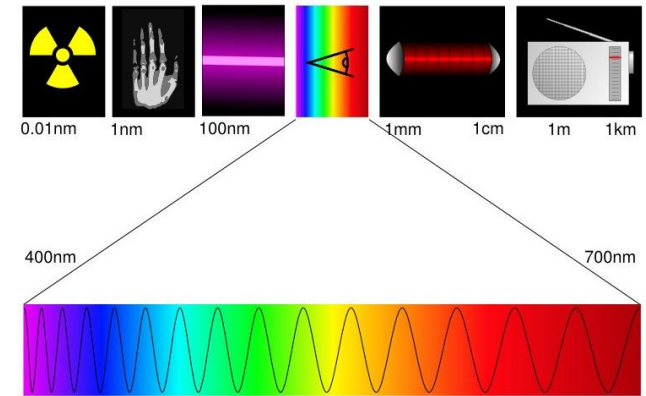
# Electromagnetic Spectrum



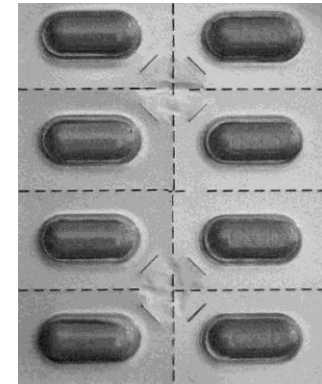
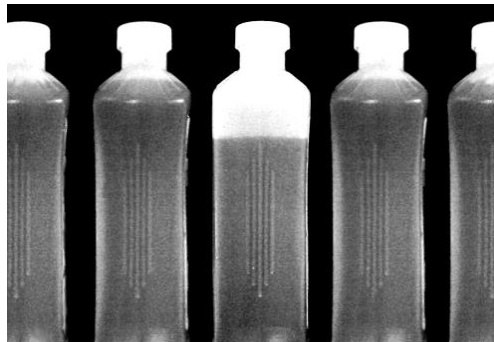
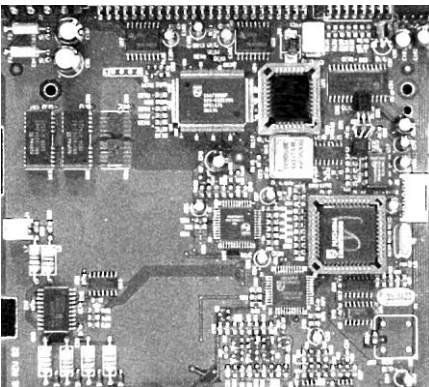
What is the source of each image?



# Visible light

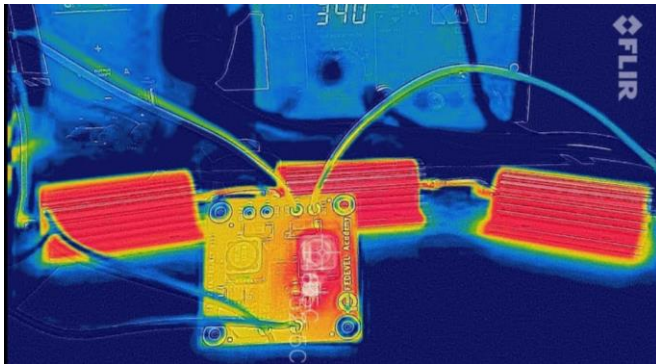
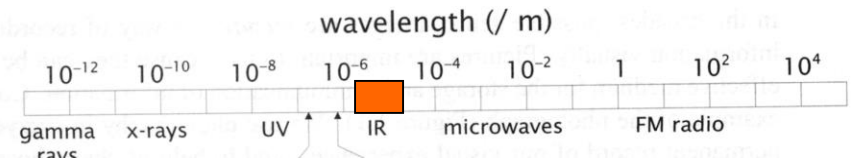


- wavelength 400-700 nm

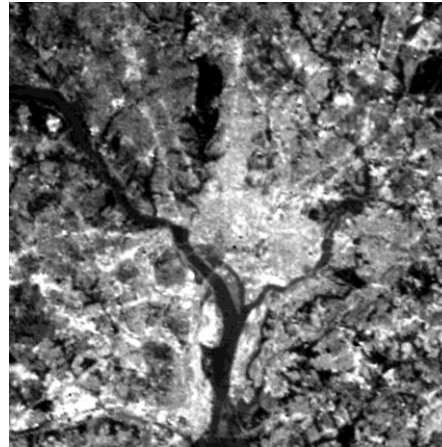


# Infrared Band

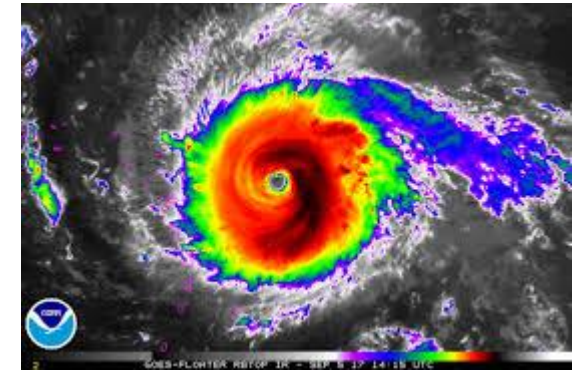
- wavelength  $10^{-6}$ - $10^{-4}$  m



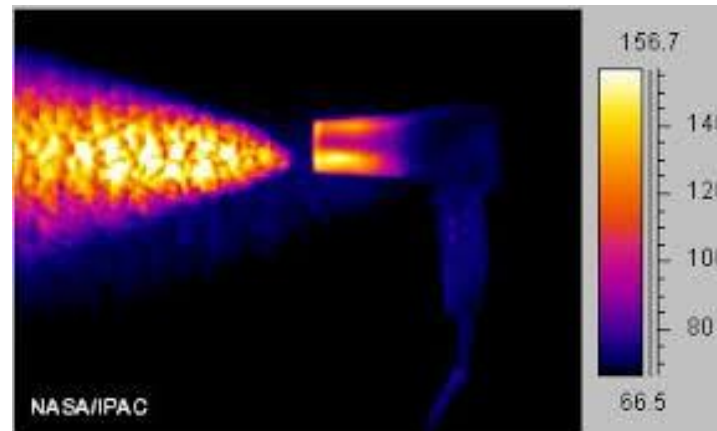
**Circuit Functional Test**



**Washington D.C. area**

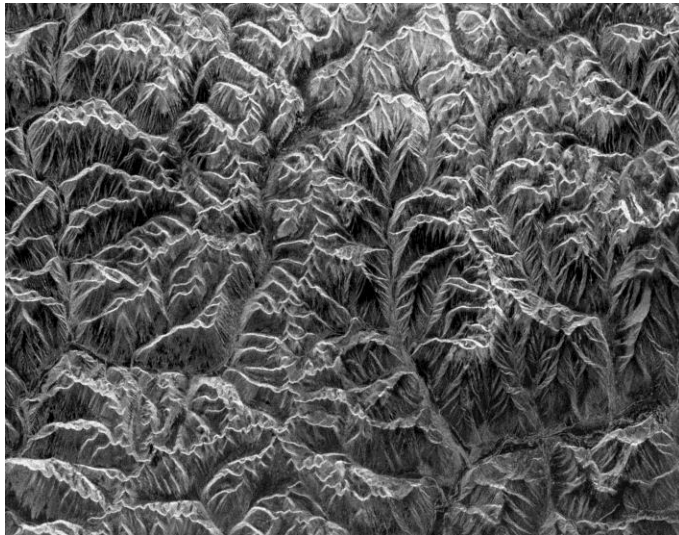


**Hurricane images**

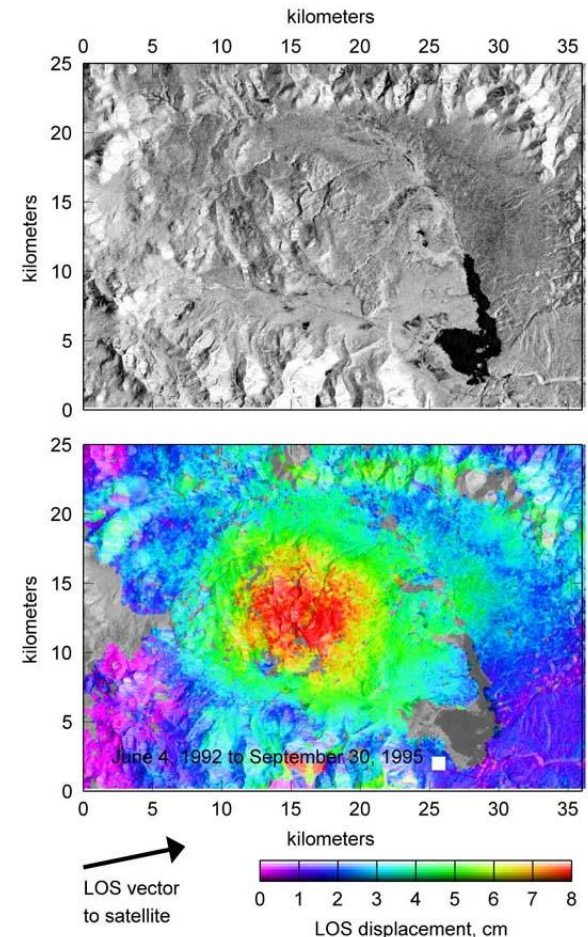
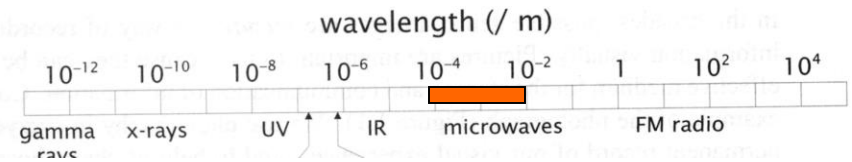


# Microwave Band

- ความยาวคลื่น  $10^{-4}$ - $10^{-2}$  m

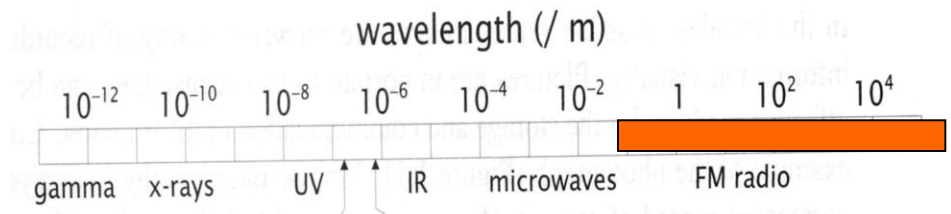


**Radar image of mountains**





# Radio Band

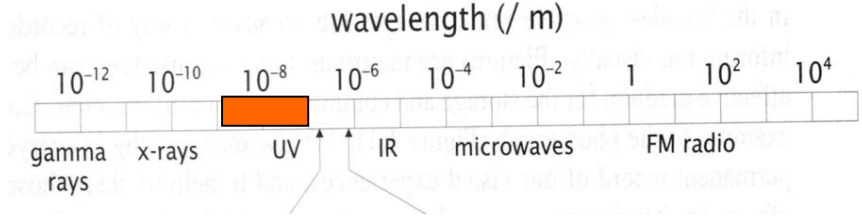


**Magnetic Resonance Image (MRI)**

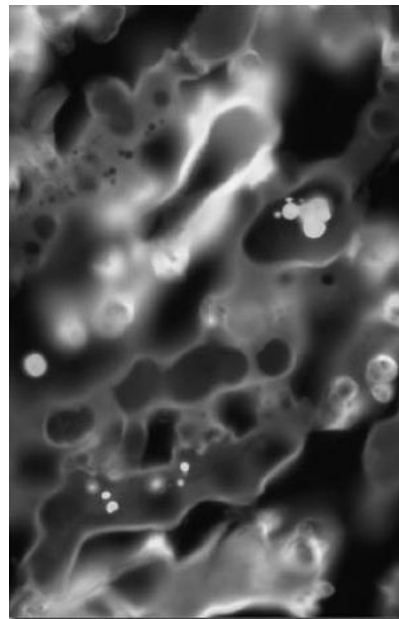


**Ultrasonic image**

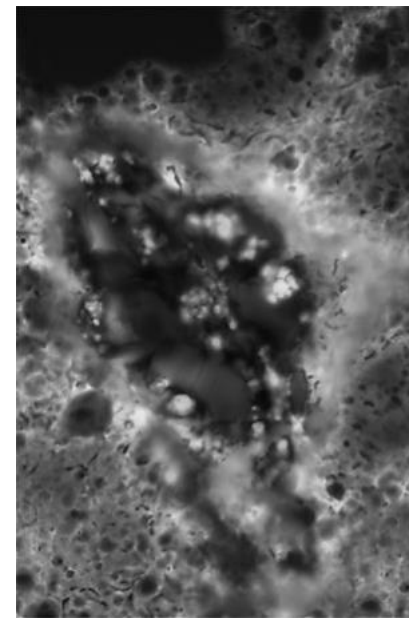
# Ultraviolet Band



- wavelength 10<sup>-8</sup>-10<sup>-7</sup> m
- Fluorescence microscope image



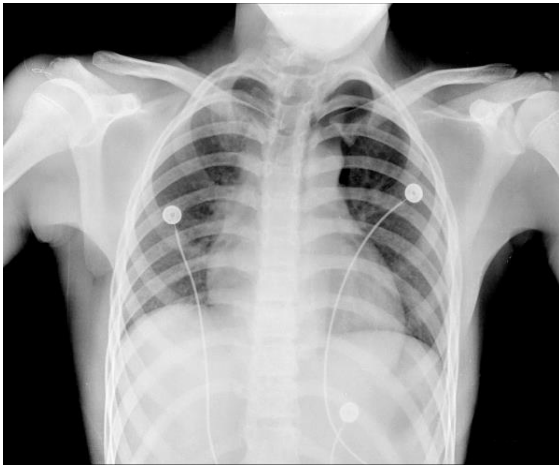
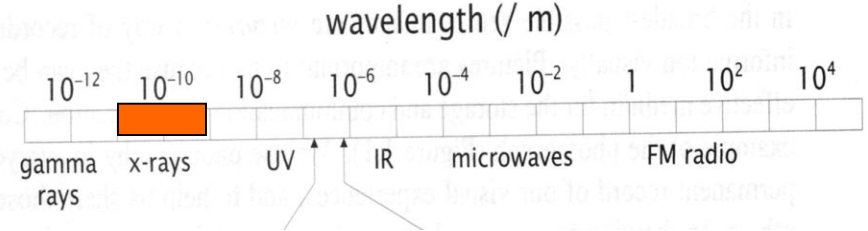
**Normal corn cell**



**Infected corn cell**

# X-ray

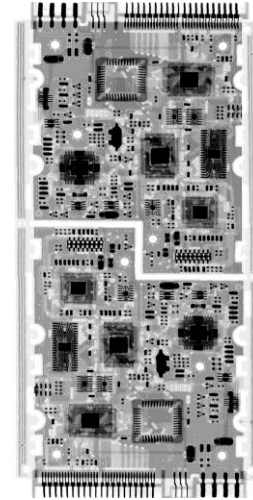
- wavelength  $10^{-10}$  m



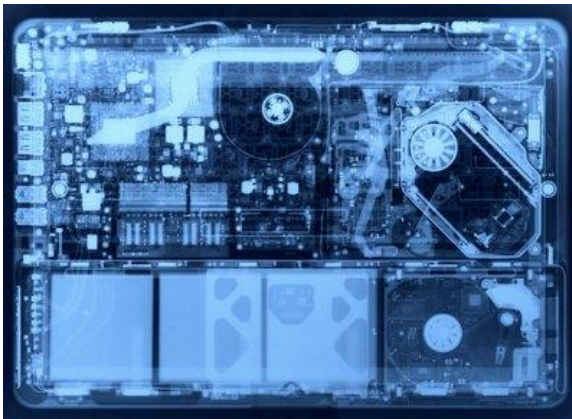
**Chest X-ray**



**Head cross-section**

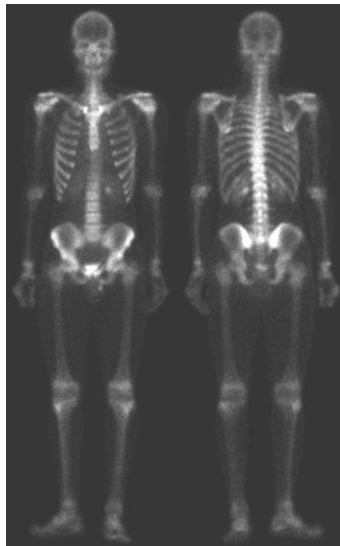
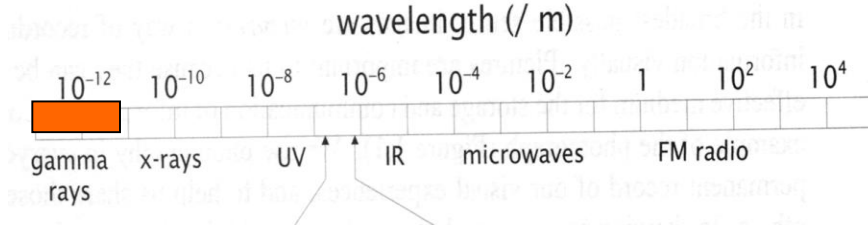


**Circuit board**

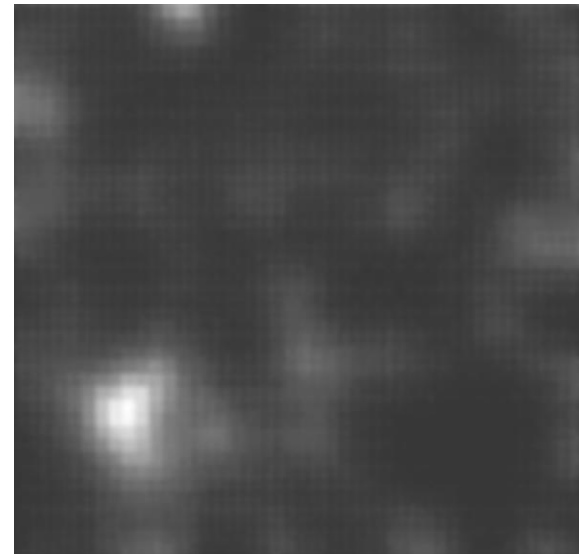


# Gamma Ray

- wavelength  $10^{-12}$  m



**Bone scan**

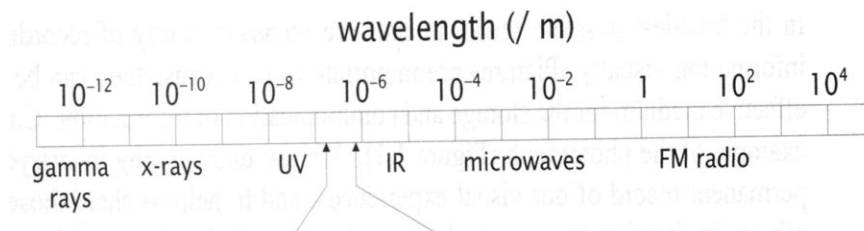
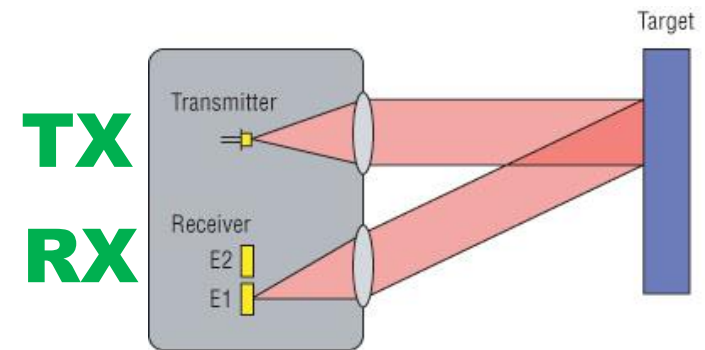


**Reactor valve**



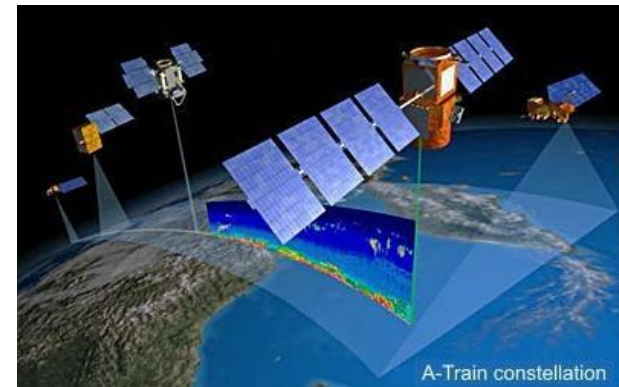
# รูปแบบการรับส่งสัญญาณของตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) และตัวรับ (Receiver: Sensor)

- คลื่นที่นำมาใช้สร้างภาพที่ความถี่ต่างกัน
  - มีรูปแบบการส่งสัญญาณและรับสัญญาณต่างกันอย่างไร
    - Reflection
    - Through object

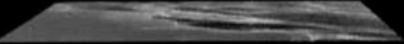









# Q&A

- Q1: ภาพถ่าย X-Ray ใช้ตัวรับสัญญาณ (Sensor) ในรูปแบบใด
- Q2: ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image) ใช้ตัวรับสัญญาณแบบใด
  - Spatial Resolution (image size)
  - Spectral Resolution (No. Freq Bands)
  - Temporal Resolution (Scanning Period)
  - Radiometry Resolution (Bit depth: Bit per pixel)
  - Geometric resolution (pixel size: meter X meter)
  - [https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_imagery](https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_imagery) & [http://landsat.gsfc.nasa.gov/pdf\\_archive/How2make.pdf](http://landsat.gsfc.nasa.gov/pdf_archive/How2make.pdf)



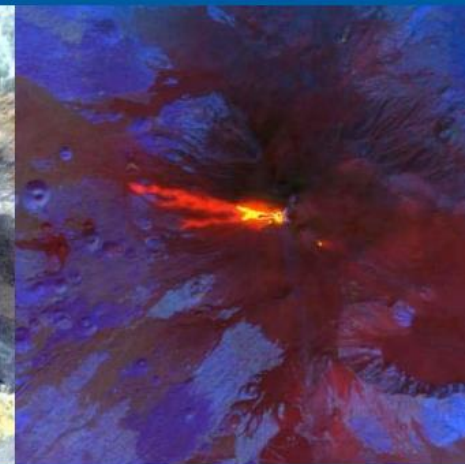
# Satellite Sensor Bands (Wavelength)

ETM+ Band	Wavelength (um)		
1	0.450 - 0.515		Blue
2	0.525 - 0.605		Green
3	0.63 - 0.69		Red
4	0.75 - 0.90		Near Infrared
5	1.55 - 1.75		Infrared
7	2.09 - 2.35		Shortwave Infrared
6	10.40 - 12.50		Thermal Infrared
8	0.52 - 0.90		Panchromatic

Producing...more than just a pretty picture!



Bands 3, 2, 1 (visible light)



Bands 6, 5, 4 (infrared light)

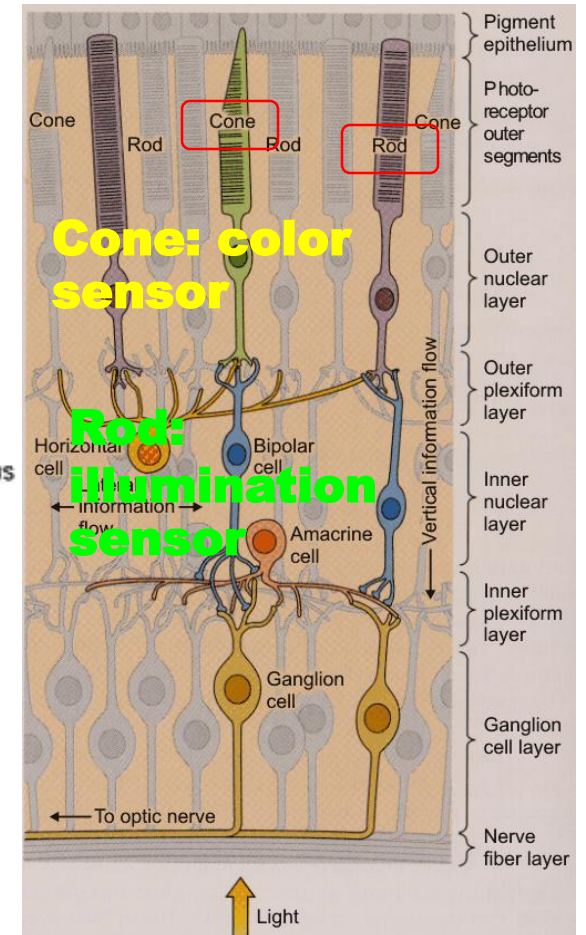
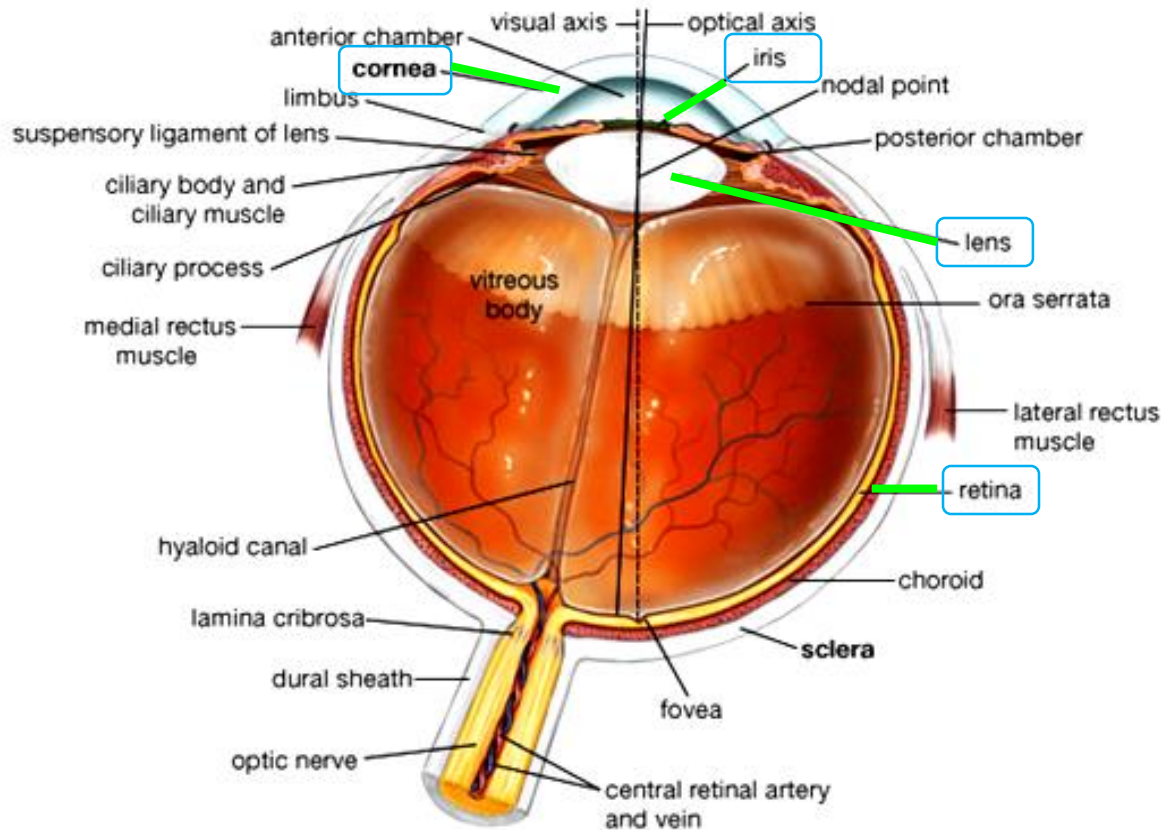
Q: รูปแบบโครงสร้างและองค์ประกอบของ

อุปกรณ์รับภาพได้รับอิทธิพลมาจากไหน?

# Image Capturing Device



**Cornea** กระจกตา ทำหน้าที่คล้าย **lens** เพื่อหักเหแสง



## Human Eye Vision

**Iris** ม่านตา ทำหน้าที่ปรับปริมาณแสง

**Retina** จอตตา ทำหน้าที่เป็นเซลล์รับแสง

$f/x \rightarrow x =$  ความยาวโฟกัส / ศก.รับแสง

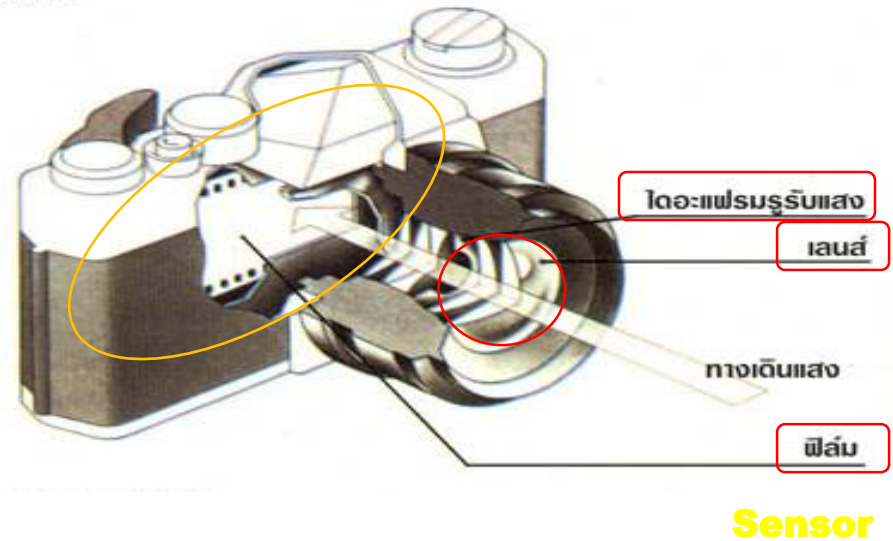
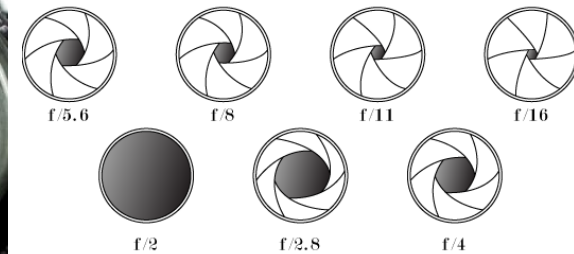
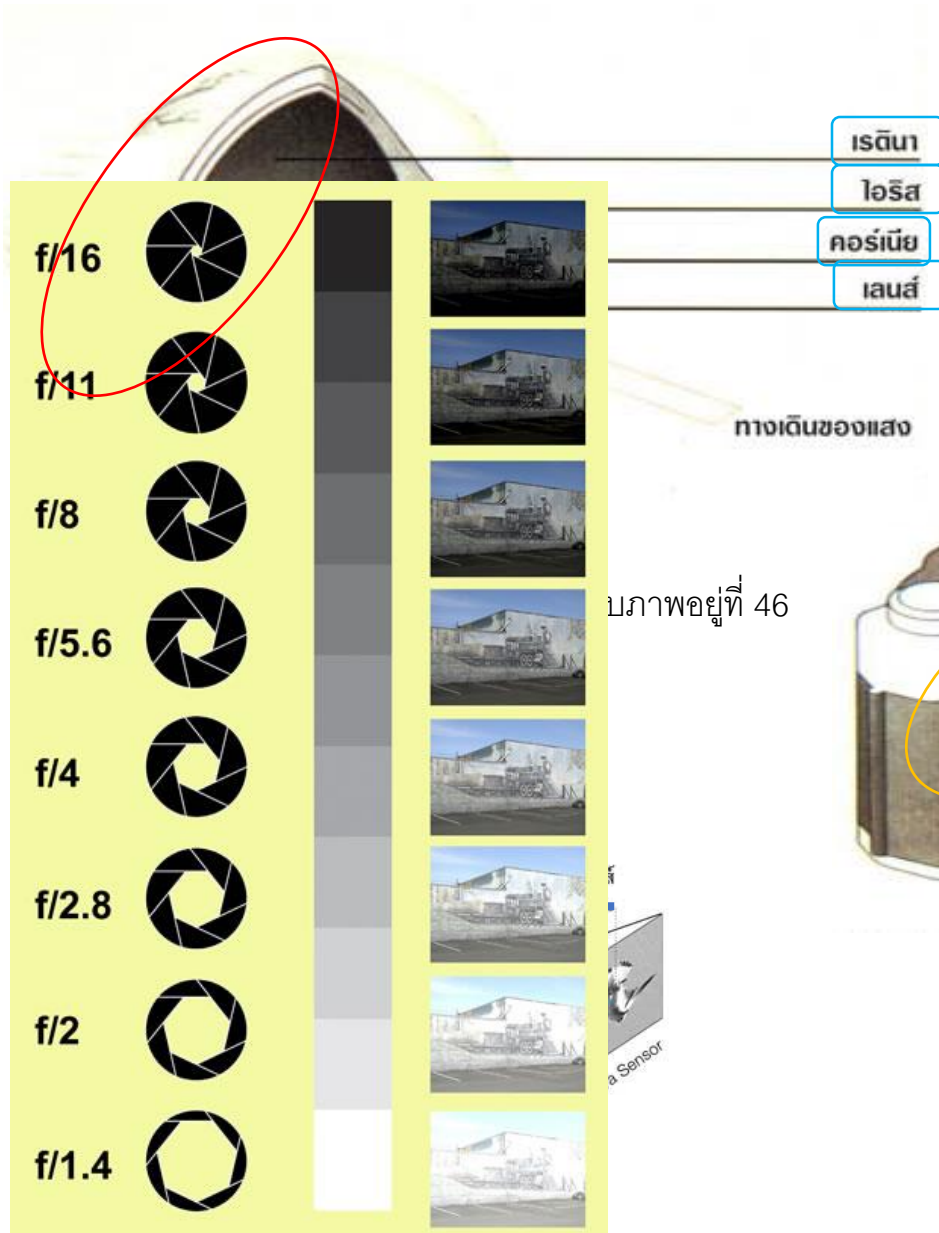
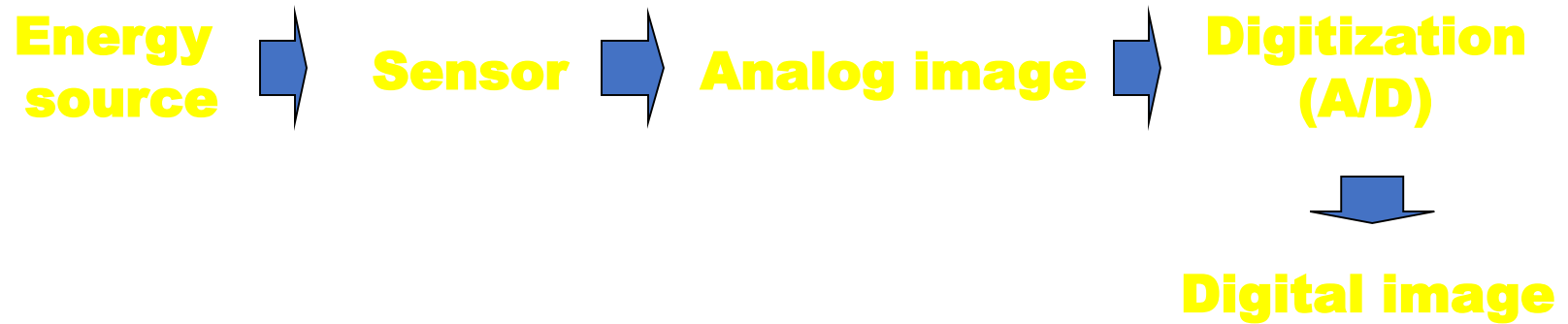


Image Sensing

# Image Acquisition and Digitization

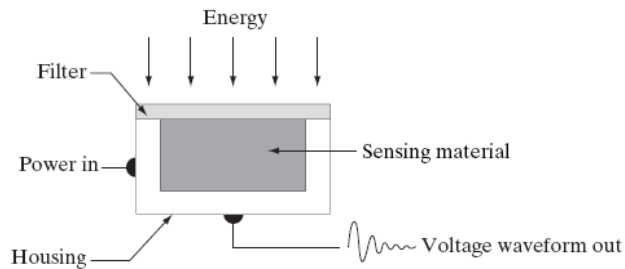


# Image Sensing

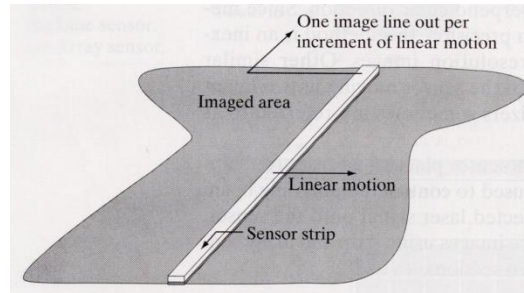


# Sensor

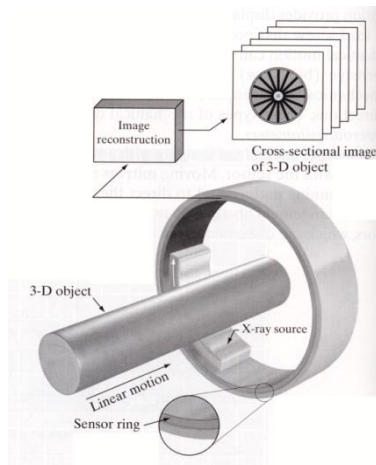
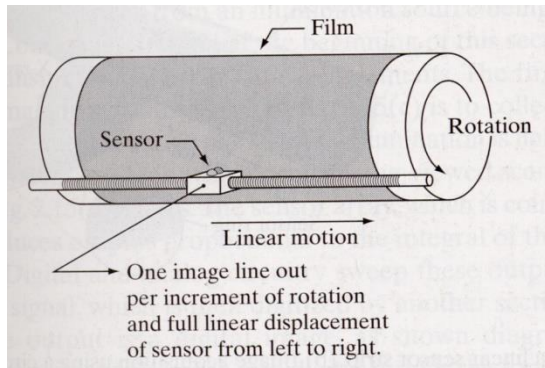
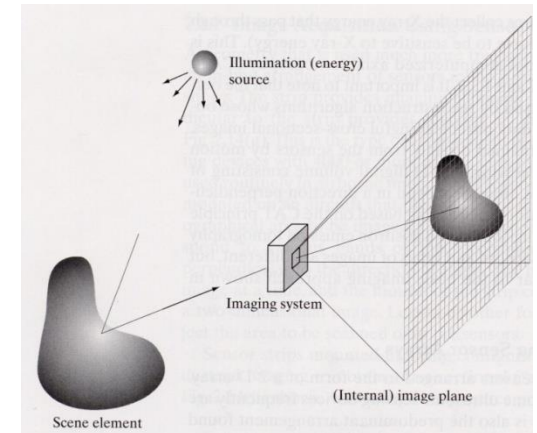
## Single Sensor



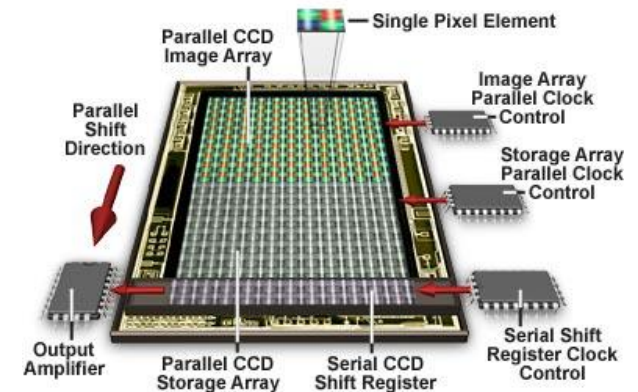
## Row Sensor



## Array Sensor

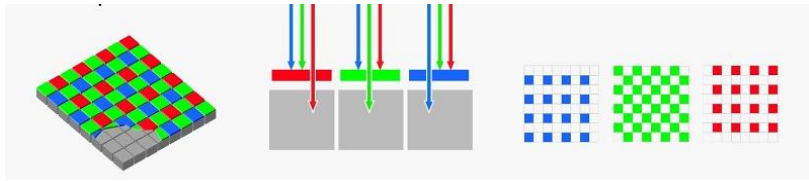


## Frame-Transfer CCD Architecture

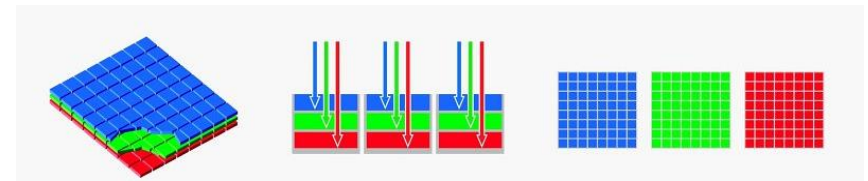


# Types of array sensor

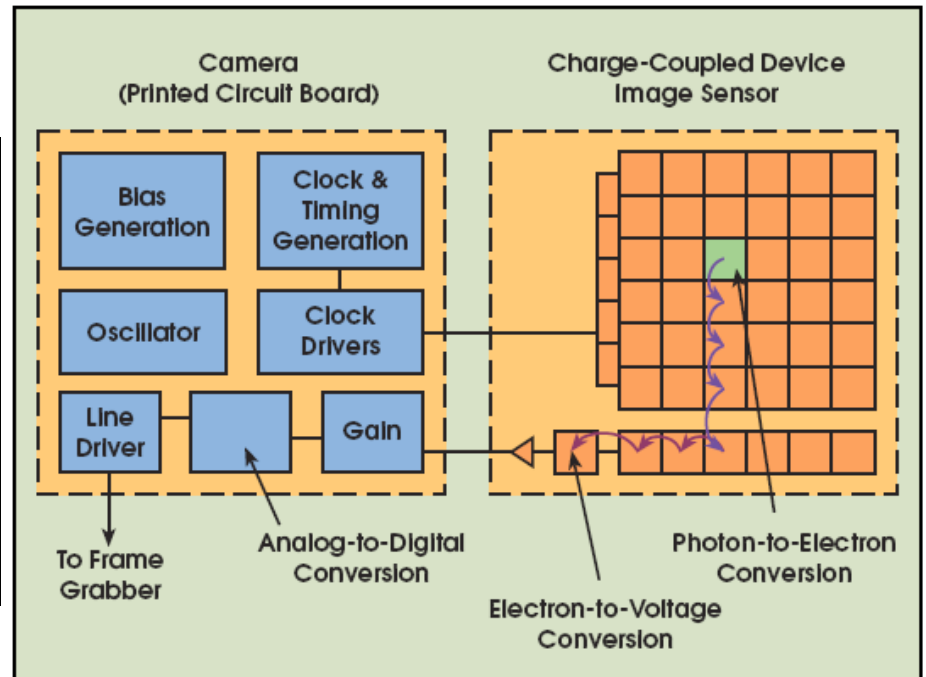
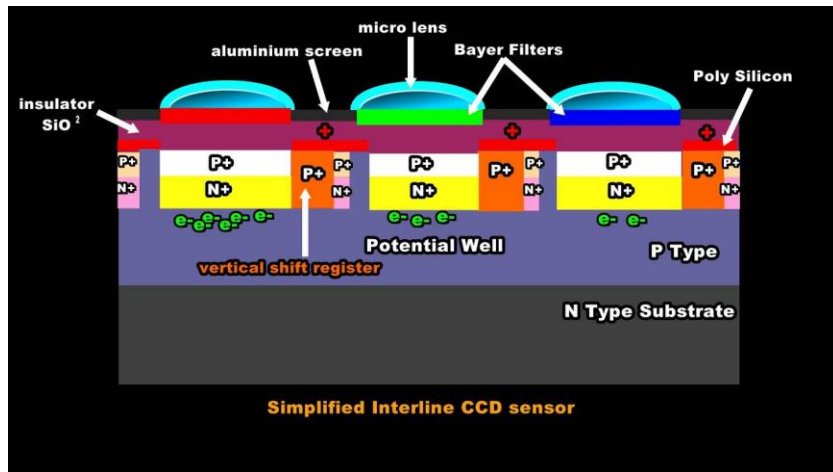
**CCD vs CMOS**



**Non-overlap Layout**



**Overlap Layout**



CCD Sensor

- CCD (Charge Coupled Device)

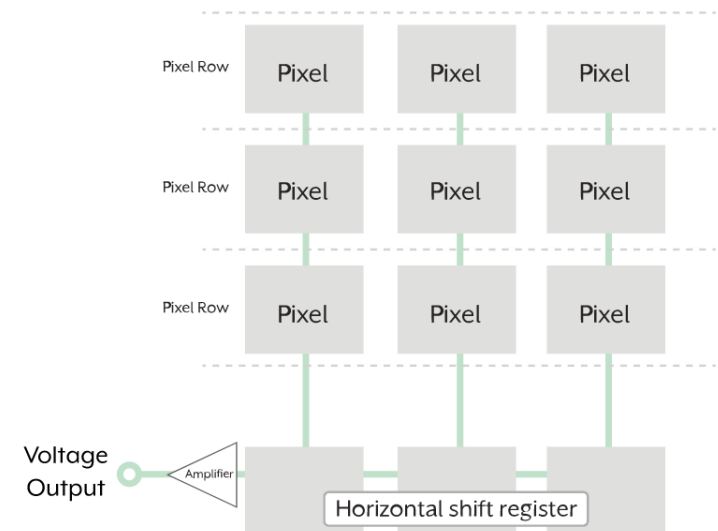
- Sensor ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็น Sensor แต่ละพิกเซล จะทำหน้าที่**รับแสง**และ**เปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก** ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลอีกที

- **ความเร็ว**ในการตอบสนองค่อนข้าง**ช้า** / High Power Consumption

- คุณภาพของภาพที่ได้: ในขนาดที่เท่ากัน **ส่วนรับแสงของ CCD จะมีขนาดใหญ่กว่า** เนื่องจากไม่ต้องเสียพื้นที่ไปให้วงจรอื่นๆเหมือน CMOS

- สามารถควบคุมสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า

## CCD Sensor





- CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

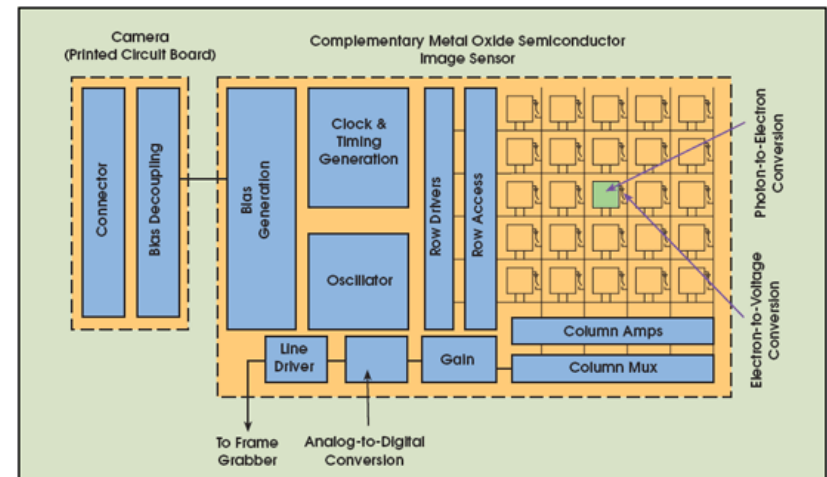
- แต่ละพิกเซลจะมีวงจรย่อยๆเปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามาเป็นสัญญาณดิจิทัลในทันที ไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือน CCD

- การใช้พลังงาน

- ข้อนี้ CMOS เหนือกว่าเนื่องจากสามารถรวมวงจรต่างๆไว้ในตัวได้เลย ต่างจาก CCD ที่ต้องมีวงจรแปลงค่าเพิ่มขึ้นมา

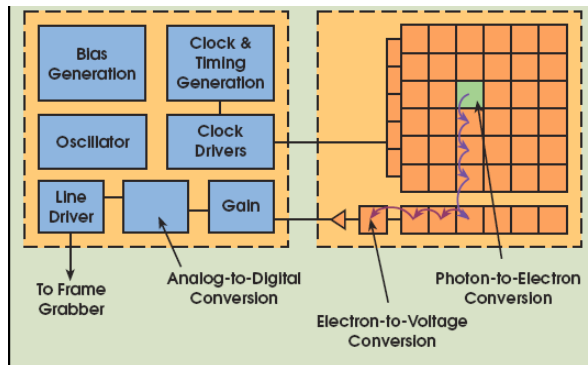
- Low Power Consumption

CMOS Sensor

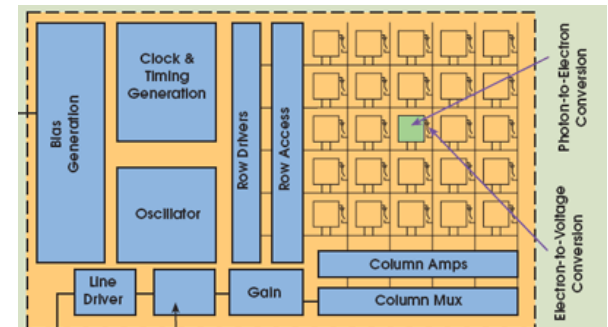


# Future of Camera Sensor

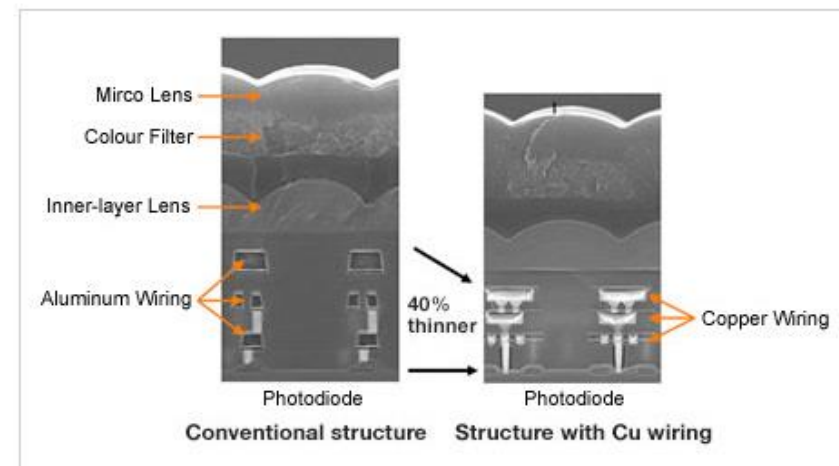
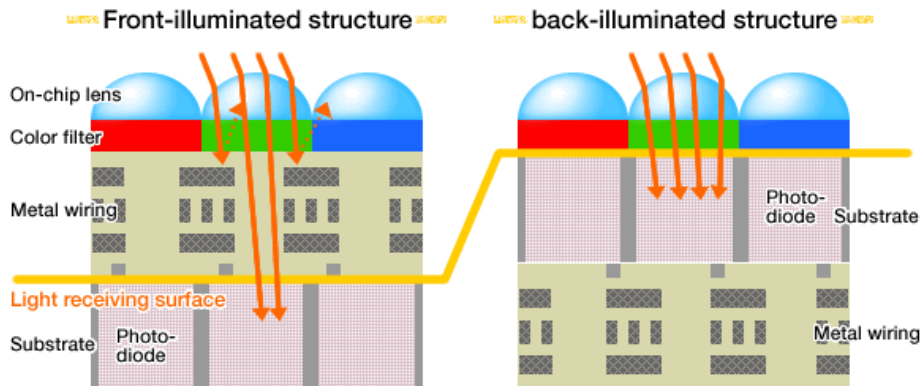
CCD



CMOS



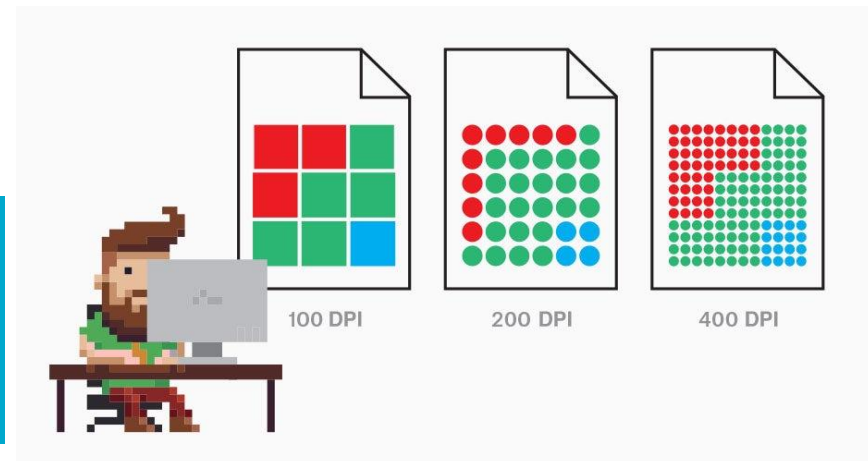
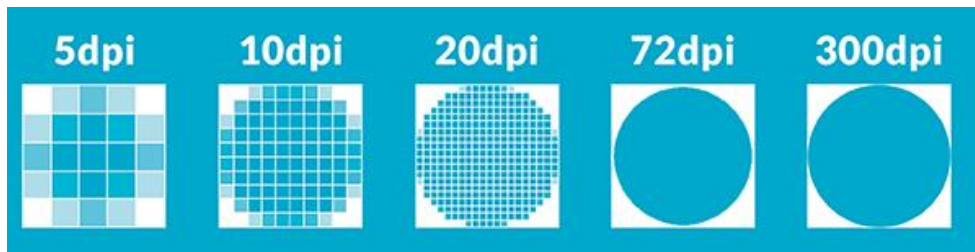
- Back-side illuminated CMOS
  - BSI-CMOS or BI-CMOS



Cross-section photo of a pixel

# DIP: Dot-per-Inch

- Real world mapping (Scanning and Printing)
  - Ex. 100DPI -> 100 dots / inch -> 1 dot / 0.01 inch
- Image Resolution
  - Ex. Image capture area 4 x 6 inch with 100DPI scan
  - What is the size of scanning resolution?
  - What should be the min DPI?



# LO: Learning Objective

- Energy source for image generation
- Image capturing structure between Tx and Rx
  - Reflecting object
  - Passing through object
- Image Capturing device (Sensors)
  - CCD / CMOS / BSI-CMOS
- Image Keywords
  - Spectral (frequency), Temporal (scanning: dot-per-inch),
  - Spatial Resolution (pixels), Bit depth (bits/pixel),
  - Geometric Resolution (  $m^2$  per pixels)