

# CCD vs. CMOS

Fine di un'era?

Remanzacco – Venerdì 15 Dicembre 2017  
Copyright Mauro Narduzzi – Skypoint Srl



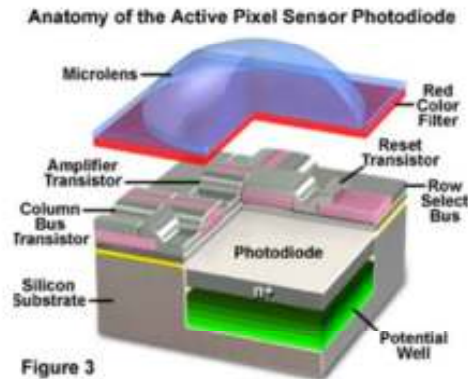
Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale -  
Non opere derivate 4.0 Internazionale.

SKYPOINT®

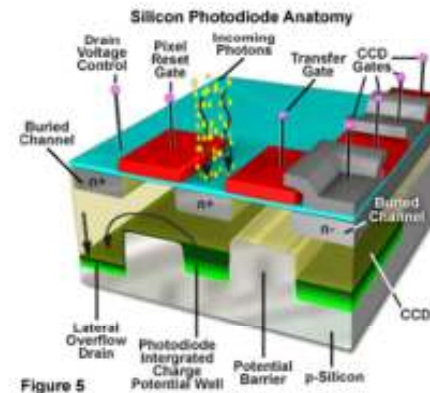
# Il principio di base – Effetto fotoelettrico

## Physics of Sensors

- Photoelectric Effect
  - Materials generate electrons upon being hit by a photon.
- Quantum Efficiency
  - Not all photons will produce an electron.

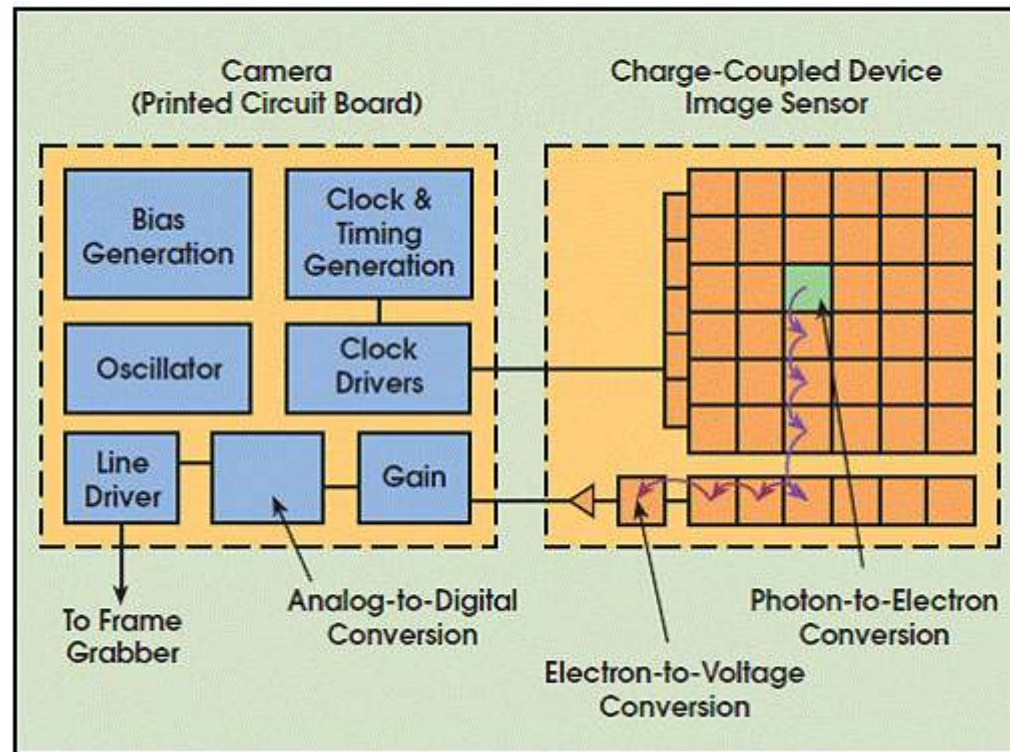


Complimentary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS)

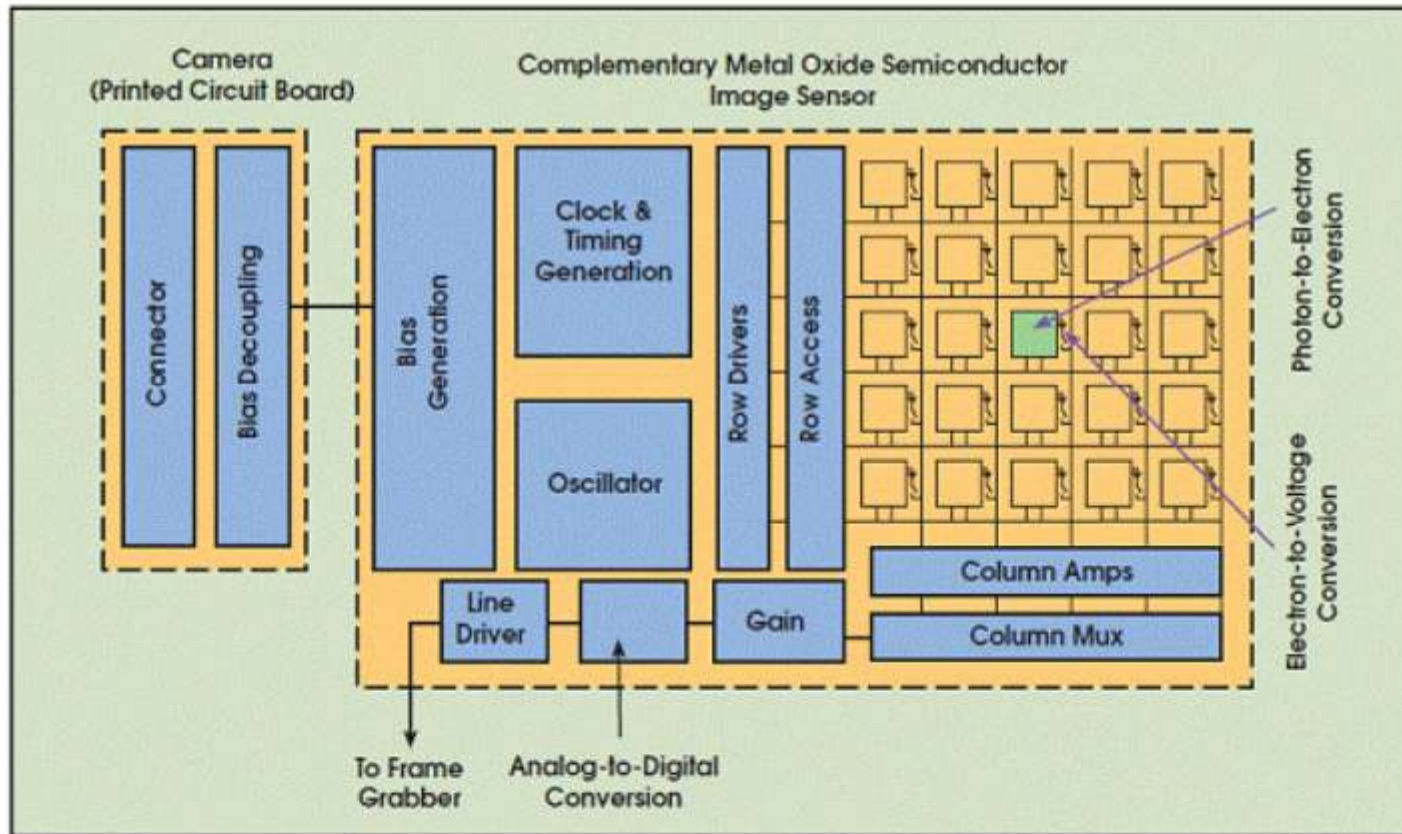


Charge-Coupled Device (CCD)

# La tecnologia CCD



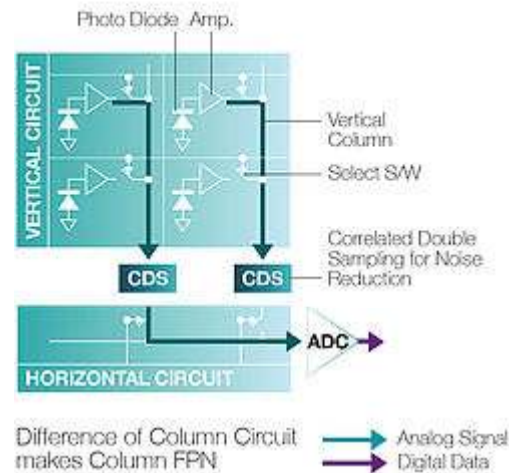
# La tecnologia CMOS (o APS)



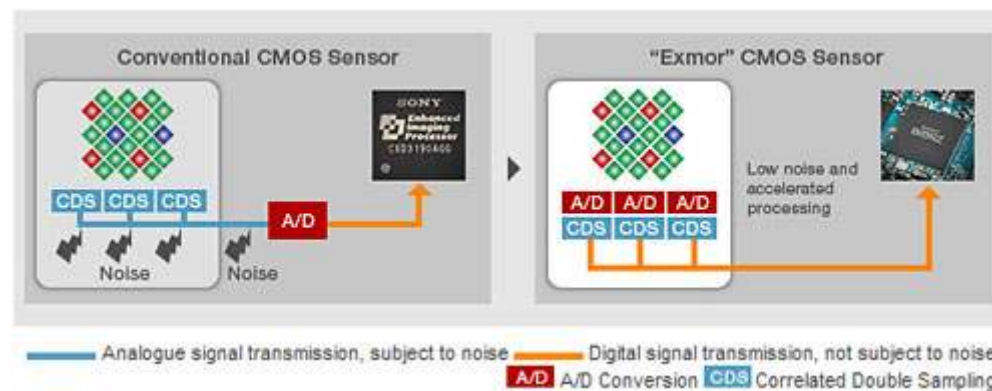
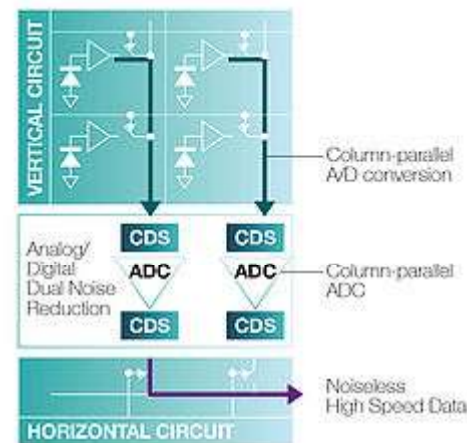
# La tecnologia CMOS Sony EXMOR

**HIGH S/N AND HIGH SPEED READ OUT**  
based on Original Column ADC Technology

Circuit of the conventional CMOS sensor



Circuit of the Exmor CMOS sensor  
Column-parallel ADC circuit



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale.





# Front-Side Illuminated (FSI) vs. Back-Side Illuminated (BSI)

**Conventional sensor**

Light

Wire circuit

Light receptor

**Front illuminated technology**

- Conventional sensors use a 'front illuminated' design
- Wire circuits partly block the path of light as it travels to receptive areas of the sensor, reducing the total amount of light to reach the receptor.
- In low light, signals from the sensor have to be boosted electronically to compensate the loss of light, creating 'noise' that's seen as grainy, fuzzy images

**Exmor R CMOS Sensor**

Light

Light receptor

Wire circuit

**Back illuminated technology**

- Exmor R™ CMOS Sensor uses a groundbreaking 'back illuminated' design, which replaced the position of the layers so the light receptor is not blocked by the wire circuit.
- Light falls directly onto receptive areas of the sensor, with no wires blocking its path
- More light means less need for boosting the signals electronically, resulting in much less noise to be created.
- Video and still picture quality is significantly improved with less noise, especially in low light

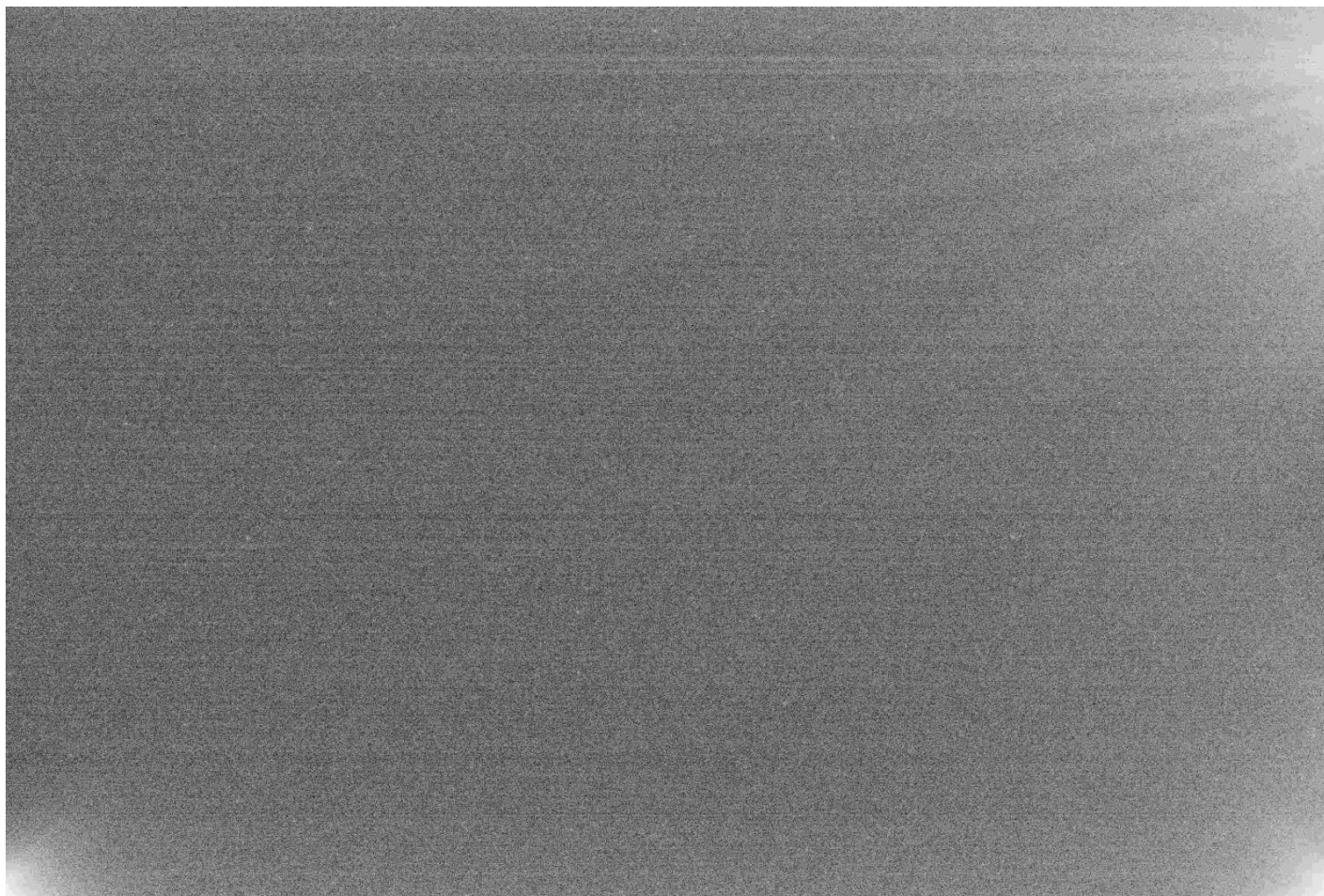


# Alcune proprietà dei sensori CMOS attuali

1. Basso rumore di lettura (Readout Noise)
2. Bassa corrente di buio (Dark current), ormai al livello dei migliori sensori CCD
3. Elevata dinamica
4. Disuniformità del segnale (in miglioramento): PRNU (pixel response non uniformity), elettroluminescenza (*amp glow*) e banding
5. Rumore non gaussiano (telegraph noise)
6. Gain variabile (e bias)
7. Bassa risoluzione convertitore A/D
8. Sempre più elevata efficienza quantica
9. Miglioramenti nella sensibilità in R e IR
10. Dimensione del pixel
11. No binning hardware



# Esempio: *amp glow* e *telegraph noise*



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale.

SKYPOINT®

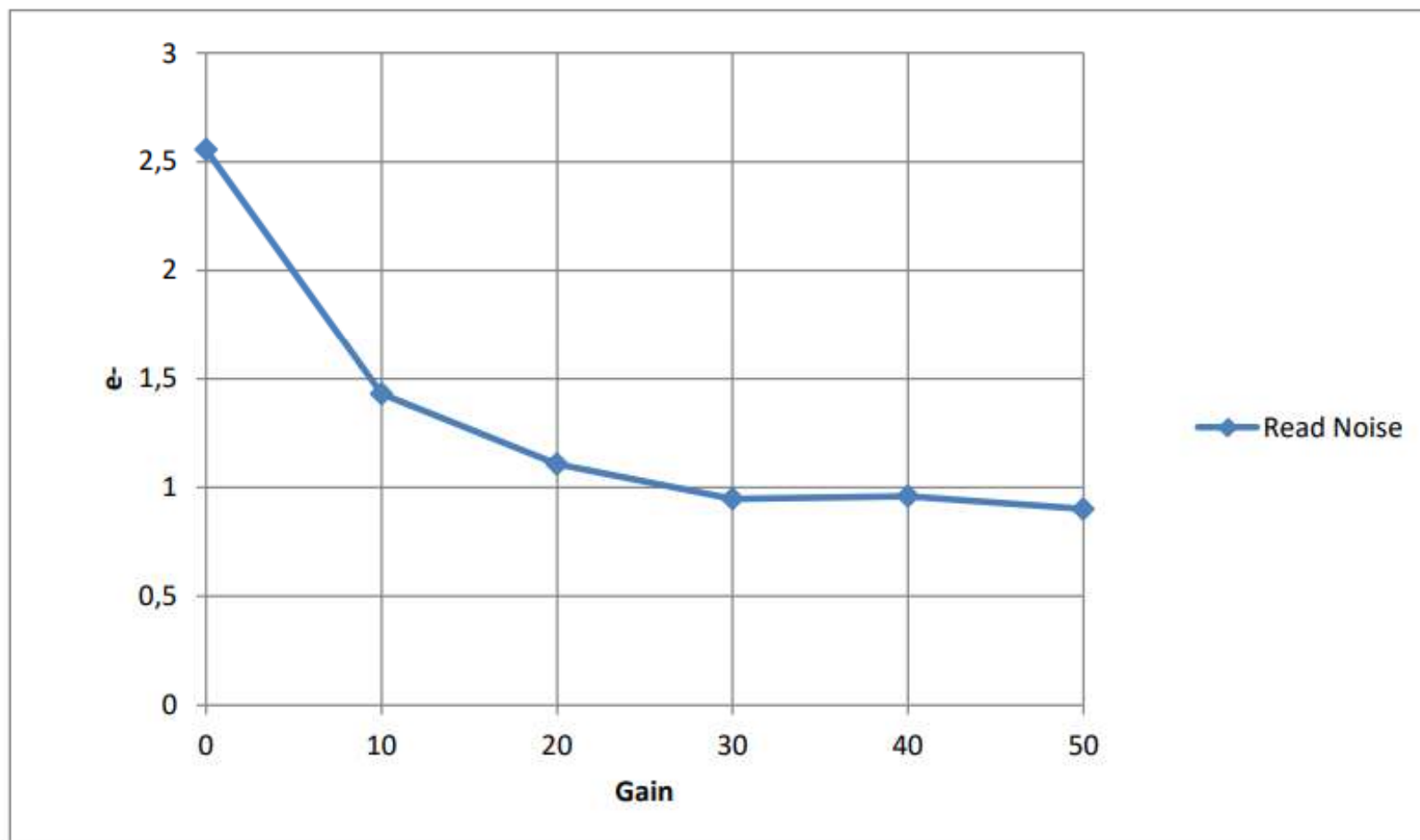


# Un esempio reale: camera QHY163M – Sensore CMOS Panasonic MN34230PL

| GAIN                               | ADU (1s exp) | Gain (dB) | Gain (e-/ADU) | Readout noise (e-) | Sat. Level (e-) | DR (dB) | DR(EV stops) |
|------------------------------------|--------------|-----------|---------------|--------------------|-----------------|---------|--------------|
| 0                                  | 380          | 0,0       | 4,16000       | 2,431              | 18000           | 77,39   | 12,9         |
| 10                                 | 1216         | 10,1      | 1,30000       | 1,431              | 5625            | 71,89   | 11,9         |
| 20                                 | 3878         | 20,2      | 0,40768       | 1,105              | 1764            | 64,06   | 10,6         |
| 30                                 | 13215        | 30,8      | 0,11968       | 1,061              | 518             | 53,77   | 8,9          |
| 40                                 | 38687        | 40,2      | 0,04080       | 1,039              | 177             | 44,62   | 7,4          |
| 50                                 | 137200*      | 51,2      | 0,01152       | 1,035              | 50              | 33,65   | 5,6          |
| <b>Typical KAF-8300 ccd camera</b> |              |           |               | 10                 | 25500           | 68,13   | 11,3         |



# Andamento del rumore di lettura (QHY163M - Panasonic MN34230PL)



# Interpretazione del sensore CMOS

- I sensori CMOS di ultima generazione sono molto efficienti
- Più si alza il guadagno e più conveniente sarà produrre tantissime pose molto corte
- Grazie all'impiego di pose molto corte l'eventuale presenza di subframe rovinati (ad esempio mossi) risulterà meno penalizzante
- A gain elevati potremo anche fare a meno dell'autoguida
- L'uso di pose molto corte consente di impiegare tecniche di *lucky imaging*
- Usando pose molto corte si avrà invece una maggiore puntiformità stellare e più dettagli fini
- La somma di tantissime immagini di durata molto breve consente di ovviare al problema della riduzione della dinamica quando vengono impostati gain elevati.



## Alcuni esempi: *lucky imaging* in deepsky

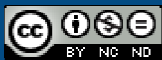


Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale.

SKYPOINT®



# Alcuni esempi: altro esempio di *lucky imaging* in deepsky (gain alto)



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale.

SKYPOINT®

Un singolo frame dell'immagine precedente...  
dove è tutto il segnale che si vede  
nell'immagine precedente???



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale -  
Non opere derivate 4.0 Internazionale.

SKYPOINT®

# M31 con esposizioni lunghe, come un convenzionale CCD (gain basso)



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale -  
Non opere derivate 4.0 Internazionale.

SKYPOINT®

# sCMOS – Sensori CMOS scientifici

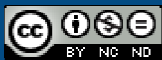
- Cominciano ad affacciarsi anche i primi sensori dedicati al mondo della ricerca scientifica e dotati di caratteristiche superiori e più vicine ad alcune caratteristiche dei sensori CCD (pixel grandi, dinamica enorme, ...)
- Andor, FLI, QHY, ...
- Produttore: Gpixel con la serie di sensori sCMOS Gsense ad alte prestazioni.





Per oggi è tutto...

Grazie per l'attenzione!



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale -  
Non opere derivate 4.0 Internazionale.

SKYPOINT®