

IL CCD

Abbiamo visto che l'occhio è capace di accumulare i segnali luminosi solo per un decimo di secondo. Per osservare sorgenti luminose deboli, come le stelle, è utile l'uso di particolari sensori, come speciali pellicole fotografiche o CCD.

Questi sensori non vengono utilizzati solamente nei telescopi, ma anche nelle macchine fotografiche e nelle telecamere.

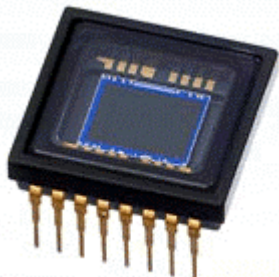
In una macchina fotografica tradizionale, per esempio, le immagini inquadrare vengono messe a fuoco e "imprese" dalla luce sulla **pellicola fotografica**, la quale è una fascia di materiale plastico cosparsa di una particolare sostanza. Sono i singoli granuli di questa sostanza che reagiscono chimicamente quando vengono colpiti dalla luce. La grandezza di ogni singolo granulo è dell'ordine del millesimo di millimetro, sono quindi del tutto invisibili ad occhio nudo. Quando portiamo il rullino terminato dal fotografo, il suo lavoro consisterà nell'immergere la pellicola in uno speciale liquido in modo che le immagini che abbiamo "scattato" si fissino definitivamente nel "negativo", chiamato così perché i colori dell'immagine sono invertiti rispetto a quelli dell'immagine reale. Quest'operazione è comunemente chiamata "sviluppo" della pellicola.

Probabilmente molti di voi avranno già visto alcune moderne macchine fotografiche digitali, queste si riconoscono dal fatto che hanno incorporato un mini-schermo nel quale è possibile rivedere una breve ripresa fatta tramite la medesima macchina. Ormai anche tutte le telecamere in commercio hanno questo accessorio (vedi foto). Questi apparecchi ovviamente non potranno contenere come sensore una pellicola fotografica, perché, come abbiamo visto, prima di rendere visibili le immagini è necessario spendere molto tempo per l'operazione di sviluppo. Questi moderni apparecchi sfruttano come sensore un **CCD**.

La camera CCD appare come una scatoletta con una piccola finestra trasparente, dentro la quale è posizionato il chip CCD. Questo



Una telecamera che adotta come sensore il CCD



Una camera CCD

consiste in un mosaico di celle composte di un materiale particolarmente sensibile alla luce: il silicio. Queste celle sono anche chiamate fotodiodi o "**pixel**" (dall'inglese "picture element" ossia "elemento dell'immagine"), hanno una forma quadrata e dimensioni di qualche millesimo di millimetro (ciascuno). I pixel sono perfettamente allineati in linee e colonne.

Un CCD adatto ai telescopi è di forma quadrata e contiene circa 4.000 pixel per lato, per un totale di 8.000.000 pixel, il tutto contenuto in una piccola scatola che possiamo tenere tra due dita! Ciascun pixel del CCD converte la luce che incide su di

esso in particelle chiamate elettroni (grazie alla sensibilità che hanno gli atomi di silicio verso la luce), che saranno tante di più quanto maggiore è questo segnale luminoso. Il CCD contiene dei dispositivi che contano questi elettroni, pixel per pixel. Possiamo concludere che il CCD, basandosi su questi conteggi, "ha capito" quali sono i pixel maggiormente impressionati dalla luce (quelli sui quali sono stati contati più elettroni) e quali invece sono stati meno colpiti, fino ai casi estremi in cui il conteggio è stato nullo (in quei pixel che non hanno ricevuto luce durante tutto il tempo di posa). Questi risultati dovranno essere riprodotti in un monitor, affinché pure noi possiamo capire com'è l'immagine.

Il CCD associa il numero 0 ai pixel nei quali non si è contato nessun elettrone e un numero tanto maggiore, quanto più grande è il numero di elettroni conteggiati in tutti gli altri pixel. Il monitor avrà quindi un'informazione distribuita su una griglia di circa 8.000.000 di elementi in ognuno dei quali il CCD ha associato un numero che va da 0 ad un certo numero limite, corrispondente al massimo segnale luminoso che può essere assorbito da un pixel. Il monitor assocerà il colore nero a tutti gli elementi corrispondenti al numero 0 e agli altri un colore grigio che sarà tanto più chiaro quanto più grande è il numero associato al conteggio del relativo pixel. Verrà riprodotta, nell'insieme, l'immagine osservata, in bianco e nero. Vedremo tra poco che particolari accorgimenti nell'uso del CCD permetteranno di ricostruire l'immagine con i colori.

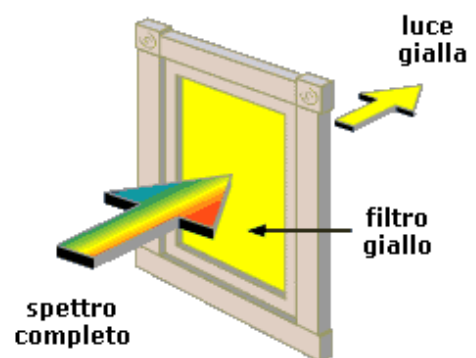
Praticamente ogni pixel corrisponde ad un granulo della pellicola fotografica, solo che i granuli sono "spalmati" in maniera non uniforme nella pellicola, mentre i pixel sono perfettamente allineati in righe e colonne, dandoci così un'informazione più corretta dell'immagine osservata. Non solo, l'uso del CCD ci permette di rivedere le immagini riprese quasi istantaneamente (come nelle macchine fotografiche digitali o nelle telecamere), mentre per una pellicola fotografica occorre aspettare tutto il tempo necessario per le operazioni di sviluppo.

I CCD vennero introdotti in campo astronomico a partire dagli anni '80 e regalarono una qualità delle immagini e una comodità nel lavoro che permisero all'Astronomia di fare grandi passi in avanti.

Un tempo di posa adatto allo studio delle sorgenti stellari è di qualche minuto, a seconda di quanto luminosa è la sorgente. Ovviamente per sorgenti più luminose è sufficiente un intervallo di posa corto, mentre per le sorgenti particolarmente deboli si può arrivare anche a un'ora di posa.

Vediamo ora come possono essere riprodotti i colori delle immagini se nel nostro apparecchio adottiamo il CCD come sensore.

Come avevamo già visto negli esperimenti fatti con lo spettroscopio, ci sono molte sorgenti luminose che emettono una luce apparentemente bianca, ma che in realtà è il risultato della somma di tutti i colori, dal blu al rosso. Se questa luce attraversa uno speciale filtro di un particolare colore (giallo, nel caso del disegno) verranno bloccate tutte le componenti colorate ad eccezione di quella del colore relativo al filtro stesso. Possiamo infatti facilmente sperimentare la diversa apparenza che prende un oggetto se interponiamo tra noi e questo un vetro colorato (che funge approssimativamente da filtro); quello che vediamo sono solo le componenti luminose appartenenti al colore specifico del filtro, tutte le altre sono bloccate dal vetro. Per lo stesso motivo, se in un apparecchio viene posto un filtro giallo davanti al CCD, quello che verrà conteggiato e tradotto in segnale video è la sola componente di luce gialla dell'oggetto.



Quegli strumenti che usano un sensore CCD e che ci permettono di vedere l'immagine a colori usano un sistema a tre filtri, di colore blu, verde e rosso (mescolando opportunamente questi tre colori, possiamo ottenere anche tutti gli altri dello spettro). Dalla sovrapposizione delle tre immagini viste con i tre differenti filtri si ottiene l'immagine a colori.

In Astronomia spesso i telescopi usano un sistema di filtri e CCD che permettono di vedere l'immagine a colori, allo scopo di rendere più evidenti i dettagli dell'oggetto osservato e per riprodurre un'immagine il più vicino possibile a quella che percepiremmo con il nostro occhio, se questo potesse accumulare segnale luminoso come un telescopio.