

# Efficienza Quantica

Nell'articolo "[Il fotoelemento: fotodiode e photogate](#)" abbiamo visto come un fotone di lunghezza d'onda compresa tra 350 e 1100 nm ha una certa probabilità di venir "convertito" in elettroni liberi. Ovviamente quanto detto è un concetto generale che in questo post andremo ad approfondire più dettagliatamente. In primo luogo ricordiamo che il limite a bassa lunghezza d'onda è fissato dalla riflessione dei fotoni incidenti sul Silicio che compone il fotoelemento mentre quello ad alta lunghezza d'onda è fissato dall'energy gap del materiale. A lunghezze d'onda inferiori e superiori il Silicio diviene praticamente trasparente (riflettente) alla radiazione luminosa.

Nell'articolo "[E' questione di elettroni](#)" abbiamo detto che se un fotone si trova nel range di lunghezze d'onda appropriato, questo verrà assorbito dal fotoelemento. Questo è vero se lo spessore del Silicio fosse infinito. Infatti un fotone di lunghezza d'onda  $\lambda$  ha una determinata probabilità  $P$  di essere assorbito da uno spessore  $d$  di Silicio. Per un fotoelemento, tale probabilità è generalmente inferiore al 100% e aumenta all'aumentare di  $d$ . Questo spiega perché i sensori retroilluminati (più spessi) sono anche quelli più sensibili alla radiazione luminosa.

Ora,  $P(\lambda)$  rappresenta veramente la probabilità che un fotone di lunghezza d'onda  $\lambda$  venga registrato dal nostro sensore, sia esso di tipo CCD o CMOS? Ovviamente no. Infatti  $P(\lambda)$  non tiene in considerazione la geometria del fotoelemento, la capacità di raccogliere la carica depositata e molti altri fattori. La grandezza fisica che raccoglie tutte queste informazioni è detta *efficienza quantica* QE. Ovviamente QE è funzione di  $\lambda$  e riflette complessivamente l'andamento di  $P(\lambda)$ .

L'efficienza quantica, per definizione, è riferita ad un singolo fotoelemento e quindi è un concetto generalizzabile ad un sensore a patto di considerare la risposta di ciascun pixel alla luce identica. Inoltre la risposta del Silicio alla luce dipende dalla temperatura dello stesso ed in particolare si ha una riduzione di QE al diminuire della temperatura di funzionamento. Quindi non è sempre detto che un Silicio

funziona tanto meglio quanto raffreddato (si veda l'articolo "Il dark frame").

Al fine di migliorare l'assorbimento della luce, solitamente viene posto uno strato antiriflesso di fronte al fotoelemento.

Nel caso delle DSLR è necessario prendere in considerazione anche la presenza dei filtri interposti nel cammino ottico. In particolare il filtro IR-cut posto di fronte al sensore e la matrice di filtri colorati RGB. Ecco quindi che rivenditori, come ad esempio Nikon o Canon, forniscono per ogni fotocamera digitale tre curve di efficienza quantica, una per ciascun filtro colorato.

In figura 1 riportiamo l'efficienza quantica dell'occhio umano, di un sensore CCD (Atik 314L+ monocromatica), di un sensore CMOS (Magzero MZ-5m) e di una reflex digitale (sensore CMOS Canon EOS 40D) con e senza modifica Baader.

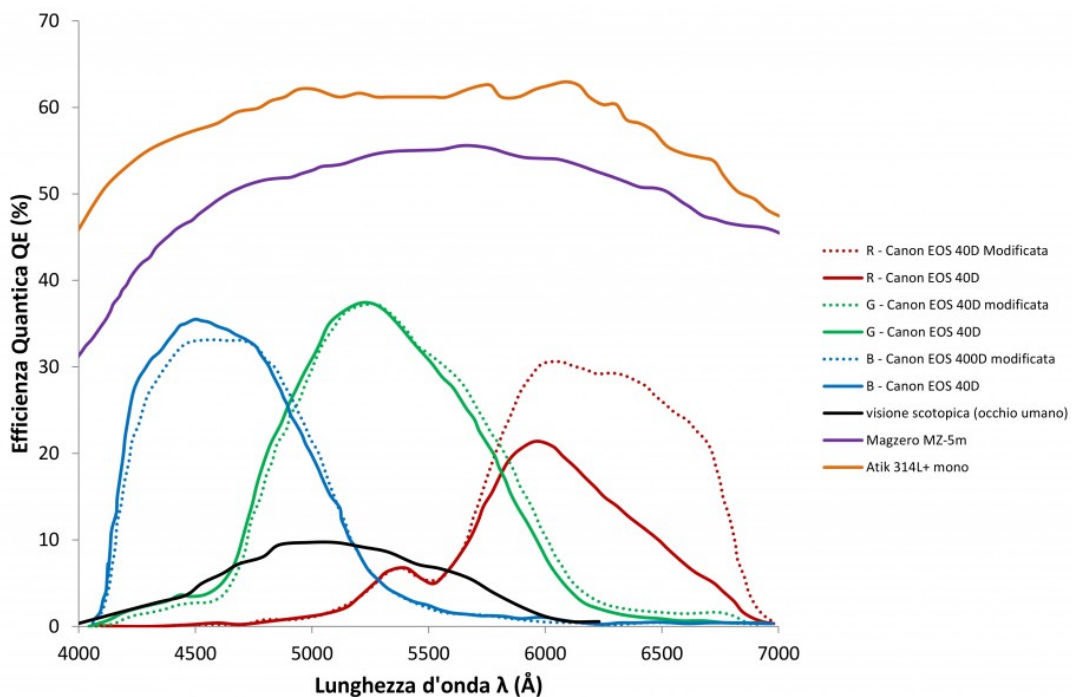


Figura 1: confronto tra efficienze quantiche di diversi strumenti per la visione/ripresa notturna.