

## Sonde a ultrasuoni

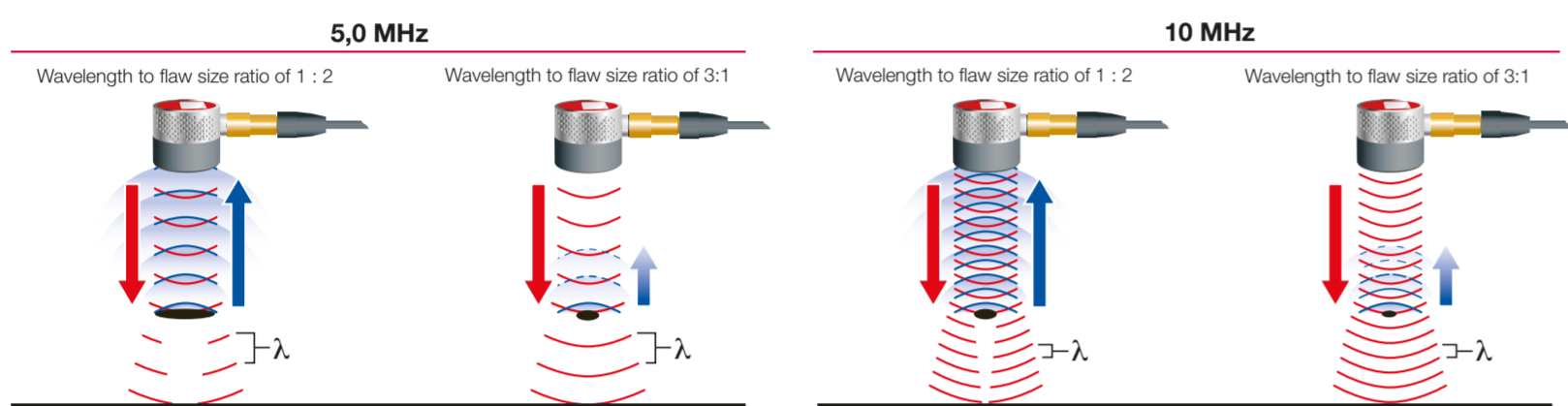
### Modalità di selezione di una frequenza

All'aumentare della frequenza la lunghezza d'onda diminuisce, permettendo il rilevamento di difetti di ridotte dimensioni e incrementando la precisione di rilevamento e di misura degli spessori. Al diminuire della frequenza la lunghezza d'onda aumenta, permettendo una maggiore penetrazione in materiali attenuanti e/o a elevato spessore. Inoltre la scelta della frequenza è influenzata da altri fattori come la lunghezza del campo vicino, la diffusione dei fasci e il diametro dei fasci.

Le comuni tecniche a contatto impulso-eco come i controlli a contatto di acciai a grana fine in genere usano delle frequenze comprese tra 2,25 MHz e 5,0 MHz. Per i controlli delle componenti in acciaio con medio contenuto di carbonio viene utilizzata una frequenza compresa tra 1,0 MHz e 5,0 MHz. Per i controlli delle componenti in acciaio alto legato e con alto contenuto di carbonio viene utilizzata una frequenza compresa tra 0,5 MHz e 1,0 MHz. Le componenti sottili in plastica e ceramica utilizzano frequenze di 20 MHz e superiori. Come regola generale la lunghezza d'onda dovrebbe essere uguale o inferiore al difetto di dimensione minima che deve essere rilevato.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Dove:  $\lambda$  = Lunghezza d'onda  
 $c$  = Velocità di propagazione dell'onda ultrasonora nel materiale  
 $f$  = Frequenza



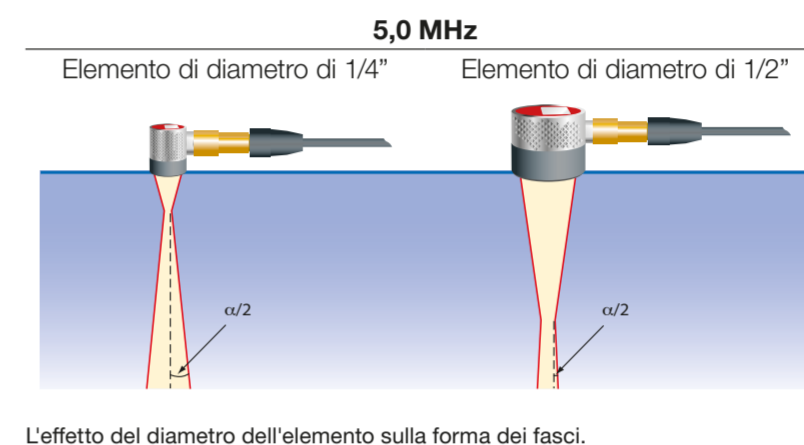
All'aumentare della frequenza, la lunghezza d'onda diminuisce, migliorando la sensibilità per difetti di ridotte dimensioni.

### Importanza del diametro dell'elemento

L'area di copertura è un fattore importante da considerare quando si sceglie il diametro dell'elemento della sonda. Inoltre è necessario considerare la diffusione del fascio o l'angolo per il quale il fascio sonoro diverge dopo il campo vicino. È correlato al diametro dell'elemento, alla velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale e alla frequenza, in base alla seguente formula:

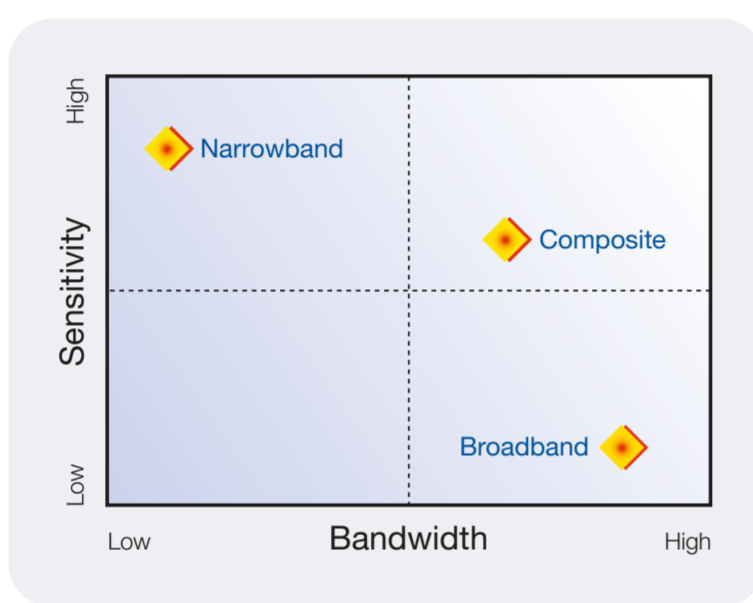
$$\sin(\alpha/2) = \frac{0,514c}{fD}$$

Dove:  $\alpha$  = Angolo del fascio diffuso  
 $c$  = Velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale  
 $f$  = Frequenza  
 $D$  = Diametro dell'elemento

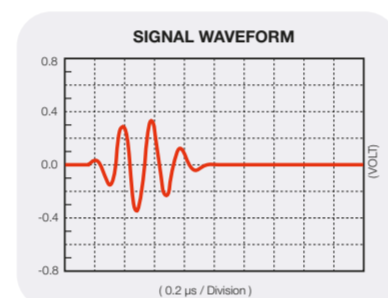


### Importanza della larghezza di banda

La larghezza di banda di una sonda definisce la sua uscita di frequenza, la quale, a sua volta, ne influenza la performance. La larghezza di banda è in genere definita come l'intervallo tra la frequenza minima e massima che si verifica nello spettro a un'ampiezza di -6 dB dalla frequenza centrale. Una larghezza di banda stretta spesso migliora la sensibilità mentre la larghezza di banda ampia migliora la precisione (risoluzione) in prossimità della superficie.

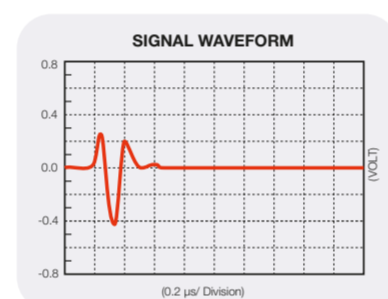


Un confronto delle performance delle sonde.



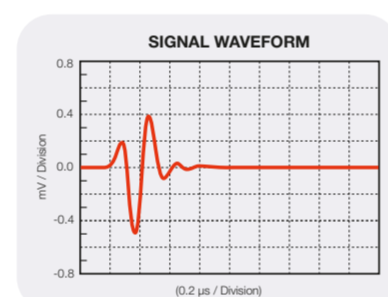
#### Sonde a banda stretta

Una sonda a banda stretta possiede uno spettro di frequenze più stretto e un tempo di riverbero più lungo a causa della struttura leggermente smorzante della sonda che rende più sensibile alle riflessioni provenienti dalle indicazioni di dimensioni minori. Queste sonde vengono usate per applicazioni come quelle relative al rilevamento e alla misura di difetti.



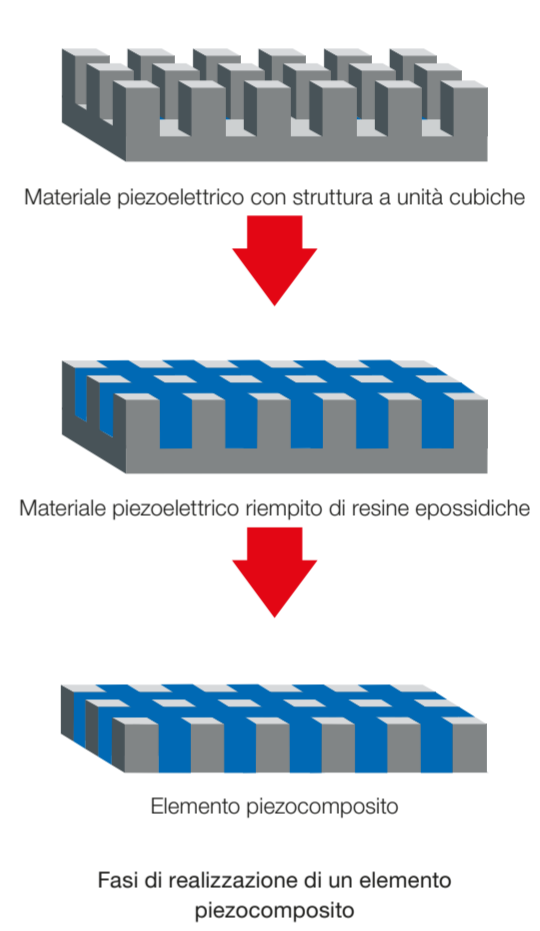
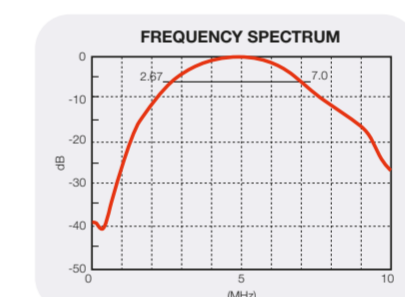
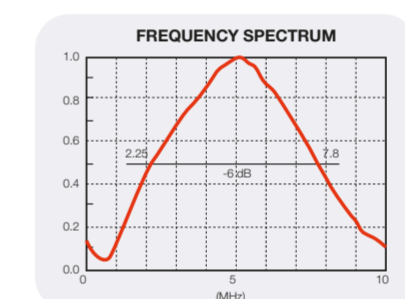
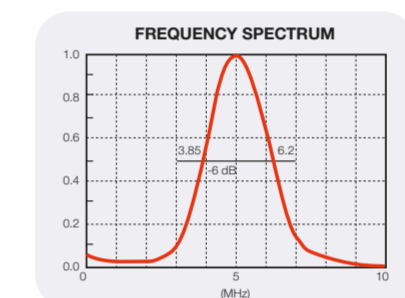
#### Sonde a banda larga

Una sonda a banda larga possiede uno spettro di frequenze più ampio e un tempo di riverbero più breve a causa della struttura fortemente smorzante che migliora la precisione (risoluzione) assiale e in prossimità della superficie. Queste sonde sono in genere usate per applicazioni come quelle relative alla misura di spessori, alla misura della velocità di propagazione dell'onda sonora e alle tecniche di diffrazione del tempo di volo.



#### Sonde di compositi

Un elemento della sonda di compositi è costituito da un elemento standard con struttura a unità cubiche e riempito di resina epossidica, modificando le proprie proprietà meccaniche e elettriche. In questo modo si ottiene una sonda che integra la combinazione di una larghezza di banda ampia e un'alta sensibilità. Gli elementi di compositi possiedono una bassa impedenza acustica che si traduce in una trasmissione di energia più efficiente verso altri materiali a bassa impedenza. Sono particolarmente adatti per il rilevamento di difetti nei materiali attenuanti che richiedono delle performance ottimali relativamente alla precisione in prossimità della superficie, a un'alta sensibilità e a un elevato rapporto segnale-rumore.

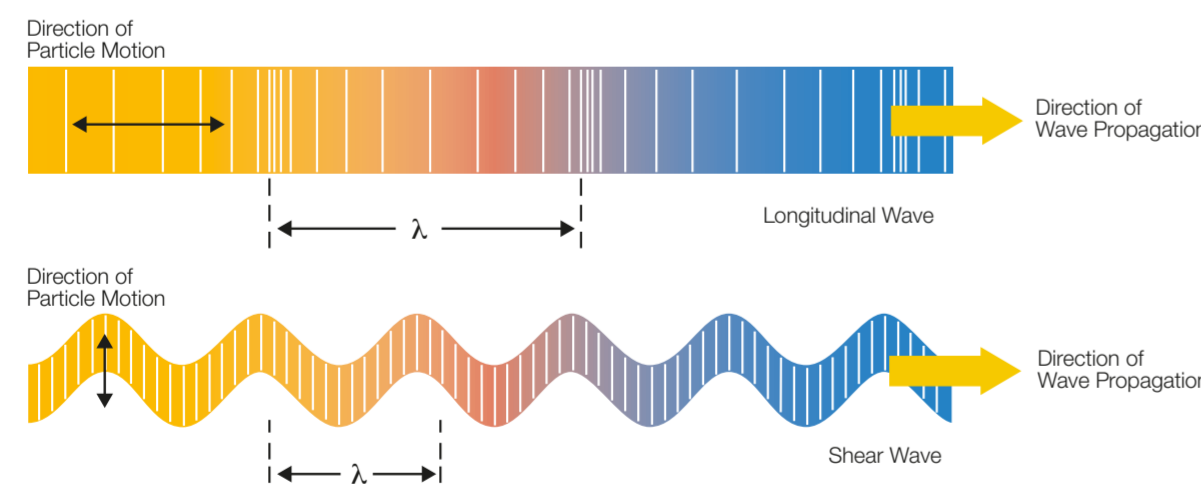


### Importanza della modalità d'onda

Una modalità d'onda viene definita come lo spostamento delle molecole in una componente. Le due più comuni modalità d'onda utilizzate nei controlli non distruttivi a ultrasuoni sono le onde longitudinali e le onde trasversali. Queste due modalità hanno diverse velocità di propagazione dell'onda sonora in un materiale. La lunghezza d'onda della modalità d'onda trasversale è in genere approssimativamente la metà della lunghezza d'onda della modalità longitudinale a una specifica frequenza.

**Longitudinale** - In questa modalità le particelle si spostano nella stessa direzione delle onde trasmesse. Le onde longitudinali vengono usate per la maggior parte delle applicazioni concernenti la misura di spessori, il rilevamento di difetti a fasci dritti e il rilevamento di difetti a fasci angolari nei materiali a grani grossi come l'acciaio inossidabile, dove le lunghezze d'onda minori non sono in grado di penetrare.

**Trasversale** - In questa modalità le particelle si spostano perpendicolarmente alla direzione delle onde trasmesse. Visto che la lunghezza d'onda delle onde trasversali è in genere approssimativamente la metà dell'onda longitudinale, i difetti di minore dimensioni possono essere posizionati a una specifica frequenza. Le onde trasversali sono usate per migliorare il rilevamento di riflettori di ridotte dimensioni nel rilevamento di difetti a fasci angolari e per determinare le componenti della velocità dell'onda trasversale per la caratterizzazione di un materiale.



Confronto del movimento delle particelle in modalità onda trasversale e longitudinale.

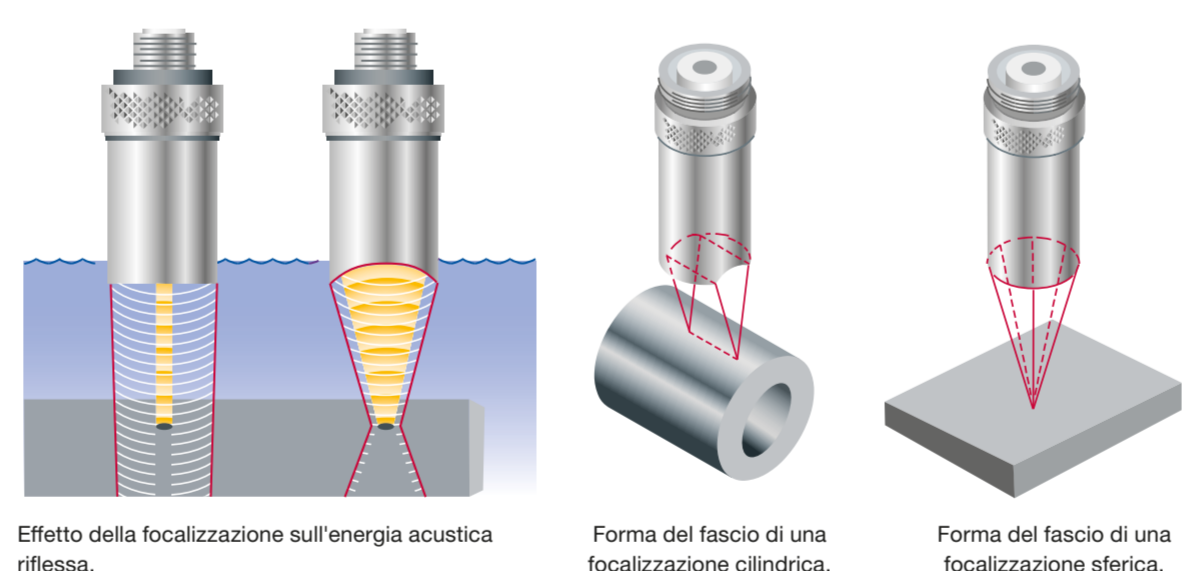
### Funzionamento della focalizzazione

Nel caso di una sonda a superficie piana il limite del campo vicino della sonda è considerato il punto di focalizzazione naturale del fascio. Rappresenta il punto dove si trova la maggiore quantità di energia sonora per unità di superficie, inoltre produrrà la massima eco da un target o riflettore. Le sonde a immersione possono essere focalizzate mediante una lente per aumentare la concentrazione di energia sonora nel punto focale. Se l'energia sonora viene focalizzata su un diametro del fascio inferiore, una maggiore quantità di energia in uscita della sonda sarà riflessa da un'indicazione di ridotte dimensioni. Le sonde possono essere focalizzate sfericamente e cilindricamente.

Il diametro dei fasci è correlato alla lunghezza focale, alla velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale, alla frequenza e al diametro dell'elemento, in base alla seguente formula:

$$BD (-6 \text{ dB}) = \frac{1,02 Fc}{fD}$$

Dove:  $BD$  = Diametro del fascio  
 $F$  = Lunghezza focale  
 $c$  = Velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale  
 $f$  = Frequenza  
 $D$  = Diametro dell'elemento

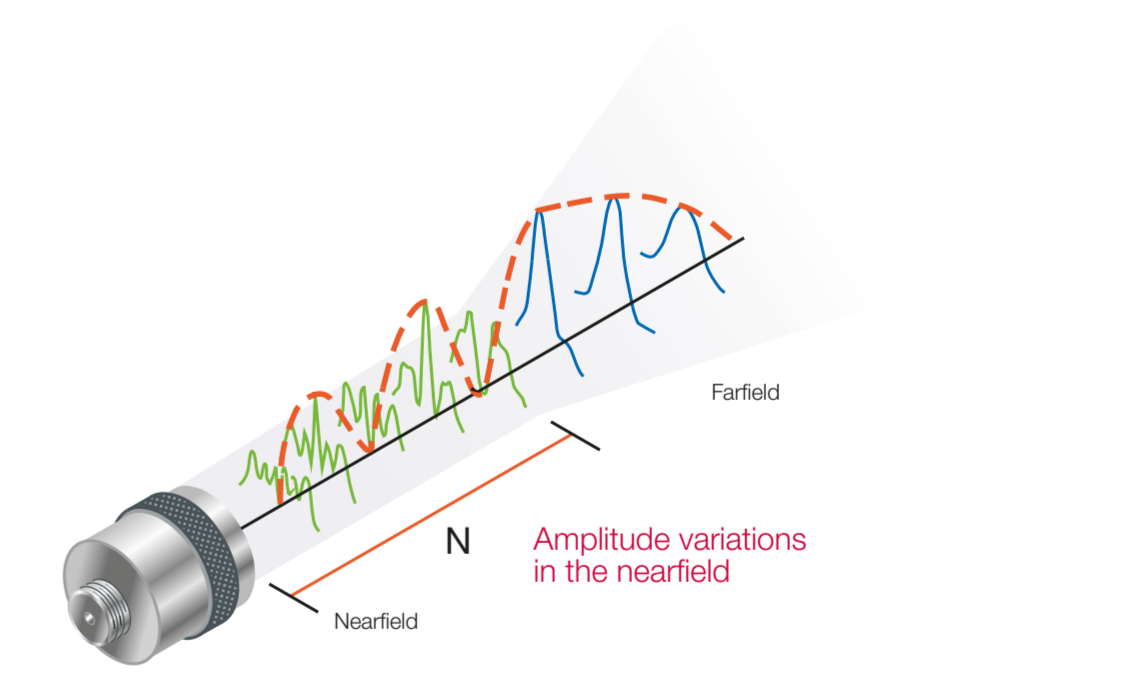


### Effetti del campo vicino

Il campo vicino è l'area immediatamente di fronte alla sonda dove l'ampiezza dell'eco varia ampiamente a causa delle interferenze distruttive e costruttive dall'elemento attivo vibrante. La fine del campo vicino rappresenta il punto focale naturale della sonda. È il punto dove il campo sonoro raggiunge la massima ampiezza, in seguito alla quale l'intensità del campo sonoro inizia un graduale calo fino a zero. La lunghezza del campo vicino è correlata al diametro dell'elemento, alla frequenza e alla velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale, in base alla seguente formula:

$$N = \frac{D^2 f}{4c}$$

Dove:  $N$  = Campo vicino  
 $D$  = Diametro dell'elemento  
 $f$  = Frequenza  
 $c$  = Velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale



### Tipi di sonde



#### Sonde a doppio elemento

Questo tipo di sonda utilizza degli elementi ricevitori e trasmettitori separati per creare una pseudo-focalizzazione ottimale per l'ispezione di componenti con superfici irregolari dell'eco di fondo. Le applicazioni includono la misura di spessore residuo, il monitoraggio della corrosione o erosione e le ispezioni a alta temperatura.

#### Sonde a contatto

Usata a contatto diretto con la componente da ispezionare, questa sonda in genere possiede una superficie resistente all'usura ottimizzata per il contatto con la maggior parte dei metalli. Le applicazioni includono il rilevamento di difetti a fasci dritti, la misura di spessore e la misura della velocità di propagazione dell'onda sonora.

#### Sonde a fascio angolare

Lo zoccolo rimovibile o integrato di una sonda a fasci angolari trasmette l'onda sonora con un determinato angolo nella componente da ispezionare. Le applicazioni principali sono l'ispezione delle saldature, il rilevamento di difetti e la misura delle cricche, inclusa la tecnica di diffrazione del tempo di volo.

#### Sonde a linea di ritardo

Usando un elemento supplementare di materiale denominato linea di ritardo tra la sonda e il materiale da ispezionare separa gli echi dal recupero dell'impulso di eccitazione e/o isola dal calore gli elementi della sonda. Le applicazioni includono la misura dello spessore, il rilevamento di difetti di materiali di spessore sottile e le ispezioni a alta temperatura.

#### Sonde a immersione

Le sonde a immersione vengono usate su una componente da ispezionare che è parzialmente o completamente immersa nell'acqua. L'acqua funge da accoppiante uniforme e da linea di ritardo liquida. Questa sonda è ottimale per la scansione automatica, la misura di spessori in linea e il rilevamento di difetti a alta velocità. Inoltre può essere utilizzata per una sensibilità migliorata in relazione a riflettori di ridotte dimensioni.