



Svelare l'invisibile: visione polarizzata e SWIR

Opto Engineering

Matteo Ferrari

Promosso da



Organizzato da



Indice

Alla scoperta di alcune tecnologie innovative nell'ambito delle telecamere industriali

1. Sensori polarizzati

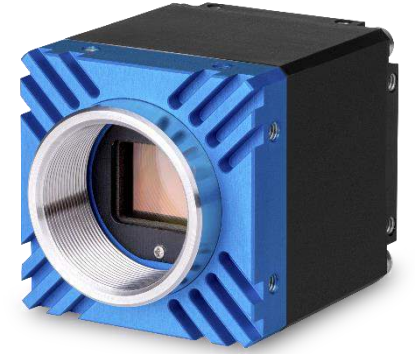
Ideali per ridurre al minimo i riflessi su oggetti riflettenti come vetro, metalli e superfici plastiche.

2. Sensori con tecnologia SenSWIR

Sensori con sensibilità estesa nello spettro del visibile e dello SWIR utilizzabili in vasti ambiti applicativi.

3. Tecnologia a lenti liquide

Rapida messa a fuoco di oggetti posti a diverse distanze di lavoro.



Polarizzazione

Cos'è la luce

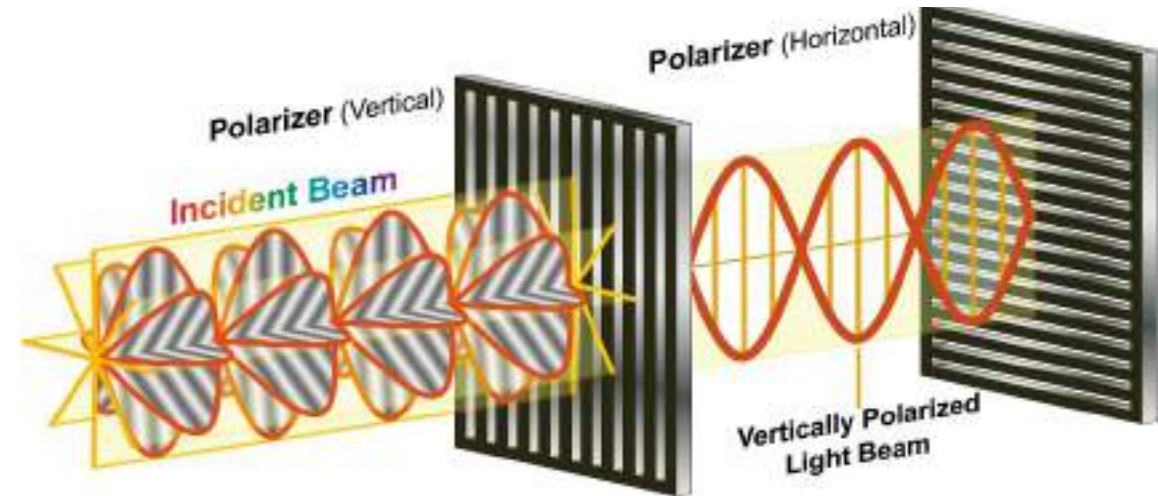
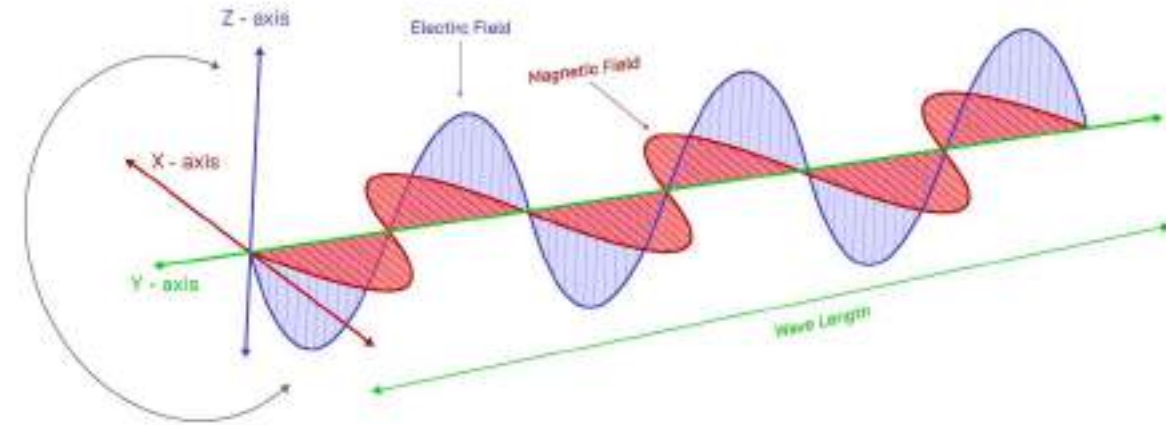
Onda elettromagnetica trasversale oscillante nella quale il campo elettrico e il campo magnetico si propagano su piani perpendicolari tra loro e perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda.

Proprietà:

- **Ampiezza**
- **Frequenza / lunghezza d'onda**
- **Direzione di propagazione**
- **Polarizzazione**

Definisce le proprietà geometriche dell'oscillazione dell'onda rispetto alla direzione di propagazione.

Electromagnetic Wave



Luce polarizzata e riflessi

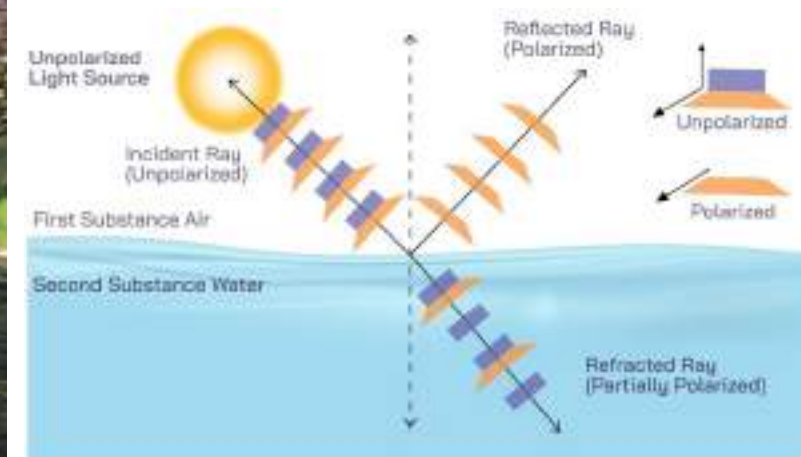
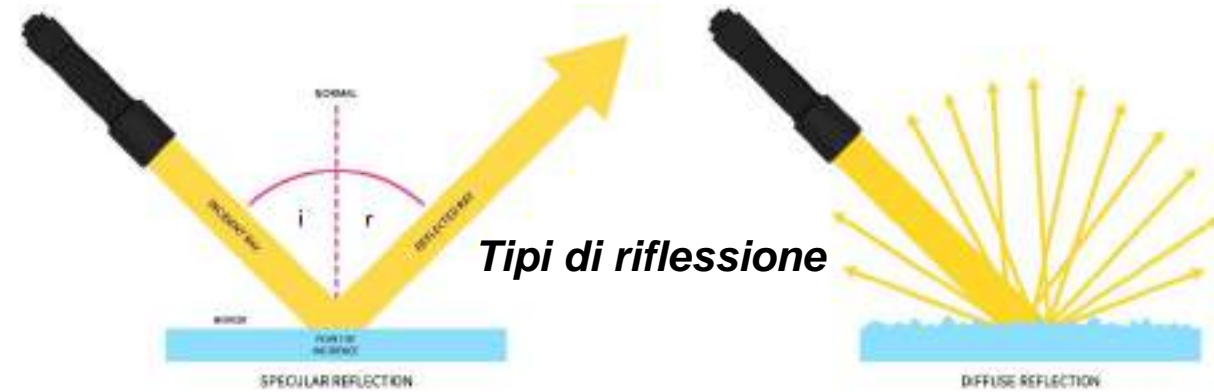
Luce non polarizzata → Riflessione → Luce polarizzata

La tipologia di riflesso prodotta dipende dalle proprietà fisiche e chimiche della superficie riflettente:

- **Riflessione speculare**
- **Riflessione diffusa**

La luce riflessa può costituire un'interferenza per il sistema di visione.

Obiettivo: rimozione della componente di polarizzazione delle riflessione speculare.
Soluzione: **Sistema di visione polarizzato.**



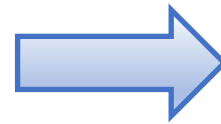
Grado di polarizzazione (DOP) e Angolo di polarizzazione

Grado di polarizzazione

Grandezza che descrive la quantità di un'onda elettromagnetica che è stata polarizzata.

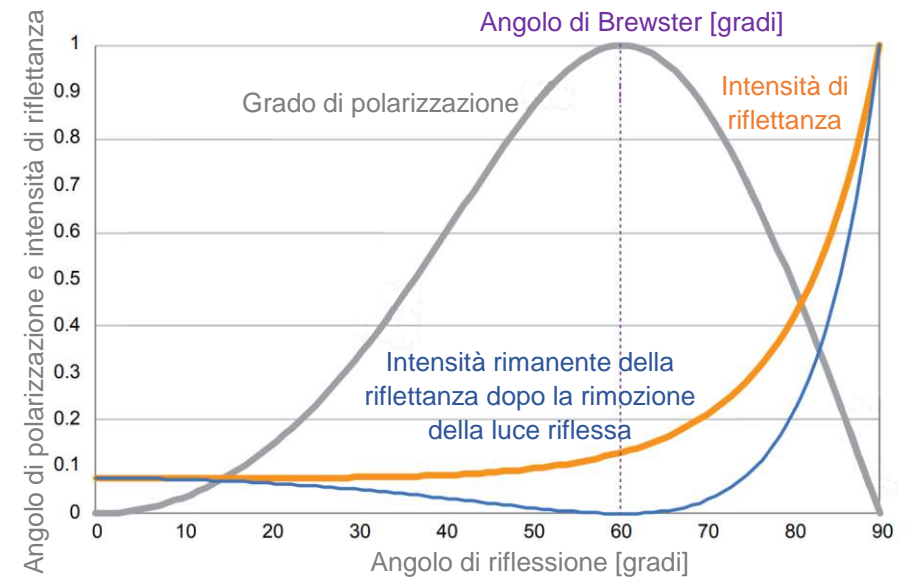
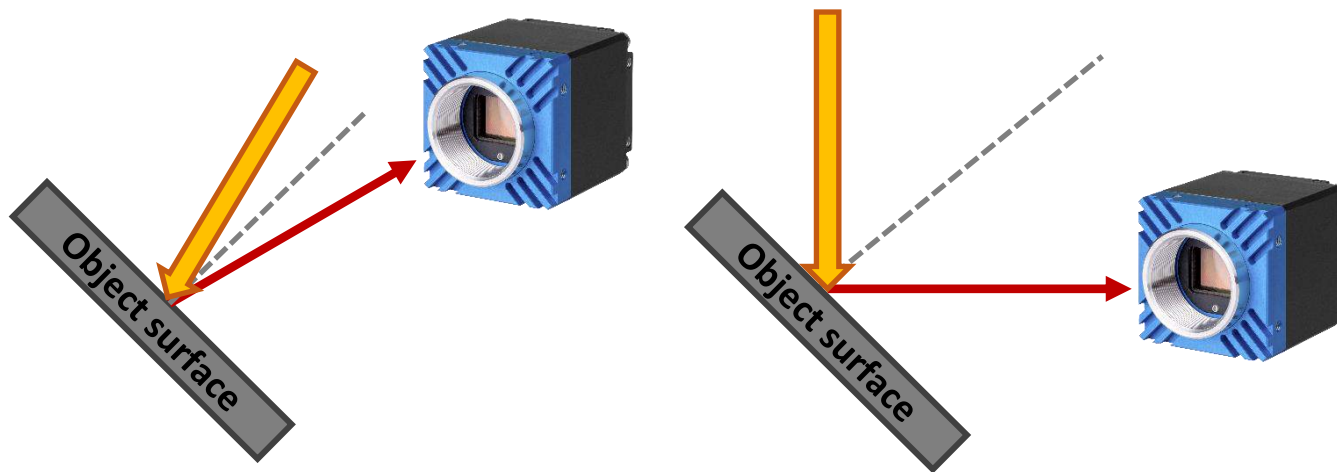
$DOP = 100\% \rightarrow$ onda completamente polarizzata.

$DOP = 0\% \rightarrow$ onda non polarizzata.



Dipende dall'**Angolo di polarizzazione**.

Il valore massimo del DOP (100%), quindi il massimo livello di polarizzazione, lo si ha in corrispondenza dell'**Angolo di Brewster**.



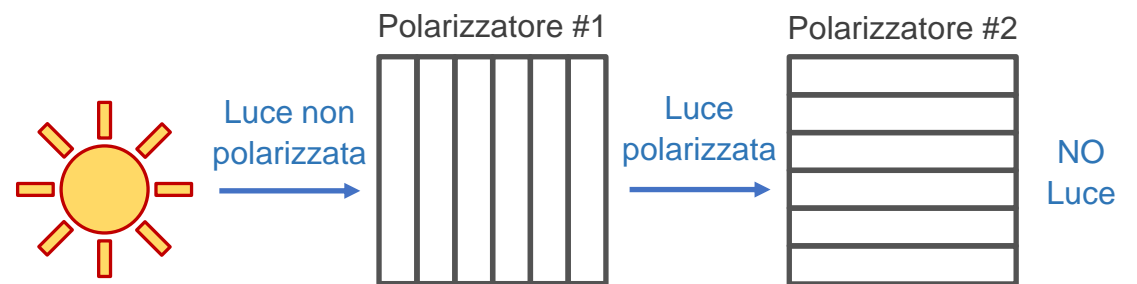
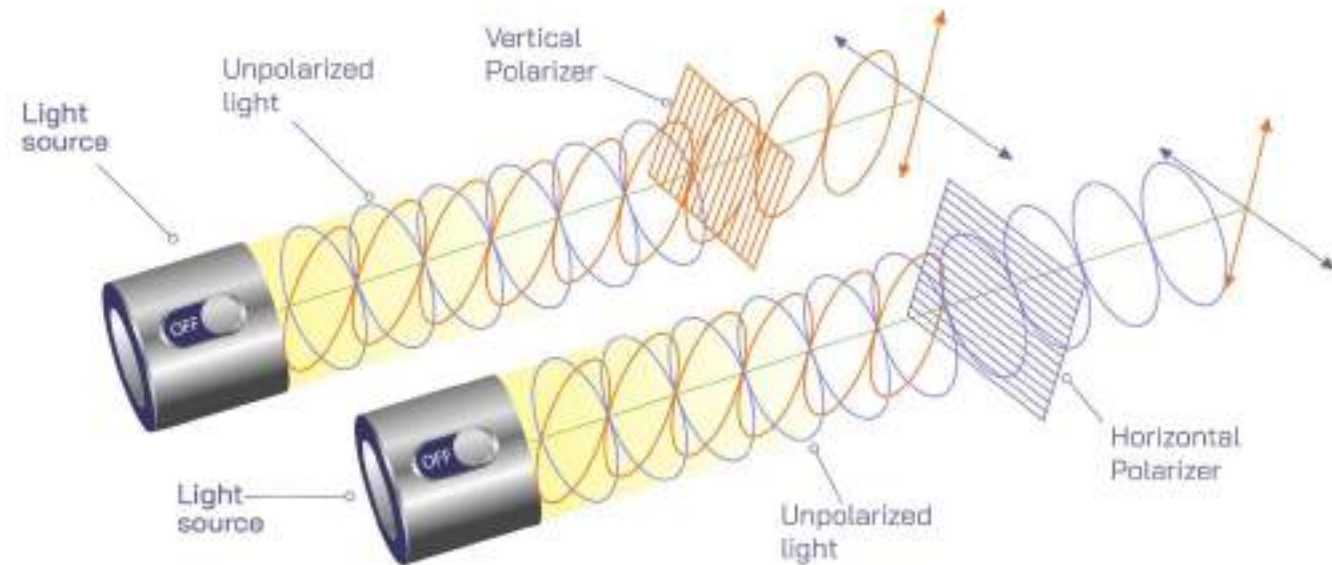
Rimozione dei riflessi con filtro polarizzatore

Filtro polarizzatore

Filtro che blocca la radiazione elettromagnetica a seconda della sua polarizzazione.

L'ampiezza dell'onda in uscita dal filtro varia a seconda dell'angolo relativo tra la direzione polarizzata della luce in entrata e l'orientamento del polarizzatore.

Limite: la rimozione simultanea di riflessi speculari con angoli di riflessione diversi non può essere attuata da un unico filtro polarizzatore.



Tecnologia Polarsens

Sensore di immagine Polarsens

Sensore dotato di un polarizzatore multi-direzione on-chip in grado di rimuovere contemporaneamente le riflessioni speculari su più piani.

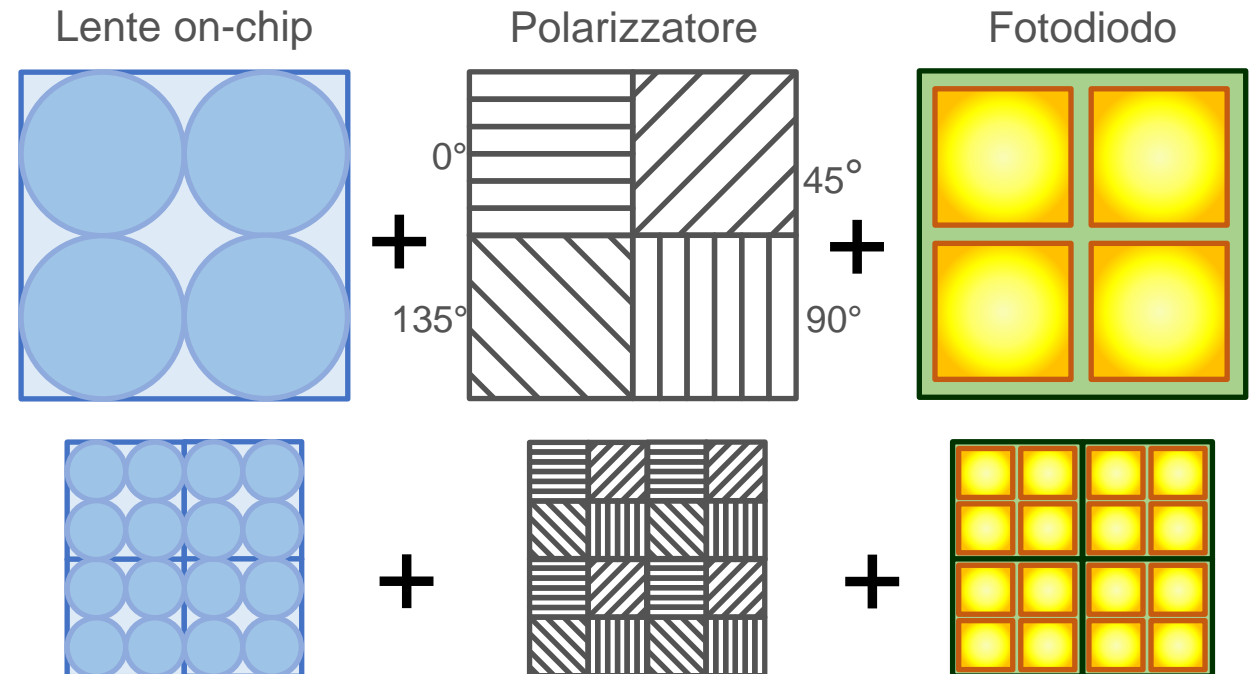
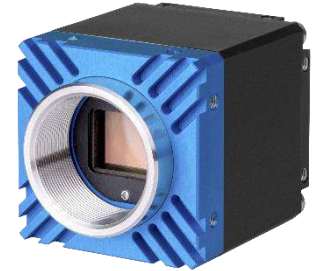
All'uscita di ciascun polarizzatore del sensore si hanno onde luminose a diversa intensità.

Legge di Mauss: definisce l'intensità luminosa di un raggio di luce che attraversa un polarizzatore.

$$I = I_0 \cos^2 \theta_i$$

I = Intensità in uscita dal filtro.
 I_0 = Intensità in entrata.
 θ_i = Angolo compreso tra l'asse di trasmissione e il piano di vibrazione del campo elettrico.

Elementi costitutivi del sensore Polarsens:

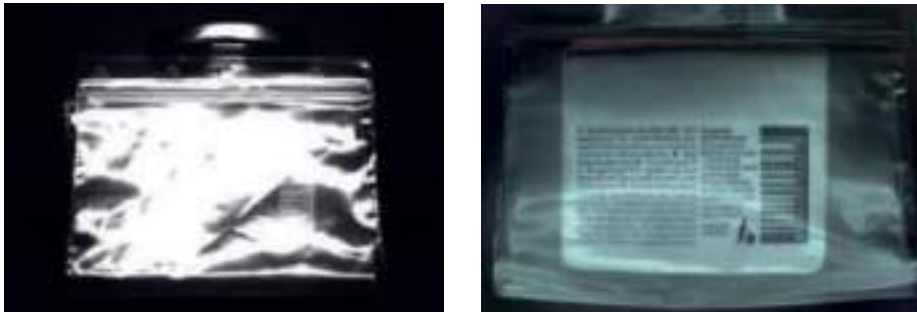


Applicazioni

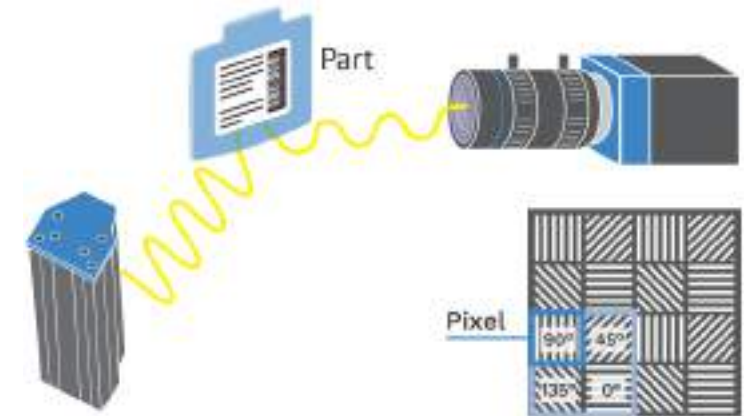
Le applicazioni della luce polarizzata si rivelano fondamentali nei tasks di visione di oggetti altamente riflettenti o trasparenti.

Alcuni esempi...

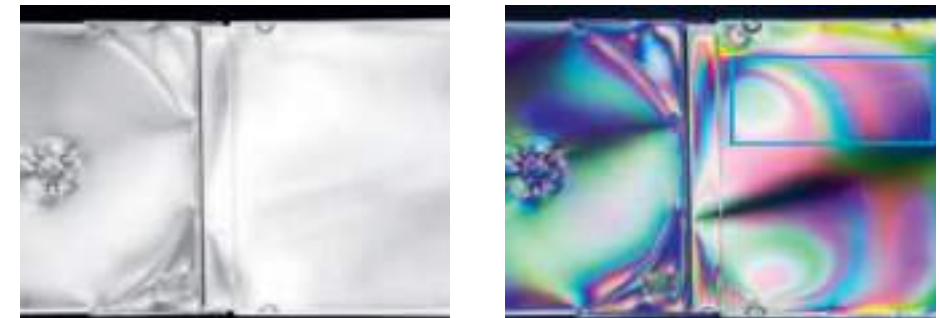
Lettura di Barcode in presenza di riflessioni



Presenza/Assenza di pillole nei blister



Ispezione di graffi su superfici trasparenti



SWIR

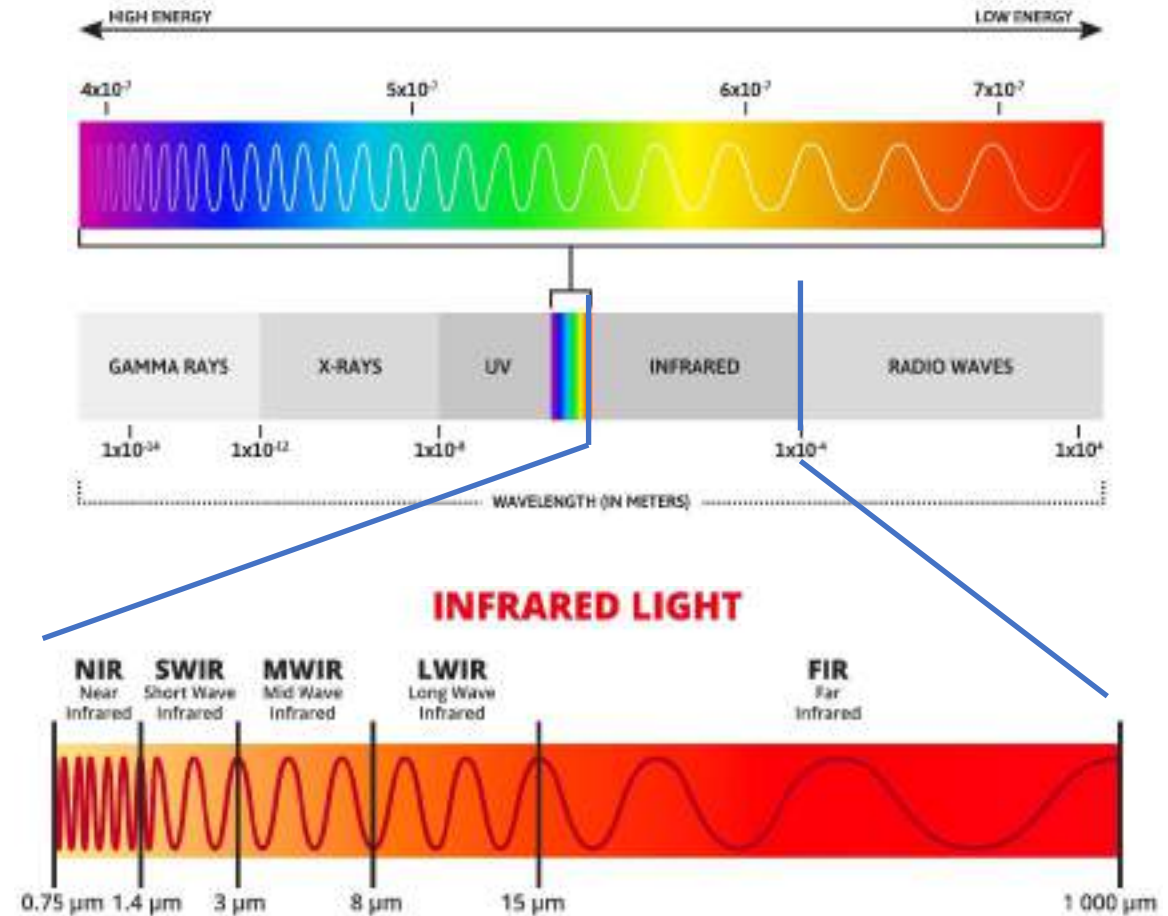
Cos'è lo SWIR (Short Wave InfraRed)

Sottoinsieme della banda infrarossa nello spettro elettromagnetico che caratterizza onde con lunghezza d'onda da 900nm a 2500nm.

Lunghezze d'onda non visibili dall'occhio umano.

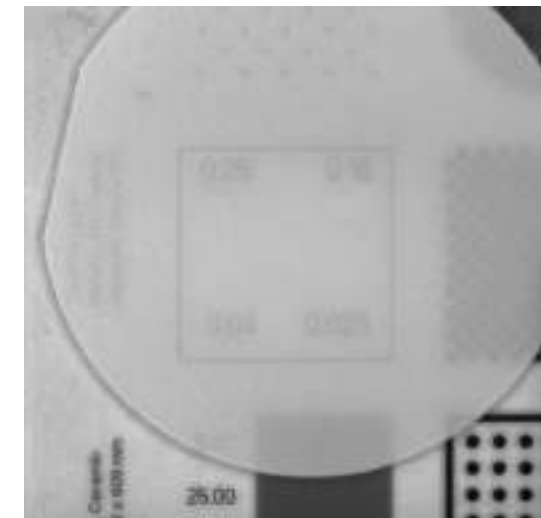
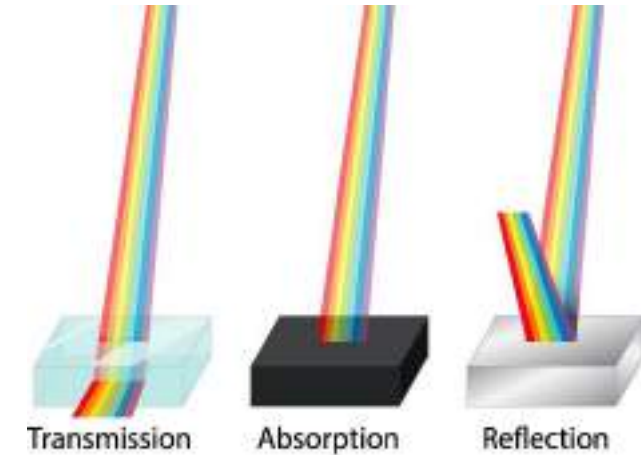
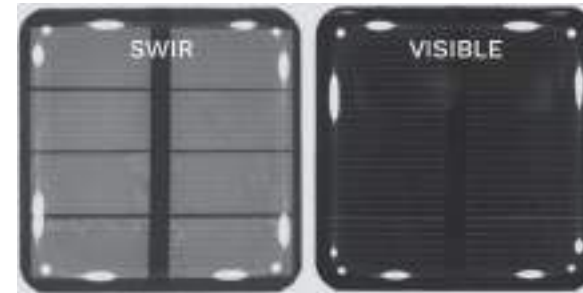


VISIBLE SPECTRUM



Proprietà dello SWIR

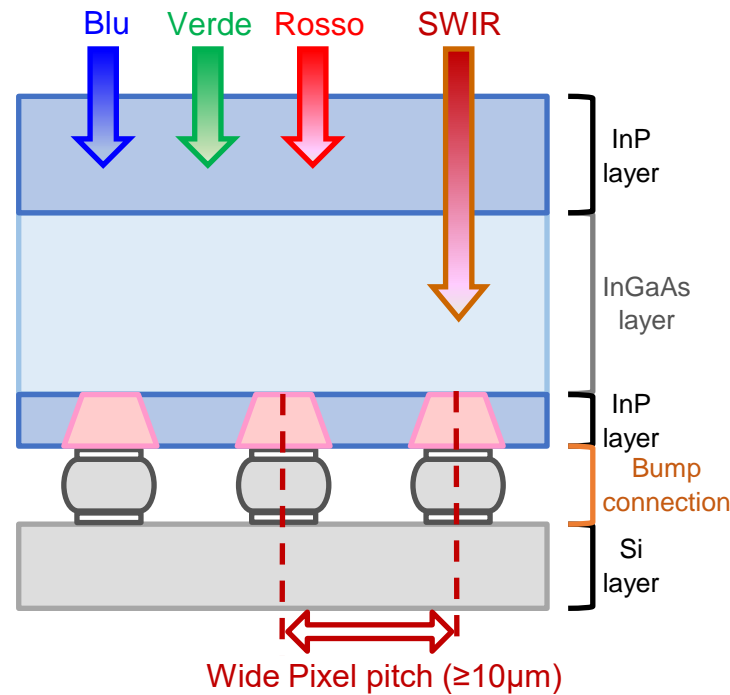
1. Alcuni materiali risultano trasparenti nello SWIR.
2. L'acqua assorbe la luce alla lunghezza d'onda di 1500nm.
3. Riflettanza e assorbanza variano da un materiale ad un altro.
4. Lo SWIR è meno soggetto all'ostruzione di microparticelle sospese nell'aria rispetto allo spettro del visibile.
5. I corpi con temperatura superiore ai 250°C emettono luce nello SWIR.



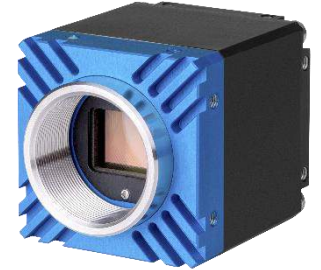
Tecnologia SenSWIR

- 1. Miniaturizzazione dei pixel. → Risoluzione maggiore
- 2. Layer InP ultrasottile. → Due telecamere in una
- 3. Conversione digitale incorporata. → Limitazione dell'elaborazione delle immagini

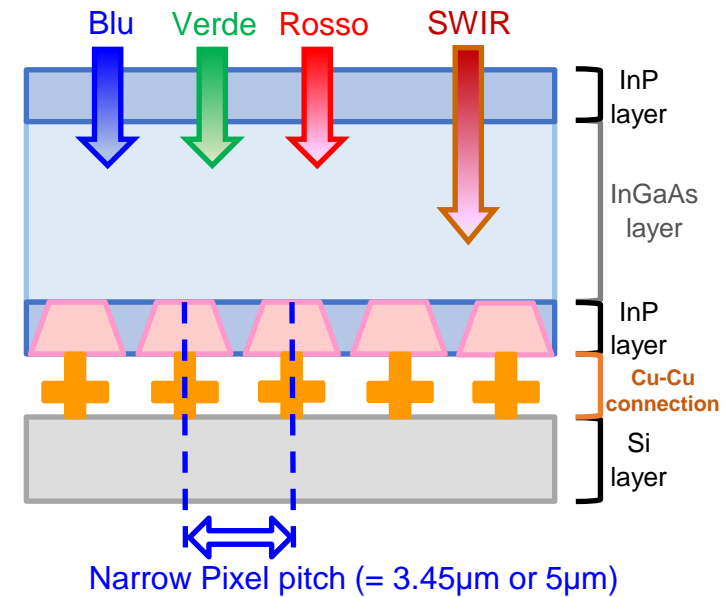
Connessione convenzionale (Bump bonding)



Soluzione Tecnologia SenSWIR



Connessione Cu-Cu



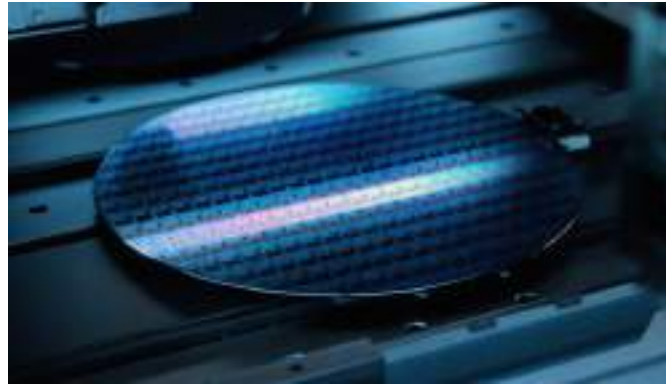
Applicazioni SWIR



Selezione degli alimenti e rilevamento oggetti

La riflettanza e l'assorbanza variano a seconda del materiale.

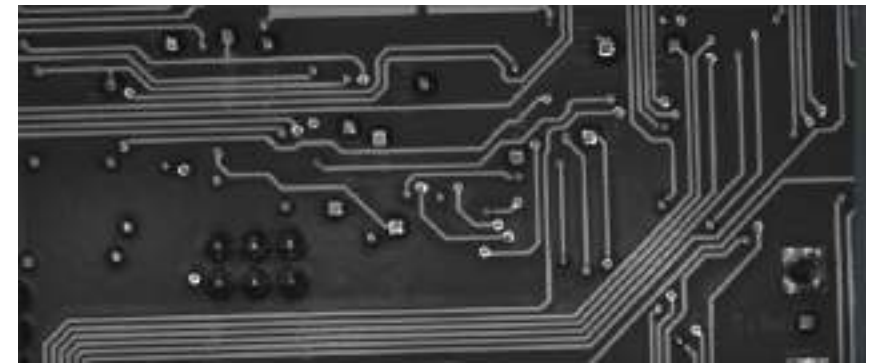
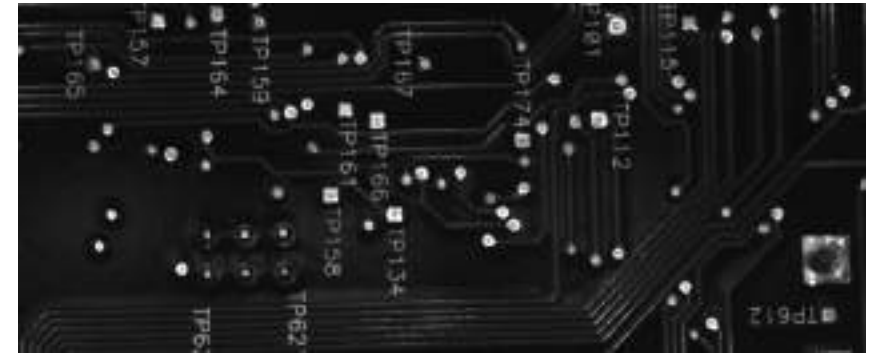
Questo consente di differenziare i materiali in base alla loro firma spettrale.



Allineamento wafer di silicio e ispezione PCB/PCBA



Rifiuti e riciclo della plastica



Trasparenza del Silicio nello SWIR a circa 1550nm.

Applicazioni SWIR



Identificazione delle fiamme di un incendio attraverso il fumo

La radiazione SWIR viene diffusa meno rispetto alla radiazione visibile.

Costituisce un vantaggio per poter vedere la sorgente dell'incendio attraverso il fumo e la foschia.



Rilevamento contaminanti nel farmaceutico

I composti chimici possono essere individuati con analisi nello spettro SWIR sfruttando le diverse risposte ottenibili da parte delle sostanze in quella banda.



Valutazione della salute delle colture

Nello SWIR è possibile effettuare un'analisi sull'idratazione delle piante (NDWI) e sui livelli di attività della fotosintesi (NDVI).

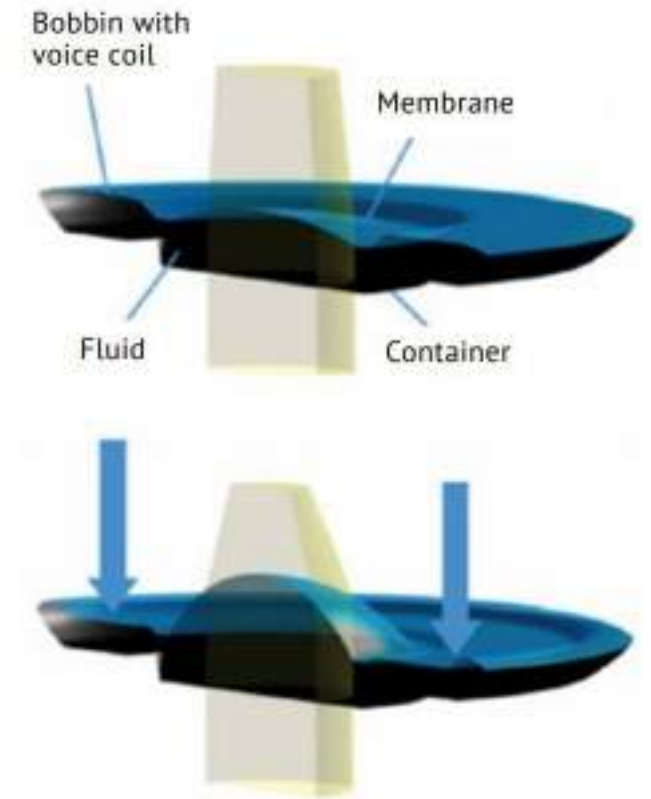
Tecnologia a lenti liquide

Lenti liquide

Sono lenti che utilizzando una combinazione di fluidi ottici e di una membrana polimerica flessibile imitano il principio di messa a fuoco dell'occhio umano.

Applicando una pressione al centro della membrana mediante un anello circolare, la forma della lente può essere modificata variando il raggio della lente.

Controllo in corrente (A) e in potere (D) con calibrazione in temperatura.

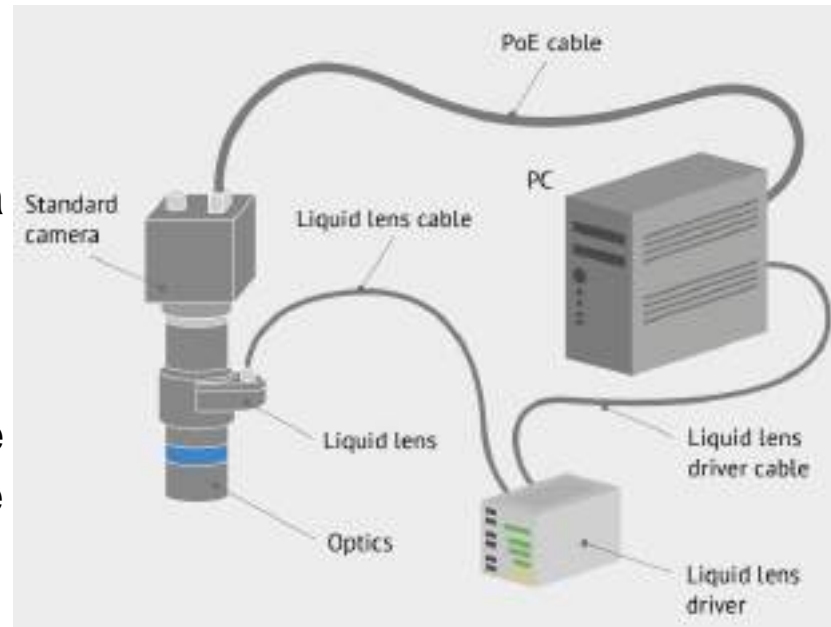


Tecnologia a lenti liquide

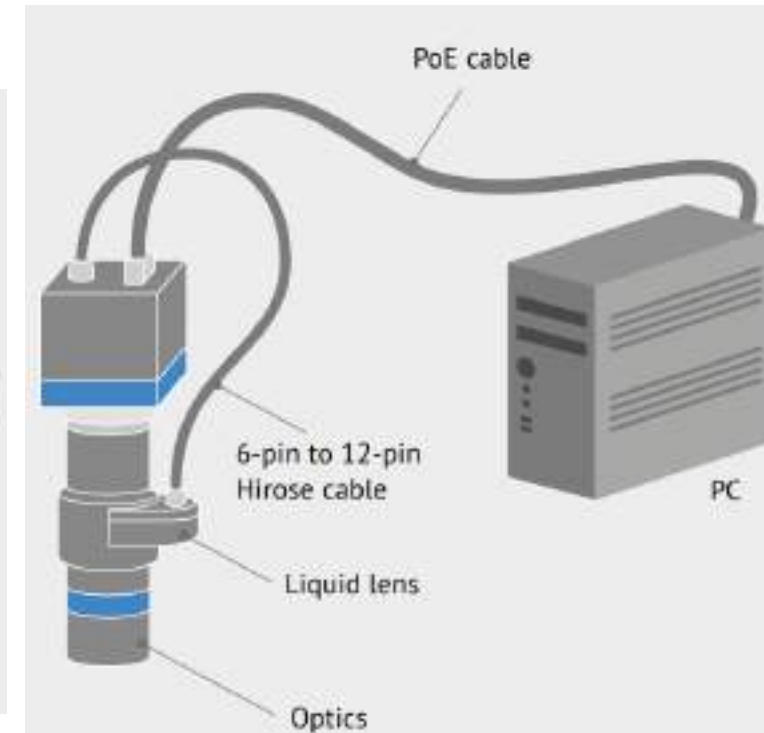
Vantaggi

- Prestazioni affidabili e durature.
- Eliminazione dell'usura meccanica.
- Utilizzo ripetitivo.
- Sistemi più robusti e resistenti alla polvere.
- Minore sensibilità alle tolleranze.
- Con combinazione di opportune telecamere si ha semplificazione del sistema di visione.

Soluzione standard



Soluzione avanzata



Applicazioni

Integrazione con lenti a focale fissa

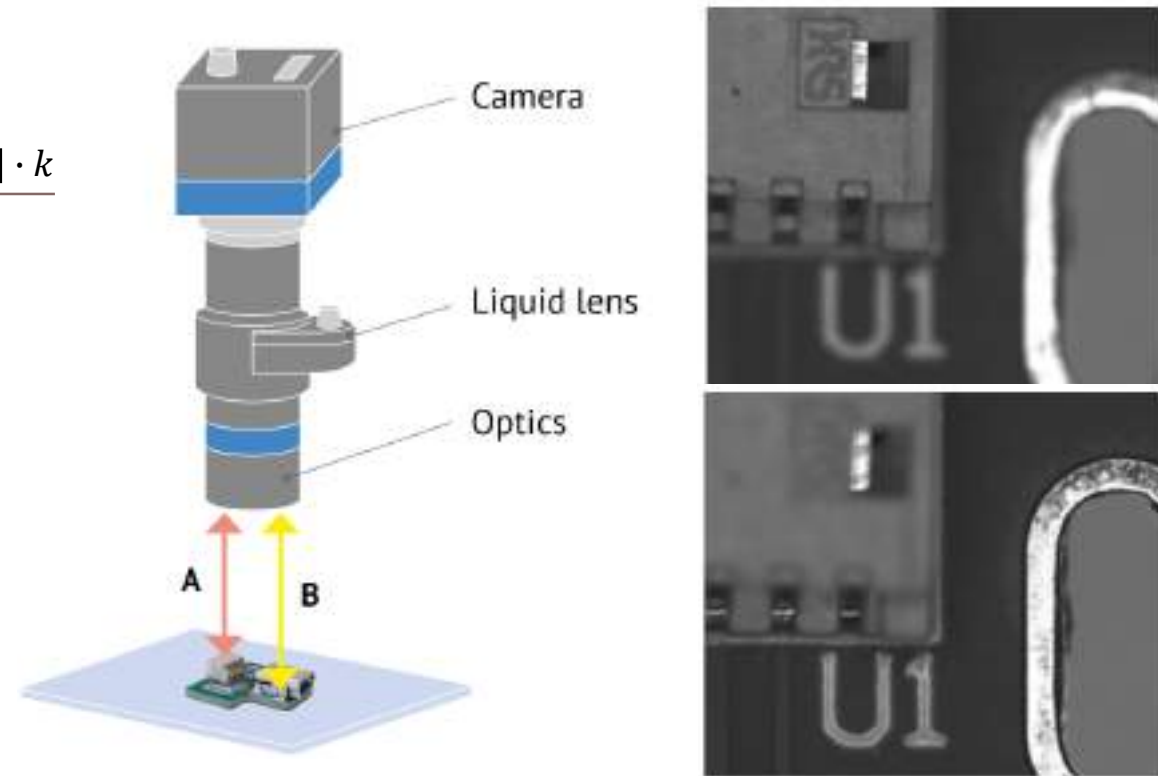
Ideale per ispezioni ad alta velocità e a diverse distanze di lavoro.



$$DoF[mm] = \frac{W F/\# \cdot p[\mu m] \cdot k}{M^2}$$

Integrazione con ottiche telecentriche

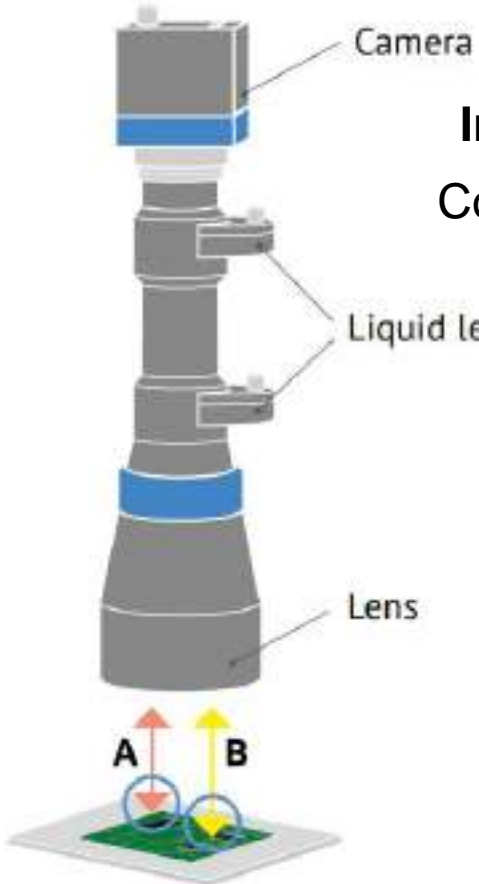
Aumento significativo del DOF soprattutto in applicazioni a FOV contenuto.



Applicazioni

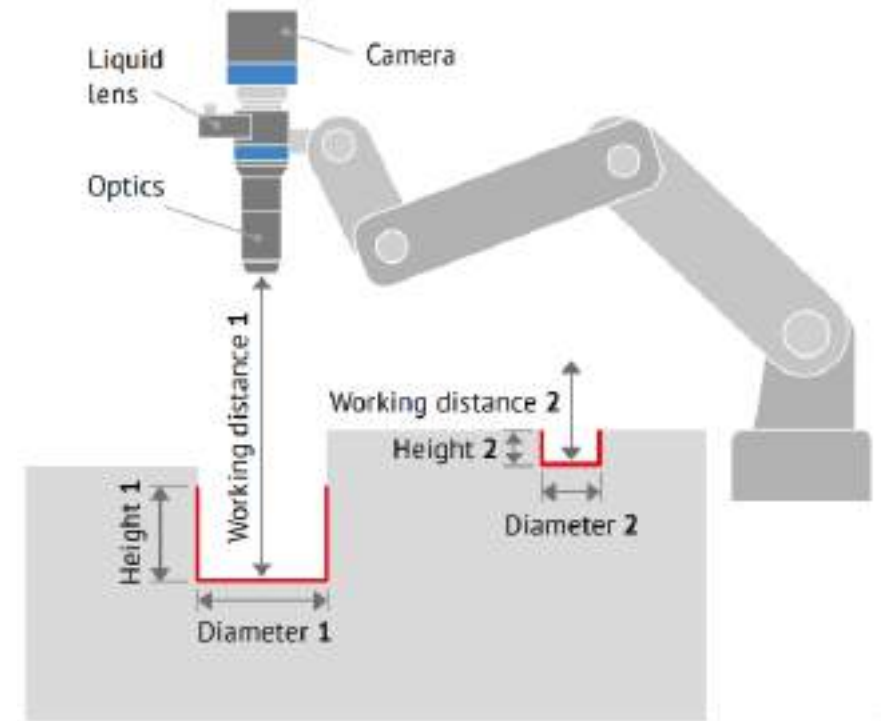
Integrazione con due lenti liquide

Controllo sinergico di ingrandimento e
distanza di lavoro.



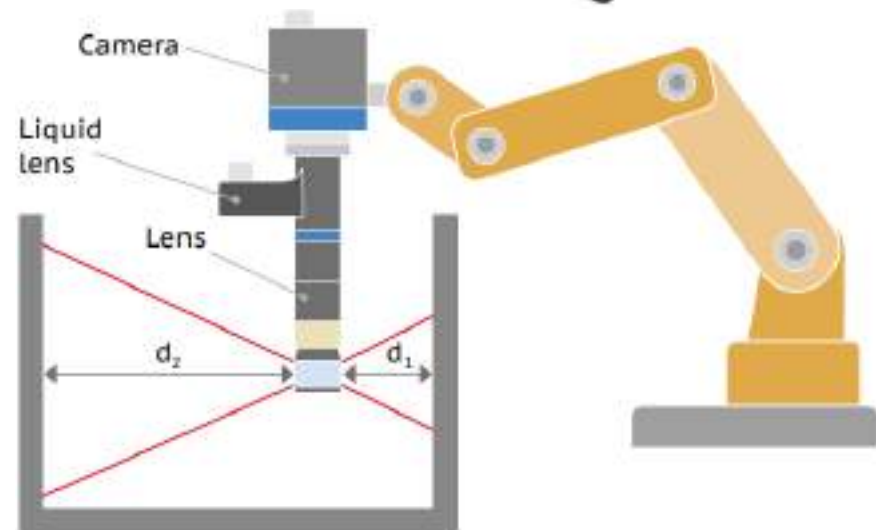
Integrazione con obiettivi per ispezioni di cavità

Ispezioni di fori, cavità e contenitori.
Visione contemporanea del fondo e delle
pareti della cavità.



Applicazioni

Integrazione con sonde boroscopiche
Ispezioni di cavità dall'interno con illuminazione integrata.



Settori d'impiego





ITALIAN MACHINE
VISION FORUM

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Promosso da



Organizzato da

