

Sensori di grandezze Fisiche e Meccaniche

FISICHE

Pressione

Portata

Livello

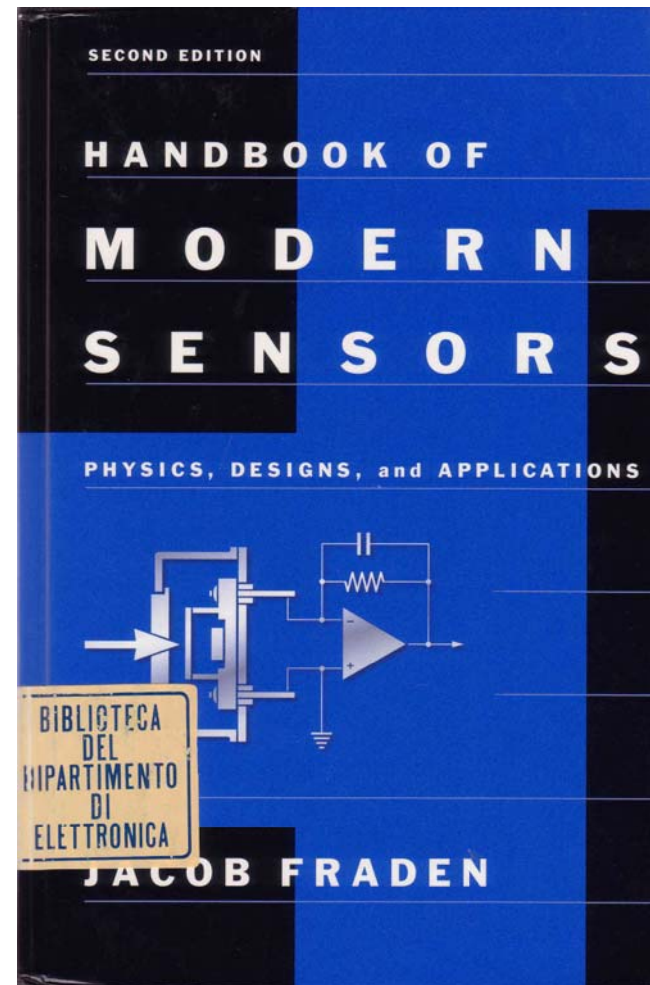
Temperatura

MECCANICHE

Posizione e spostamento

Velocità e accelerazione

Vibrazioni e suono/rumore



(per approfondimenti)

Sensori di pressione

- ◆ a soffietto
- ◆ a tubo di Bourdon
- ◆ a filo caldo o Pirani
- ◆ a membrana e diaframma
- ◆ piezoresistivi
- ◆ ottici

Richiami sulla pressione

$$P = \frac{F}{A} = \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

PRESSIONE
per gas e liquidi

STRESS
per i solidi

In un fluido P varia con la quota h : $\Delta P = \rho g \Delta h$
con ρ densità specifica (kg/m³)

$$*P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 1013 \text{ mbar} = 760 \text{ torr (mmHg)} = 101,3 \text{ kPa}$$

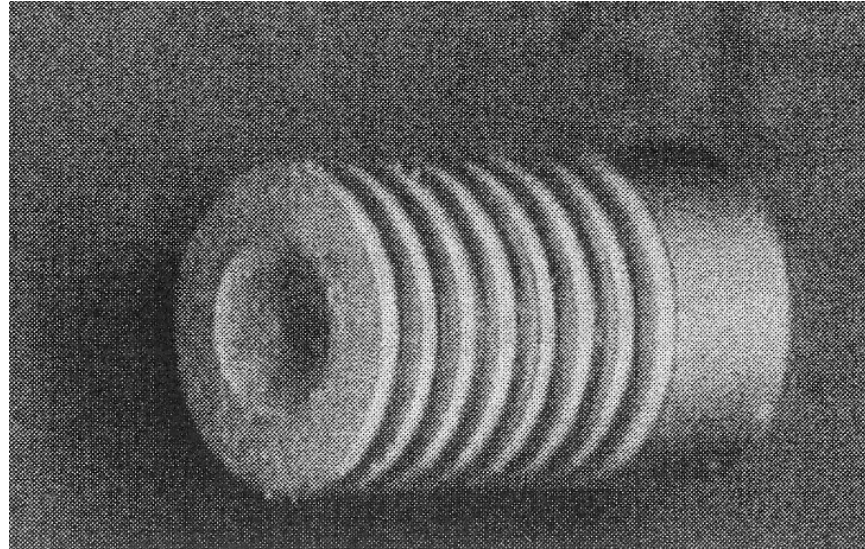
Solitamente $P_{\text{liquido}} \geq *P_{\text{atm}}$

mentre può essere $P_{\text{gas}} \leq *P_{\text{atm}}$ (a volte $P_{\text{gas}} \ll *P_{\text{atm}}$)

$P_{\text{gas}} > *P_{\text{atm}} \Rightarrow$ SOVRAPRESSIONE

$P_{\text{gas}} < *P_{\text{atm}} \Rightarrow$ DEPRESSIONE / VUOTO

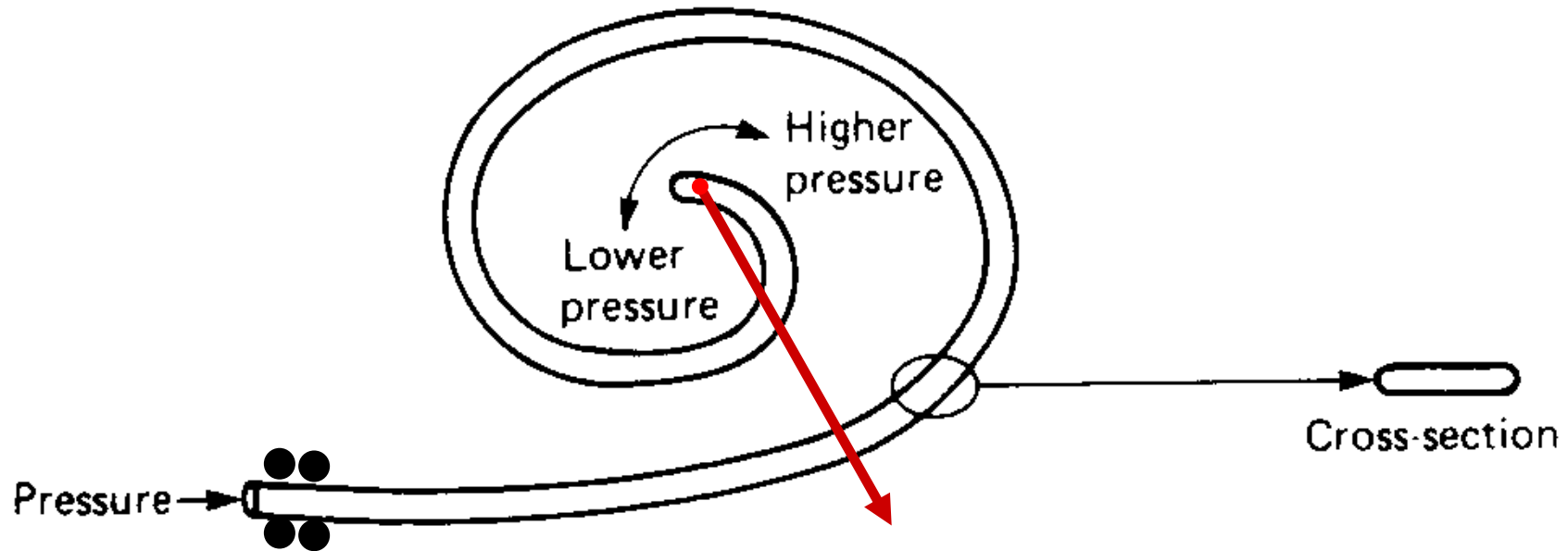
Sensore a soffietto



Un soffietto converte la pressione applicata in uno **spostamento lineare**. La sensibilità dipende dall'**elasticità del materiale impiegato**: soffietti in gomma hanno alta sensibilità e misurano basse differenze di pressione; soffietti metallici (v. foto) consentono di misurare **pressioni anche molto elevate**. Lo spostamento lineare subisce poi una **conversione in grandezza elettrica**.

Tubo di Bourdon

Si usa un tubo di sezione ellittica chiuso a una estremità.



Il **tubo** è disposto a **spirale** e al variare della differenza di pressione (tra interno ed esterno) subisce un arrotolamento o srotolamento con **variazione di posizione** dell'estremo libero: **una lancetta indica il movimento**.

Pressioni medio-basse, media sensibilità, poca accuratezza.

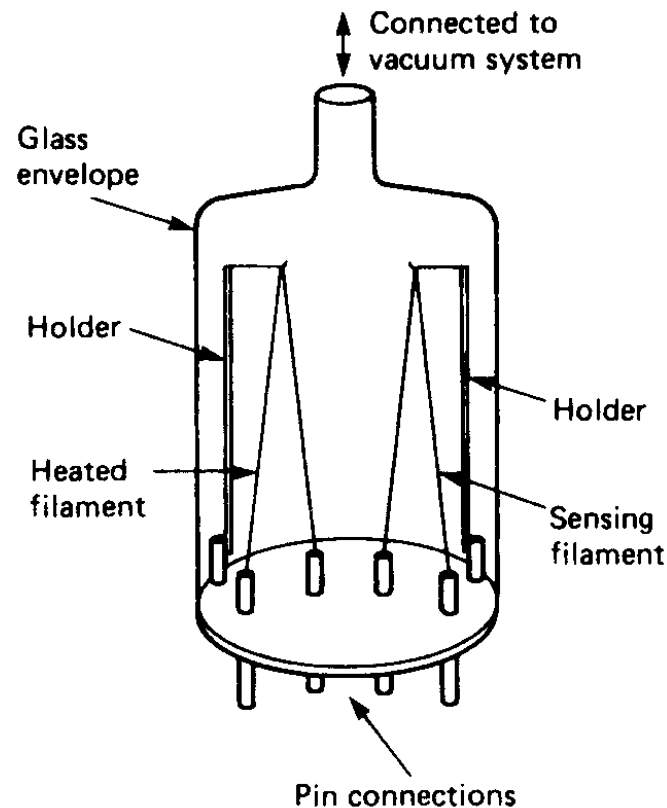
Sensori di vuoto

$P < 1 \text{ mmHg (133 Pa)} \Rightarrow \text{VUOTO}$

$P \approx 10^{-3} \text{ mmHg (0,13 Pa)} \Rightarrow \text{ALTO VUOTO}$

$P \approx 10^{-9} \text{ mmHg (1,3} \cdot 10^{-7} \text{ Pa)} \Rightarrow \text{ULTRA-ALTO VUOTO}$

Sonda Pirani o a filo caldo [10^{-3} - 10^4 mmHg]



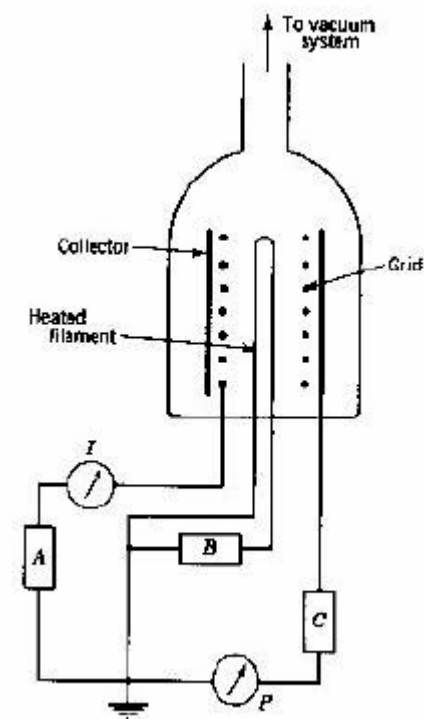
E' uno strumento semplice e robusto, utilizzabile per vuoto fino a 0.1 Pa. Si tratta di un filo conduttore percorso da corrente all' interno del contenitore sotto vuoto. La temperatura a cui si porta il filo dipende dalla pressione presente nell' ambiente, almeno nell'intervallo di pressioni in cui gli urti con le molecole del gas sono la principale causa di perdita di calore del filo. La temperatura sarà quindi crescente (in modo non lineare) al diminuire della pressione. Nel Vacuometro di Pirani si legge la variazione di temperatura del filo misurando la variazione di resistenza. Il filo e' parte di un ponte di Wheatstone che permette di effettuare la misura: nel ramo opposto e' posto un filo del tutto simile, mantenuto a temperatura e pressione costante.

Per $10^{-9} \text{ mmHg} < P < 10^{-3} \text{ mmHg}$ si usano sonde ioniche

Sensori di vuoto

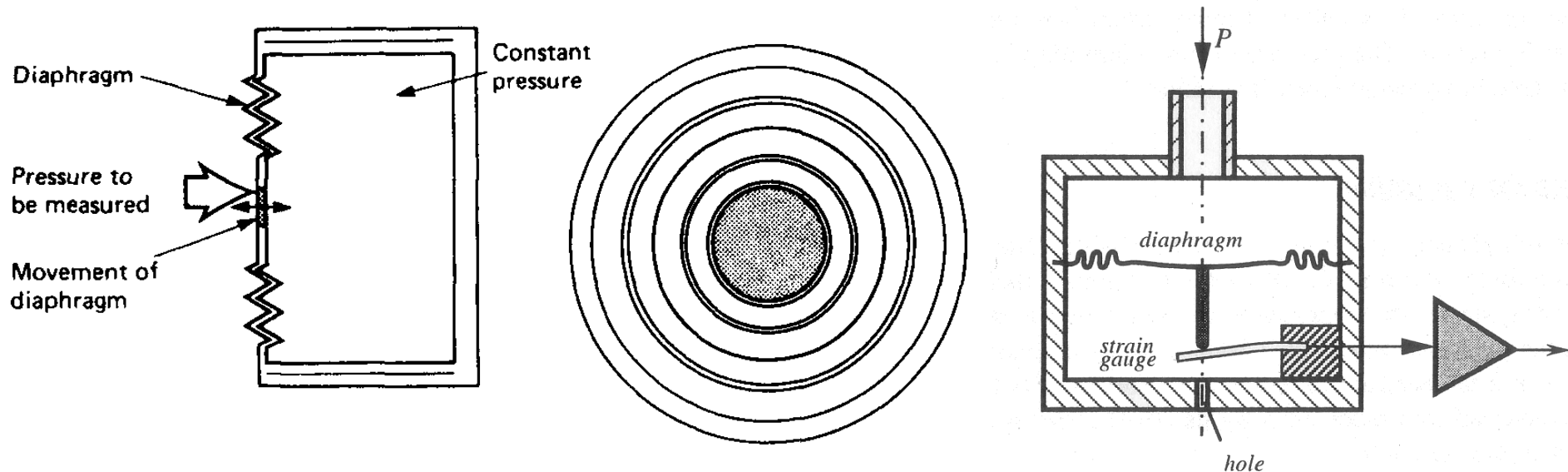
Vacuometro a ionizzazione .

E' un vacuometro per alto vuoto. In una cella connessa con il vuoto da misurare e' montato un filamento di tungsteno che per effetto termoionico emette una corrente I_e di elettroni, accelerati verso una griglia o un anodo. Gli elettroni, che acquistano una energia eV nel percorso incontrano le molecole del gas e le ionizzano. Gli ioni positivi vengono attirati da un elettrodo collettore. La corrente di collettore e' evidentemente proporzionale alla quantita' di molecole presenti: $I_c = S I_e p$, per cui misurando le correnti di collettore e di elettroni (dalla griglia) si puo' ricavare la pressione. La minima pressione misurabile da questo vacuometro e' dell' ordine di 10^{-8} Torr: al di sotto di questa pressione gli elettroni che collidono con la griglia producono raggi X: questi producono elettroni per effetto fotoelettrico sul collettore, contribuendo in modo spurio alla corrente di collettore I_c .



Barometro a membrana e diaframma

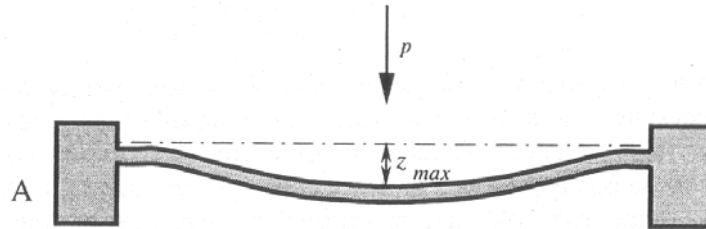
Il diaframma è soggetto a una tensione radiale λ_r (N/m) che richiama la membrana nella posizione "piana"



Rivelatore di spostamento di tipo meccanico o elettronico (e.g. capacitivo, ferromagnetico)

Pressioni medio-basse, alta sensibilità, buona accuratezza.

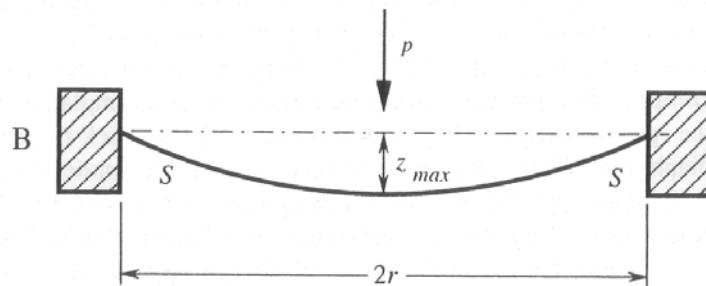
Membrane e lamine sottili



$$z_{\max} = \frac{3(1-\nu^2)r^4 p}{16Ed^3} \propto p$$

membrana ($d \ll r$)
 $d < r/100$

ν rapporto di Poisson (1)
 E modulo di Young (N/m^2)



lamina sottile ($d < r$)
 $d > r/100$

$$z_{\max} = \frac{r^2 p}{4\lambda} \propto p$$

In ogni caso è $z_{\max} \propto p$ e occorre misurare tale spostamento

Pressioni medio-basse, alta sensibilità, ...

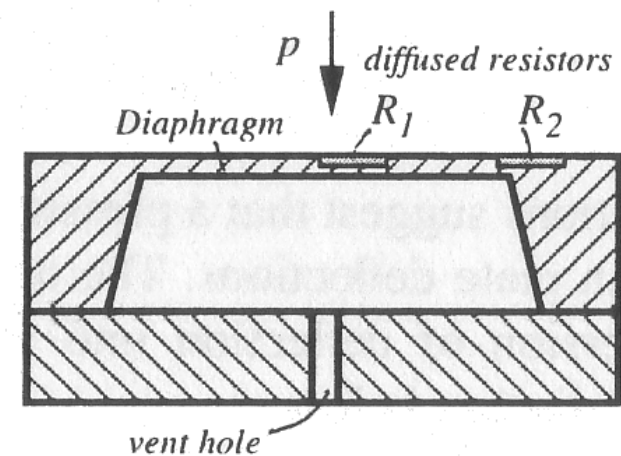
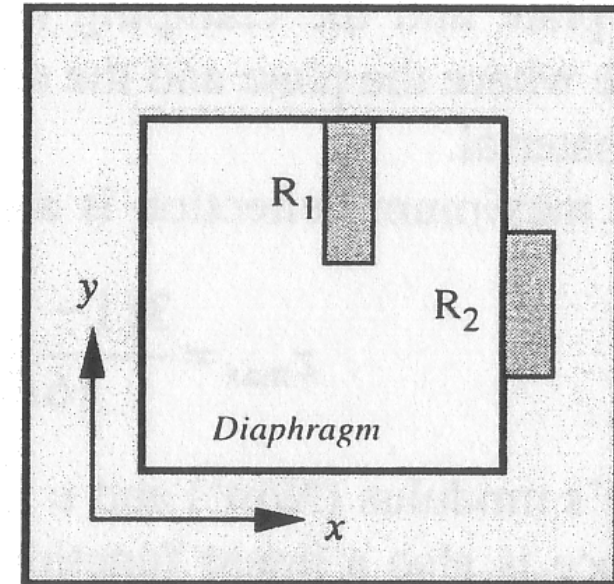
Sensori piezoresistivi in silicio

Sia la membrana (sensore di pressione) che il sensore di forza/deformazione sono realizzati in silicio.

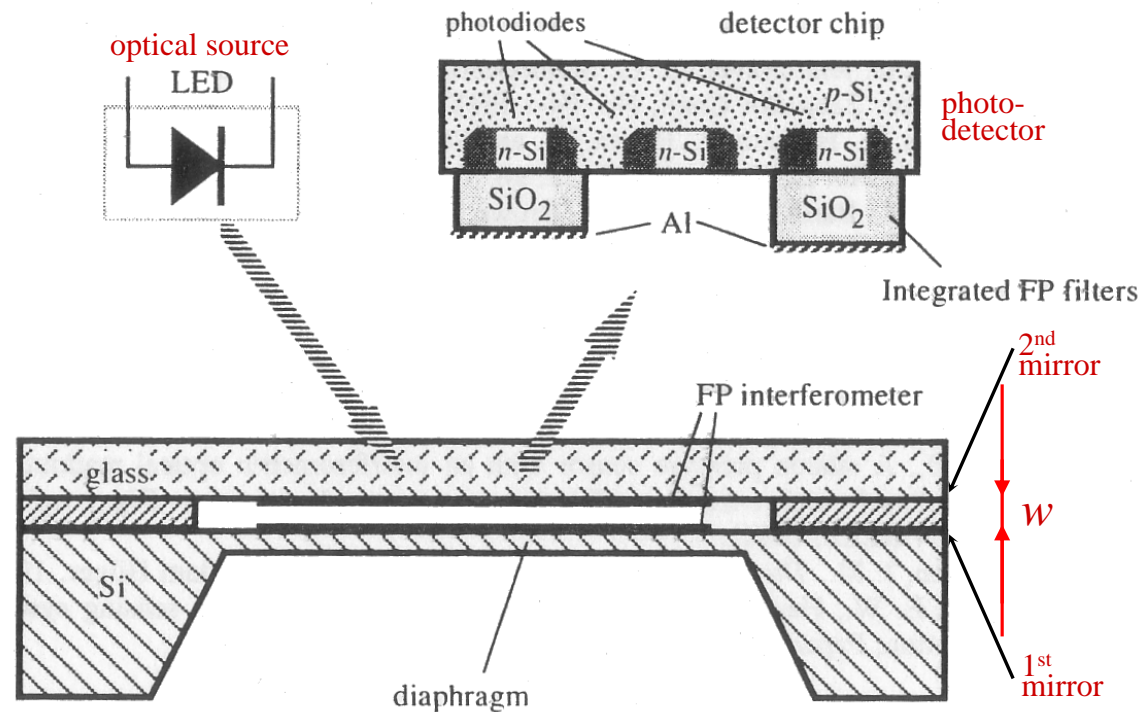
Il segnale è basso (mV) e occorre una **compensazione in temperatura**.

La deformazione produce una **variazione di resistenza** $\Delta R \propto \sigma \propto P$ che solitamente è misurata da un circuito a **ponte di Wheatstone**.

Pressioni medio-alte, elevata linearità.



Sensore ottico di pressione



La membrana (passiva) in silicio trasduce la pressione in una deformazione del primo specchio di un interferometro di Fabry-Perot. Il secondo specchio è su un supporto fisso di vetro. La luce riflessa verso il rivelatore è funzione dello spessore w dell'interferometro e dunque della pressione applicata alla membrana.

Pressioni medio-basse, altissima sensibilità, poco sensibile alla temperatura, elevata accuratezza.