

Contratto tra il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" e l'Università di Pisa – Dipartimento di Neuroscienze

Camera per misure di pressione intraoculare

Edoardo Bozzi, Massimo Chimenti

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione – CNR, Pisa

Specifiche di progetto

E' stata richiesta la realizzazione di una camera per l'esecuzione di misure tonometriche e di pressione interna.

La camera dev'essere in grado di alloggiare senza deformazioni cornee espianate, inutilizzabili per interventi di trapianto; la cornea ha mediamente un raggio di curvatura di ≈ 8.5 mm ed è fornita con una corona circolare di sclera, con raggio di curvatura di ≈ 12 mm: l'insieme è assimilabile ad un disco con diametro di ≈ 15 mm.

La camera dev'essere riempibile col liquido di conservazione delle cornee, in modo che non rimangano bolle d'aria all'interno di essa. La pressione del liquido dev'essere regolabile in maniera fine tra 5 e 35 mm Hg. La camera dev'essere a tenuta e utilizzabile in qualsiasi posizione.

In conformità a queste specifiche è stato individuato un apposito misuratore di pressione per liquidi ed è stata realizzata un'opportuna camera di supporto, maneggevole e di costo contenuto.

Misuratore di pressione

Il misuratore scelto è costituito da un traduttore piezoelettrico di precisione e da uno strumento di misura con pannello digitale.

Trasduttore

Il trasduttore impiegato è un sensore di pressione differenziale 170PC RSm modello 396-285.

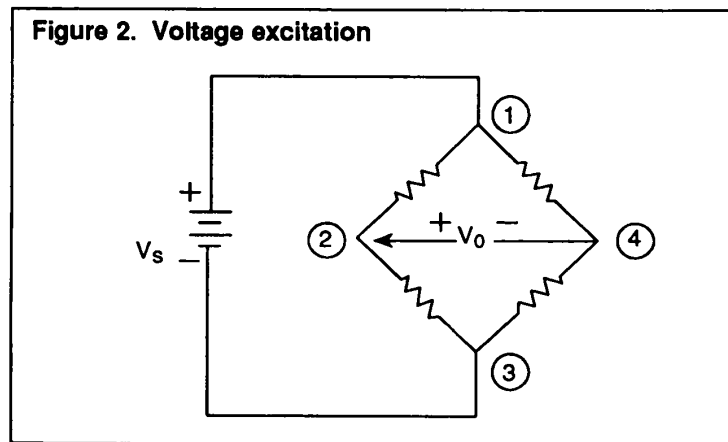
La figura 1 riporta le specifiche tecniche del dispositivo.

Supply voltage	10 \pm 0.01V = Typ.
Max. power supply	16V =
Output type	Ratiometric
Pressure ranges	RS stock no. Range O/P (typ.)
FSO (typ.)mV	395-279 0-7"H ₂ O 28
	395-285 0-14"H₂O 35
	395-291 0-28"H ₂ O 42
Null offset	0 \pm 2mV
Null output shift	\pm 3mV = typ.
25 to 0°C, 25 to 50°C	
Sensitivity shift	0-7" & 0-14" = \pm 4%FSO
25 to 0°C, 25 to 50°C	0-28" = \pm 3.5%FSO
Repeatability and hysteresis	\pm 0.25%FSO (typ.)
Response time	1 ms max.
Temperature range	
Compensated	0-50°C
Operating	-40 to +85°C
Storage	-55 to +125°C
Weight	7 grams (typ)
Shock rating	MIL-STD-202, Method 213 (150g, half sine, 11ms)
Overpressure	5 p.s.i. max.
Note: Media compatibility.	
	P2 port. Wetted materials; polyester housing, epoxy adhesive, silicon, borosilicate glass, and silicon to glass bond.
	P1 port dry gases only.

Figura 1. Specifiche tecniche del sensore di pressione 170PC RS.

Il sensore è nominalmente lineare per pressioni sino a 14"H₂O = 355 mm H₂O = 26,1 mm Hg; la sovrappressione massima sopportabile è di 5 psi = 3510 H₂O = 257 mm Hg.

Il sensore è dotato di 4 terminali di I/O; la figura 2 mostra la struttura del sensore e i relativi piedini di collegamento. La tensione di alimentazione di 10 V è applicata ai piedini 1 e 3; il segnale d'uscita V_o è presente sui piedini 2 e 4.

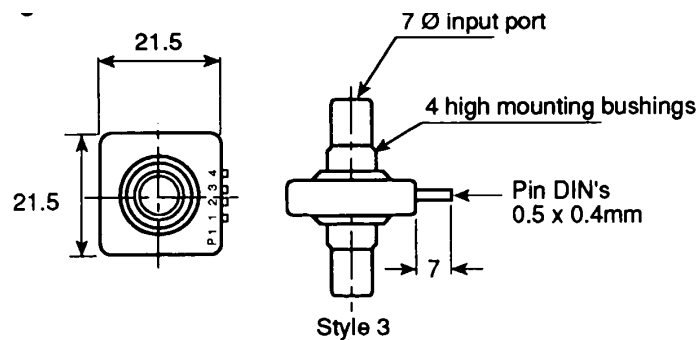


- Notes:** 1. Circled numbers refer to sensor terminals (interface pins).
 2. V_o increases with pressure difference.
 3. $V_o = V_2 - V_4$ (referenced to pin 3).

Figura 2. Struttura e terminali del sensore di pressione 170PC RS.

La figura 3 riporta le caratteristiche meccaniche del sensore.

Figura 3. caratteristiche meccaniche del sensore di pressione 170PC RS.



La porta P1 è lasciata libera in aria, la porta P2 è collegata al liquido di cui si deve misurare la pressione.

Strumento

Lo strumento di misura con display numerico è costituito da un dispositivo Digitron VAP P445/448 della SIFAM Instrument Ltd, alimentato a 220 V. La tabella 1 riporta la configurazione del connettore di I/O.

piedino	descrizione
1	+ VE
2	+ Vi
3	- Vi
4	GND

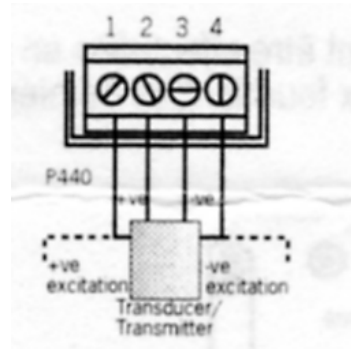


Tabella 1. Configurazione del connettore di I/O del VAP P445.

VE è una tensione continua di eccitazione di 10V, applicabile al trasduttore; Vi è la tensione continua da misurare, minore di 100 mV, prodotta dal trasduttore.

Lo strumento fornisce la misura della tensione d'ingresso in mV con segno e 3 cifre; l'accuratezza di misura è $0.2\% \pm 1$ conteggio.

Misure sperimentali

La caratteristica di risposta del trasduttore è stata verificata usando la struttura mostrata in figura 4: il trasduttore è collegato allo strumento di misura ed una colonna d'acqua è applicata alla porta P2, mentre la porta P1 è in aria.

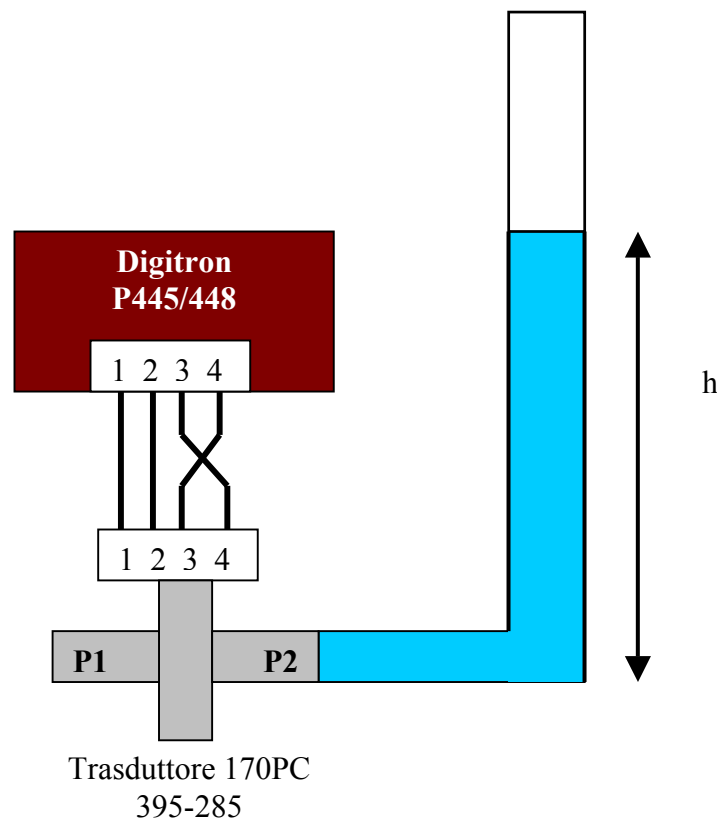


Figura 4. Apparato per la misura della risposta del sensore di pressione 170PC RS.

La tabella 2 riporta i risultati delle misure U (mV) indicate sul display in funzione dell'altezza della colonna d'acqua; i valori in mm Hg sono ricavati mediante la relazione:

$$1 \text{ mm Hg} = 13.596 \text{ mm H}_2\text{O}.$$

h mm H₂O	h mm Hg	U mV
0	0.0	-0.05
22	1.7	1.4
77	5.9	6.7
123	9.5	11.5
168	12.9	16.5
214	16.5	21.2
263	20.2	26.4
310	23.8	31.6
371	28.5	37.5
427	32.8	43
475	36.5	47.6
527	40.5	52.3
591	45.5	58.2
658	50.6	64
727	55.9	69.8
755	58.1	72.1
833	64.1	78.5

Tabella 2. Dati di misura della risposta del trasduttore.

Eseguendo una regressione lineare sui dati di misura si ottiene:

$$U = 0,5002 + 1,2516 \times \text{mm Hg}$$

$$U = 0,5002 + 0,0963 \times \text{mm H}_2\text{O}$$

La pressione in mm H₂O o in mm Hg è dunque ricavata dal valore U indicato sul display mediante le relazioni:

$$\text{mm H}_2\text{O} = -4,4726 + 10,3675 \times U \quad (1)$$

$$\text{mm Hg} = -0,3440 + 0,7975 \times U \quad (2)$$

La figura 5 mostra i grafici di conversioni tra valori di U e pressione in mm H₂O o in mm Hg.

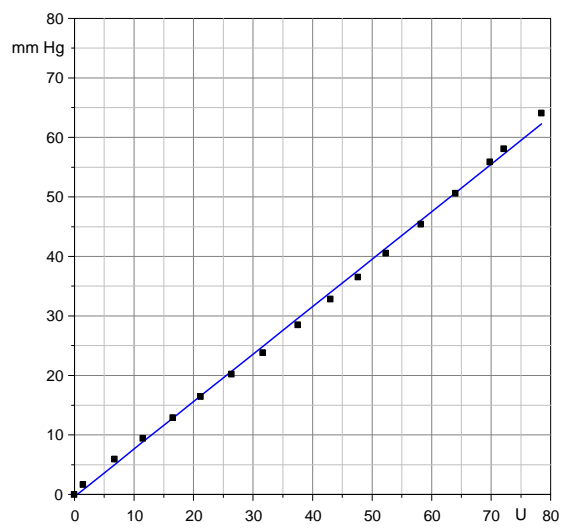
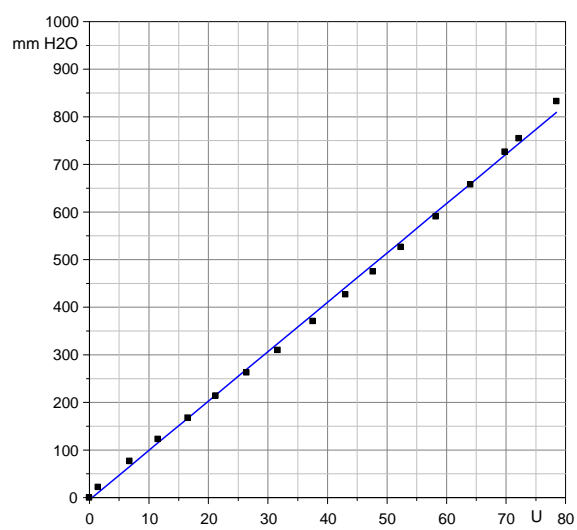


Figura 5. Pressioni in mmH₂O e mm Hg in funzione dell'indicazione dello strumento.

Camera

La camera è costituita da tre elementi ricavate da un blocco di perspex:

- un basamento piano
- un contenitore di forma cilindrica nella parte inferiore e tronco-conica nella superiore
- un coperchio cavo di forma tronco-conica.

Il contenitore è fissato al basamento mediante tre viti; la tenuta è assicurata da un O-ring \varnothing 25 mm, alloggiato in un'apposita sede. Il volume del serbatoio è di circa 6 cc, comparabile con quello dell'occhio; la morfologia interna del contenitore fa sì che nel riempimento mediante il liquido non si formino bolle d'aria. Il foro nella parte superiore ha un diametro di 8 mm, comparabile a quello della cornea; l'inclinazione esterna della parte superiore del contenitore è di 30°, comparabile all'inclinazione della sclera.

Il coperchio si alloggia sulla parte superiore del contenitore, cui viene fissato mediante tre viti. Al centro del coperchio è praticato un foro di 11 mm. La cornea da esaminare viene interposta tra il contenitore ed il coperchio; un O-ring \varnothing 15 mm assicura la tenuta del liquido.

La figura 6 mostra alcuni particolari della camera.

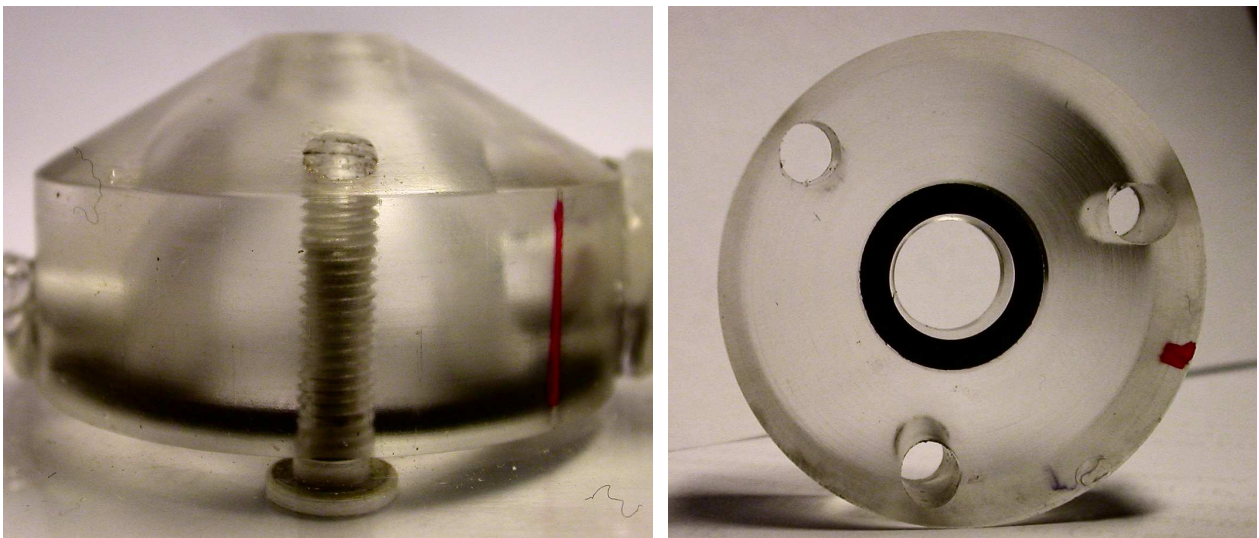


Figura 6. Particolari della camera. A sinistra si ha una vista laterale del serbatoio e si nota l'alloggio filettato di una delle tre viti di fissaggio; a destra si ha una vista del coperchio, in cui s'individuano i tre fori per il bloccaggio, il foro centrale e l'O-ring di tenuta per la cornea.

La figura 7 mostra una vista complessiva della camera. La camera è dotata di tre tubi di raccordo per:

1. inserimento della porta P2 del sensore di pressione
2. riempimento del serbatoio e controllo della pressione
3. sfiato

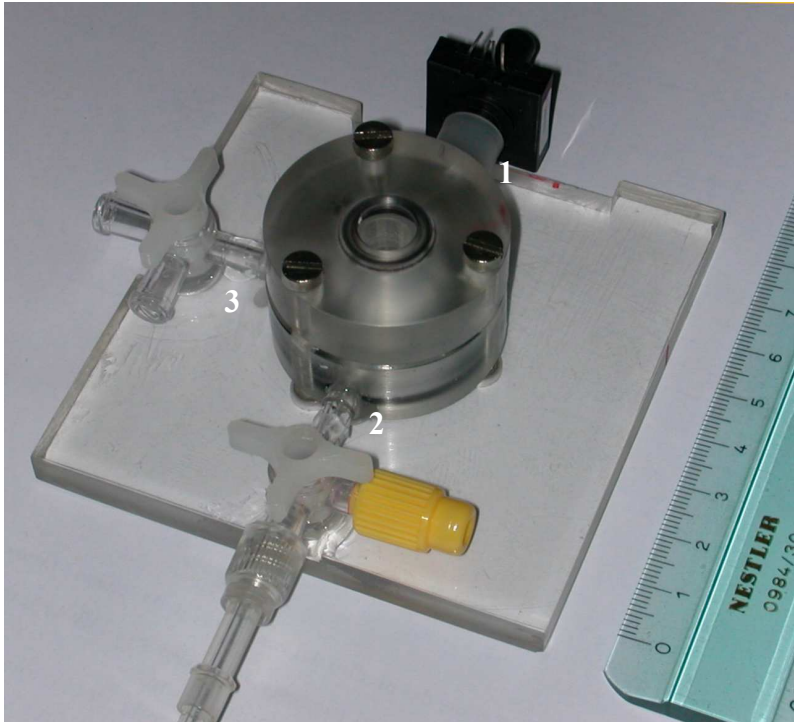


Figura 7. Vista complessiva della camera: s'individuano il sensore di pressione, inserito nel raccordo 1, ed i deviatori inseriti nei raccordi 2 e 3.

I raccordi 2 e 3 sono dotati di deviatori a quattro posizioni, che consentono l'isolamento del serbatoio, oppure il collegamento all'ambiente esterno attraverso due vie, separate o simultanee. La cornea da esaminare dev'essere appoggiata all'estremità superiore del serbatoio e; si deve appoggiare su di essa il coperchio, facendo attenzione che O-ring si appoggi interamente sulla sezione di sclera; il coperchio dev'essere quindi fissato stringendo alternativamente le viti di bloccaggio.

Il serbatoio dev'essere quindi riempito correttamente, procedendo nel seguente modo

1. aprire i deviatori 2 e 3
2. mettere la camera in posizione verticale, col deviatore 2 rivolto verso l'alto
3. inserire il liquido attraverso il deviatore 3 sino a quando esso fuoriesce dal deviatore 2
4. chiudere i deviatori 2 e 3

Una volta riempita, la camera può essere tenuta in una posizione qualsiasi.

La regolazione della pressione all'interno del serbatoio può essere fatta mediante una siringa micrometrica oppure mediante una colonna d'acqua, applicate ad una delle vie del deviatore 2. Il valore della pressione viene mostrato indirettamente dal display; la misura in mm H₂O o in mm Hg è ottenuta usando le equazioni 1 e 2, oppure i grafici di conversione.