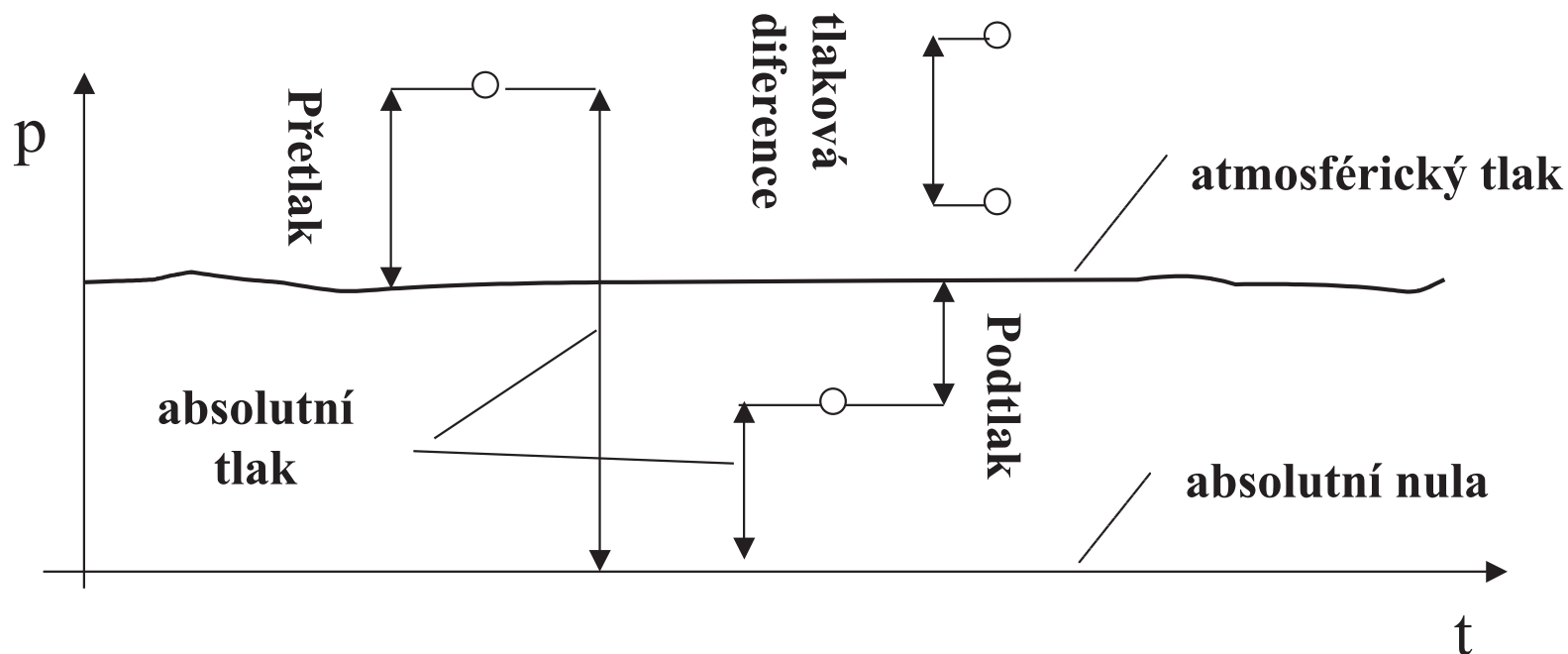


Základní pojmy

☞ Definice tlaku:

Síla působící kolmo na jednotku plochy

$$p = \frac{F}{S} \quad [\text{Pa}, \text{N}, \text{m}^2]$$



Rozdělení tlakoměrů

☞ Podle měřeného tlaku

- ☞ manometry - přetlak
- ☞ barometry - atmosférický tlak
- ☞ vakuometry - podtlak
- ☞ diferenční tlakoměry - tlaková difference

☞ Podle principu

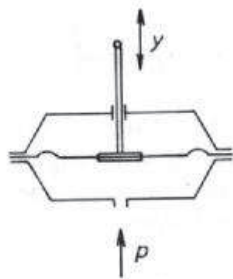
- ☞ kapalinové
- ☞ pístové
- ☞ deformační

Deformační tlakoměry s mech. výstupem

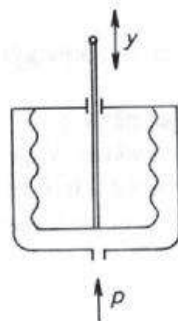
☞ Princip

- ☞ Převod tlaku na sílu, která způsobí pružnou deformaci tlakoměrného členu

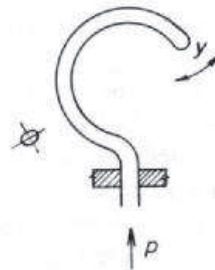
☞ Druhy tlakoměrných členů



membrána



vlnovec



bourdonova trubice

Tlakoměrné členy

☞ Membrána

- ☞ tenká pružná deska kruhového tvaru
- ☞ soustředné vlny (linearita, pružnost)
- ☞ uzavřena v přírubách
- ☞ vyztužená střední část
- ☞ materiál - pryž, nerezová ocel, tombak, křemík
- ☞ měřicí rozsah - 1 kPa až 1MPa
- ☞ malý zdvih

☞ Vlnovec

- ☞ kovová trubice vyválnovaná do vln
- ☞ materiál - nerezová ocel, tombak
- ☞ měřicí rozsah - do 25MPa
- ☞ větší zdvih

☞ Bourdonova trubice

- ☞ oválný nebo eliptický průřez
- ☞ materiál - nerezová ocel, tombak
- ☞ nejvyšší tlaky

Deformační tlakoměry s el. výstupem

- ☞ deformační člen + převodník (síla



Odporové kovové tenzometry

Drátové tenzometry

Tenzometry s volnou mřížkou

nelepí se na objekt

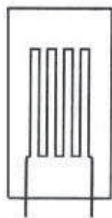
do pružného členu jsou vetknuty izol. kolíčky (safír)

mezi kolíčky je několik závitů odpor. drátku

výhoda - nezkreslený přenos deformace z objektu na senzor

Tenzometry lepené (obr. a)

odporový drátek je přilepen k izolační podložce
izolační podložka se lepí na siloměrný člen



a)



b)



c)

Fóliové tenzometry

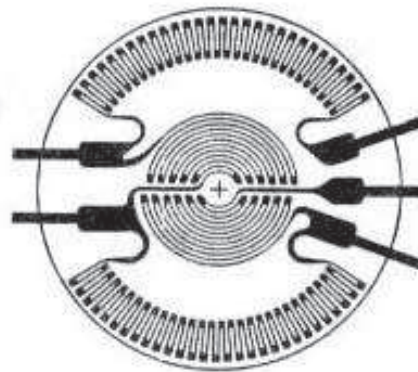
Lepené fol. tenzometry (obr. b)

tenké kovové fólie ($5\mu\text{m}$)

nosné izolační podložky (např. polyamid tl. $20\mu\text{m}$)

nejpoužívanější kovové tenzometry
realizace na membráně (rozeta)

Vr



. c)

Odporové polovodičové tenzometry

Vlastnosti

velká citlivost

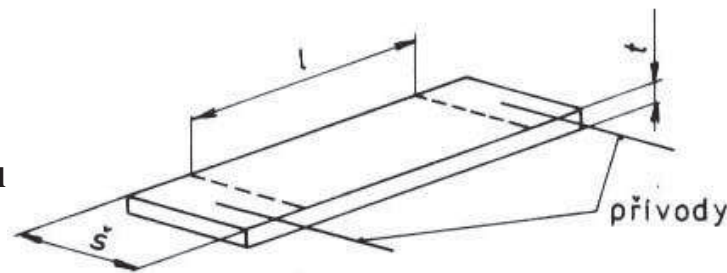
teplotní závislost odporu

snadná integrace do siloměrného členu

Monokrystalické lepené tenzometry

destička z monokrystalu křemíku

tenzometr se lepí na siloměrný člen



Snímač tlaku se siloměrným členem

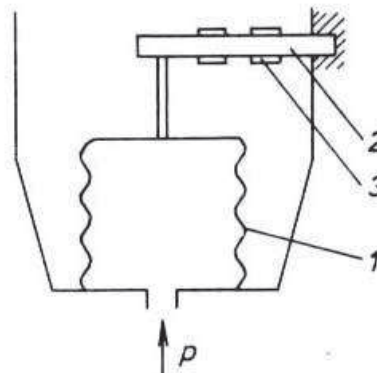
tlakoměrný člen - vlnovec (1)

siloměrný člen - vetknutý nosník (2)

nalepené tenzometry (3)

nevýhody - mechanické prvky, zkreslený
přenos deformace na tenzometry

náhrada čidly s **difundovanými tenzometry**



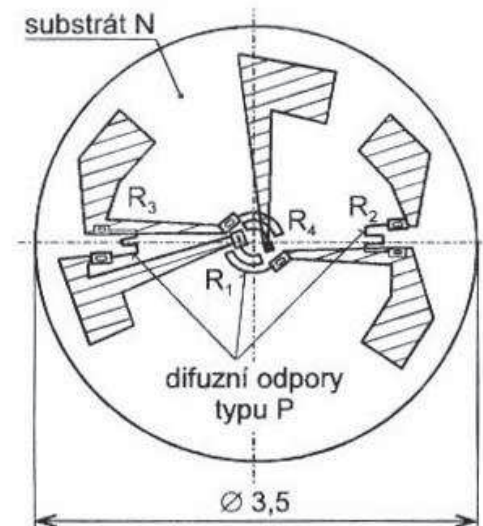
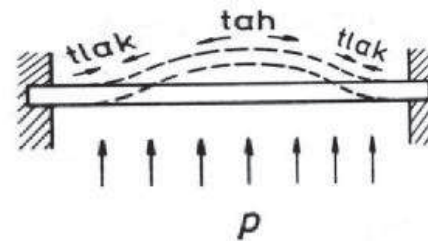
Polovodičové difundované tenzometry

Princip

- ☞ **tenká Si membrána** - tlakoměrný člen + tenzom. převodník
- ☞ do míst namáhaných na tlak a tah jsou difundovány tenzometry
- ☞ struktura difundovaného tenzometru

Polykrystalické tenzometry

- ☞ **naprašování** polovodičového tenzometru
- ☞ použití pro nenáročné aplikace (dom. spotřebiče automobilový průmysl)



Monolitický senzor tlaku s křemikovou membránou s piezorezistory

Měřicí obvody pro odporové tenzometry

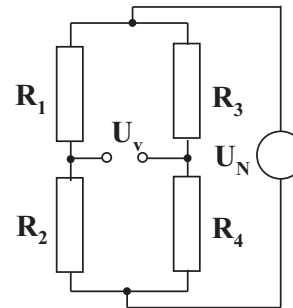
Stejnoseměrné můstky

nejpoužívanější metody

nevýhody - drift ss zesilovačů, vznik termoelektrického napětí

Odvození výstupního napětí můstku

$$U_V = U_N \cdot \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = U_N \cdot \frac{R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{(R_3 + R_4) \cdot (R_1 + R_2)}$$



Měřicí obvody pro odporové tenzometry

R 

Třívodičové zapojení s jedním snímacím odporem

Měřicí obvody pro odporové tenzometry II

Třívodičové zapojení se dvěma snímacími odpory

- a) Měřicí tenzometr + kompenzační tenzometr
- b) Dva měřicí tenzometry (inverzní smysly namáhání)

R 

Pro odpory můstku platí:

$$R_1 = R + \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T$$

$$R_2 = R - \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T$$

$$R_3 = R_4 = R + \Delta R_T$$

ΔR_T je změna R vlivem teploty

ΔR_ε je změna R vlivem deformace

Lze odvodit:

$$U_V \approx U_N \cdot \frac{\Delta R_\varepsilon}{2R}$$

Výstupní napětí je ve srovnání s
můstkem s jedním snímačem
dvojnásobné

Čtyřvodičové zapojení se čtyřmi snímacími odpory

Měřicí obvody pro odporové tenzometry III

Výhody zapojení se čtyřmi tenzometry (plný můstek)

- minimalizace nelinearity
- citlivost (čtyřnásobná)
- chyba vlivem teploty je nulová (stejně tenzometry)
- minimální chyby vlivem odporu přívodů
- vliv R přívodů lze potlačit napájením ze zdroje I

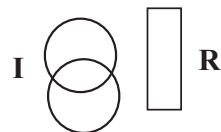
Střídavé můstky

odstranění nestálosti nuly stejnosměrných zesilovačů

odstranění nežádoucích termoelektrických napětí

nevýhody - vliv parazitních impedancí

Měřicí obvody s proudovými zdroji



Provedení snímače tlaku

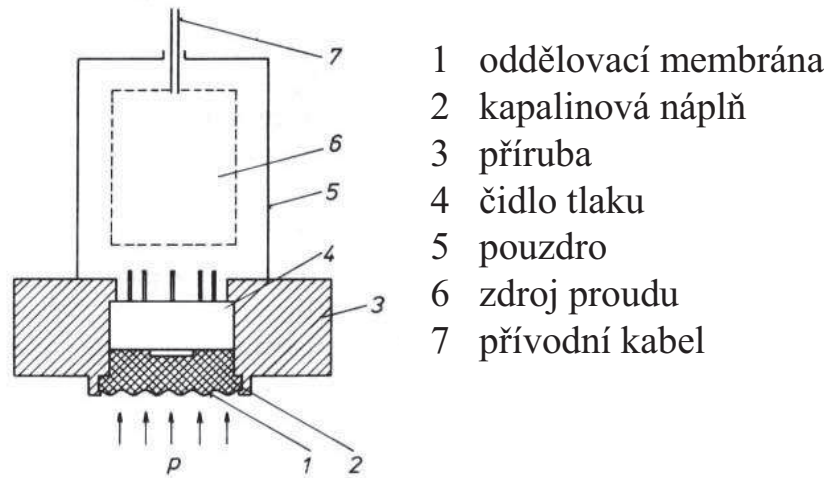
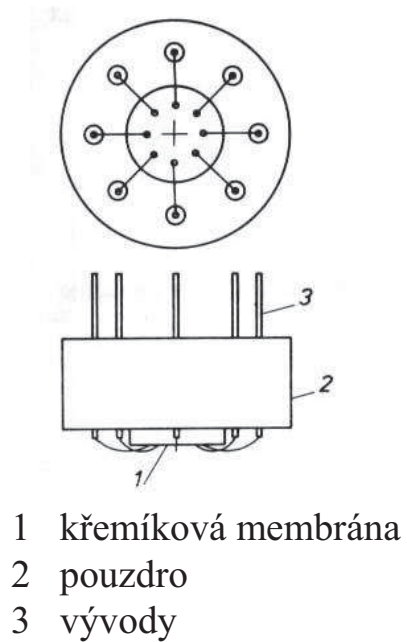
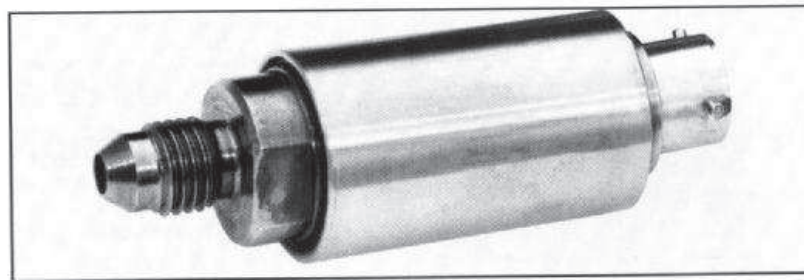
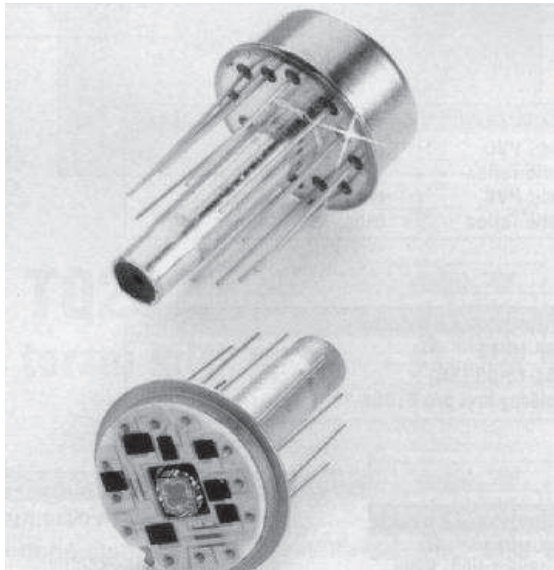


Foto snímačů tlaku



- ✓ Vysoká spolehlivost
- ✓ Dlouhodobá stabilita
- ✓ Celonerezová konstrukce
- ✓ Modely vhodné i pro měření vakua
- ✓ Měřicí rozsahy od 0 - 100 kPa do 0 - 2 MPa
- ✓ Teplotní kompenzace -29°C až +85°C

Kapacitní snímače tlaku

Princip

- ☞ převod tlaku na kapacitu měřicího kondenzátoru
- ☞ elektrody: předpjatá kovová membrána (uzemněno)
pevná elektroda na izolačním podkladu
- ☞ změna tlaku mění **vzduchovou mezeru kondenzátoru**

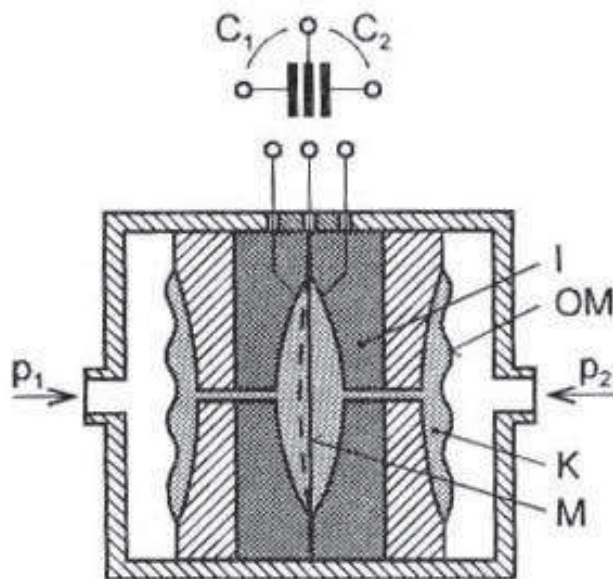
Vlastnosti

- ☞ nelinearita (změna vzduch. mezery), nehomogenní pole
- ☞ teplotní závislost způsobená dilatací elektrod

Použití

- ☞ snímače tlakové difference - kompenzace negativních vlivů
- ☞ velká rozlišovací schopnost
- ☞ vysoká přetížitelnost

Kapacitní snímače tlaku s oddělovací kapalinou



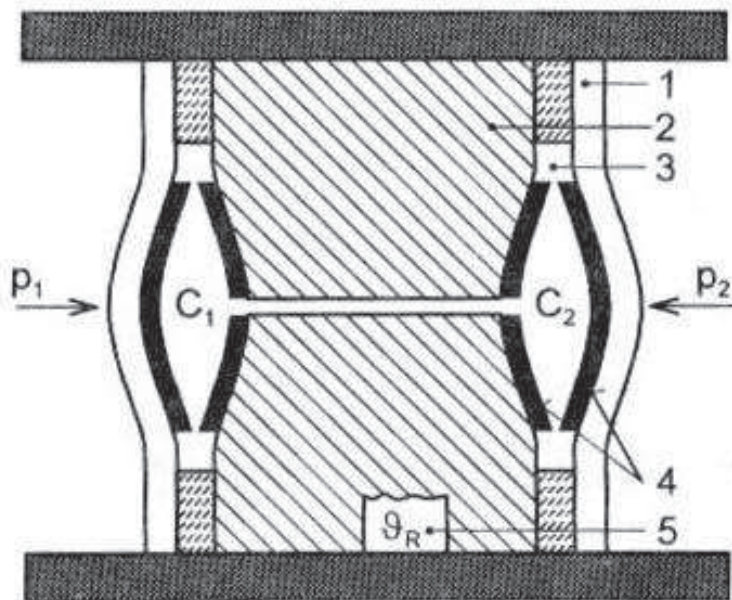
M membrána - střední elektroda
I izolant (sklo)
OM oddělovací membrána
K kapalinová náplň (silikonový olej)

Měřicí kondenzátor:

- střední membrána
- pevné elektrody na izolantu - mech. zarážka proti přetížení

Membrána je v prostoru vyplněném silikonovým olejem K

Kapacitní snímače s keramickými membránami



- 1 keramická membrána - měřicí + oddělovací (sintrovaná keramika AL_2O_3)
- 2 střední díl - keramika
- 3 nestlačitelná kapalina
- 4 elektrody kondenzátoru
- 5 teplotní senzor - měří teplotu uvnitř pouzdra

Vyhodnocení tlak. difference

$$C_1 - C_2 \approx p_1 - p_2$$

$$C_1 + C_2 \approx \text{teplotní dilataci}$$

snímače jsou koncipovány jako
inteligentní - jsou osazeny
procesorem

Optoelektronické deformační snímače

Snímač s optoelektronickým clonicím senzorem

Princip

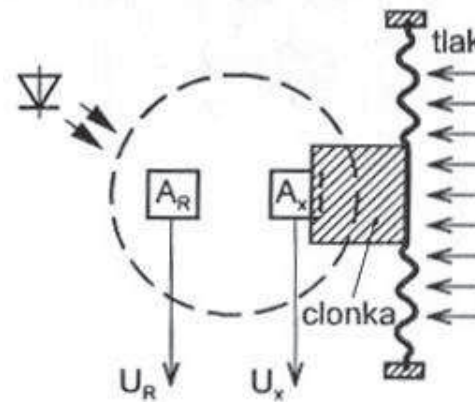
zdroj IR ozařuje refer. (A_R) i aktivní fotodiodu (A_X)
clonka měřicí membrány zastiňuje aktivní fotodiodu
měřený tlak je úměrný U_X/U_R

poměrné měření potlačuje vliv:

- kolísání intenzity zdroje
- stárnutí součástek (změna citlivosti diod)
- tepelných efektů

inteligentní snímač obsahuje:

- A/D převodník s dvojí integrací
- kompensaci nelinearity diod tabulkou (PROM)



Snímač tlaku s optickými vlákny

Princip



- ☞ změna útlumu optického vlákna při mikroohybech vyvolaných tlakem
- ☞ ohyby mění geometrii rozhraní plášť - jádro a zvyšují útlum
- ☞ optimální rozteč zubů hřebínku (při $\varnothing$ vlákna $60\mu\text{m}$) je 3 mm
- ☞ výchylka x je řádově v jednotkách μm
- ☞ snímače jsou vhodné do teploty cca $400\text{ }^{\circ}\text{C}$