

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2240521

ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ

Патентообладатель(ли): *Саратовский государственный
технический университет (RU)*

Автор(ы): *Увакин Валентин Федорович (RU),
Олькова Виктория Борисовна (RU)*

Заявка № 2000124334

Приоритет изобретения 22 сентября 2000 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 20 ноября 2004 г.

Срок действия патента истекает 22 сентября 2020 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов





(19) RU (11) 2240521 (13) C2
(51) 7 G 01 L 9/12

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**
к патенту Российской Федерации

1

(21) 2000124334/28 (22) 22.09.2000
(24) 22.09.2000
(45) 20.11.2004 Бюл. № 32
(72) Увакин В.Ф. (RU), Олькова В.Б. (RU)
(73) Саратовский государственный техниче-
ский университет (RU)
(56) DE 3714131 A1, 10.11.1988. KR 9001465,
13.02.1990. US 4021766 A, 03.05.1977. RU
2082128 C1, 20.06.1997. RU 2052615 C1,
10.01.1996. RU 95108079 A1, 10.03.1997. RU
2082127 C1, 20.06.1997. SU 1565213 A1,
20.09.1999. SU 1413454 A1, 30.07.1998.

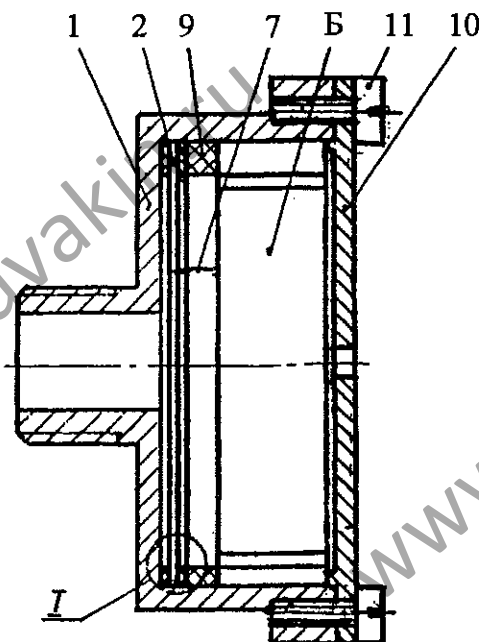
Адрес для переписки: Саратовская
обл., г. Балаково, ул. Чапаева,

(54) **ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ**

(57) Предлагаемый датчик относится к области
измерительной техники, в частности к малога-
баритным датчикам давлений. Датчик содержит
корпус, чувствительный элемент, выполненный

2

в виде двух измерительных гофрированных
мембран с одинаковыми профилями гофр, уста-
новленных в расточке корпуса и жестко соеди-
ненных по центру с взаимно противоположным
прогибом, дифференциальный емкостный пре-
образователь линейных перемещений чувстви-
тельного элемента, электроды которого образо-
ваны измерительными мембранами, электриче-
ски соединенными с корпусом и дополнитель-
ной гофрированной неподвижной мембраной с
центральным отверстием с идентичными про-
филями гофр, размещенной между измеритель-
ными мембранами, электрически изолированной
от корпуса, электроды преобразователя соеди-
нены с усилительно-преобразовательным бло-
ком. Гофрированные измерительные и непод-
вижная мембраны выполнены с гофрами в ок-
ружном и радиальном направлениях с идентич-
ными профилями гофр, на неподвижной мем-



Фиг. 1

RU 2240521 C2

RU 2240521 C2

бране с периферийной стороны выполнены гофры в окружном и радиальном направлениях с глубиной гофр, превышающей глубину гофр на измерительных мембранах в 10...50 раз. Техни-

ческий результат - уменьшение температурной погрешности датчика, упрощение конструкции. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

www.uvakin.ru

www.uvakin.ru

www.uvakin.ru

www.uvakin.ru

www.uvakin.ru

Изобретение относится к области измерительной техники, в частности к малогабаритным датчикам давления.

Известны датчики, содержащие корпус, чувствительный элемент, выполненный из двух измерительных мембран, соединенных по центру силопередающим штоком по дифференциальной схеме, и магнитоупругий дифференциальный преобразователь линейных перемещений штока [1].

Недостатками известных датчиков давления являются низкая точность измерения, большая температурная погрешность, обусловленная различием температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) материалов отдельных элементов датчика [2].

Известны также датчики давлений, содержащие корпус, в котором размещены мембрана с жестким центром, выполненная заодно целое с цилиндрическим опорным основанием с образованием периферийного консольного участка, диск, установленный с зазором относительно мембраны с помощью установочных прокладок, расположенных на периферии консольного участка, и емкостный преобразователь деформаций, выполненный в виде двух пар противоположных электродов, расположенных по центру и на недеформируемой части соответственно мембраны и диска, в него введена втулка, жестко закрепленная противоположными торцами между консольным участком мембраны и выполненным в опорном основании торцевым участком, причем температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) материала втулки α_0 не равен ТКЛР материала мембраны α_1 , высота L_1 втулки и толщина h_1 консольного участка мембраны определены из полученных соотношений, приведенных в формуле.

Недостатками таких датчиков являются конструктивная сложность схемы компенсации температурных погрешностей, наличие в ней дополнительных жестких соединений торцов втулки с консольным участком мембраны и выполненным в опорном основании торцевым участком, что приводит к нарушению сплошности (монолитности) конструкции, высокая стоимость и пониженная надежность работы.

Технический результат, обеспечиваемый изобретением, выражается в упрощении конструкции, снижении стоимости, повышении надежности работы датчика.

Это достигается тем, что датчик давления, содержащий корпус, чувствительный элемент,

выполненный в виде двух измерительных гофрированных мембран с одинаковыми профилями гофр, установленных в расточке корпуса, жестко соединенных по центру с взаимно противоположным прогибом, дифференциальный емкостный преобразователь линейных перемещений чувствительного элемента, электроды которого образованы измерительными гофрированными мембранами, электрически соединенными с корпусом и дополнительной гофрированной неподвижной мембраной с центральным отверстием с идентичными профилями гофр, размещенной между измерительными мембранами, электрически изолированной от корпуса, электроды преобразователя соединены с усилительно-преобразовательным блоком, гофрированные измерительные и неподвижная мембраны выполнены с гофрами в окружном и радиальном направлениях с идентичными профилями гофр, на неподвижной мембране с периферийной стороны выполнены гофры в окружном и радиальном направлениях с глубиной гофр, превышающей глубину гофр на измерительных мембранах в 10...50 раз, измерительные гофрированные мембраны соединены с рабочим участком неподвижной мембраны через изолирующие гофрированные прокладки с идентичными по отношению к измерительным мембранам профилям гофр, а неподвижная мембрана закреплена в расточке корпуса через эластичные прокладки.

Проведем оценку влияния предложенных конструктивных решений на уменьшение температурной погрешности датчика от разности ТКЛР материалов корпуса и мембран на примере датчика разрежения с диапазоном измерения перепадов давления p до 400 Па, в котором рабочий диаметр измерительных мембран $D_p=24$ мм, толщина $h_p=0,05$ мм, глубины гофр $H_p=0,1$ мм ($H_p/h_p=2$), наружный диаметр неподвижной мембраны $D_{пн}=38$ мм, диаметр гофрированной части неподвижной мембраны $D_{пг}=35$ мм, толщина $h_{пг}=0,04$ мм, глубина гофр на периферийном участке неподвижной мембраны $H_{пг}=0,8$ мм ($H_{пг}/h_{пг}=20$).

Пусть измерительные мембраны выполнены из плавящего кварца, для которого ТКЛР $\alpha_{кв}=0,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а корпус из нержавеющей стали Х18Н9Т с $\alpha_{ст}=12,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, максимальный градиент температур $\Delta t=80^\circ\text{C}$. Для плоской измерительной мембраны из плавящего кварца максимальные растягивающие (сжимающие) темпе-

ратурные напряжения σ_{tm} при модуле упругости плавленого кварца $E_{кв}=73$ ГПа равны

$$\sigma_{tm} = (\alpha_{cr} - \alpha_{кв}) \cdot \Delta t = 70 \text{ МПа.} \quad (1) \text{ МПа.}$$

Максимальное эквивалентное напряжение в плоской мембране от действия давления $p=400$ Па $\sigma_{эп}$ при $\mu_{кв}=0,17$ равно [3]

$$\sigma_{эп} = \frac{3}{4} \cdot \frac{pR^2}{h^2} \sqrt{1 - \mu_{кв} + \mu_{кв}^2} = 16 \text{ МПа.} \quad (2)$$

Температурные напряжения в плоской мембране за счет разности ТКЛР материала корпуса и мембран в 4,4 раза превышают максимальное эквивалентное напряжение от измеряемой величины и необходимость введения схемы компенсации температурной погрешности датчика давления очевидна.

При расчете гофрированную в окружном и радиальном направлениях мембрану можно рассматривать как конструктивно ортотронную пластину.

Модули упругости на растяжение E_{rp} и E_{rp} и изгиб E_{rn} и E_{rn} в радиальном и окружном направлениях анизотропного материала эквивалентной плоской мембраны определяется по следующим соотношениям

$$E_{rp} = \frac{K_{rp}}{K_{lr}E}; E_{rp} = \frac{K_{rp}}{K_{lr}E}; E_{rn} = \frac{K_{lr}}{K_{lp}E}; E_{rn} = \frac{K_{lr}}{K_{lp}E}; \quad (3)$$

где коэффициенты $K_{ij} > 1$, определяются из условия равенства жесткостей полосок одинаковым образом выделенных из гофрированной в окружном и радиальном направлениях и плоской анизотропной мембран.

Для пологого синусоидального профиля гофр в работе [3] приведены следующие соотношения для коэффициентов анизотропии $K_{lr}=K_{lr}=1$

$$K_{rp} = \frac{3}{2} \left(\frac{H_r}{h_p} \right)^2 + 1; K_{rp} = \frac{3}{2} \left(\frac{H_r}{h_p} \right)^2 + 1, \quad (4)$$

где H_r , H_t - глубины гофр гофрированной в окружном и радиальном направлениях мембраны. С целью упрощения анализа принимаем $H_r=H_t=H_r$. Тогда $K_{rp}=K_{rp}=K_2$.

Упругая характеристика мембраны по давлению с гофрами в окружном и радиальном направлениях в больших перемещениях имеет следующий вид [5]

$$\frac{pR^4}{Eh^4} = a \frac{W_0}{h} + b \frac{W_0^3}{h^3}, \quad (5)$$

$$\text{где } a = \frac{2K_{rp}(3+\beta)(1+\beta)}{3K_{lr} \left(1 - \frac{\mu^2 K_{lr} K_{lr}}{K_{rp} K_{rp}} \right)}; \quad (6)$$

$$b = \frac{32K_{lr}}{K_{rp}(9-\beta^2)} \left[\frac{3K_{rp} - \mu K_{lr}}{(\beta K_{rp} - \mu K_{lr})(\beta + 3)} - \frac{1}{6} \right]; \quad (7)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{K_{rp} K_{lr}}{K_{rp} K_{lr}}}, \quad (8)$$

где p - давление; E - модуль упругости материала мембраны; R - радиус мембраны; W_0 - прогиб центра мембраны; μ - коэффициент Пуассона для материала мембран; a , b - безразмерные коэффициенты при линейном и кубическом членах упругой характеристики мембраны; β - безразмерный параметр, учитывающий геометрию волн гофр в окружном и радиальном направлениях мембраны.

При условии $K_{lr}=K_{lr}=K_1=1$ и $K_{rp}=K_{rp}=K_2$ коэффициент $\beta=1$ и выражения для коэффициентов a и b упругой характеристики измерительной мембраны в первом приближении примут вид

$$a_n = \frac{16}{3} K_2; b_n = \frac{4}{K_2} \left[\frac{3K_2 - \mu}{4(K_2 - \mu)} - \frac{1}{6} \right]. \quad (9)$$

Для плоской мембраны $K_{rp}=K_{rp}=1$, выполненной из плавленого кварца, эти коэффициенты будут равны $a_{он}=5,5$, $b_{он}=2,74$.

Для измерительных мембран $H_r/h_p=2$, коэффициенты анизотропии $K_1=1$, $K_2=7$ и коэффициенты в уравнении (5) будут равны $a_n=37,3$, $b_n=0,34$. Следовательно, изгибная жесткость гофрированной измерительной мембраны при измерении давления по сравнению с плоской мембраной возросла в $a_n/a_{он}=6,78$ раз, а жесткость на растяжение мембраны уменьшилась в $b_{он}/b_n=8,06$ раз.

Гофрированную часть периферийного участка неподвижной мембраны с относительной глубиной гофр $H_{пг}/h_{пг}=20$, толщиной $H_{пг}=0,04$ мм с наружным диаметром гофр $D_{пг}=35$ мм и внутренним $D_{пв}=27$ мм можно представить в виде мембраны с жестким центром радиуса $R_0=D_{пв}/2$.

Уравнение абсолютно гибкой плоской анизотропной неподвижной мембраны с жестким центром с радиусом $\rho_0=D_{пв}/D_{пг}=0,77$ по давлению при больших перемещениях можно представить в виде [6]:

$$\frac{pR_0^4}{Eh_n^4} = \frac{32K_{lr}}{K_{rp}(9-\beta^2)(1-\rho_0^2)(1+\rho_0^2)} \left\{ \frac{1-\rho_0^6}{6} - \frac{3K_{rp}-\mu K_{lr}}{1-\rho_0^{2\beta}} \right. \\ \left. + \left[\frac{(1-\rho_0^{2+2\beta})}{(\beta K_{rp} - \mu K_{lr})(\beta + 3)} + \frac{(\rho_0^6 - \rho_0^2)}{(\beta K_{rp} + \mu K_{lr})(\beta - 3)} \right] \frac{W_n^3}{h_n^3} \right\}. \quad (10)$$

Для неподвижной мембраны из плавленого кварца и значений коэффициентов анизотропии $K_{lr}=K_{lr}=1,1$, $\beta=1,0$, $K_{rp}=640$ получим

$$\frac{pR_0^4}{Eh_n^4} = b_{пг} \frac{W_n^3}{h_n^3}, \quad (11)$$

где $b_{пг}=0,0175$.

Приведем это уравнение к толщине h_p измерительной мембраны. После преобразований получим

$$\frac{\rho R_{II}^4}{E_{kb} h_p^4} = b_{ппр} \frac{W_{II}^3}{h_p^3}, \quad (12)$$

где $b_{ппр} = b_{II} \cdot h_{II} / h_p = 0,014$.

Обозначим через $C_i = E \cdot b_i$ величины, пропорциональные жесткостям мембран на растяжение (сжатие) абсолютно гибких эквивалентных анизотропных мембран толщиной h_p , для измерительных мембран $C_k = E_{kb} \cdot b_k$, неподвижной мембраны $C_{ппр} = E_{kb} \cdot b_{ппр}$ и изотропной плоской мембраны $C_o = E_{kb} \cdot b_o$.

Величины, обратные жесткостям на растяжение абсолютно гибких мембран под действием давления, назовем соответственно податливостями мембран $P_k, P_{ппр}, P_o$

$$P_k = \frac{1}{E_{kb} b_k}; \quad P_{ппр} = \frac{1}{E_{kb} b_{ппр}}; \quad P_o = \frac{1}{E_{kb} b_o}. \quad (13)$$

Суммарная податливость на растяжение (сжатие) P_{Σ} неподвижной мембраны, двух измерительных мембран, соединенных последовательно с неподвижной мембраной и параллельно с частью неподвижной мембраны, образующей неподвижный электрод емкостного датчика линейных перемещений измерительных мембран, имеющей близкую по величине жесткость

$$P_{\Sigma} = P_{ппр} + \frac{P_k}{3}. \quad (14)$$

Учитывая, что распределение суммарной температурной относительной деформации происходит обратно пропорционально податливостям отдельных участков последовательной цепи, то коэффициент уменьшения относительной температурной деформации на измерительных мембранах за счет введения гофр на неподвижной мембране с периферийной стороны в окружном и радиальном направлениях с глубиной гофр $H_{II}/h_{II} = 20$ будет равен

$$K_{стп} = \frac{P_{ппр}}{P_{ппр} + \frac{P_k}{3}} = \frac{b_{ппр}}{b_{ппр} + 3b_k} = 0,0135. \quad (15)$$

Коэффициент уменьшения относительной температурной деформации на измерительных мембранах за счет выполнения на них гофр в окружном и радиальном направлениях и уменьшении их жесткости на растяжение по сравнению с жесткостью на растяжение плоской мембраны равен

$$K_{стг} = b_k / b_{oII} = 0,125. \quad (16)$$

Жесткость на растяжение кольцевой плоской части неподвижной мембраны при ширине плоской кольцевой части $b_{пох} = (D_{пн} - D_{пр})/2$ и ее среднем диаметре $D_{cp} = (D_{пн} + D_{пр})/2$ равна

$$C_b = \frac{E_{kb} F}{b} = \frac{E_{kb} \pi D_{cp} h_p}{b}. \quad (17)$$

Жесткость на сдвиг двух кольцевых эластичных прокладок толщиной $h_{пр} = 0,2$ мм со средним диаметром $D_{cp} = 36,5$ мм шириной $b_{пр} = 1,5$ мм при относительной величине сдвига $\lambda_{сд}/h_{пр} < 0,5$ рассчитывается по формуле [7]

$$C_{сд} = \frac{2GF}{h_{пр}} = \frac{2G_{пр} \pi D_{cp} b}{h_{пр}}, \quad (18)$$

где $G_{пр}$ - модуль сдвига для материала прокладок, например для материала из термически расщепленного графита "Графлекс" $G_{пр} = (1...2)$ МПа.

Коэффициент уменьшения относительной температурной деформации на измерительных мембранах за счет введения двух эластичных прокладок $K_{стпр}$ равен отношению жесткостей на сдвиг эластичных кольцевых прокладок к жесткости на растяжение кольцевой плоской части неподвижной мембраны и для принятых значений размеров прокладок, модуле сдвига $G_{пр} = 1,5$ МПа равен

$$K_{стпр} = \frac{b^2 G_{пр}}{h_{пр} h_p E_{kb}} = 4,6 \cdot 10^{-3} \quad (19)$$

Коэффициент уменьшения относительной температурной деформации измерительных мембран за счет введения эластичных прокладок в значительной степени зависит от усилия затяжки неподвижной мембраны, модуля сдвига $G_{пр}$, коэффициента трения между прокладками и неподвижной мембраной, температуры и его значение может изменяться в несколько раз. Поэтому при расчете $K_{стпр}$ можно ввести поправочный коэффициент $K_{ноп} = 2...3$. Кроме того, такая схема компенсации температурной погрешности датчика может привести к смещению оси чувствительности датчика по отношению к базовой поверхности, что существенно для приборов, измеряющих составляющие векторных величин.

Суммарный коэффициент снижения относительной температурной деформации измерительных мембран K_{Σ} за счет схемных решений в датчике давления составит

$$K_{\Sigma} = K_{ноп} \cdot K_{стп} \cdot K_{стг} \cdot K_{стпр} = 2 \cdot 10^{-5}. \quad (20)$$

Приведенный анализ показывает, что температурная погрешность датчика малых давлений за счет различных значений ТКЛР материалов для корпуса прибора и мембран может быть снижена в десятки тысяч раз.

С учетом полученного ранее максимально го растягивающего (сжимающего) напряжения для плоской изотропной мембраны $\sigma_{lm} = 70$ МПа,

значения суммарного коэффициента снижения относительной температурной деформации измерительных мембран K_{Σ} и максимального эквивалентного напряжения в плоской измерительной мембране от действия давления p $\sigma_{\Sigma}=16$ МПа, температурная аддитивная погрешность датчика давлений в диапазоне температур от -60 до +100°C не превысит значения

$$\delta_1 < \frac{\sigma_{\Sigma} K_{\Sigma}}{\sigma_{\Sigma}} = 9 \cdot 10^{-5}. \quad (21)$$

Температурная мультипликативная погрешность датчика давлений за счет температурного изменения модуля упругости плавленого кварца при сравнительно малом его температурном коэффициенте модуля упругости $\beta_E=71 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и $\Delta t=80^\circ\text{C}$ составит

$$\delta_{\Sigma} = \beta_E \cdot \Delta t = 5,68 \cdot 10^{-3}. \quad (22)$$

На фиг.1 изображен предлагаемый датчик давления, в разрезе; на фиг.2 - дифференциальный емкостный преобразователь линейных перемещений чувствительного элемента, в разрезе; на фиг.3 - элементарный участок гофрированной по двум ортогональным направлениям ОХ и ОУ оболочки (мембраны).

Датчик содержит корпус 1, в котором установлен дифференциальный емкостный преобразователь 2 линейных перемещений чувствительного элемента, выполненный в виде двух измерительных гофрированных в окружном и радиальном направлениях мембран 3 и неподвижной гофрированной в окружном и радиальном направлениях мембраной 4 с центральным отверстием с двумя участками гофр - рабочим участком диаметром D_p с одинаковой глубиной гофр H_p и идентичными по отношению к измерительным мембранам профилями гофр и периферийный участок неподвижной мембраны с гофрами в окружном и радиальном направлениях с наружным $D_{\text{нр}}$ и внутренним $D_{\text{нв}}$ диаметрами с глубиной гофр H_n , превышающей глубину гофр измерительных мембран в 10...50 раз. Меньшие значения этого коэффициента соответствуют более толстым мембранам. При отношении $H_n/H_p=10$ температурная погрешность датчика уменьшится в 20000...50000 раз, что для ряда датчиков является достаточным, а при $H_n/H_p=50$ - в 175000...350000 раз. Дальнейшее увеличение этого отношения снижает технологичность изготовления неподвижной мембраны. Закрепление неподвижной мембраны 4 в расточке корпуса производится плоским кольцевым участком мембраны с диаметрами от $D_{\text{нр}}$ до $D_{\text{нв}}$ через эластичные прокладки.

Измерительные мембраны 3 соединены с рабочим участком неподвижной мембраны 4 через изолирующие гофрированные в окружном и радиальном направлениях прокладки 5 с идентичными по отношению к измерительным мембранам профилями гофр.

Для прецизионных датчиков давления гофрированные мембраны 3, 4 и прокладки 5 можно изготовить из ленты плавленого кварца толщиной $h=(30...100) \cdot 10^{-1}$ м горячей штамповкой в комбинированном штампе эластичной средой, в качестве которой можно использовать термически расщепленный графит с высокими упругими, пластическими и антифрикционными свойствами и термоустойчивостью в защитной среде до 3000°C, непроницаемостью для жидкостей и газов.

В этом случае соединение мембран 3, 4 с прокладками 5 можно произвести "холодной" сваркой [8], которая включает нанесение тончайших равномерных пленок двуокиси кремния на соединяемые поверхности и облучение мест соединений в специальных камерах инфракрасными лучами при температурах 150...250°C. Это позволяет резко снизить термоупругие напряжения в упругих элементах конструкции датчика, так как шлейка клея не деформируется, обеспечить однородность среды на границах соединений, сохранить геометрию и обеспечить высокую прочность и стойкость к термоударам соединений мембран с прокладками.

Плавленый кварц имеет высокую добротность $Q=(1...9) \cdot 10^6$ и позволяет получить очень малую погрешность измерительных преобразователей от гистерезиса.

Электроды емкостного преобразователя 2 выполнены двусторонним напылением слоев металла равной толщины, например, холодным газодинамическим способом по патенту РФ № 4946269, на рабочие участки мембран 3, 4 для уменьшения биметаллического эффекта (не показаны).

Для датчиков давления средней точности в качестве материала мембран 3, 4 можно использовать дисперсионно-твердеющие сплавы типа 36ХНЮФ-ВИ, которые после закалки имеют $\sigma_b=700$ МПа и относительное удлинение $\delta=39\%$, а после последующего старения имеют предел упругости $\sigma_{0,002}=1200$ МПа, ТКЛР $\alpha_t=11,5 \cdot 10^{-6}/\text{K}^{-1}$.

В качестве изолирующих прокладок 5 можно использовать ленту термопласта - полиэтилентерефталата ПЭТФ, имеющую следующие электрофизические характеристики: предел

прочности на растяжение $\sigma_b=120...150$ МПа, относительное удлинение $\sigma=50\%$, модуль упругости $E=2,9...3,8$ ГПа, интервал рабочих температур $-60...+155^\circ\text{C}$, пробивная напряженность $E_{пр}=140$ МВ/м, удельное объемное электросопротивление $\rho_v=10^{13}$ Ом·м, диэлектрическая проницаемость $\epsilon=3,1...3,2$, тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta=0,002$, ТКЛР $\alpha_t=27\cdot 10^{-6}$ K^{-1} , соединение которых с металлом можно произвести клеями-расплавами на основе модифицированного ПЭТФ [9].

В корпусе датчика установлен усилительно-преобразовательный блок 6, который соединен с емкостным преобразователем гибкими токопроводами 7. Для дополнительного снижения термических напряжений в измерительных мембранах установка емкостного преобразователя производится через эластичные прокладки 8. Крепление узлов в датчике производится через изоляционное кольцо 9 крышкой 10 и винтами 11.

В качестве преобразователя изменения емкости дифференциального конденсатора в усилительно-преобразовательном блоке 6 можно использовать мост Саути, который обеспечивает линейное преобразование приращения емкостей дифференциального конденсатора в пропорциональный электрический сигнал [10].

На фиг.3 представлен элемент конечных размеров, вырезанный из гофрированной в окружном и радиальном направлениях мембраны с глубиной гофр в окружном H_r и радиальном H_t направлениях, длинами волн гофр в окружном l_r и радиальном l_t направлениях. Для наглядности изображения на фиг.3 также показаны линии пересечения гофрированной мембраны с радиальными секущими плоскостями через четверть длины волны $l_t - S_{r1}, S_{r2}$, линий пересечения цилиндрических секущих поверхностей с поверхностью гофрированной мембраны через половину длины волны $l_r - S_{t1}, S_{t2}$ и линии пересечения поверхности гофрированной мембраны с горизонтальной секущей плоскостью $G - S_{t3}$.

Датчик давления работает следующим образом.

Измеряемое в объекте давление действует на левую измерительную мембрану, а атмосферное давление - на правую измерительную мембрану. Перепад давлений на измерительных мембранах 3 приводит к прогибу измерительных мембран, жестко соединенных по центру, изменению расстояний между измерительными мембранами и рабочим участком неподвижной

мембраны. При этом емкости плеч дифференциального

конденсатора изменяются, что приводит к разбалансу моста Саути и появлению на выходе усилительно-преобразовательного блока 6 электрического сигнала, пропорционального перепаду давлений.

В случае выполнения корпуса 1 из инвара, например сплава 36Н, для которого $\alpha_t=10^{-6}$ K^{-1} , а изоляционного кольца 9 из плавленного кварца, достижимая составляющая температурной аддитивной погрешности датчика за счет разности ТКЛР материалов корпуса и мембран не превысит 10^{-5} . Однако при этом возрастает цена прибора.

Порог чувствительности такого датчика с упругими элементами из плавленного кварца составит 10^{-5} .

Центральное отверстие в мембране подвеса предназначено для создания воздушного демпфирования колебаний мембран.

Установка емкостного преобразователя на упругой подвеске, выполняющей роль амортизатора, позволяет уменьшить дополнительные напряжения от действия ударных и вибрационных ускорений движущегося объекта и увеличить ресурс датчика.

Источники информации

1. Авторское свидетельство СССР № 1413454, кл. G 01 L 9/16. Дифференциальный датчик давлений. БИ №28, 1988.
2. Испытательная техника. Справочник в 2-х книгах./ Под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 1982. - Кн. 2.1982. - С.356.
3. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. - Машгиз, 1962. -С.235.
4. Прецизионные сплавы. Справочник /под ред. В.В. Молотилова. - М.: Металлургия, 1983. С.299-303.
5. Увакин В.Ф., Олькова В.Б. Исследование и разработка высокоточного датчика малых давлений. Доклады 3 Российской научной конференции 13-18 мая 2000 г. Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах. - Буркин, 2001. С.119-135.
6. Увакин В.Ф., Олькова В.Б. Расчет упругой характеристики гофрированной в окружном и радиальном направлениях мембраны с жестким центром, нагруженной давлением. Межвузовский научный сборник. Прогрессивные направления развития технологии машиностроения. Саратов: СГТУ, 2002, С.105.
7. Заплетохин В.А. Конструирование соединений деталей в приборостроении. Справочник. - Л.: Машиностроение, 1988. С.40.

8. Федин Э. Самое надежное соединение стеклянных деталей // Изобретатель и рационализатор. - 1984, №10. - С.18.

9. Справочник по пластическим массам. В двух томах. Т. II / Под ред. В.М. Катаева и др. М.: Химия, 1975. - С.155-159.

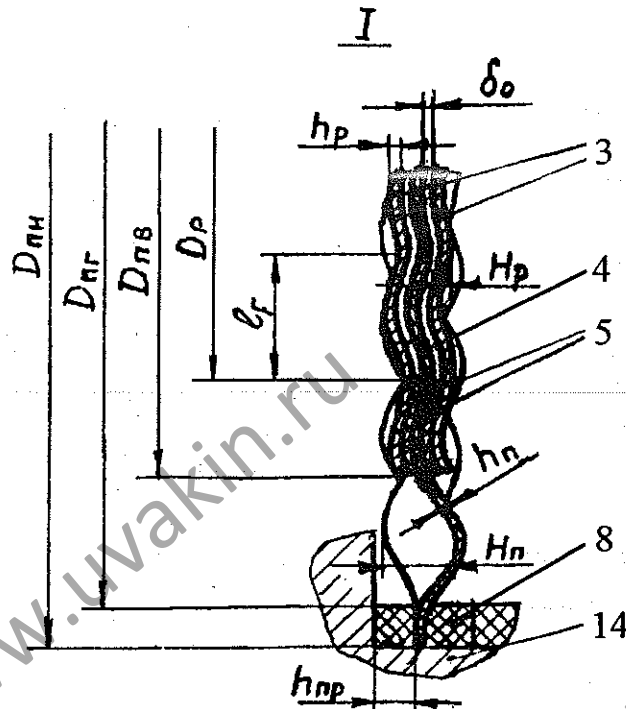
10. Аш Ж., Андре П., Бьюфронт Г. и др. Датчики измерительных систем. В двух книгах. Кн.1. М.: Мир, 1992. - С.388-389.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

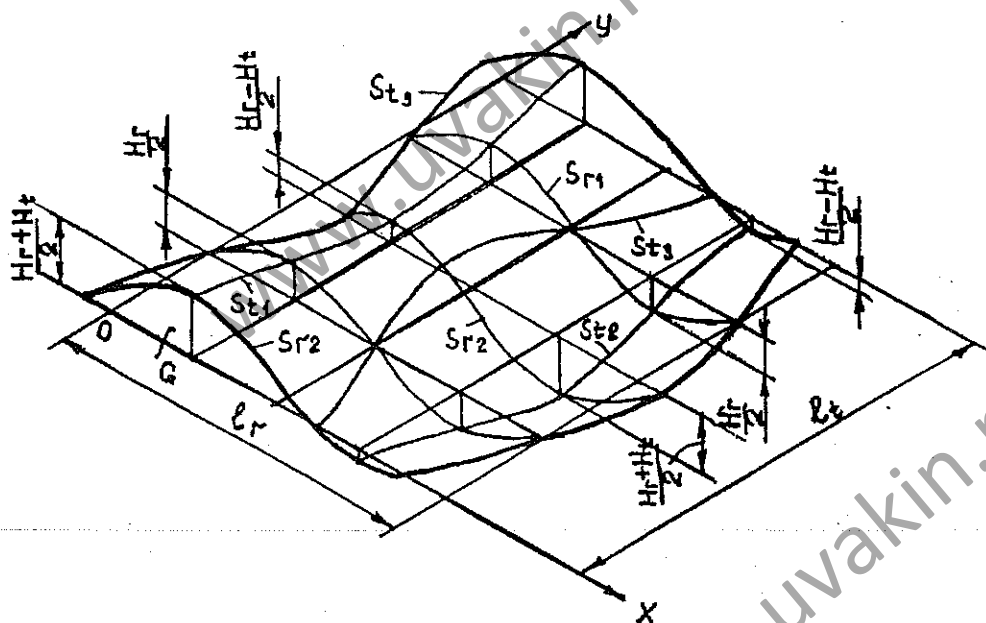
1. Датчик давления, содержащий корпус, чувствительный элемент, выполненный в виде двух измерительных гофрированных мембран с одинаковыми профилями гофр, установленных в расточке корпуса и жестко соединенных по центру с взаимно противоположным прогибом, дифференциальный емкостный преобразователь линейных перемещений чувствительного элемента, электроды которого образованы измерительными мембранами, электрически соединенными с корпусом и дополнительной гофрированной неподвижной мембраной с центральным отверстием с идентичными профилями гофр, размещенной между измерительными мембранами, электрически изолированной от корпуса, электроды преобразователя соединены с усилительно-преобразовательным блоком, отличаю-

щийся тем, что гофрированные измерительные и неподвижная мембраны выполнены с гофрами в окружном и радиальном направлениях с идентичными профилями гофр, измерительные гофрированные мембраны соединены с рабочим участком неподвижной мембраны через изолирующие гофрированные прокладки с идентичными по отношению к измерительным мембранам профилями гофр.

2. Датчик давления по п.1, отличающийся тем, что на неподвижной гофрированной мембране между ее рабочим участком и расточкой корпуса выполнены гофры в окружном и радиальном направлениях с глубиной гофр, превышающих глубину гофр на измерительных мембранах в 10-50 раз.



Фиг. 2



Фиг. 3

Заказ 32 Подписное
 ФИПС, Рег. ЛР № 040921
 Научно-исследовательское отделение
 по подготовке официальных изданий
 Федерального института промышленной собственности
 Бережковская наб., д.30, корп.1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995

Отпечатано на полиграфической базе ФИПС
 Отделение по выпуску официальных изданий