

## Высокоанизотропные пьезокерамические материалы и пьезокомпозиты ОАО «Элпа» для пьезопреобразователей и датчиков различного назначения.

А.Г. Сегалла, М.А. Соловьев, А.А. Петрова

Высокоанизотропными считают материалы, у которых отношение абсолютных значений пьезомодулей  $d_{33}/d_{31} \geq 3$ . В таблицах 1 и 2 приведены основные электрофизические параметры и эксплуатационные характеристики выпускаемых в настоящее время ОАО «Элпа» пьезоэлементов из высокоанизотропных пьезокерамических материалов и композитов.

Материалы ТКС-21 и ТКС-22 (табл.1) представляют собой модифицированные твердые растворы системы титаната кальция-свинца.

Высокотемпературный пьезокерамический материал ЦТС-21 представляет собой твердый раствор цирконата-титаната свинца с большим содержанием титаната свинца. Основой высокотемпературных материалов ТНаВ-1 и ТНаВ-1м является титанат натрия висмута.

Пьезоэлементы из ТКС-21 и ТКС-22 применяют в датчиках ультразвуковых дефектоскопов, толщиномеров и ультразвуковой медицинской диагностической аппаратуры. Пьезоэлементы из ТКС-21 обладают рекордно-высокими пьезоэлектрическим коэффициентом в сочетании с низкой  $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ , что позволяет их применять в индивидуальных и матричных пьезоприемниках. Пьезоэлементы из ЦТС-21, ТНаВ-1 и ТНаВ-1м используются главным образом в высокотемпературных датчиках вибраций.

Таблица 1.

Параметры и характеристики пьезоэлементов из высокоанизотропных пьезокерамических материалов.

| Параметры и характеристики                    | Пьезокерамические материалы |        |        |              |              |
|---|-----------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
|   | ТКС-21                      | ТКС-22 | ЦТС-21 | ТНаВ-1       | ТНаВ-1м      |
| $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$                  | 450                         | 340    | 480    | 140          | 130          |
| $\text{tg}\delta$                             | 0,026                       | 0,026  | 0,02   | 0,008        | 0,008        |
| $K_{33}$                                      | 0,51                        | 0,50   | 0,46   | -            | -            |
| $K_t$   | 0,48                        | 0,48   | 0,37   | 0,23         | 0,24         |
| $K_p$   | 0,18                        | 0,16   | 0,30   | 0,049        | 0,052        |
| $d_{33} \cdot 10^{12} \text{ Кл/Н}$           | 92                          | 87     | 109    | 16           | 22           |
| $d_{31} \cdot 10^{12} \text{ Кл/Н}$           | 21                          | 20     | 36     | 4            | 6            |
| $Q_m$   | 160                         | 170    | 290    | $\cong 4000$ | $\cong 4000$ |
| $Z_a, \text{ Mrayl}$                          | 35,2                        | 35,4   | 30,7   | 34,0         | 34,1         |
| $\rho, \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-3}$          | 6,95                        | 7,00   | 7,6    | 6,9          | 6,6          |
| $T_k, \text{ }^\circ\text{C}$                 | 210                         | 230    | 400    | 660          | 630          |
| $T_{\text{раб}}, \text{ }^\circ\text{C}$      | 100                         | 100    | 300    | 500          | 400          |
| Диапазон частот толщинной моды колебаний, МГц | 1-30                        | 0-30   | 0,5-30 | 1-25         | 1-25         |

Пьезокерамические материалы ТКС-21 и ТКС-22 спекают методом горячего прессования, обеспечивающим получение материала с низкой пористостью и высокой прочностью, что, в свою очередь, позволяет изготавливать из этих материалов весьма тонкие пьезоэлементы на частоты до 30 МГц. Материалы ЦТС-21, ТНаВ-1 и ТНаВ-1м спекают без давления или методом горячего прессования в зависимости от требований предъявляемых к пьезоэлементам (размеры, рабочая частота, прочность и др.)

Представленные в табл. 2 пьезокомпозиаты можно разделить на две группы. Первая группа включает ЦТС-19П, ЦТС-26П, ЦТС-36П и ЦТБС-8П, вторая КПМ-1 и КПМ-2. Материалы первой группы – это пористые пьезокерамики, полученные из синтезированных пьезокерамических материалов системы цирконата-титана свинца (ЦТС). Пьезоэлементы из материалов первой группы применяют в высокочувствительных приемниках, излучателях звуковых и ультразвуковых колебаний относительно низкой мощности, в многослойных актюаторах. Эти материалы с успехом применяются в ультразвуковой дефектоскопии, толщинометрии, гидроакустике, в диагностической и терапевтической медицинской аппаратуре [1, 2].

Отличительными особенностями материалов первой группы являются наличие высокого пьезомодуля  $d_{33}$  при низкой величине пьезомодуля  $d_{31}$ , возможность варьировать в широких пределах величины скорости звука,  $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ ,  $Q_m$ ,  $\rho$  и  $Z_a$ .

Таблица 2

Параметры и характеристики пьезоэлементов из высокоанизотропных пьезокомпозиатов

| Парметры и характеристики                     | Пьезокомпозиаты |         |         |         |           |           |
|---|-----------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
|   | ЦТС-19П         | ЦТС-26П | ЦТС-36П | ЦТБС-8П | КПМ-1     | КПМ-2     |
| Связность                                     | 3-0             | 3-0     | 3-0     | 3-0     | 1-3       | 1-3       |
| $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$                  | 1060            | 960     | 470     | 780     | 700-1700  | 250-600   |
| $\text{tg}\delta$                             | 0,02            | 0,016   | 0,028   | 0,003   | 0,025     | 0,035     |
| $K_t$   | 0,54            | 0,52    | 0,50    | 0,56    | 0,58-0,62 | 0,58-0,62 |
| $K_p$ , не более                              | 0,33            | 0,35    | 0,34    | 0,34    | 0,30      | 0,30      |
| $d_{33}$                                      | 450             | 400     | 376     | 320     | 250÷450   | 150÷300   |
| $d_{31}$ , не более                           | 105             | 65      | 65      | 74      | 60-140    | 60-140    |
| $Q_m$   | 46              | 48      | 43      | 400     | 15-30     | 15-30     |
| $Z_a$ , $M\text{rayl}$                        | 15              | 19      | 20,1    | 19,0    | 12÷24     | 14÷27     |
| $\rho$ , $\text{кг/м}^3$                      | 6000            | 6060    | 6160    | 6030    | 3,2-4,7   | 3,2-4,7   |
| $T_k$ , °C                                    | 300             | 350     | 350     | 285     | -         | -         |
| $T_{\text{раб}}$ , °C                         | 150             | 250     | 200     | 150     | -40÷+85   | -40÷+85   |
| Диапазон частот толщинной моды колебаний, МГц | 0,1-7,0         | 0,1-7,0 | 0,1-7,0 | 0,1-7,0 | 0,2-8,0   | 0,2-8,0   |

Относительно низкие величины акустического сопротивления  $Z_a$  и механической добротности позволяют упростить конструкции гидроакустических и других пьезопреобразователей, повысить их функциональные и потребительские характеристики.

Пьезокомпозиаты КПМ-1 и КПМ-2 представляют двухфазную систему параллельных пьезокерамических стержней в эпоксидной матрице. Пьезокерамические стержни поляризованы в направлении длины. В зависимости от концентрации пьезокерамической фазы удается в широких пределах варьировать значения скорости

звука,  $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ ,  $d_{31}$ ,  $Q_m$ ,  $\rho$  и  $Z_a$  при весьма высоких значениях  $d_{33}$  и  $K_t$ . Относительно низкие значения скорости звука,  $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ ,  $Q_m$ ,  $\rho$  и  $Z_a$  по сравнению с обычной низкопористой пьезокерамикой обеспечивают те же преимущества композитов второй группы, что и пористых пьезокерамик. Преимуществом пьезокомпозитов второй группы по сравнению пьезокомпозитами первой группы является возможность получения рекордно-высоких значений  $K_t$  – основного функционального параметра пьезопреобразователей, работающих на толщинной моде колебаний. Основными областями применения пьезокомпозитов связности 1-3 являются датчики медицинской диагностической аппаратуры и датчики дефектоскопов [3].

Из вискоанизотропных материалов в ОАО «Элпа» изготавливаются пьезоэлементы и пьезопреобразователи различного назначения. По требованию Заказчика разрабатываются и изготавливаются пьезоэлементы и пьезопреобразователи различных конструкций, форм и размеров на частоты от звукового диапазона до 30 и выше МГц.

### Литература

1. Данцигер А.Я. и др. Многокомпонентные системы сегнетоэлектрических сложных оксидов: физика, кристаллохимия, технология. Аспекты дизайнера пьезоэлектрических материалов. – Ростов н/Д.: МП «Книга», 2002, т.2.-365 с.
2. Рыбьянец А.Н., Сахненко В.П., сб. трудов международной научно-практической конф. «Фундаментальные проблемы функционального материаловедения, пьезоэлектрического приборостроения и нанотехнологий» («Пьезотехника-2005») Ростов-на-Дону, Азов, 2005, с. 188-194
3. Рез И.С., Поплавко Ю.М. Диэлектрики. Основные свойства и применения в электронике. – М.: Радио и связь, 1989.-288с.