

Основные характеристики пьезоэлектрических материалов

Пьезоэлектрик	Плотность $\rho$ , $10^3$ кг/м <sup>3</sup>	Скорость звука $c_{11}$ , $10^3$ м/с	Диэлектрич. проницаемость, $\epsilon_{11}$	$S_{11}$ , $10^{-12}$ м <sup>2</sup> /Н	Пьезомодуль $d_{11}$ , $10^{-12}$ Кл/Н	$\text{tg} \delta$ , $10^2$	Механическая добротность, $Q_m$	Коэффициент электромеханической связи, $K_{1k}$	Примечание
Кварц	2,6	5,47 <sup>(11)</sup>	4,5 <sup>(11)</sup>	12,77 <sup>(11)</sup>	2,31 <sup>(11)</sup>	<0,5	>10 <sup>4</sup>	0,095	Срез 0° к оси X Срез 45° к оси Z
Дигидрофосфат аммония	1,8	3,25 <sup>(33)</sup>	15,3	52,6 <sup>(33)</sup>	24,0 <sup>(33)/2</sup>	<1	>10 <sup>2</sup>	0,28	
Сульфат лития	2,05	4,7 <sup>(33)</sup>	10,3 <sup>(22)</sup>	22,5 <sup>(22)</sup>	16,3 <sup>(22)</sup>	<1	>10 <sup>2</sup>	0,30	Срез 0° к оси Y Срез 45° к оси X; при T=55°C расширяется на химические составляющие
Сегнетова соль	1,77	3,1 <sup>(22)</sup>	350 <sup>(11)</sup>	37 <sup>(22)</sup>	273	>5	—	0,65	
Сульфонидил сурьмы (0°C)	5,2	1,5 <sup>(33)</sup>	2200 <sup>(33)</sup>	86 <sup>(33)</sup>	150 <sup>(33)</sup>	5-10	50	0,8 <sup>(33)</sup>	Поляризован по оси Z $d_V=500 \cdot 10^{-12}$ Кл/М
ХГС-2	5,3	1,8	900	9,2 <sup>(33)</sup>	1300 <sup>(33)</sup> 80 <sup>(33)</sup>	5	20	0,7 <sup>(33)</sup>	
Ниобат лития	4,64	5,8 <sup>(33)</sup>	28,6 <sup>(33)</sup> 84,6 <sup>(11)</sup>	5,03 <sup>(33)</sup> 5,83 <sup>(11)</sup>	600 <sup>(33)</sup> 16,2 <sup>(22)</sup> 17,1 <sup>(33)</sup>	—	<10 <sup>5</sup>	0,24 <sup>(22)</sup> 0,32 <sup>(33)</sup>	
<b>Пьезокерамика</b>									
Титанат бария ТБ-1	5,3	4,6	1500	8,9	45	2	400	0,2	Пьезоэлементы поляризованы вдоль оси Z (оси 3)
Титанат бария-кальция ТБК-3	5,4	4,2	1180	10,7	100	1,3	450	0,5	
		4,7		8,4	51			0,17	
Группа титаната-цирконата свинца PZT (ЦТС) ЦТС-19	7,45	4,4	1725	9,5	113	3,5	50	0,37	
		3,6		10,4	100			0,24	
ЦТСБ-3	7,2	3,0	2325	14,9	200	1,2	350	0,44	
		3,5		11,5	158			0,33	
ЦТСНВ-1	7,3	3,2	2325	13,6	>350	1,9	70	0,64	
		2,9		16,3	205			0,37	
PZT-8	7,6	2,6	1000	20,9	>445	0,4	1000	0,69	
		3,4		11,4	93			0,3	
PZT-5Н	7,5	3,1	3400	13,7	218	2,0	65	0,64	
		2,8		17,0	274			0,39	
PZT-4	7,5	2,5	1300	21,3	593	0,5	500	0,75	
		3,3		12,3	123			0,33	
		2,9		15,4	289			0,70	
<b>Пьезополимерная плёнка</b>									
ПВДФ	1,8	1,4-1,9	12	280	20 25	1	—	10	$d_V=10 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н
<b>Пьезокомпозит</b>									
30% РbTiO <sub>3</sub>	3,0	1,8	20	90	—	5	—	—	$d_V=12 \cdot 10^{-12}$ Кл/м

Примечание. Значения всех констант даны для темп-ры 16-20° С. Цифры в скобках у монокристаллов определяют индексы соответствующих тензорных характеристик, напр. (11) означает  $c_{11}$ ,  $\epsilon_{11}$ ,  $d_{11}$ ,  $(36/2) - 1/2d_{33}$  и т. д. Для пьезокерамики верх. значения (над чертой) для  $S$  и  $S$  имеют индексы (11), а для  $d$  и  $K$  — индекс (31); ниж. значения (под чертой) констант имеют индекс (33). Величины  $d_{31} < 0$ ;  $d_{33} > 0$ . Значения  $\text{tg} \delta$  для кристаллов даны при напряжённости поля  $E < 0,05$  кВ/см; для пьезокерамики  $\text{tg} \delta$  даётся в интервале  $0,05 < E < 2$  кВ/см;  $d_V$  — объёмный пьезомодуль.

случаях, когда требуются высокая механич. добротность и стабильность по отношению к изменению темп-ры (напр., в эл.-механич. фильтрах и различных стабилизирующих устройствах). Кристаллы АРР, сульфата лития и сегнетовой соли, как П. м. для излучателей и приёмников звука, вытеснены пьезокерамикой ввиду её высокой пьезоэлектрич. эффективности,

стабильности и технологичности. Сегнетополупроводник сульфидид сурьмы и выполенный на его основе материал ХГС-2 перспективны для гидроакустич. приёмников звука.

Свойства пьезокерамики, особенно у составов типа ЦТС, с изменением темп-ры варьируют незначительно. Изменение резонансной частоты в интервале темп-

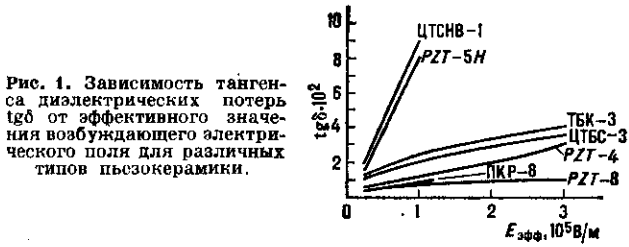


Рис. 1. Зависимость тангенса диэлектрических потерь  $\text{tg} \delta$  от эффективного значения возбуждающего электрического поля для различных типов пьезокерамики.



Рис. 2. Зависимость механической добротности  $Q_m$  (относительной) от амплитуды механического напряжения для различных типов пьезокерамики.