

●PZT—Pb(Zr·Ti)O₃ 系硬材料／The lead zirconate titanate materials (hard ceramics).

材 料			C-2	C-21	C-201	C-202	C-203	C-204	
主要用途			超声波清洗机 超声波水下声纳 超声波探鱼器 采用超声波面部设备		汽车传感器 电位传感器 对于光纤传感器		超声波清洗机 超声波焊接机	超声波加湿器	
电气机械 耦合系数	×10 ⁻²	k_p	63	59	60	56	59	63	
		k_{31}	37	34	34	32	35	37	
		k_{33}	76	71	71	69	71	74	
		k_t	52	48	46	47	49	52	
		k_{15}	77	74	74	69	70	71	
频率常数	m·Hz	N_p	2100	2210	2170	2240	2130	2110	
		N_{31}	1550	1630	1570	1620	1530	1530	
		N_{33}	1410	1510	1500	1550	1470	1450	
		N_t	2020	2090	2100	2120	2020	2070	
		N_{15}	880	910	930	990	920	930	
相对介电常数		$\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	1970	1900	2010	1700	1470	2240	
		$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	1460	1400	1550	1600	1450	2200	
等价压电常数	×10 ⁻¹² m/V(C/N)	d_{31}	-158	-131	-145	-130	-145	-190	
		d_{33}	367	288	330	315	325	435	
		d_{15}	692	634	640	540	520	650	
电压输出系数	×10 ⁻³ V·m/N(m ² /C)	g_{31}	-12.7	-10.7	-10.3	-9.4	-11.2	-9.7	
		g_{33}	29.2	27.2	24.3	22.3	25.6	22.0	
		g_{15}	39.7	37.7	36.0	33.6	39.6	32.7	
弹性常数	×10 ¹⁰ N/m ²	$Y_{11}^E=1/S_{11}^E$	7.3	8.3	7.9	8.2	7.2	7.2	
		$Y_{33}^E=1/S_{33}^E$	5.3	6.4	6.4	6.8	6.0	5.7	
		$Y_{55}^E=1/S_{55}^E$	2.2	2.3	2.4	2.8	2.3	2.4	
泊松比		σ	0.30	0.29	0.30	0.31	0.29	0.29	
机械品质系数		Q_m	1200	1400	900	1200	2000	520	
介电损失	%	$\tan \delta$	0.25	0.30	0.29	0.20	0.30	0.25	
居里点	℃	T_c	300	307	290	290	350	250	
密 度	×10 ³ kg/m ³	ρ	7.60	7.80	7.80	7.85	7.70	7.65	
温度系数	f_rTC ppm/℃	-40～+20℃	200	110	400	400	240	140	
		+20～+80℃	90	110	30	150	240	120	
	CTC ppm/℃	-40～+20℃	1820	1810	500	300	1900	1900	
		+20～+80℃	4120	3630	4100	3000	3200	3600	
材料特点			大功率驱动器		高 d_{33} ·稳定的温度系数		高 d_{33} & Q_m 高 T_c	中 Q_m 高 $k_{33} \cdot d_{33}$	

※ 材料特性测试方法，除了特色的一部分，符合日本电子信息技术产业协会JEITA EM-4501A的标准。

●PZT—Pb(Zr·Ti)O₃ 系硬材料/The lead zirconate titanate materials (hard ceramics).

材 料			C-205	C-213	C-213P	C-3	C-4	
主要用途			超声波清洗机·超声波焊机·医疗雾化器 医疗手术刀·超声波马达·牙洁牙机			超声波探伤仪 超声波厚度计 博尔特轴向力计		
电气机械 耦合系数	$\times 10^{-2}$	k_p	58	58	60	45	36	
		k_{31}	34	34	35	26	23	
		k_{33}	70	70	70	64	57	
		k_t	49	48	47	49	39	
		k_{15}	68	70	69	64	53	
频率常数	$m \cdot \text{Hz}$	N_p	2270	2230	2210	2460	2520	
		N_{31}	1660	1620	1630	1810	1840	
		N_{33}	1560	1540	1540	1710	1760	
		N_t	2110	2090	2070	2140	2150	
		N_{15}	990	960	950	1060	1100	
相对介电常数		$\varepsilon_{11}^T/\varepsilon_0$	1650	1590	1750	820	560	
		$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	1580	1470	1470	510	330	
等价压电常数	$\times 10^{-12}$ m/V (C/N)	d_{31}	-136	-135	-139	-55	-39	
		d_{33}	322	310	306	154	110	
		d_{15}	492	510	542	381	201	
电压输出系数	$\times 10^{-3}$ $\text{V} \cdot \text{m/N (m}^2/\text{C)}$	g_{31}	-9.7	-10.2	-10.7	-12.0	-12.8	
		g_{33}	22.7	23.4	23.5	32.4	33.7	
		g_{15}	33.6	36.4	34.9	43.5	40.8	
弹性常数	$\times 10^{10}$ N/m^2	$Y_{11}^E=1/S_{11}^E$	8.6	8.2	8.4	10.0	10.3	
		$Y_{33}^E=1/S_{33}^E$	6.8	6.6	6.7	8.2	8.7	
		$Y_{55}^E=1/S_{55}^E$	2.7	2.6	3.3	2.5	3.5	
泊松比		σ	0.29	0.29	0.28	0.28	0.29	
机械品质系数		Q_m	2140	2500	1520	1900	1700	
介电损失	%	$\tan \delta$	0.40	0.30	0.28	0.20	0.35	
居里点	$^{\circ}\text{C}$	T_c	280	315	318	270	330	
密 度	$\times 10^3 \text{ kg/m}^3$	ρ	7.80	7.80	7.90	7.60	7.60	
温度系数	$f_T \text{TC}$ $\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$	-40~+20 $^{\circ}\text{C}$	30	200	150	10	20	
		+20~+80 $^{\circ}\text{C}$	200	100	20	-180	-170	
	CTC $\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$	-40~+20 $^{\circ}\text{C}$	2490	2100	1900	2670	2250	
		+20~+80 $^{\circ}\text{C}$	3230	3400	3900	5370	4360	
材料特点			高 Q_m & d_{33}		低 $\tan \delta$	低 ε_{33}^T		

※ 材料特性测试方法，除了特色的一部分，符合日本电子信息技术产业协会JEITA EM-4501A的标准。

●PZT–Pb(Zr·Ti)O₃ 系硬材料／The lead zirconate titanate materials (hard ceramics).

材 料			C-5	C-6	C-6H	C-62	C-63	C-64	C-601	C-7	C-8	
主要用途			骨传导 传声器 声学 传感器	超声波传感器 (汽车传感器·流量计·气泡传感器·液位测量、等) 医用超声探头 (用于诊断成像) 适用于各种执行器						声音皮卡		
电气机械 耦合系数	×10 ⁻²	k_p	64	66	70	68	59	63	65	58	65	
		k_{31}	38	39	41	40	33	35	37	34	38	
		k_{33}	73	76	77	77	68	73	76	72	77	
		k_t	53	52	50	52	48	50	50	53	52	
		k_{15}	78	74	76	76	66	71	73	64	70	
频率常数	m·Hz	N_p	2060	1960	1960	1960	2130	1970	2060	2080	1980	
		N_{31}	1530	1420	1420	1440	1480	1380	1460	1440	1410	
		N_{33}	1400	1350	1380	1350	1500	1360	1380	1410	1350	
		N_t	2050	2010	2110	2040	2060	1970	2070	2070	2050	
		N_{15}	850	850	860	850	950	850	890	950	910	
相对介电常数		$\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	2140	2270	2550	2730	1850	1960	2400	3670	3100	
		$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	1170	2130	2400	2600	2000	1850	2300	4660	3480	
等价压电常数	×10 ⁻¹² m/V(C/N)	d_{31}	-140	-210	-240	-234	-165	-185	-210	-271	-274	
		d_{33}	333	472	490	500	320	435	500	665	627	
		d_{15}	764	758	800	860	530	670	730	737	779	
电压输出系数	×10 ⁻³ V·m/N(m ² /C)	g_{31}	-14.5	-11.5	-11.2	-10.6	-9.5	-11.4	-10.0	-6.8	-8.8	
		g_{33}	32.1	25.0	23.2	24.4	23.0	24.4	23.0	15.0	19.7	
		g_{15}	40.3	37.7	35.6	35.6	32.5	38.5	34.0	22.7	28.4	
弹性常数	×10 ¹⁰ N/m ²	$Y_{11}^E=1/S_{11}^E$	7.2	6.2	6.3	6.3	6.7	5.9	6.7	6.1	6.0	
		$Y_{33}^E=1/S_{33}^E$	5.3	4.9	5.2	4.9	6.2	5.1	5.0	5.2	4.8	
		$Y_{55}^E=1/S_{55}^E$	1.9	1.9	2.0	1.9	2.5	2.0	2.2	2.4	2.2	
泊松比		σ	0.29	0.32	0.31	0.30	0.37	0.34	0.33	0.39	0.32	
机械品质系数		Q_m	90	80	70	75	90	80	110	45	65	
介电损失	%	$\tan \delta$	1.65	1.60	2.00	1.65	1.20	1.50	0.90	2.50	1.90	
居里点	℃	T_c	305	295	290	245	295	345	285	162	193	
密 度	×10 ³ kg/m ³	ρ	7.65	7.65	7.80	7.60	7.60	7.70	7.80	7.40	7.45	
温度系数	f_T TC ppm/℃	-40~+20℃	-									

●PZT—Pb(Zr·Ti)O₃ 系硬材料/The lead zirconate titanate materials (hard ceramics).

材 料			C-82	C-83H	C-84	C-9	C-91	C-91H	C-92H	C-93	
主要用途			医用超声探头 (用于诊断成像) 适用于各种执行器								
电气机械 耦合系数	$\times 10^{-2}$	k_p	65	73	69	57	60	69	72	68	
		k_{31}	37	43	43	37	37	42	44	40	
		k_{33}	75	78	79	69	69	74	78	77	
		k_t	51	51	54	49	49	50	51	53	
		k_{15}	70	76	76	58	65	68	69	71	
频率常数	m·Hz	N_p	2030	1930	1900	2040	1960	1950	1910	1890	
		N_{31}	1430	1410	1400	1440	1380	1410	1430	1410	
		N_{33}	1390	1380	1290	1390	1380	1390	1320	1300	
		N_t	2090	2150	2000	1950	1960	2080	2070	1970	
		N_{15}	900	880	840	950	920	900	930	870	
相对介电常数		$\varepsilon_{11}^T/\varepsilon_0$	3090	3900	4870	6050	4400	4900	4400	5600	
		$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	3650	4200	4760	6640	5500	5800	5300	6050	
等价压电常数	$\times 10^{-12}$ m/V (C/N)	d_{31}	-266	-335	-356	-354	-330	-375	-366	-371	
		d_{33}	600	670	774	718	640	710	770	826	
		d_{15}	781	980	1140	827	820	920	848	1080	
电压输出系数	$\times 10^{-3}$ V·m/N (m ² /C)	g_{31}	-8.3	-9.0	-8.4	-6.0	-7.0	-7.3	-7.8	-6.9	
		g_{33}	18.5	17.9	18.4	12.2	13.5	13.9	16.4	15.4	
		g_{15}	28.6	28.3	26.6	15.5	21.0	21.2	21.8	21.8	
弹性常数	$\times 10^{10}$ N/m ²	$Y_{11}^E=1/S_{11}^E$	6.2	6.1	6.0	6.5	5.9	6.4	6.6	6.3	
		$Y_{33}^E=1/S_{33}^E$	5.1	5.1	4.4	5.4	5.4	5.5	4.9	4.6	
		$Y_{55}^E=1/S_{55}^E$	2.2	2.1	1.9	2.6	2.4	2.4	2.6	2.5	
泊松比		σ	0.34	0.29	0.30	0.36	0.38	0.32	0.28	0.27	
机械品质系数		Q_m	65	65	46	25	30	24	28	67	
介电损失	%	$\tan \delta$	1.90	2.20	2.00	4.50	3.00	3.70	3.60	1.70	
居里点	°C	T_c	195	202	186	130	165	170	183	150	
密 度	$\times 10^3$ kg/m ³	ρ	7.50	7.70	7.67	7.75	7.75	8.10	8.10	7.91	
温度系数	f_T TC ppm/°C	-40~+20°C	-260	-290	-704	-970	-1000	-1370	-1580	-690	
		+20~+80°C	30	100	-185	540	550	330	660	1360	
	CTC ppm/°C	-40~+20°C	3650	3500	4360						

The material characteristics of piezoceramics

压电陶瓷的材料性质

●PT–PbTiO₃ ●PN–PbNb₂O₆ ●BiT–Bi₄Ti₃O₁₂ 系硬材料 / The lead titanate, metaniobate & bismuth titanate materials.

材 料			PT			PN	BiT	
			M-1	M-5	M-6	F-100	B-600	
主要用途			超声波流量计	超声波探伤仪 超声波液位计 LCD触摸传感器 高强度聚焦超声		超声波探伤仪 超声波厚度计	超声波流量计 (高温型)	
电气机械 耦合系数	×10 ⁻²	k_p	6.0	6.0	4.0	(30)	4.7	
		k_{31}	6.5	6.0	2.6	(24)	2.9	
		k_{33}	37	47	53	(31)	—	
		k_t	38	43	51	39	20.1	
		k_{15}	—	—	37	(39)	—	
频率常数	m · Hz	N_p	2630	2800	2860	(2015)	2710	
		N_{31}	2050	2150	2200	(1570)	2080	
		N_{33}	2060	2150	2240	(1580)	—	
		N_t	2130	2250	2230	1630	2180	
		N_{15}	—	—	1450	(1030)	—	
相对介电常数		$\varepsilon_{11}T/\varepsilon_0$	—	—	250	(370)	—	
		$\varepsilon_{33}T/\varepsilon_0$	185	220	215	300	150	
等价压电常数	×10 ⁻¹² m/V(C/N)	d_{31}	-4.3	-4.7	-3.7	(-55)	-2.9	
		d_{33}	43.9	58.2	71.0	80	(19.0)	
		d_{15}	—	—	41.0	(145)	—	
电压输出系数	×10 ⁻³ V·m/N(m ² /C)	g_{31}	-2.7	-2.4	-1.6	(-19)	-2.2	
		g_{33}	25.1	30.3	37.3	(22)	(14.3)	
		g_{15}	—	—	21.3	(45)	—	
弹性常数	×10 ¹⁰ N/m ²	$Y_{11}^E=1/S_{11}^E$	11.9	13.9	13.2	(5.4)	12.4	
		$Y_{33}^E=1/S_{33}^E$	13.5	14.4	11.6	(5.5)	—	
		$Y_{55}^E=1/S_{55}^E$	—	—	8.7	(2.3)	—	
泊松比		σ	0.26	0.20	0.21	—	0.22	
机械品质系数		Q_m	1200	1450	850	20	5980	
介电损失	%	$\tan \delta$	1.50	1.50	2.00	(1.00)	0.30	
居里点	℃	T_c	385	310	250	530	670	
密 度	×10 ³ kg/m ³	ρ	7.60	7.40	6.92	5.70	7.20	
温度系数	f_T TC ppm/℃	-40~+20℃	-70	-60	-50	(-1400)	-66	
		+20~+80℃	-70	-40	-100	(-800)	-66	
	CTC ppm/℃	-40~+20℃	2350	2550	3000	(950)	450	
		+20~+80℃	3600	4000	4500	(1100)	820	
材料特点			各向异性, $k_t > k_p$			低 $Q_m \cdot$ 高 $T_c \cdot$ 低 ρ	各向异性, $k_t > k_p$ 高 Q_m	
			高 T_c	高 Q_m	高 k_t			

※ 材料特性测试方法, 除了特色的一部分, 符合日本电子信息技术产业协会JEITA EM-4501A的标准。
※ 括号内的值是参考值。