

中华人民共和国国家标准

压电晶体性能测试术语

GB/T 12633—90

Terms for the measurements of the properties of the piezoelectric crystals

本标准规定了声表面波、体波器件用压电晶体性能测试常用名词术语的定义及符号,适用于压电晶体性能测试。

1 符号表

本标准所采用的符号、名称及单位见下表:

序号	符号	名称	单位
1	A	面积	m^2
2	b	宽度	m
3	C	电容	F
4	C_0	压电振子等效电路的并联电容	
5	C_1	压电振子等效电路的动态电容	
6	C^s	受夹电容	
7	C^T	自由电容	
8	\bar{c}	有效弹性常数	N/m^2
9	c	弹性劲度常数	
10	c_{ij}	弹性劲度常数分量	
11	c^D	开路弹性劲度常数	
12	c_{ij}^D	开路弹性劲度常数分量	
13	c^S	短路弹性劲度常数	
14	c_{ij}^S	短路弹性劲度常数分量	
15	d	直径	m
16	D (上标)	电位移为零或恒定	
17	D_m	电位移分量	C/m^2
18	d	压电应变常数	C/N 或 m/N
19	d_{mj}, d_{ni}	压电应变常数分量	
20	E (上标)	电场强度为零或恒定	
21	E_c	矫顽电场强度	V/m
22	E_n	电场强度分量	

续表

序 号	符 号	名 称	单 位
23	e	压电应力常数	
24	e_{mi}, e_{nj}	压电应力常数分量	C/m^2 或 $N/V \cdot m$
25	f	频率	
26	f_a	反谐振频率(零电抗,电阻大)	
27	f_m	最大导纳(最小阻抗)频率	
28	f_n	最小导纳(最大阻抗)频率	
29	f_p	并联谐振(最大电阻)频率	
30	f_r	谐振频率(零电纳,电导大)	
31	f_s	串联谐振(最大电导)频率	Hz
32	f_{om}	第 m 次泛音反谐振频率	
33	f_{rm}	第 m 次泛音谐振频率	
34	Δf_{or}	反谐振频率与谐振频率之差	
35	f_{mT}	最大传输频率	
36	f_{nT}	最小传输频率	
37	Δf_{ps}	并联谐振频率与串联谐振频率之差	
38	g	压电电压常数	m^2/C 或
40	g_{mi}, g_{nj}	压电电压常数分量	$V \cdot m/N$
41	h	压电劲度常数	N/C 或
42	h_{mj}, h_{ni}	压电劲度常数分量	V/m
43	k_p	平面机电耦合系数	
44	k_s	声表面波机电耦合系数	
45	k_{33}^t	纵向长度伸缩机电耦合系数	
46	k_{31}^t	横向长度伸缩机电耦合系数	
47	k_{15}^t, k_{24}^t	厚度切变机电耦合系数	
48	k_{33}^t	厚度伸缩机电耦合系数	
49	l	长度	m
50	L_1	压电振子等效电路的动态电感	H
51	M	压电振子的优值	
52	N	频率常数	$Hz \cdot m$
53	p	电矩	$C \cdot m$
54	P_m	热释电系数	
55	P_m'	一级热释电系数	$C/m^2 \cdot k$
56	P_m''	二级热释电系数	
57	P	电极化强度	
58	P_r	剩余电极化强度	C/m^2

续表

序 号	符 号	名 称	单 位
59	P_s	自发极化强度	C/m ²
60	P_{sm}	m 方向的自发极化强度分量	
61	Q	电荷	C
62	Q_m	机械品质因数	
63	R_1	压电振子等效电路的动态电阻	Ω
64	S	应变	
65	S_i	应变分量	
66	s	弹性顺度常数	m ² /N
67	s_{ij}	弹性顺度常数分量	
68	s^D	开路弹性顺度常数	
69	s^D_{ij}	开路弹性顺度常数分量	
70	s^E	短路弹性顺度常数	
71	s^E_{ij}	短路弹性顺度常数分量	
72	t	时间	
73	l	厚度	m
74	T	热力学温度	K
75	T_c	铁电居里温度	
76	TKt	延迟时间的温度系数	K ⁻¹
77	TKv	速度的温度系数	
78	T	应力	Pa
79	T_j	应力分量	
80	v	速度	m/S
81	v_0	表面电场短路后的速度	
82	v_g	群速	
83	v_s	声表面波速度	
84	v_φ	相速度	
85	α	线热膨胀系数	K ⁻¹
86	β	介质隔离率	m/F
87	β_{nm}	介质隔离率分量	
88	β^S	受夹介质隔离率	
89	β^S_{nm}	受夹介质隔离率分量	
90	β^T	自由介质隔离率	
91	β^T_{nm}	自由介质隔离率分量	
92	γ	电容比	
93	ϵ	介电常数	F/m

续表

序号	符号	名称	单位
94	ϵ_{mn}	介电常数分量	F/m
95	ϵ^{δ}	受夹介电常数	
96	ϵ^T	自由介电常数	
97	ϵ_{mn}^T	自由介电常数分量	
98	ϵ_0	真空介电常数	
99	ϵ_{rnm}^T	自由相对介电常数	
100	ϵ_{rnm}^{δ}	受夹相对介电常数	
101	ρ	密度	kg/m ³
102	ϕ	角度(平面角)	(°)
103	ω	角频率	rad/s

2 一般术语

2.1 单晶体 single crystal

如果一种晶体中的原子或它形成的基元周期性地由晶体的一端连续排列到另一端,中间没有排列方位的改变,而且任何方向都如此,则这种晶体称为单晶体。

2.2 晶系 crystal system

晶体学中按晶体所具有的宏观对称分成七大类,称为七个晶系。每个晶系具有一种特征对称,凡具有该特征的晶体归属于该晶系。

七个晶系,即:三斜晶系;单斜晶系;正交晶系(斜方晶斜);四方晶系;三方晶系;六方晶系;立方晶系。

2.3 点群 point group

通过一点组合在一起的对称元素的所有对称操作形成一种点群。晶体的宏观对称性中有八种基本对称元素,即1,2,3,4,6, $\bar{1}$,m和 $\bar{4}$ 。晶体所具有的宏观对称就是这些对称元素或它们过一点的组合。共有32种组合,称为32种点群或宏观对称类型。

2.4 空间群 space group

分布在空间的包括宏观对称元素和微观对称元素在内的对称元素的组合,称为空间群。共有230种组合,即230种空间群。

2.5 点阵 lattice

晶体结构中相同的点(原子、离子、分子或它们形成的基元)在空间作周期性重复排列的总体称为点阵。

2.6 直角坐标系 rectangular coordinates system

参考晶轴而规定的笛卡儿坐标(垂直伸出右手三个指头,食指代表x轴,中指代表y轴,大拇指代表z轴)。

2.7 切型 cut type

晶体在直角坐标系中按某种空间取向切割的方式。

2.8 切型符号 symbols of cut type

用来表示晶片切型的一组符号。

该符号由字母(x, y, z, l, b, t)和角度组成。

注:①该符号的头两个字母表示晶片的原始方位。

- a. 第一个字母(x, y 或 z)代表晶片的厚度方向。
- b. 第二个字母(x, y 或 z)代表晶片的长度方向,如图 1(a)所示。
- ② 符号中的其余字母表示旋转切割时晶片的边棱。
 - a. 符号中的第三个字母是 l, b 或 t ,视晶片第一次旋转时的旋转轴是长度方向,宽度方向,还是厚度方向而定。如果只有一次旋转,符号只有三个字母,如图 1(b)所示。
 - b. 符号中的第四个字母是 l, b 或 t ,视晶片第二次旋转时的旋转轴所在的方向而定,如果只有两次旋转,符号中只有四个字母,如图 1(c)所示。
 - c. 符号中的第五个字母是 l, b 或 t ,视晶片第三次旋转时的旋转轴所在的方向而定。在这组符号中,无需多于五个字母,一个三次旋转切割如图 1(d)所示。
- ③ 符号字母后面是一个、二个或三个旋转角,分别对应一次、二次、三次旋转,负方向旋转角用负号表示。
 - a. 从旋转轴的正端向原点看旋转方向时,正角度表示反时针方向旋转,负角度表示顺时针方向旋转。
 - b. l, b 和 t 所在的轴的正端是三个坐标轴 x, y, z 的正方向指向端。

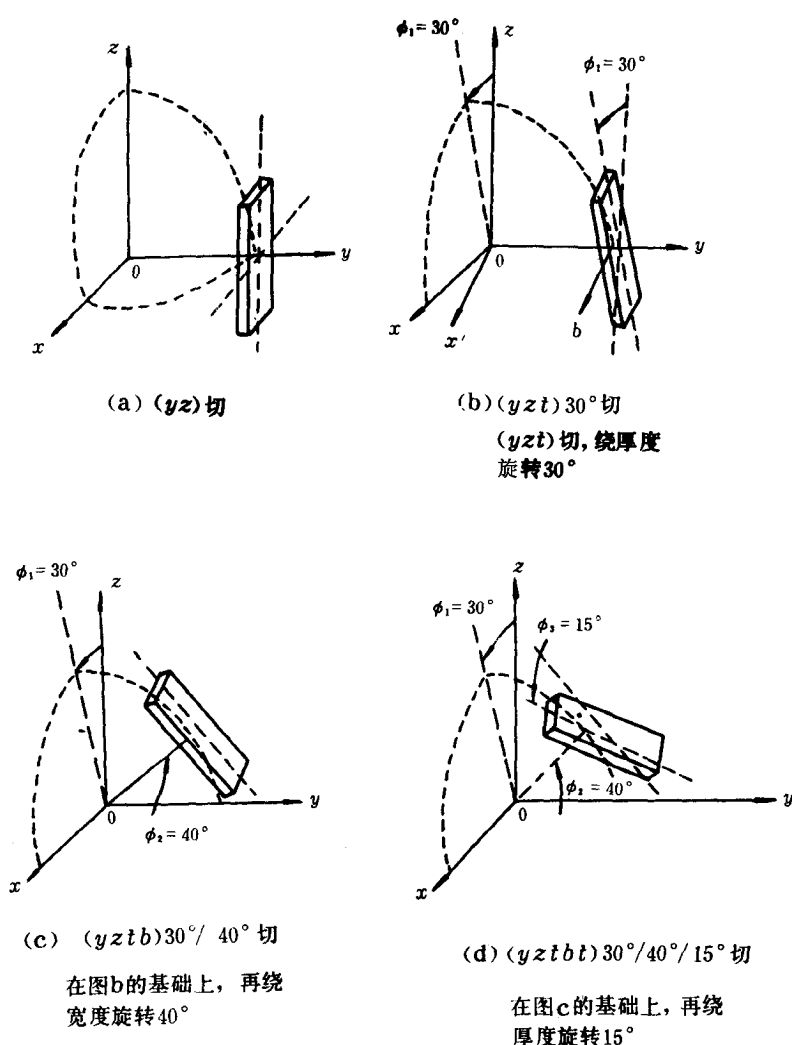


图 1 几种切型示意图

2.9 自发极化 spontaneous polarization

外电场为零时,铁电晶体内由于电偶极子有序排列而产生的极化。

2.10 极化处理 poling

在某一温度下,外加直流电场,使铁电晶体的铁电畴沿外电场方向作有序排列的过程称为极化处理,简称为极化。

2.11 铁电晶体 ferroelectric crystal

呈现电滞回线特性的晶体。

2.12 铁电畴 ferroelectric domain

铁电晶体内,自发极化方向一致的区域称为铁电畴,两个畴之间的界面称为畴壁。

2.13 电滞回线 ferroelectric hysteresis loop

铁电晶体在外加交变电场的作用下,电场强度呈周期性变化时,表示电极化强度和电场强度滞后关系的闭合曲线。如图 2 所示。

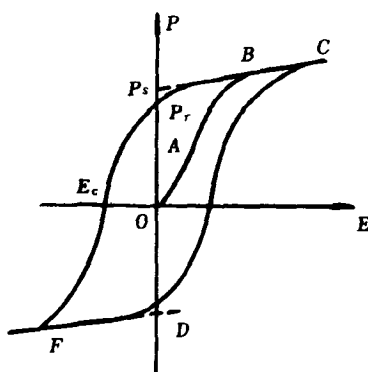


图 2 铁电晶体电滞回线

P_r —剩余电极化强度; P_s —自发极化强度;

E_c —矫顽电场强度

2.14 电极化强度 electric polarization

单位体积内电介质的电矩矢量和。

$$P = \frac{\sum p}{\Delta V}$$

$$p = ql$$

式中: p ——电矩, $C \cdot m$;

q ——电荷, C ;

l ——正负电荷间的矢径, m 。

2.15 剩余电极化强度 residual electric polarization

去掉电场后电介质的电极化强度。

2.16 矫顽电场强度 coercive electric field strength

使铁电体的电极化强度回到零所需要的外加电场强度。

2.17 铁电居里温度 ferroelectric curie temperature

铁电体从铁电相到顺电相或从顺电相到铁电相的相变温度。

2.18 自由电容 free capacitance

压电晶体在应力为零(或常数)时的电容,它的值等于频率远低于振子的基频时测得的电容。

2.19 受夹电容 clamped capacitance

压电晶体在应变为零(或常数)时的电容,它的值等于频率远高于振子高次泛音频率时测得的电容。

2.20 介电常数(电容率) dielectric constant (permittivity)

描述电位移与电场强度关系的一个二阶张量,用 ϵ_{mn} ($m, n = 1, 2, 3$) 表示。它所满足的矩阵关系式为:

$$D = \epsilon E$$

式中: D ——电位移, C/m^2 ;

E ——电场强度, V/m 。

2.21 自由介电常数(自由电容率) free dielectric constant (free permittivity)

压电晶体在应力为零(或常数)时的介电常数,用 ϵ_{mn}^T ($m, n = 1, 2, 3$) 表示。

2.22 受夹介电常数(受夹电容率) clamped dielectric constant (clamped permittivity)

压电晶体在应变为零(或常数)时的介电常数,用 ϵ_{mn}^S ($m, n = 1, 2, 3$) 表示。

2.23 自由相对介电常数(自由相对电容率) free relative dielectric constant (free relative permittivity)

压电晶体的自由介电常数与真空介电常数之比。

$$\epsilon_r^T = \epsilon_{mn}^T / \epsilon_0$$

式中: ϵ_{mn}^T ——自由介电常数, F/m ;

ϵ_0 ——真空介电常数, F/m 。

2.24 受夹相对介电常数(受夹相对电容率) clamped relative dielectric constant (clamped relative permittivity)

压电晶体的受夹介电常数与真空介电常数之比。

$$\epsilon_r^S = \epsilon_{mn}^S / \epsilon_0$$

式中: ϵ_{mn}^S ——受夹介电常数, F/m ;

ϵ_0 ——真空介电常数, F/m 。

2.25 介质隔离率 dielectric impermeability

描述压电晶体的电场强度与电位移关系的一个二阶张量,用 β_{nm} ($n, m = 1, 2, 3$) 表示。它所满足的矩阵关系式为:

$$D = \beta^{-1} E$$

$$\epsilon = \beta^{-1}$$

ϵ 与 β 互为逆矩阵。

式中: D ——电位移, C/m^2 ;

ϵ ——介电常数, F/m 。

2.26 自由介质隔离率 free dielectric impermeability

压电晶体在应力为零(或常数)时的介质隔离率,用 β_{nm}^T ($n, m = 1, 2, 3$) 表示。

2.27 受夹介质隔离率 clamped dielectric impermeability

压电晶体在应变为零(或常数)时的介质隔离率,用 β_{nm}^S ($n, m = 1, 2, 3$) 表示。

2.28 介电损耗 dielectric loss

电介质从时变电场中吸收并以热的形式耗散的能量。

2.29 机械品质因数 mechanical quality factor

压电振子在谐振时贮存的机械能与在一个周期内损耗的机械能之比,用 Q_m 表示。

它与压电振子参数的关系为:

$$Q_m = 2 \pi f_s L_1 / R_1 = 1/2 \pi f_s C_1 R_1$$

式中: f_s ——串联谐振频率, Hz ;

L_1 ——动态电感, H ;

R_1 ——动态电阻, Ω ;

C_1 ——动态电容, F。

2.30 电容比 capacitance ratio

压电振子等效电路中的并联电容与动态电容之比。

$$\gamma = C_0/C_1$$

式中: C_0 ——并联电容, F;

C_1 ——动态电容, F。

2.31 压电振子的优值 figure of merit for piezoelectric vibrator

压电振子的机械品质因数与电容比之比。

$$M = Q_m/\gamma$$

式中: Q_m ——机械品质因数;

γ ——电容比。

2.32 动态电阻 motional resistance

压电振子简化等效电路的串联支路中表示机械损耗的电阻。

2.33 弹性常数 elastic constant

描述弹性体应变与应力关系的四阶张量。它所满足的矩阵关系式为:

$$S = sT \quad \text{或} \quad T = cS$$

式中: s ——弹性顺度常数, m^2/N ;

c ——弹性劲度常数, N/m^2 ;

T ——应力, Pa;

S ——应变。

2.34 弹性顺度常数 elastic compliance constant

应力分量改变一个单位所引起应变分量的变化量。

$$s_{ij} = (\partial S_i / \partial T_j) \quad (i, j = 1, 2, \dots, 6)$$

s_{ij} 有两种表示式,

$$s_{ij}^D = (\partial S_i / \partial T_j)_D \quad \text{或} \quad s_{ij}^E = (\partial S_i / \partial T_j)_E$$

式中: s_{ij}^D ——开路弹性顺度常数分量, m^2/N ;

s_{ij}^E ——短路弹性顺度常数分量, m^2/N ;

S_i ——应变分量;

T_j ——应力分量, Pa;

D (上标) ——电位移为零或恒定;

E (上标) ——电场强度为零或恒定。

2.35 弹性劲度常数 elastic stiffness constant

应变分量改变一个单位所引起应力分量的变化量。

$$c_{ji} = (\partial T_j / \partial S_i) \quad (i, j = 1, 2, \dots, 6)$$

c_{ji} 有两种表示式,

$$c_{ji}^D = (\partial T_j / \partial S_i)_D \quad \text{或} \quad c_{ji}^E = (\partial T_j / \partial S_i)_E$$

式中: c_{ji}^D ——开路弹性劲度常数分量, N/m^2 ;

c_{ji}^E ——短路弹性劲度常数分量, N/m^2 ;

S_i ——应变;

T_j ——应力, Pa;

D (上标) ——电位移为零或恒定;

E (上标) ——电场强度为零或恒定。

2.36 压电效应 piezoelectric effect

在压电振子的适当方向加一机械力时,能产生与应变成正比的电极化,这种现象称为正压电效应,简称压电效应。反之,压电振子在外电场作用下能产生与电场成正比的应变,这种现象称为逆压电效应。

2.37 压电晶体 piezoelectric crystal

具有压电效应的晶体。

2.38 压电常数 piezoelectric constant

描述压电材料的力学量和电学量之间耦合关系的三阶张量。有四种压电常数(即:压电应变常数;压电应力常数;压电电压常数;压电劲度常数),它们所满足的矩阵关系式为:

$$D = dT + e^T E \quad \text{或} \quad D = eS + e^S E$$

$$E = -gT + \beta^T D \quad \text{或} \quad E = -hS + \beta^S D$$

2.39 压电应变常数 piezoelectric strain constant

应力恒定(或为零)时,电场强度的变化,引起应变的变化量与电场强度变化量之比;或电场恒定(或为零)时,应力的变化引起电位移的变化量与应力变化量之比。

$$d_{ni} = (\partial S_i / \partial E_n)_T \quad \text{或} \quad d_{mj} = (\partial D_m / \partial T_j)_E$$

$$(m, n = 1, 2, 3; i, j = 1, 2, \dots, 6)$$

式中: E_n —— 电场强度分量, V/m;

D_m —— 电位移分量, C/m²;

S_i —— 应变分量;

T_j —— 应力分量, Pa。

2.40 压电应力常数 piezoelectric stress constant

应变恒定(或为零)时,电场强度的变化引起应力的变化量与电场强度变化量之比;或电场恒定(或为零)时,应变的变化引起电位移的变化量与应变变化量之比。

$$e_{nj} = (-\partial T_j / \partial E_n)_S \quad \text{或} \quad e_{mi} = (\partial D_m / \partial S_i)_E$$

$$(m, n = 1, 2, 3; i, j = 1, 2, \dots, 6)$$

式中: D_m —— 电位移分量, C/m²;

E_n —— 电场强度分量, V/m;

S_i —— 应变分量;

T_j —— 应力分量, Pa。

2.41 压电电压常数 piezoelectric voltage constant

电位移恒定(或为零)时,应力的变化引起电场强度的变化量与应力变化量之比;或应力恒定(或为零)时,电位移的变化引起应变的变化量与电位移变化量之比。

$$g_{nj} = (-\partial E_n / \partial T_j)_D \quad \text{或} \quad g_{mi} = (\partial S_i / \partial D_m)_T$$

$$(m, n = 1, 2, 3; i, j = 1, 2, \dots, 6)$$

式中: D_m —— 电位移分量, C/m²;

E_n —— 电场强度分量, V/m;

S_i —— 应变分量;

T_j —— 应力分量, Pa。

2.42 压电劲度常数 piezoelectric stiffness constant

应变恒定(或为零)时,电位移的变化引起应力的变化量与电位移变化量之比;或电位移恒定(或为零)时,应变的变化引起电场强度的变化量与应变变化量之比。

$$h_{mj} = (-\partial T_j / \partial D_m)_S \quad \text{或} \quad h_{ni} = (-\partial E_n / \partial S_i)_D$$

$$(m, n = 1, 2, 3; i, j = 1, 2, \dots, 6)$$

式中: D_m ——电位移分量, C/m^2 ;

E_n ——电场强度分量, V/m ;

S_i ——应变分量;

T_j ——应力分量, Pa 。

2.43 电致伸缩效应 electrostriction effect

某些压电晶体在电场作用下因感应极化产生弹性应变,且应变与电场的极性无关,应变的大小与电场强度的平方成正比,这种关系称为电致伸缩效应。

2.44 热释电效应 pyroelectric effect

因温度的变化,使某些压电晶体的自发极化发生变化的现象称为热释电效应。具有热释电效应的晶体称为热释电晶体。热释电晶体一般具有一级和二级热释电效应。

2.45 热释电系数 pyroelectric coefficient

自发极化强度随温度的变化率称为热释电系数。

$$P_m = P_m' + P_m'' \quad (m = 1, 2, 3)$$

$$P_m' = (\partial P_{sm} / \partial T)_{E, S}$$

$$P_m'' = \sum_{i,j=1}^6 d_{mj} c_{ji} \alpha_i$$

式中: P_m' —— m 方向的一级热释电系数, $C/m^2 \cdot K$;

P_m'' —— m 方向的二级热释电系数, $C/m^2 \cdot K$;

P_{sm} —— m 方向的自发极化强度分量, C/m^2 ;

T ——热力学温度, K ;

d_{mj} ——压电应变常数分量, C/N ;

c_{ji} ——弹性刚度常数分量, N/m^2 ;

α ——线热膨胀系数, K^{-1} 。

2.46 频率常数 frequency constant

是压电晶体的某一特征频率与决定该频率的线度尺寸的乘积。

3 压电振子与特征频率

3.1 压电晶体振子 piezoelectric crystal vibrator

被覆电极,能激励振动的压电晶体称为压电晶体振子。

3.2 压电振子等效电路 equivalent circuit of piezoelectric vibrator

在不考虑介电损耗的条件下,低阻尼单一振动模式的压电振子在谐振频率附近的参数和特性用一相应的电路来表示,这个电路称为压电振子等效电路。通常用图 3 所示的简化等效电路来表示。

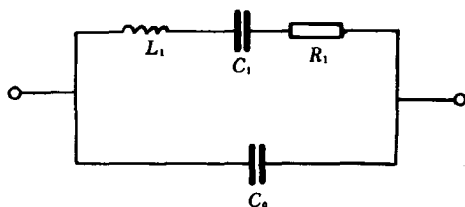


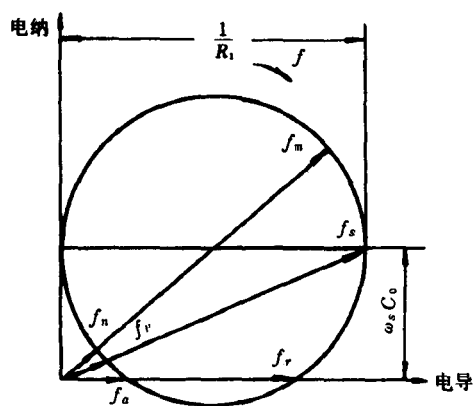
图 3 压电振子的简化等效电路

C_0 一并联电容; C_1 一动态电容; R_1 一动态电阻; L_1 一动态电感

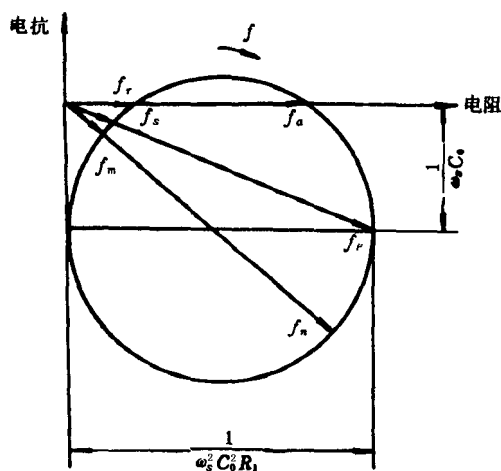
3.3 压电振子的导纳圆和阻抗圆 admittance and impedance circle of piezoelectric vibrator

在谐振频率附近,压电振子的导纳矢量终端随频率变化在电导、电纳复平面上的轨迹圆称为导纳圆。如图 4(a)所示。同样,在谐振频率附近,压电振子的阻抗矢量终端随频率变化在电阻、电抗复

平面上的轨迹圆称阻抗圆。如图 4(b)所示。



(a) 导纳圆



(b) 阻抗圆

图 4

f_r —谐振频率(零电纳,电导大); f_a —反谐振频率(零电抗,电阻大);
 f_s —串联谐振(最大电导)频率; f_p —并联谐振(最大电阻)频率;
 f_m —最大导纳(最小阻抗)频率; f_n —最小导纳(最大阻抗)频率;
 C_0 —并联电容; R_1 —动态电阻; ω_s —角频率

3.4 谐振频率 resonance frequency

对于给定的一种振动模式,在压电振子电纳为零的两个频率中,对应电导较大的一个频率称为谐振频率。

3.5 反谐振频率 antiresonance frequency

对于给定的一种振动模式,在压电振子电抗为零的两个频率中,对应电阻较大的一个频率称为反谐振频率。

3.6 串联谐振频率 series resonance frequency

在压电振子等效电路中,串联支路的谐振频率称为串联谐振频率,也称为最大电导频率。

3.7 并联谐振频率 parallel resonance frequency

在压电振子等效电路中,并联回路的谐振频率称为并联谐振频率。也称为最大电阻频率。

3.8 最大导纳频率 maximum admittance frequency

压电振子导纳最大时的频率称为最大导纳频率,也称为最小阻抗频率。

3.9 最小导纳频率 minimum admittance frequency

压电振子导纳最小时的频率称为最小导纳频率,也称为最大阻抗频率。

3.10 最大传输频率 maximum transission frequency

包含压电振子在内的传输网络最大传输时的频率。

3.11 最小传输频率 minimum transission frequency

包含压电振子在内的传输网络最小传输时的频率。

3.12 基音频率 fundamental frequency

在给定的一种振动模式中,最低的谐振频率称为基音频率,简称基频。

3.13 泛音频率 overtone frequency

在给定的一种振动模式中,除基频以外的谐振频率称为泛音频率。

4 振动模式与测试方法**4.1 振动模式 vibration mode**

在外电场激励下,压电振子的振动方式。

压电晶体常用的振动模式有伸缩振动模(包括横向长度伸缩振动模;纵向长度伸缩振动模;径向伸缩振动模等),切变振动模。

4.2 横向长度伸缩振动模 transverse length extensional vibration mode

在如图 5 所示的交变电场激励下,薄长条片振子产生沿长度方向的伸缩振动,其质点振动方向与弹性波的传播方向都与电场方向垂直,这种振动模式称为横向长度伸缩振动模。

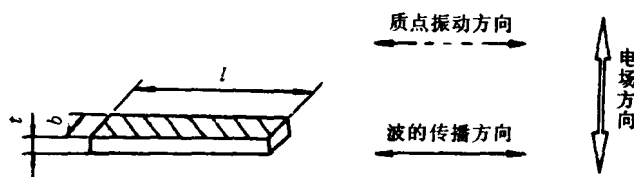


图 5 横向长度伸缩振动模

4.3 纵向长度伸缩振动模 longitudinal length extensional vibration mode

在如图 6 所示的交变电场激励下,细长棒振子产生沿长度方向的伸缩振动,其质点振动方向与弹性波的传播方向都与电场方向平行,这种振动模式称为纵向长度伸缩振动模。

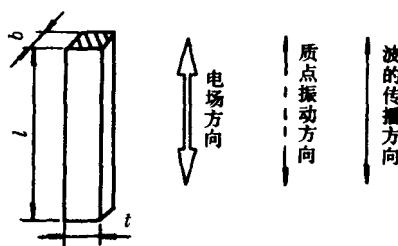


图 6 纵向长度伸缩振动模

4.4 径向伸缩振动模 radial extensional vibration mode

在外加交变电场激励下,若薄圆片振子产生沿半径方向的伸缩振动,这种振动模式称为径向伸缩振动模。该模式的质点振动方向与弹性波的传播方向都与半径方向平行,如图 7 所示。

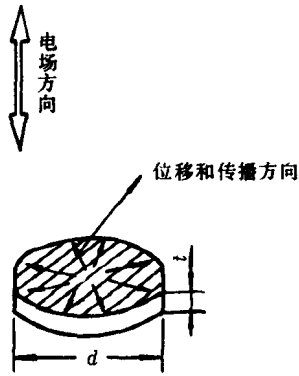


图 7 径向伸缩振动模

4.5 厚度伸缩振动模 **thickness extensional vibration mode**

在外加交变电场激励下,若薄片振子产生厚度方向的伸缩振动,这种振动模式称为厚度伸缩振动模。该模式的质点振动方向与弹性波的传播方向都与厚度方向平行,如图 8 所示。

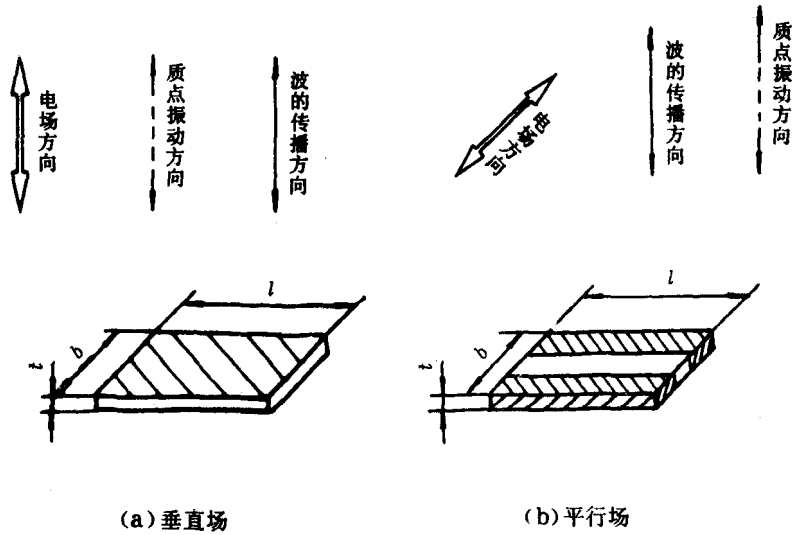


图 8 厚度伸缩振动模

4.6 厚度切变振动模 **thickness-shear vibration mode**

在外加交变电场激励下,若与厚度方向平行的晶片截面产生切变振动,这种振动模式称为厚度切变振动模。该模式的质点振动方向与弹性波的传播方向垂直,如图 9 所示。

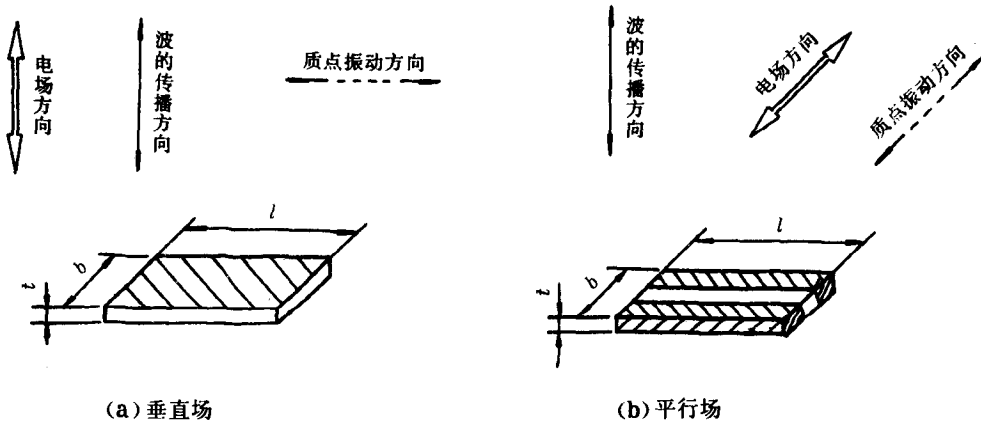


图 9 厚度切变振动模

4.7 传输线路法 transmission circuit method

通过测量包含压电振子在内的传输网络的最大传输频率和最小传输频率,精确确定被测压电振子的串联谐振频率和并联谐振频率的方法。

通常采用的传输线路法有定电压传输线路法和定电流传输线路法。

4.8 谐振-反谐振法 resonance-antiresonance method

用谐振、反谐振频率确定材料参数的方法。

4.9 泛音比法 overtone ratio method

利用厚度振动模的泛音频率与基音频率之比来确定压电材料的某些压电耦合系数的方法。

4.10 电纳法 susceptance method

由压电振子在谐振频率附近的电纳-频率曲线来确定振子等效参数及振子材料参数的方法。

4.11 零相位法 zero phase method

通过测量压电振子输入、输出电压间的相位差为零时的两个频率,计算材料参数的方法。

两个频率中较低的一个频率为谐振频率,较高的一个为反谐振频率。

4.12 导纳圆法 method of admittance circle

通过测量压电振子在谐振频率附近的导纳圆,从而确定材料参数的方法。

4.13 静态法 static method

使试样承受一恒定力(或电场),通过测量试样产生的电荷(或应变),计算材料某些压电常数的方法。

4.14 准静态法 quasi-static method

被测样品在交变力的作用下,在远低于谐振频率处测量某些压电常数的方法。

5 耦合系数**5.1 机电耦合系数 electromechanical coupling factor**

将压电晶体中机械能和电能相互耦合程度的一个参数定义为:

$$k^2 = \frac{\text{通过逆压电效应转换的机械能}}{\text{输入的总电能}} \quad \text{或}$$

$$k^2 = \frac{\text{通过正压电效应转换的电能}}{\text{输入的总机械能}}$$

式中: k ——机电耦合系数。

5.2 横向长度伸缩机电耦合系数 transverse length extensional electromechanical coupling factor

表示压电振子作横向长度伸缩振动时的机电耦合系数。

5.3 平面机电耦合系数 planar electromechanical coupling factor

表示薄圆片压电振子作径向伸缩振动时的机电耦合系数。

5.4 厚度切变机电耦合系数 thickness-shear electromechanical coupling factor

表示薄片压电振子作厚度切变振动时的机电耦合系数。

5.5 厚度伸缩机电耦合系数 thickness extensional electromechanical coupling factor

表示薄片压电振子作厚度伸缩振动时的机电耦合系数。

5.6 纵向长度伸缩机电耦合系数 longitudinal length extensional electromechanical coupling factor

表示细长棒振子作纵向长度伸缩振动时的机电耦合系数。

6 声波**6.1 波 wave**

媒质中传播的扰动,在媒质中的任意一点度量扰动的量都是时间的函数;而在同一时刻,任意一点的这个量都是它的位置的函数。

- 6.2 声表面波 surface acoustic wave**
沿媒质表面层传播,幅值随深度迅速衰减的声波。
- 6.3 体波 bulk wave**
在物体内部传播的声波。
- 6.4 纵波 longitudinal wave**
媒质中质点沿传播方向振动的波。
- 6.5 横波 transverse wave**
媒质中的质点都垂直于传播方向而振动的波。
- 6.6 纯波 pure wave**
媒质中的质点振动方向与波的传播方向严格平行或严格垂直的波。
严格平行的波称为纯纵波,严格垂直的波称为纯横波。
- 6.7 准纵波 quasi-longitudinal wave**
在各向异性介质中,一般可传播三种波,除纯波方向外,这些波的质点振动方向既不与传播方向严格平行,也不严格垂直,而是成一定角度。其中比较接近于纵波的一种叫准纵波,另两种比较接近于横波的叫准横波。
- 6.8 准横波 quasi-transverse wave**
见“准纵波”。
- 6.9 切变波 shear wave**
弹性媒质中使媒质各部分变形而体积不变的波。
- 6.10 纯模式方向 pure mode direction**
波的能量传播方向与相位传播方向一致的方向为纯模式方向。
- 6.11 声衰减 acoustic attenuation**
声波在传播过程中声能的损耗。
- 6.12 声速 acoustic velocity**
声波在媒质中传播的速度。
- 6.13 相速 phase velocity**
波上相位固定的一点沿传播方向的速度。
- 6.14 频散介质 dispersion medium**
声波在介质内传播时,传播速度随它的频率而变化的传声介质。
- 6.15 群速 group velocity**
一段波的包络上具有某种特性(例如,幅值最大)的点的传播速度。
注:群速与相速只是在频散介质中才有差别。
- 6.16 声表面波速度 velocity of surface acoustic wave**
声表面波在介质表面传播的速度。
- 6.17 声表面波延迟时间 delay time of surface acoustic wave**
声表面波在介质表面从发送到接收的传播时间。
- 6.18 声表面波机电耦合系数 electromechanical coupling coefficient of surface acoustic wave**
声表面波机电耦合系数定义如下:

$$k_s^2 = 2 \left| \frac{\Delta v}{v_s} \right|$$

$$\Delta v = v_s - v_0$$

式中: k_s —— 声表面波机电耦合系数;

v_s —— 自由表面速度, m/s;

v_0 ——表面电场短路后的速度, m/s。

- 6.19 声表面波速度温度系数 **temperature coefficient of the velocity of surface acoustic wave**
单位温度变化引起声表面波速度的相对变化量。

$$TKv = \frac{1}{v_s} \frac{\partial v_s}{\partial T}$$

式中: v_s ——自由表面速度, m/s;

T ——热力学温度, K。

- 6.20 声表面波延迟时间温度系数 **temperature coefficient of the delay time of surface acoustic wave**
单位温度变化引起声表面波延迟时间的相对变化量。

$$TKt = \frac{1}{t} \frac{\partial t}{\partial T}$$

式中: t ——自由表面延迟时间, s;

T ——热力学温度, K。

TKt 与 TKv 有如下关系:

$$TKt = \alpha - TKv$$

式中: α ——传播方向晶体的线热膨胀系数, K^{-1} 。

附 录 A
汉 语 索 引
(参考件)

B		J	
并联谐振频率	3.7	介电损耗	2.28
波	6.1	介电常数(电容率)	2.20
C		介质隔离率	2.25
传输线路法	4.7	机电耦合系数	5.1
纯波	8.6	机械品质因数	2.29
串联谐振频率	3.6	极化处理	2.10
纯模式方向	6.10	径向伸缩振动模	4.4
D		矫顽电场强度	2.16
电纳法	4.10	晶系	2.2
电极化强度	2.14	基音频率	3.12
电容比	2.30	静态法	4.13
电致伸缩效应	2.43	K	
电滞回线	2.13	空间群	2.4
动态电阻	2.32	L	
导纳圆法	4.12	零相位法	4.11
单晶体	2.1	P	
点阵	2.5	平面机电耦合系数	5.3
点群	2.3	频率常数	2.46
F		频散介质	6.14
反谐振频率	3.5	Q	
泛音比法	4.9	切变波	6.9
泛音频率	3.13	切型	2.7
H		切型符号	2.8
厚度切变振动模	4.6	群速	6.15
厚度切变机电耦合系数	5.4	R	
厚度伸缩振动模	4.5	热释电系数	2.45
厚度伸缩机电耦合系数	5.5	热释电效应	2.44
横向长度伸缩振动模	4.2	S	
横向长度伸缩机电耦合系数	5.2	声表面波	6.2
横波	6.5	声表面波延迟时间	6.17

附 录 B
英 文 索 引
(参考件)

A

acoustic attenuation	6. 11
acoustic velocity	6. 12
admittance and impedance circle of piezoelectric vibrator	3. 3
antiresonance frequency	3. 5

B

bulk wave	6. 3
-----------------	------

C

capacitance ratio	2. 30
clamped capacitance	2. 19
clamped dielectric constant (clamped permittivity)	2. 22
clamped dielectric impermeability	2. 27
clamped relative dielectric constant (clamped relative permittivity)	2. 24
coercive electric field strength	2. 16
crystal system	2. 2
cut type	2. 7

D

delay time surface acoustic wave	6. 17
dielectric constant (permittivity)	2. 20
dielectric impermeability	2. 25
dielectric loss	2. 28
dispersion medium	6. 14

E

elastic constant	2. 33
elastic compliance constant	2. 34
elastic stiffness constant	2. 35
electric polarization	2. 14
electromechanical coupling factor	5. 1
electromechanical coupling coefficient of surface acoustic wave	6. 18
electrostriction effect	2. 43
equivalent circuit of piezoelectric vibrator	3. 2

F

ferroelectric crystal	2. 11
-----------------------------	-------

ferroelectric curie temperature	2. 17
ferroelectric domain	2. 12
ferroelectric hysteresis loop	2. 13
figure of merit for piezoelectric vibrator	2. 31
free capacitance	2. 18
free dielectric constant (free permittivity)	2. 21
free dielectric impermeability	2. 26
free relative dielectric constant (free relative permittivity)	2. 23
frequency constant	2. 46
fundamental frequency	3. 12

G

group velocity	6. 15
----------------------	-------

L

lattice	2. 5
longitudinal length extensional electromechanical coupling factor	5. 6
longitudinal length extensional vibration mode	4. 3
longitudinal wave	6. 4

M

maxium admittance frequency	3. 8
maxium transission frequency	3. 10
mechanical quality factor	2. 29
method of admittance circle	4. 12
minimum admittance frequency	3. 9
minimum transission frequency	3. 11
motional resistance	2. 32

O

overtone frequency	3. 13
overtone ratio method	4. 9

P

parallel resonance frequency	3. 7
phase velocity	6. 13
piezoelectric constant	2. 38
piezoelectric crystal	2. 37
piezoelectric crystal vibrator	3. 1
piezoelectric effect	2. 36
piezoelectric stiffness constant	2. 42
piezoelectric strain constant	2. 39
piezoelectric stress constant	2. 40

piezoelectric voltage constant	2.41
planar electromechanical coupling factor	5.3
point group	2.3
poling	2.10
pure mode direction	6.10
pure wave	6.6
pyroelectric coefficient	2.45
pyroelectric effect	2.44

Q

quasi-longitudinal wave	6.7
quasi-static method	4.14
quasi-transverse wave	6.8

R

radial extensional vibration mode	4.4
rectangular coordinates system	2.6
residual electric polarization	2.15
resonance-antiresonance method	4.8
resonance frequency	3.4

S

series resonance frequency	3.6
shear wave	6.9
single crystal	2.1
space group	2.4
spontaneous polarization	2.9
static method	4.13
surface acoustic wave	6.2
susceptance method	4.10
symbols of cut type	2.8

T

temperature coefficient of the delay time of surface acoustic wave	6.20
temperature coefficient of the velocity of surface acoustic wave	6.19
thickness extensional electromechanical coupling factor	5.5
thickness extensional vibration mode	4.5
thickness-shear electromechanical coupling factor	5.4
thickness-shear vibration mode	4.6
transmission circuit method	4.7
transverse length extensional electromechanical coupling factor	5.2
transverse length extensional vibrator mode	4.2
transverse wave	6.5

V

velocity of surface acoustic wave 6.16
vibration mode 4.1

W

wave 6.1

Z

zero phase method 4.11

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由机械电子工业部电子标准化研究所归口。

本标准由电子标准化研究所、二十六研究所起草。

本标准主要起草人何大珍、朱洪兴、肖声质、李杰、吴子合、刘鸿举、刘承钧。