

# 压电陶瓷应用

电子陶瓷情报网 编



山东大学出版社

## 内 容 简 介

本书为介绍压电陶瓷应用的专著。内容包括压电陶瓷在高压发生装置、电声设备、检测仪器、水声、超声、声体波滤波器和声表面波器件方面的应用等。本书主要介绍各类压电陶瓷器件的结构、工作原理、制造方法及性能与用途。书中涉及压电器件共有数十种，并列有国内外著名厂家生产的压电器件性能数据。本书可供从事通信、广播、计算机、自动控制、电声、水声、超声技术、医疗卫生、环保安全以及从事压电陶瓷器件制造的科技人员参考，亦可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。

电子陶瓷情报网丛书

### 压 电 陶 瓷 应 用

电子陶瓷情报网 编

山东大学出版社出版

山东省新华书店发行 山东大学印刷厂印刷

开本850×1168 1/32 印张12·5 字数292千字

1985年8月第一版 1985年8月第一次印刷

印数1—6,000

书号：13338-4 定价：3.30元

# 序 言

压电陶瓷作为一项新兴的功能陶瓷材料，近二十年来发展甚为迅速，应用日趋广泛，已深入到尖端技术及国民经济各个部门之中，成为不可缺少的现代化工业材料之一。日本从1979年至1981年之间，压电陶瓷元器件的贸易额每年递增16.1%，1981年贸易额为290亿日元。据有关部门预测，今后每年仍将以20%左右的速率增长，到1990年将可达1500亿日元。西欧、美国虽然未见到有关这方面的统计资料，但就发表的文献资料来看，压电陶瓷材料及器件的研究开发工作也在大力进行。

我国的压电陶瓷材料和器件的研制与生产也有相当长的时间，具有相当雄厚的基础。但和国外比较起来，无论在基础理论研究方面还是在生产技术方面都有一定差距，特别是在推广应用方面比工业先进国家差距更大。有鉴于此，本网于1984年初召开网长工作会议，经过讨论决定编写一本专门介绍压电陶瓷材料应用的书，定名为《压电陶瓷应用》。以便于向本行业及从事电子技术、计算机、仪器仪表、自动控制等工作的科技人员介绍压电陶瓷器件的制造技术、性能与应用以及发展前景，使大家对此有所了解，共同为开发压电陶瓷的应用，促进电子工业以至整个国民经济的发展做出贡献。

会议推定景华无线电器材厂为主编单位，聘请陈重华、肖鸣山和刘云书为主编（各章编写人员见一览表）。最后，由肖鸣山和张子清统稿和定稿。参加本书的审稿人员有许昌昆、张永恩、李标荣、李龙土、王裕斌、邵启文、金同寿、马元龙和詹欣祥等同志。

本书自决定编写到定稿,全部时间不到一年。由于时间仓促,水平有限,谬误之处在所难免,还望读者批评指正。

电子工业部电子陶瓷情报网

1985年1月

## 作者一览表

主 编 陈重华 肖鸣山 刘云书

\*

绪 论 陈重华

第一章 陈永权 倪星元

第二章 张蒲生 张贯捷 邵性廉

第三章 刘云书 林荣文 林 钢

第四章 霍清霄 袁建人

第五章 许文义

第六章 许文义 杨富祥 唐世英 姜新民

第七章 张子清 肖鸣山

# 目 录

<b>绪 论</b> .....	( 1 )
§0.1  压电陶瓷发展史.....	( 1 )
§0.2  压电陶瓷的性能.....	( 4 )
§0.3  压电陶瓷的应用及其发展展望.....	( 24 )
参考文献.....	( 31 )
<b>第一章  在高电压发生装置上的应用</b> .....	( 33 )
§1.1  压电陶瓷点火器.....	( 33 )
§1.2  压电陶瓷变压器.....	( 42 )
§1.3  其它应用.....	( 61 )
参考文献.....	( 68 )
<b>第二章  在电声等设备上的应用</b> .....	( 70 )
§2.1  双膜片型振子.....	( 70 )
§2.2  双声道压电陶瓷拾音器.....	( 71 )
§2.3  压电陶瓷扬声器.....	( 81 )
§2.4  压电陶瓷送、受话器.....	( 89 )
§2.5  压电陶瓷蜂鸣器.....	( 98 )
§2.6  其它应用.....	( 109 )
参考文献.....	( 111 )
<b>第三章  在计测仪器上的应用</b> .....	( 113 )
§3.1  压电陀螺.....	( 113 )
§3.2  压电加速度计.....	( 122 )
§3.3  压电陶瓷压力计.....	( 134 )
§3.4  压电流量计.....	( 140 )
§3.5  结霜传感器.....	( 148 )
§3.6  压电陶瓷传动装置.....	( 154 )

§3.7 其它应用 .....	( 157 )
参考文献 .....	( 165 )
<b>第四章 压电陶瓷在水声设备中的应用 .....</b>	<b>( 168 )</b>
§4.1 概述 .....	( 168 )
§4.2 水声用的压电陶瓷材料 .....	( 170 )
§4.3 水声用的压电陶瓷换能器 .....	( 175 )
§4.4 声纳 .....	( 192 )
参考文献 .....	( 199 )
<b>第五章 在超声仪器上的应用 .....</b>	<b>( 201 )</b>
§5.1 超声波清洗机 .....	( 202 )
§5.2 超声波陶瓷传声器 .....	( 213 )
§5.3 医学领域中的应用 .....	( 226 )
§5.4 压电超声换能器在其它方面的应用 .....	( 239 )
参考文献 .....	( 252 )
<b>第六章 压电陶瓷声体波滤波器 .....</b>	<b>( 255 )</b>
§6.1 压电陶瓷振子 .....	( 255 )
§6.2 多节陶瓷滤波器 .....	( 258 )
§6.3 能阱模压电陶瓷器件 .....	( 268 )
§6.4 压电陶瓷谐振器 .....	( 293 )
§6.5 压电音叉 .....	( 298 )
§6.6 机械滤波器 .....	( 304 )
§6.7 压电延迟线 .....	( 310 )
参考文献 .....	( 324 )
<b>第七章 压电陶瓷声表面波器件 .....</b>	<b>( 326 )</b>
§7.1 声表面波器件对压电基片材料的要求 .....	( 327 )
§7.2 用声表面波器件的压电陶瓷及其制备 .....	( 329 )
§7.3 陶瓷基片上的叉指换能器的制备工艺 .....	( 333 )
§7.4 基片参数测量 .....	( 336 )
§7.5 压电陶瓷声表面波滤波器 .....	( 342 )

§7.6	压电陶瓷声表面波延迟线 .....	( 358 )
§7.7	其它压电陶瓷声表面波器件 .....	( 366 )
参考文献	.....	( 377 )

## 附 录

附表 1	国营景华无线电器材厂压电陶瓷发声元件的主要性能参数
附表 2	温州压电元件厂压电陶瓷发声元件的主要性能参数
附表 3	淄博无线电瓷件厂压电蜂鸣器元件性能指标 ( A型 )
附表 4	上海无线电一厂压电陶瓷发声元件的主要性能参数
附表 5	京都陶瓷 A、B、D、E 型压电陶瓷发声元件的主要性能参数
附表 6	国内压电陶瓷蜂鸣器的规格和主要性能参数
附表 7	国外压电陶瓷蜂鸣器的规格和主要性能参数
附表 8	上海无线电一厂 HTS 压电陶瓷传感器的规格和特性参数
附表 9	江都无线电元件厂压电陶瓷声体波滤波器的性能和应用
附表 10	我国压电陶瓷元件主要生产厂家



# 绪 论

## §0.1 压电陶瓷发展史

当在某些各向异性的晶体材料上施加机械应力时，在晶体的某些表面上会有电荷出现。这一效应称为正压电效应，晶体的这一性质，称为压电性。压电性是J. 居里及P. 居里兄弟于1880年发现的。后来居里兄弟发现，在晶体上施加电压时，则晶体会产生几何形变。这一效应称为逆压电效应。

自发现压电性以来几十年中，压电学仅是晶体物理学的一个分支。直到1944年，人们对“压电陶瓷”这个术语仍不理解。大约在1940年以前，只知道有两类铁电体，一类是罗息盐与某些关系密切的酒石酸盐；一类是磷酸二氢钾盐和它的同晶型物。前者是一种在常温下具有压电性的晶体，在技术上具有使用价值，但是它有容易潮解的缺点；后者要在极低的温度（低于 $-148^{\circ}\text{C}$ ）下才具有压电性，因此工程上使用价值不大。二次大战中，1942年到1945年期间，美国的韦纳等人、苏联的伍尔和戈德曼、日本的小川分别发现钛酸钡（ $\text{BaTiO}_3$ ）具有异常高的介电常数。此后不久，有人发现 $\text{BaTiO}_3$ 具有压电性。

$\text{BaTiO}_3$ 陶瓷的发现是压电材料的一个飞跃。在这以前，压电材料只是压电单晶材料。从此以后，压电材料有了两大类：压电单晶和压电陶瓷。

在发现和理解陶瓷的压电性方面，曾经历了三个阶段：第一阶段是发现高介电常数；第二阶段是认识到高介电常数起因于

铁电性。这种认识开始于美国麻省理工学院的绝缘研究室里，希伯尔等人系统地研究了 $B_0T_1O_3$ 陶瓷的介电性质，并把它们确定为一种新类型的铁电体。第三阶段是发现极化过程。最初，类似于压电性的一些特性曾在 $B_0T_1O_3$ 陶瓷里观察到，特别是制成做弯曲振动的棒材料时，这些特性则更明显。但是，多晶材料具有正压电效应和逆压电效应的性质并没有被认识到，到1947年有人对 $B_0T_1O_3$ 陶瓷施加一定的直流偏压场，发现 $B_0T_1O_3$ 在一定直流偏压下具有压电效应，并且这种效应在撤去电场后仍能保存下来。这一发现开始了压电陶瓷的时代。

$B_0T_1O_3$ 陶瓷的压电性一经发现，就得到实际应用。1947年美国出现了用 $B_0T_1O_3$ 陶瓷制造的留声机用拾音器，日本则比美国晚了两年。 $B_0T_1O_3$ 压电陶瓷材料和石英晶体、罗息盐等压电单晶相比，具有制备容易，且可制成任意形状和任意极化方向的产品等优点，所以，以后用 $B_0T_1O_3$ 陶瓷做的压电换能器、滤波器等各种压电器件不断涌现。

虽然如此， $B_0T_1O_3$ 陶瓷也有缺点，即它的压电性比罗息盐弱，而且压电性随温度和时间变化又比石英晶体大。为了提高这些方面的性能，有人对 $B_0T_1O_3$ 陶瓷进行了改性试验。通过改性试验除了获得一些改良型的 $B_0T_1O_3$ 陶瓷材料外，还发现了许多与 $B_0T_1O_3$ 有类似结构的 $ABO_3$ 型铁电体或反铁电体。这些研试结果为以后发现新压电材料打下了良好的基础。

1954年美国B.贾菲等人发现了压电 $P_0Z_rO_3-P_0T_1O_3$ (PZT)固溶体系统。这一系统材料具有比 $B_0T_1O_3$ 为优的性能。在此系统中，各种材料的居里点都比 $B_0T_1O_3$ 的高，并存在着与温度无关的变晶相界。变晶相界附近的组成。其机电耦合系数、机械品质因数都比 $B_0T_1O_3$ 的大，温度稳定性和时间稳定性都比 $B_0T_1O_3$ 的好。且经过改性以后，它的压电性还能提高。由于PZT具有良好的压电性，使它一出现就在压电应用领域逐步取代了 $B_0T_1O_3$ 的地位。

PZT系压电陶瓷的出现对压电陶瓷来说，是一件划时代的大

事，它使许多在 $BaTiO_3$ 时代不能制作的器件成为可能，并且以后又从它派生出一系列的新的压电陶瓷材料。

1965年，日本根据斯摩棱斯基法则，在PZT的基础上添加复合钙钛矿型结晶结构的第三成分—铌镁酸铅〔 $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ 〕，研制成三元系压电陶瓷材料PCM。此种三元系压电陶瓷比PZT陶瓷更易于烧结，而 $PbO$ 挥发极少，其相界由PZT的点扩展为线，因而其可供选择的组成范围更广，具有比PZT更为优越的性能。故自PCM问世以后，以诸如 $Pb(Mn_{1/3}Sb_{2/3})O_3$ 、 $Pb(Co_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ 等不同复合钙钛矿型化合物为第三成分及第四成分的三元系、四元系压电陶瓷材料陆续出现。表0.1列出了出于文献及专利中的三元系压电陶瓷组成。

表0.1 文献及专利资料中所见的三元系压电陶瓷组成  
( )— $PbZrO_3$ — $PbTiO_3$

$(A_{1/2}^{1+} A_{1/2}^{3+})TiO_3$	$Pb(B_{1/2}^{2+} B_{1/2}^{5+})O_3$	$Pb(B_{1/2}^{3+} B_{1/2}^{5+})O_3$
$Pb(B_{1/2}^{2+} B_{1/2}^{6+})O_3$	$Pb(B_{2/3}^{3+} B_{2/3}^{6+})O_3$	$Pb(B_{1/4}^{1+} B_{3/4}^{4+})O_3$
$A^{1+}$ : Li, Na, K, Ag		
$A^{3+}$ : Bi, La, Ce, Nd		
$B^{1+}$ : Li, Cu		
$B^{2+}$ : Mg, Ni, Zn, Mn, Co, Sn, Fe, Cd, Cu		
$B^{3+}$ : Mn, Sb, Al, Yb, In, Fe, Co, Sc, Y, Sn		
$B^{5+}$ : Nb, Sb, Tb, Bi		
$B^{6+}$ : W, Te, Re		

随着陶瓷科学与制造技术的进步，出现了透明压电陶瓷，其代表性材料如PLZT。透明压电陶瓷的出现，使压电陶瓷的应用扩展到电光领域。

作为PZT的一个基本组份的 $PbTiO_3$ ，虽被发现甚早，但由于其烧结困难等制造工艺上的原因，长期内不能实际应用。在研究开发PZT之后，对 $PbTiO_3$ 进行了取代、固溶等改性试验工作，使 $PbTiO_3$ 陶瓷逐步趋向实用化。特别是近几年来，广大技术人员研究制成了许多性能优良的 $PbTiO_3$ 系压电陶瓷材料，成为制作高频陶瓷滤波器、声表面波器件及工业无损探伤及医疗诊断仪器探头的优良材料。

以上所述均属钙钛矿型材料。在研究开发钙钛矿型压电陶瓷材料的同时，也对非钙钛矿型压电陶瓷材料如焦绿石型、铋层状结构、钨青铜型等压电陶瓷材料进行了探索与研究。这些材料都潜在着实用价值，其中有些材料已被应用。最近，利用材料复合技术已经研制出不少类型的压电复合材料，使压电性能较单相陶瓷提高许多倍，并出现了新的功能。压电陶瓷材料的发展不断开拓压电陶瓷的应用范围，促进了压电陶瓷元器件的发展。

我国对压电陶瓷的研究开始于五十年代末期，比国外晚了十年左右。经过二十几年的努力，我国的压电陶瓷有了很大发展，上述各类压电陶瓷材料国内几乎都有，有不少材料已经接近或达到国际水平。可以说，经过这些年的努力，在压电陶瓷的研究试制和工业生产方面都有了相当雄厚的力量，为今后压电陶瓷材料及元器件的发展奠定了良好的基础。

## §0.2 压电陶瓷的性能

压电陶瓷材料除了具有一般介质材料所具有的介电性能和弹性性能外，还具有压电性能。压电陶瓷材料经过极化之后具有各向异性，每一项性能参数在不同方向上所表现的数值不同，这就使压电陶瓷材料的性能参数比一般各向同性的介质陶瓷多得多。压电陶瓷材料的众多的性能参数是它的广泛用途的重要基础。本节将对压电陶瓷材料的主要性能及其测量方法作一简要的介绍。

## 一、压电陶瓷的主要性能

### (一) 介电常数

介电常数反映材料的介电性质，或极化性质，通常用  $\epsilon$  来表示。不同用途的压电元件对压电材料的介电常数要求不同。例如，压电扬声器等音频器件要求材料的介电常数要大，而高频压电元件则要求材料的介电常数要小。

介电常数  $\epsilon$  与元件的电容  $C$ 、电极面积  $A$  和电极间距离  $t$  之间的关系为：

$$C = \epsilon A / t, \quad (0.1)$$

$$\epsilon = Ct / A; \quad (0.2)$$

式中，各参数的单位为：电容  $C$  ( $F$ )；电极面积  $A$  ( $m^2$ )；电极间距离  $t$  ( $m$ )；介电常数  $\epsilon$  ( $F/m$ )。

有时使用相对介电常数  $\epsilon_r$ ，它与介电常数  $\epsilon$  之间的关系为

$$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0; \quad (0.3)$$

式中， $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  ( $F/m$ )，而  $\epsilon_r$  则无量纲。

压电陶瓷极化处理前是各向同性的多晶体，这时沿方向 1、2、3 的介电常数是相同的，即只有一个介电常数。经过极化处理以后，由于沿极化方向产生剩余极化成为各向异性的多晶体。此时沿极化方向的介电性质就与其它两个方向的介电性质不同。设陶瓷的极化方向为 3，则有

$$\epsilon_{11} = \epsilon_{22} \neq \epsilon_{33},$$

即经过极化后的压电陶瓷具有两个介电常数  $\epsilon_{11}$  和  $\epsilon_{33}$ 。

由于压电陶瓷存在压电效应，因此样品所处的机械条件不同，其所测得的介电常数也不同。在机械自由的条件下测得的介电常数称为自由介电常数，以  $\epsilon^T$  表示。上角标  $T$  表示机械自由条件。在机械夹持的条件下测得的介电常数称为夹持介电常数，以  $\epsilon^S$  表示。上角标  $S$  表示机械夹持条件。由于在机械自由条件下存在由形变而产生的附加电场，而在机械受夹的条件下则没有这种效

应，因而在两种条件下测得的介电常数值是不同的。

根据上述，沿方向 3 极化的压电陶瓷具有四个介电常数：

$$\epsilon_{11}^T, \epsilon_{11}^S, \epsilon_{33}^T, \epsilon_{33}^S .$$

## (二) 介质损耗

介质损耗是包括压电陶瓷在内的任何电介质的重要品质指标之一。在交变电场下，电介质所积蓄的电荷有两种分量：一种为有功部分（同相），由电导过程所引起的；一种为无功部分（异相），是由介质弛豫过程所引起的。介质损耗是异相分量与同相分量的比值。如图 0.1 所示， $I_C$  为同相分量， $I_R$  为异相分量， $I_C$  与总电流  $I$  的夹角为  $\delta$ ，其正切值为

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{1}{\omega CR} ; \quad (0.4)$$

式中； $\omega$  为交变电场的角频率， $R$  为损耗电阻， $C$  为介质电容。由式 (0.4) 可见， $I_R$  大时  $\operatorname{tg} \delta$  也大， $I_R$  小时  $\operatorname{tg} \delta$  也小。通常用  $\operatorname{tg} \delta$  来表示电介质的介质损耗，称为介质损耗角正切值或损耗因子。

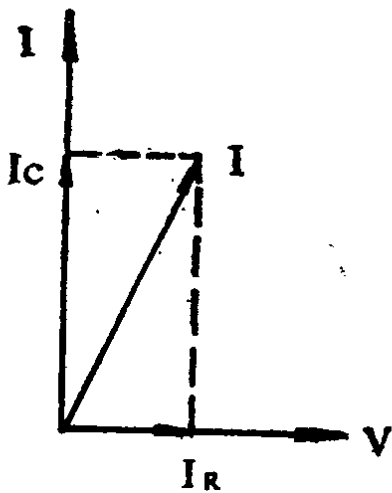


图 0.1 交流电路中电流电压矢量图（有损耗时）

处于静电场中的介质损耗，来源于介质中的电导过程。处于交变电场中的介质损耗，来源于电导过程和极化弛豫过程。对于铁电压电体来说，常温下电导损耗都很小，主要是极化弛豫所引起的介质损耗。此外，铁电和压电陶瓷的介质损耗，还与畴壁运动过程

有关，但情况比较复杂，因此，本书不予详述。

## (三) 弹性常数

压电陶瓷材料是一种弹性体，它服从胡克定律：“在弹性限度范围内，应力与应变成正比。”设应力为 $T$ ，加于截面积为 $A$ 的压电陶瓷片上（单位： $N/m^2$ ），其所产生的应变为 $S$ （无量纲），则根据胡克定律，应力与应变间有如下的关系：

$$S = sT \quad , \quad (0.5)$$

$$T = cS \quad ; \quad (0.6)$$

式中： $s$ 为弹性顺度系数，单位为 $m^2/N$ ； $c$ 为弹性劲度常数，单位为 $M/m^2$ 。

但是任何材料都是三维的，即当施加应力于长度方向时，不仅长度方向产生应变，宽度与厚度方向也产生应变。设有一如图0.2所示的薄长片，其长度沿1方向，宽度沿2方向。沿1方向施加应力 $T_1$ ，使薄长片在方向1上产生应变 $S_1$ ，而在方向2上产生应变 $S_2$ 。由式(0.5)不难得出：

$$S_1 = s_{11}T_1 \quad , \quad (0.7)$$

$$S_2 = s_{12}T_1 \quad , \quad (0.8)$$

上两式中弹性顺度常数 $s_{11}$ 及 $s_{12}$ 之比称为泊松比：

$$\sigma = -\frac{s_{12}}{s_{11}} \quad (0.9)$$

它表示横向相对收缩与纵向相对伸长之比。

同理，可得 $s_{13}$ ， $s_{21}$ ， $s_{22}$ 等。理论证明， $s_{22} = s_{11}$ ，

$$s_{21} = s_{12} \quad .$$

经极化的压电陶瓷，其独立的弹性顺度常数只有5个，即

$s_{11}$ 、 $s_{12}$ 、 $s_{13}$ 、 $s_{33}$ 和 $s_{44}$ 。

独立的弹性劲度常数也只有5个，即 $c_{11}$ 、 $c_{12}$ 、 $c_{13}$ 、 $c_{33}$ 、 $c_{44}$ 。

由于压电陶瓷存在压电效应，因此压电陶瓷样品在不同电学条件下具有不同的弹性顺度常数。在外电路的电阻很小

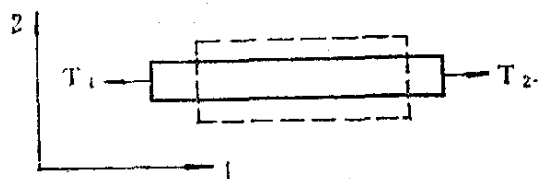


图0.2 薄长片的形变

相当于短路，或电场强度 $E = 0$ 的条件下测得的称为短路弹性顺度常数，记作 $s^E$ 。在外电路的电阻很大，相当于开路或电位移 $D = 0$ 的条件下测得的称为开路弹性顺度常数，记作 $s^D$ 。由于压电陶瓷为各向异性，因此，共有下列10个弹性顺度常数：

$$s_{11}^E, s_{12}^E, s_{13}^E, s_{33}^E, s_{44}^E;$$

$$s_{11}^D, s_{12}^D, s_{13}^D, s_{33}^D, s_{44}^D,$$

#### (四) 机械品质因数

机械品质因数也是衡量压电陶瓷材料的一个重要参数。它表示在振动转换时材料内部能量消耗的程度。机械品质因数越大，能量的损耗越小。产生损耗的原因在于内摩擦。机械品质因数可根据等效电路计算而得：

$$Q_m = \frac{1}{C_1 \omega_s R_1}; \quad (0.10)$$

式中： $R_1$ 为等效电阻， $\omega_s$ 为串联谐振频率， $C_1$ 为振子谐振时的等效电容，其值为

$$C_1 = \frac{\omega_p^2 - \omega_s^2}{\omega_p^2} (C_0 + C_1).$$

其中： $\omega_p$ 为振子的并联谐振频率， $C_0$ 为振子的静电容。以此值代入式(0.10)，得

$$Q_m = \frac{\omega_p^2}{(\omega_p^2 - \omega_s^2) \omega_s R_1 (C_0 + C_1)}, \quad (0.11)$$

或

$$Q_m = \frac{f_p^2}{2\pi f_s \cdot R_1 (C_0 + C_1) (f_p^2 - f_s^2)}; \quad (0.12)$$



当  $\Delta f = f_p - f_s$  很小时, 式 (0.12) 可简化为:

$$Q_m = \frac{1}{4\pi(C_0 + C_1)R\Delta f} \cdot \quad (0.13)$$

不同的压电器件对压电陶瓷材料的  $Q_m$  值有不同的要求, 多数陶瓷滤波器要求压电陶瓷的  $Q_m$  值要高, 而音响器件及接收型换能器则要求  $Q_m$  值要低。

#### (五) 压电性、压电常数与压电方程

对于一般的固体, 应力  $T$  只引起成比例的应变  $S$ , 用弹性模量联系起来, 即  $T = YS$ 。压电陶瓷具有压电性, 即施加应力时能产生额外的电荷。其所产生的电荷与施加的应力成比例, 对于压力和张力来说, 其符号是相反的, 用介质电位移  $D$  (单位面积的电荷) 和应力  $T$  表达如下:

$$D = Q/A = dT; \quad (0.13)$$

式中:  $d$  的单位为库/牛 ( $C/N$ )。

这是正压电效应。还有一个逆压电效应, 即施加电场  $E$  时成比例地产生应变  $S$ , 其所产生的应变为膨胀或为收缩取决于样品的极化方向。

$$S = dE, \quad (0.14)$$

式中:  $d$  的单位为米/伏 ( $m/V$ )。

上两式中的比例常数  $d$  称为压电应变常数。对于正和逆效应来说,  $d$  在数值上是相同的, 即有关系

$$d_{ij} = (D_i/T_j) = (S_i/E_j) \cdot \quad (0.15)$$

对于企图用来产生运动或振动 (例如声纳和声换能器) 的材料来说, 希望具有大的压电应变常数  $d$ 。

另一个常用的压电常数是压电电压常数  $g$ 。它表示内应力所产生的电场, 或应变所引起的电位移的关系。常数  $g$  与常数  $d$  之间有如下的关系:

$$g = d/\epsilon \cdot \quad (0.16)$$