

# 《电介质物理学》

## 图书基本信息

书名：《电介质物理学》

13位ISBN编号：9787030106810

10位ISBN编号：7030106814

出版时间：2003-1

出版社：科学

作者：殷之文 编

页数：834

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介以及在线试读，请支持正版图书。

更多资源请访问：[www.tushu000.com](http://www.tushu000.com)

# 《电介质物理学》

## 内容概要

《电介质物理学》第二版是在第一版(《电介质物理学》，方俊鑫、殷之文主编，1989年)的基础上进行全面的修改、补充和完善而完成的。第二版是19位该领域的院士或专家的集体创作。它既保留了第一版的成功之处和特色，又增添了许多新成果、新观点、新应用等新内容，使其内容既全面、系统，又重点突出，是一部难得的更具中国特色的专著。《电介质物理学》12章，主要介绍电介质的极化响应、电荷转移、唯象理论、晶格振动和声子统计、铁电原理、铁电体的第一原理研究、晶体缺陷、电介质能谱、电介质的实验研究、电介质材料的新应用和铁电薄膜等。每章末尾还附有参考文献。

## 书籍目录

第一章 绪论	1.1 介质的电极化	1.2 固态电介质	1.3 近年来电介质物理学的部分进展	1.4 电介质物理学的展望	参考文献						
第二章 介质的电极化响应	2.1 基本概念	2.2 电介质的微观极化结构	2.3 有效场	2.4 介电弛豫	2.5 谐振吸收和色散	2.6 各向异性电介质	2.7 电极化的非线性效应	2.8 其他的电极化响应	参考文献		
第三章 电介质中的电荷转移	3.1 电传导和电荷转移	3.2 晶体的能带结构	3.3 非晶体的能带结构	3.4 弱电场中的电流	3.5 强电场中的电流	3.6 电介质中的空间电荷	3.7 绝缘介质的电击穿	参考文献			
第四章 电介质的唯象理论	4.1 热力学方法基本概念	4.2 固态电介质热力学描述方法	4.3 极性固态相变	4.4 电介质的线性效应	4.5 热释电性	4.6 压电性	4.7 电致伸缩效应	参考文献			
第五章 晶格振动和声子统计	5.1 晶体中的热运动	5.2 晶格动力学	5.3 极性相变和软模	5.4 热平均值	参考文献						
第六章 铁电原理	6.1 铁电体的结构	6.2 铁电体的对称性	6.3 对称性和物理性能关系	6.4 畴结构与缺陷	6.5 结构相变和软模	6.6 LANDAU唯象理论和涨落	6.7 氢键铁电体的六角顶点模型	6.8 结构相变与有序-无序	6.9 赝自旋模型HAMILTONIAN	6.10 位移型与有序-无序型统一模型	参考文献
第七章 铁电体的第一性原理研究	7.1 基本概念	7.2 基态结构	7.3 自发极化	7.4 铁电相变	7.5 压典型	参考文献					
第八章 晶体中的缺陷	8.1 点缺陷	8.2 位错	8.3 晶体的表面	8.4 面缺陷	参考文献						
第九章 电介质能谱	9.1 引论	9.2 介电谱	9.3 红外吸收谱	9.4 光散射	9.5 超声谱	参考文献					
第十章 电介质的实验研究	10.1 复介电常数和介电谱的研究	10.2 电介质的铁电性与热释典型的实验研究	10.3 压电效应和电致伸缩效应的实验研究	10.4 电介质的声学性质研究	10.5 电介质光学性质的研究	10.6 电介质的光散射研究	10.7 中子非弹性散射和声子谱的研究	10.8 电介质的核磁共振研究	10.9 电介质薄膜的研究	参考文献	
第十一章 电介质材料的新应用	11.1 高介陶瓷的新应用	11.2 铁电性的应用	参考文献								
第十二章 铁电薄膜	12.1 概述	12.2 铁电薄膜制备技术	12.3 集成铁电学与铁电异质结构	12.4 铁电薄膜在为电子技术和为电机系统中的应用	12.5 铁电薄膜在光电子学和集成光学中的应用	12.6 铁电薄膜的其他应用	12.7 铁电薄膜的特性退变机制	12.8 SBT铁电薄膜	12.9 铁电薄膜发展展望	参考文献	

# 《电介质物理学》

## 编辑推荐

《电介质物理学》可供从事电介质物理、材料和器件的科研、教学、研制、应用、测试等的科技人员及大专院校有关专业师生参考。

# 《电介质物理学》

## 精彩短评

- 1、这本书很不错，电介质类最好的一本书
  - 2、搞电介质的人，这本书不得不买算是最基础和经典的了不过个人觉得没有《铁电体物理》实用可惜后者已经绝版了
  - 3、专家作品，牛！
  - 4、服务质量很好，书的质量好。
  - 5、这套丛书没说的，值得细细品味，深入学习
  - 6、这本书太有分量了，值了！
  - 7、书很新，发货速度也很快。
  - 8、很不错。这本书真的很棒，建议搞电介质的人购买。
  - 9、先说发货很快。再说书的质量也不错。
  - 10、这本新书还没怎么看，但是我看过旧版的，书很好。一般来讲，只有你真的懂得其中的内容时，才会感觉到读书的快乐。五星级代表我看书时的心情。
  - 11、介电，压电，铁电，fuck
  - 12、电介质物理学是学电介质必看的教材。
- 当当的图书没的说，书的质量好，投送速度快，是学生和老师的益友。
- 13、介电性89年方俊鑫版，国内的教科书，是不是都是翻译外文的，真是拗口。
  - 14、高深的很，不太懂
  - 15、发货速度快，寄过来书质量也不错，呵呵
  - 16、电介质的经典书籍，学习必备，帮助很大
  - 17、没什么好说的，书还是挺好的，只有极个别的章节看似太笼统。。。不尽如人意

## 章节试读

### 1、《电介质物理学》的笔记-第142页

142 宏观的唯象理论虽然不能解释物理效应的根源，但却能建立起各种宏观物理量之间的关系，这对于电介质的实验研究和技术应用是至关重要的，也是电介质微观理论的第一步。热力学的第一定律实质上是能量守恒定律。第二定律用来判断某些变化过程在一定条件下的变化方向。熵表征系统微观运动的混乱程度，系统趋向热平衡的过程可简单地描述为熵的增加的过程，即微观运动趋向于最混乱状态的过程。第三定律为绝对温度零度是不可能达到的。热力学状态函数常被称为特征函数proper function.

147 固体的形态与其中的价电子运动状态密切相关。价电子的运动在很大程度上直接和间接地决定了固体的几何性质和电极化性质。

154 在热力学中把物质系统宏观均匀的部分称为相。由于系统所处的外界条件的变化所导致物质的不同相之间的转变，称为相变。电介质在热平衡下的相，按其电极化性质可分为顺电相，铁电相和反铁电相等几种。不同相的出现与系统的力学，电学，热力学参数有关，在选定了自变量之后，系统的热平衡态稳定的相必须使相应的特征函数为极小值，因此，分析各种特征函数的极小值可以说明电介质相变的宏观规律。处于某个确定的相的电介质，不同热力学变量之间有固定联系，表征固定联系的参数为物性参数。介电常数表征电位移同电场之间的联系。

155 Seignette electricity. RS 滞后回线关系，特殊的非线性介电行为。铁磁体的磁滞回线，P-E 电滞回线，electric hysteresis loop, ferroelectricity, ferroelectrics, 铁电性，铁电体。Residual polarization, coercive field.

157 铁电体的晶胞都具有大小相等的非零电偶极矩，晶胞具有两个或两个以上的结晶学等效方向，电矩可以沿其任一个方向取向。在热平衡状态下，相邻晶胞的电矩相同取向形成亚微观尺度范围的取向有序化，在外加电场作用下，铁电体中的电矩可以由原来取向转变到其他能量较低的方向。铁电晶体晶胞中的电偶极矩是电介质在转变为铁电体时自发出现的，虽有若干种可能取向，但数值一定。这个电矩的数值除以晶胞的体积所得的商称为自发极化的强度。通常，一个自然形成的铁电单晶或铁电陶瓷晶粒中出现许多微小的区域，每个区域中所有晶胞的电矩取向相同，而相邻区域电矩的取向不同，区域为电畴。畴壁，180度畴壁，90度畴壁。存在居里点，自发极化以及相应的晶胞形变（自发应变），居里外斯定律，电畴结构，电滞回线等，是公认的铁电性可能表现出来的宏观现象。反铁电，亚铁电。

178 表4.2非对角线上的物性参数描述了固态电介质所独有的各种交叉效应。在无外电场条件下，线性响应常数 $e_{ai}$ 描述效应为， $D=eSi$ ，描述的是固态电介质在零外电场下因应变而引起的电位移（极化）效应，即为压电效应。E为压电应力系数，piezoelectric stress coefficient, 在恒温无应力自由时，有 $S=dE$ ，外电场引起的应变线性效应，d为压电应变系数，piezoelectric strain coefficient,

$C_{ij}$ 为弹性刚度常数，elastic constant,  $s_{ij}$ ，弹性顺度常数，elastic moduli,  $e_{ij}$ ，为压电应力常数， $d_{ij}$ 为压电应变常数。

### 2、《电介质物理学》的笔记-第260页

260 铁电分类法，一种是结晶化学分类法，根据铁电晶体的化学成分和结构特征，可分为含氢键的晶体和双氧化物晶体。前者多溶于小力学性质较软，居里温度低，熔解温度低等特点，称为软铁电体，后者为硬铁电体。一种是按极化轴数目分类，可分为单轴铁电体和多轴铁电体两大类。RS, KDP, LN 只有一个极化轴，自发极化方向只能平行或反平行于这个极化轴，而其他BaTiO<sub>3</sub>可沿几个晶轴，这些晶轴在晶体的原型相是互等效的方向。第三种按原型相有无对称中心而分为压电性铁电体和非压电性铁电体。KDP, RS, KNT 等铁电体在高温顺电相没有对称中心而具有压电性。BT, KN, SbSI 等铁电体的非极性相的晶体结构具有对称中心，而没有压电性。第四种方法是按铁电相变时原子运动特点分

类，RS, TGS 含氢键的铁电体发生有序-无序相变，而BT, LN, PT等双氧化物铁电体发生位移相变，这有助于研究铁电相变的微观机制。第五种方法按居里-外斯常数C的大小分类，C值大约在105k数量级的为第一类铁电体，相变大多属于位移型，以双氧化物居多，具有促进晶格畸变的激活离子。C值接近103k数量级的为第二类铁电体，相变大多属于有序-无序型。C值接近10k的为第三类铁电体，或称为非本征铁电体，其铁电性起因于压电性与弹性不稳定性的耦合。第六种方法是按极化反转时原子位移的维数来分类的。在一维铁电体中原子位移平行于极轴，具有氧八面体结构，二维铁电体的原子位移处在含有极轴的平面内，

291 冰规则即冰条件，按统计物理，当 $T=0K$ 时熵等于零。在温度很低时，大多数晶体基本没有大量剩余的熵，但当第一次测量冰晶体的熵时，却发现有很多剩余熵。Pauling解释这个问题时提出了冰模型，水分子中的氢原子在两个氧之间形成氢键，但氢不是处于键的中间位置，而形成o-h-o的结构，每个氧原子只能有两个氢原子为最近邻，这样的排列办法有六种，称为六角顶点模型，又称冰条件。

301 两大类铁电体，位移型与有序-无序型，前者把从顺电相转变到铁电相的起因归结为晶格对某些振动模的不稳定（软模），后者在于单胞内活性原子（膺自旋）在几个平衡位置之间的统计无序到有序。

313 透明介质中的光散射是由于介质中存在不均匀性而造成的。例如悬浮于液体或气体中的外来粒子。1871年，Rayleigh证实空气分子光散射中天空呈兰色的原因，其散射强度与波长的关系为瑞利散射，即光频不变，在小波矢区域内能观测到光子与声子的混合无激发，称为电磁激元，这是晶体中极化波与外加电磁场的耦合态。

341 电介质的实验研究：电滞回线，铁电体居里温度的测定，热电系数（热电体的极化强度随温度的变化率：静态法，动态法，电荷积分法，数字积分法）

压电效应和电致伸缩效应的实验研究：压电常数，弹性常数，介电常数和机电耦合系数。前三个分别由压电方程，胡克定律和电场与电位移的关系定义的系数，而机电耦合系数则是由压电振子在特定的振动模式下机械能与电能之间的转换比例来定义的，可是以为前三种常数的函数。复介电常数测量，对各向异性晶体测量恒应变和恒应力边界条件的介电常数的要求。电介质，无论是否有压电性，材料在较高的电场作用下，其电致伸缩效应会变得明显，有些材料已经达到可以应用的程度，直接或间接的测量，至于其他派生的物理量，如频率常数，压电常数的温度系数，弹性常数的温度系数不作介绍。IRE标准（传输方式，动态法）对介电，压电，弹性常数的测量：把材料按一定的要求制备成特定的几何形状，测量介电常数，

360 用声学方法可以确定弹性波在各向异性的电介质传播的纵波、横波和表面波的波速，确定电介质的各个弹性系数 $c_{ij}, s_{ij}$ 。近代的实验方法是采用动态方法，其中包括对压电体使用谐振方法测量它的弹性系数，能及光的布里渊散射

382 当光束进入介质时，其中一部分光线偏离主要的传播方向，这种现象为光散射，有瑞利rayleigh散射，其特点是散射光的频率不变，其强度除了与散射方向有关外，还与波长的四次方成反比 $2$  布里渊散射，当散射介质中存在声波引起介质的密度涨落时，散射光中瑞利谱线附近会出现对称地分布着的分离谱线，这些谱线与入射谱线的频率差值，由声波的速度来决定，这种散射的频移是很小的。这两种散射都是由密度涨落引起的。喇曼散射。入射光与分子振动、固体晶格振动或其他各种元激发，如杂质，等离子体激元，磁振子，极化声子，激子等，相互作用所引起的散射光频移，称为喇曼散射，在喇曼散射中，散射体可使入射光子能量减小或增大，减小或增大的量由散射体的能级间距来决定的。核磁共振

### 3、《电介质物理学》的笔记-第125页

125 electrization, 持久电化的相应物体，找寻能够持久地在其周围建立电场和通过电的吸引或排斥而相互作用的物体。1925年，石蜡和松香的混合物在强外电场作用下，从熔融态固化后再除去外电场，得到的混合物固体能够保持长时间在其周围建立电场的能力，这种混合物固体称为驻极体electret。驻极体是对比永久磁铁的效能来找寻，研制和命名的。这种早期引入的术语和概念没有附加任何涉及微观机构的修饰，沿用下来直至今日引起了许多混淆和争议。采用较多物理学家的倾向和较易物理学家所接受的办法，称获得驻极体效应的人工处理操作为驻极，而不称之为极化。用极化强度而不另外定义其他名词来描述驻极体效应的强度。驻极体效应是在外电场或其他因素如电子束，光等，的作用下

，电介质中产生的空间电荷或取向的分子的键矩能够人为地或自身地被冻结下来所产生的一种静电效应。所谓被冻结下来是指，从结构方面说是处于能长期保存的亚稳态而不是处于热力学平衡状态，由于驻极体过程中采取了冷却或其他方法，处理亚稳定位置的空间电荷和处于亚稳定取向的键矩难以从热运动起伏中获得足够能量来通过越障运动回到平衡状态，其次，从效应方面来说，被冻结下来这一限制把驻极体和一般带静电电介质分离开了。驻极体是整体或宏观局部带静电的电介质。无论是导体，半导体或是绝缘体，都可以处于静电状态而能够在其周围空间建立电场。但是一般的整体或宏观局部带电物体，在使其带静电的外加作用除去后，只要经历了或3-1给出的麦克斯韦时间，其静电状态就要消失。所谓冻结下来是指驻极体经历比麦克斯韦时间或观察时间长得多的时间后，仍能部分或全部保持其效应。

从历史发展的过程来看，表征驻极体效应的是它具有在其周围空间和内部建立电场的能力，而不是把驻极体描述为本身处于持久的极化状态。这样就可以在一定程序上把驻极体和铁电体区别开来。铁电体内部可以持久地处于自发极化状态。但是从宏观整体来说，它没有在周围空间建立电场的持久能力。驻极体必须用高绝缘电介质经驻极处理才能制成。在高温加电场冷却得到热驻极体外，绝缘固体在室温下加强电场也能产生驻极作用。绝缘固体在气体放电中通过电晕将高速运动的带电粒子注入其体内或表面层，也能制成驻极体。光照、辐射等手段都可形成驻极体。虽然晶态固体也可以出现显著的驻极体效应，但目前技术应用上的驻极体一般都是用高分子聚合物固体来制成的。

极性聚合物最适宜于用来制造驻极体。聚乙烯分子是非线性的，但当它的侧键上的氢被氟所置换时，这个键便出现电偶极矩，因此PVF成为极性聚合物，它是目前最主要的同时还具有压电，热电性的驻极体材料之一。C-F键上的电矩方向为自F指向C，由于坚固的共价结构，每个C-F键上的电偶极矩数值接近于固定。按照3.2.3节中指出的聚合物中的各种分子范围的运动，并不会改变高分子的电子结构，因此，像PVF<sub>2</sub>之类的极性半结晶聚合物中分子链不仅具有较大的侧基C-F键矩，而且在强外电场约1mv/cm或机械拉伸的作用下，分子链变成平面锯齿形构象，从而有大的偶极矩，2.1D，这时晶胞中的两个链的偶极矩就从反平变成平行，即实现了从 $\alpha$ 至 $\beta$ 晶相的转变，类似于从顺电相至铁电相的转变。热运动使每一个电矩的取向都在空间作越障旋转。各种像图3.8类型的旋转位能关系提供了大量的亚稳态取向。这些亚稳态除了决定于同一个主链上相邻侧基之间的相互作用外，凝聚高分子聚合物中，邻近不同分子的局部链段之间的相互作用也会产生更大量更复杂的亚稳态。从宏观平均角度来看，聚合物中的这种热运动可处理为在空间混乱地作越障旋转运动。当温度较高时，越障旋转变得更为自由，但在冷却后有些电矩便被冻结在亚稳态的取向上，而且不能越过位垒回到热平衡取向。在强电场作用下，电介质被束缚的或注入的空间电荷在进行有倾向的转移之后被冻结下来，也能具有持久的极化强度，从而成为驻极体。

3.7.2 同极电荷和异极电荷：固体中的空间电荷具有两种形式。由传导电子和传导空穴积聚形成的空间电荷比较自由，它们在固体中的转移动不需要跨越位垒，我们称为自由空间电荷。由杂质、缺陷形成空间电荷在固体中只能作步跃式的越障运动，事实上，当温度足够低或位垒足够高时，它们将冻结在固体的某些局部位置上，因此称为束缚空间电荷。对驻极体效应有贡献的是束缚空间电荷。在具有极性键的聚合物驻极体中，束缚空间电荷和极性键的电矩对持久极化强度都有贡献。在像聚乙烯之类的非极性聚合物和玻璃态石英之类的非晶无机固体以及在晶体中，驻极体效应的本原是空间电荷的产生，转移和冻结。但有时为了利用方便的数学方法进行处理而等效地看成是局部电矩取向的贡献。由空间电荷效应形成的驻极体，为空间电荷驻极体。如若按其来源和存在形式来区分时，则驻极体中具有两种空间电荷，一种为同极电荷homocharge<sup>3.31</sup>，一种为异极电荷，heterocharge<sup>3.32</sup>。同极电荷是人工驻极体时由于外加电场的作用，由电极注入于电介质表面层的空间电荷被束缚下来而形成的，其极性与相邻电极的相同。同极电荷的注入可能通过电介质表面与电极之间的电导，电极的场致发射，电介质表面的局部击穿等途径来实现。在完成驻极工艺，并除去外电场之后，同极电荷贡献的持久极化强度方向与外加电场相反。同极电荷只分布于驻极体的近表面。异极电荷是原来分布于介质体内的束缚电荷，或是因外加作用在介质体内新电离出来的电荷，在强驻极电场的作用下，通过越障运动转移到位能较低的位置并被冻结下来而形成的。其极性与相邻电极相反。图3.3.2给出了晶格中可能发生的越障运动。正离子和负离子都可以出现类似越障运动，但负离子倾向于朝外电场的反方向转移，晶格结点上的取代离子或填隙离子一样可能在驻极过程中转移。在非晶体固体中，空间电荷的这种转移是类似的，但更为复杂些。3.3.2可以看出，这种空间电荷的转移可等效为局部电矩的转向，驻极过程中形成的新的电荷分布所产生的极化强度与外电场相同，而与同极电荷的贡献相反。异极性电荷具有

体积分布的性质。在强交变电场作用下，驻极体可以出现介电回线，在CaF<sub>2</sub>，BeO晶体中也可观察到这种回线，但这两种晶体不具有铁电性。粘滞回线而非铁电回线。

## 136 晶态介质的本征击穿

晶体的条件稍有不同于气态和液态。第一，晶体可以处于任何低温下仍保持为晶体，第二，晶体中的游离电子表现为导带中的传导电子。根据布洛赫定理，传导电子和具有理想周期结构的晶格之间是没有相互作用的。换言之，处于绝对零度温度上的一个完整晶体，虽然此时不存在热激发，但可通过其他就去如光激发，使导带上出现一些传导电子。这些传导电子可以在晶体中自由运动而不会引起晶格的畸变。因此，其平均自由程将为无限大，比较前面关于气体和液体击穿的讨论，可以推断在绝对零度温度上，一个理想晶体的击穿电场强度将小到可以认为零，然而，真实晶体中总存在有杂质和缺陷，它们造成晶体周期结构的破坏，使传导电子的运动受到散身。因此在任何低温下晶体的击穿场强不会小到零值。因为杂质和缺陷的数目在温度不太高时保持不变，故其对提高击穿场强的贡献也是固定的。当晶体的温度高于绝对零度时，晶格的微小振动形成格波，其能量量子为声子。因为声学声子的能量比常温下分子热运动的能量低很多，于是平均声子数随温度上升而近似成正比增加，故声子散射使传导电子的平均自由程减小。

## 4、《电介质物理学》的笔记-第18页

18 矩，在数学上是表示空间分布的量。电矩所描述的就是电荷在空间的分布状态。电矩有电零次矩，电一次矩，电二次矩，等之分。电零次矩就是系统的总电荷，电一次矩是电偶极矩，电二次矩是电四次矩。通常，电四极矩与更多的极矩只出现于与原子核有关的问题上，用来描述核内正电荷分布同球对称之间的偏离状态。在电介质物理学中，一般为电一次矩。

45 弛豫是从宏观的热力学唯象理念抽象出来的。定义为，一个宏观系统由于周围环境的变化或它经受了外界的作用而变成非热平衡状态，这个系统经过一定时间由非热平衡态过渡到新的热平衡状态的整个过程称为弛豫。玻耳兹曼分布。实质上是系统中微观粒子由于相互作用而交换能量，最后达到稳定分布的过程。介电弛豫比磁性弛豫复杂。

46 在顺磁性物质中，磁偶极矩之间的相互作用较弱。因此研究顺磁弛豫时主要是针对顺磁共振的线宽和线型。除铁电体外，所有电介质都是处于顺电相的。在顺电性物质中，电偶极矩之间的相互作用如此之强，以至其吸收曲线的宽度可大到难以认为是出现了一个明显的峰值。因此在介电弛豫现象中特别时出现了所谓弛豫响应。指微观相互作用特别强，响应曲线特别宽的极限现象。介电弛豫只限于弛豫型介电响应，而共振型介电响应中的弛豫在他处。电场与物质之间的相互作用中最重要的大概就是弛豫过程。因为弛豫过程有的是通过粒子间的各种复杂的，完全混乱的作用或碰撞来实现的，弱电场下，可用弛豫时间近似方法来处理。

47 德拜弛豫方程：decay factor 衰减因子，突然除去外电场后，介质极化衰减的规律以及迅速加上恒定外电场时介质极化趋向平衡态的规律。光频电场使介质极化时也有损耗，表现为介质对光的吸收上，此时，光频介电常数也可表示为复数，光频损耗在德拜弛豫理念中略去了。50 双位阱弛豫模型

53 谐振型介电响应出现在红外或更高频率的范围内。复折射率，红外光和可见光都是电磁波，在介质中的运动规律和射频电磁波一样，都用麦克斯韦maxwell方法来描述2.8。

57 通常，相对介电常数的实部随频率增高而略为增大，这为正常色散现象，但在谐振频率附近相对介电常数随频率的增高而迅速下降，为反常色散现象。

66 一个物体的物理性质通常要用各阶张量来描述，在各向异性电介质中，高达4阶的物性张量是经常会碰到的。在广义的坐标变换中，张量还有逆变（contravariant）与协变（Covariant）。因为我们所描述的宏观物质处于欧几里得空间，而通常均选用笛卡儿坐标系进行描述。在电介质物理学中出现的张量都是笛卡儿张量，这种张量的逆变和协变性质的区别消失。

70 从微观结构来说，晶体对称性是指晶体经过对称操作后，其中所有的原子核和电子云分布均同操作前重合。晶体中某个特定的方向经点群对称操作后得到的方向，同原来的方向互为对称方向。由于微观结构上的方向对称，使得晶体在对称方向上具有相同的宏观物理性质。点群既描述了晶体微观结构的方向对称性，也描述了晶体宏观物理性质的方向对称。在特殊情况下，非单晶体物体也会出现各向异性，例如被拉伸的薄膜和经人工极化的电介质（铁电陶瓷和驻极体等）

79 各向同性液体在强外电场作用下会变成光学各向异性液体，这时，电矢量平行于外电场的偏振光在

液体中的折射率，与电矢量垂直于外电场的相同波长的偏振光在液体中的折射率不同，这种由强电场在介质中诱导的光双折射现象为克尔效应。外加电场可以是恒定的，也可以是交变的，频率不太高的电场引起的克尔效应为电致双折射。当外加电场频率高至光频时，效应便成为光致双折射（optically induced birefringence）激光的自聚集作用。气体和液体出现克尔效应的原因是由于其中的分子在光学上各向异性。这种各向异性表现为分子在光频电场中呈现出不同的极化率。这个微观极化率的大小与分子对光频电场的取向有关。

81 金属中的色散，金属表面对光的反射，以及光线透过极薄的金属箔的行为，都表现了金属在光频电场作用下的响应。

## 5、《电介质物理学》的笔记-第84页

84宏观物质在外电场作用下有两种响应，一种是电传导，另一种是电感应。电介质物理学是从电屏蔽和电击穿两个意义上来研究传导的。键(bond)是联系和结合的意思。

94 布洛赫（Bloch）定理是群论方法在晶体理论中的具体应用，最先是用来研究晶体的电子结构。

110 色心，不含杂质的完整的离子晶体和共价晶体的能带可以看出，只要能量大于 $E_g$ 的光子均可将电子激发至导带参加导电，这种现象称为光电导。因此，在光子能量大于 $E_g$ 的波长上将出现连续吸收光谱，并伴随着发生光电导，当然在更长的波长直到出现晶格振动频率的红外范围为止，晶体上没有显著的共振吸收机构，因而是透明的。近紫外的吸收带称为V带，另一个在可见光范围附近的带称为F带。这些吸收带与晶体中所存在的各种分散吸收中心有关，称这些吸收中心为色心colour centres。

112 晶体绝缘固体中会出现微弱的本征导电和杂质导电。研究电导率，决定迁移率的主要因素为晶体中的声子和各种杂质缺陷对载流子的散射作用。固体电子论和半导体物理。

121 静电起电现象可用凝聚物质的功函数来解释。从物体中发射一个电子所需的电小能量，为相应物质的功函数。若物体置于真空中，则电子在物体体内就好像处于深为 $\phi$ 的位阱中， $\phi$ 就是物体的功函数，见图3.28。设有物体A和B,其功函数 $\phi_A$ 和 $\phi_B$ 不相等。当两物体靠近到表面距离 $Zeta$ 不大于25微米左右时，则有电子从一个物体转移至另一个表面层。由于电子较易离开功函数较小的物体。若 $\phi_A > \phi_B$ ，则A表面层将形成多余的负空间电荷，而与之靠近的B表面层将出现等量的正空间电荷，使两物体的接触面之间产生一个厚度为 $zeta$ 的偶电层，electric double layer,此时若令两物体迅速分离，则偶电层两边的电荷来不及完全消失，而使A荷多余的负电而B荷正电。这就是接触起电的原因。Helmholtz,认为固，液两相之间的接触面也可以出现偶电层，从而产生一个电势差，为 $zeta$  potential. 这一电势，产生了电毛细管，electro-capillarity, 和电渗透 electroosmosis. 液-固相或液-液相接触中因电荷转移效应引起的电泳electrophoresis. 分散在液体中的带电溶胶粒子在外电场作用下产生定向运动的现象，这些粒子在液体中会产生布朗运动，电泳是叠加在布朗运动上的定向迁移运动。

## 6、《电介质物理学》的笔记-第3页

iii 以绝缘体的介电常数，损耗，电导和击穿等所谓的四大参数为主要内容。

3 研究介电极化和弛豫始终是波谱学和光谱学的重要内容，促进分子物理学和固态物理学。基础，电动力学，量子力学，热力学和统计物理学。

6 固态电介质，可供利用的性质，电致收缩，压电性，热释电性，铁电性等。固态电介质物理与固体物理，晶体光学有交迭的领域，晶态电介质与激光相互作用构成了固态激光光谱学，固态非线性光学。离子晶体中点阵振动的光频支导致点阵的电极化，这类光频波和离子的位移极化所引起的介电性质和对光的红外吸收，拉曼散射，布里渊散射，以及一些特殊的光学性质，是固体物理的研究对象，又同时属于电介质物理和光学。7按固体无激发理论，固体的介电常数不仅是频率的函数，也是极化波波矢的函数，后者称为空间色散。研究介电常数的规律与电极化元激发性质的关系，使固态电介质物理发展到一个新阶段。

7 电介质的电极化会引起内应力从而发生形变，内应力与外电场平方成正比的二阶效应称为电致收缩，除弛豫型铁电体晶体材料外都具有。没有中心反演对称的一些带有离子键的晶体，在外电场作用下会出现内应力与外电场强度成正比的一阶效应，就是压电效应的逆效应。这种一阶效应所引起的晶体应变要比电致伸缩大得多。非中心对称的晶体都是压电晶体，它们在外界压力的作用下通过内部的极

化过程，使晶体表面出现面电荷，这种效应称为压电效应。压电效应的研究向微观发展推动了晶格动力学和声子物理的发展。

8 在可见区或红外区呈透明的压电晶体是具有一阶电光效应的电光晶体，其折射率可以通过外加电场而灵敏的改变，在激光调制上用途。铁电电光晶体，半波电压很低，透明的铁电陶瓷电光陶瓷PLZT。压电晶体在自由状态下如果没有外电场，晶体的极化强度等于零。但有一类压电晶体由于本身结构的原因而处于自发极化的状态。通常，自发极化电矩在晶体表面的正负端面总吸附着异性电荷，所吸附的异性电荷完全屏蔽了自发极化电矩的电场，使之不会显露出来。但由于自发极化电矩的大小与温度有关，当温度变化时所吸附的多余的屏蔽电荷就被释放出来了，这称为热电效应或热释电效应。在各自的铁电居里点温度以下，铁电晶体将出现自发极化，并且自发极化可随外场反向作用而反向。在交变电场作用下，铁电体的极化强度与场强关系显示出电滞回线。

9 晶体中自发极化的出现是与晶格振动的横光学支模的频率趋向零有关。频率趋向零的振动模为软模，是研究固态相变重要的理论。研究电极化问题时外加电场比较弱，此时极化强度与外场强度成正比，称为线性极化。若外场增强，就会出现非线性极化。但只在非中心对称的压电晶体和铁电晶体中才能观察到二阶的非线性极化。因此压电铁电为非线性电介质。激光的电场很强，首先在石英晶体中观察到非线性极化引起的激光倍频现象。其后在KDP和ADP可以很容易实现光倍频和光混频，包括差频与和频，以及参量振荡。利用LiNbO<sub>3</sub>可以使激光的频率连续可调。以上这些以及其他一些非线性光学效应的出现，引起了人们广泛的研究，从而发展成为非线性光学这一新的学科分支。电介质物理学与非线性光学有着广阔的交叉领域，但两者研究角度不同。电介质物理学研究激光作用下电光介质中非线性电极化过程与介质结构的关系；把宏观的电光性能与物质的微观组态联系起来，深入地进一步揭示物质的微观运动规律，从而有可能有的放矢地发展和制备出性能优异的非线性光学材料。看来，铁电电光材料会比压电电光材料优越。

10 铁电体的电光性能之所以比较优越，就是因为晶体中存在自发极化，因而研究铁电相变前后由软模引起的激光拉曼散射，不仅可以揭示铁电相变过程的规律，而且可以对铁电电光性能进行分析。通过对电介质材料的布里渊激光光谱的分析研究，使得晶格振动声学支格波与激光的相互作用规律有可能被揭示（电介质物理学与固态激光光谱学）

有些固态电介质材料，具有长期保存电荷并在其周围建立电场的能力，称为驻极体。

13 电介质物理学是关于物质结构研究的基础学科。研究的中心是电极化与弛豫，故涉及物质结构中束缚电荷的分布，带电粒子间的相互作用以及这些粒子在外电场作用下的运动和弛豫。

14 在电介质的相变过程中发现了公度和非公度的超晶格结构，这种格子常数周期性调制的四维空间对称性现象。

## 7、《电介质物理学》的笔记-第220页

220 绝热近似（adiabatic approximation）born-oppenheimer 近似。由束缚原子构成的系统中，有原子核的运动，还有电子的运动。由于电子的质量比原子核小得多，这两种运动可以分开来考虑。在考察核的运动时，可以认为在每一瞬时电子的运动都跟得上原子核的运动，因而可以看成是原子或离子的运动，而这时的电子作用可考虑为对原子或离子之间的结合力作出贡献。在考察电子运动时，则可以把核看成固定于某些瞬时位置不动，计算出包括电子运动能量以及核间位能在内的系统的总能量。而总能量是以核瞬时位置坐标为参数的函数，原则上，由总能量的极小值可以决定核的平衡位置和系统的结构，对于不太大的分子来说，已经达到可以利用这种彻底的微观理论来计算的程度；其结果是令人满意的。对于晶体来说，这种办法还只能作为理论上处理的原则，因为这样的处理方法实际上等于不考虑核运动与电子运动之间的能量交换，所以称为绝热近似。

化学反应原理表明，对原子之间的结合起主要作用的是价电子。X光的吸收和发射光谱表明，无论原子处于自由或是束缚态，其内层电子的运动状态都很少区别。因此在应用绝热近似时，可以将原子的内层电子和核合并在一起称为原子实，其对原子之间结合的贡献，可用等效核电荷来代替。洽场 self-consistent field.

## 229 二次量子化和声子

量子力学中解决问题的方法有两种：一种是波动力学求解波函数和本征值的方法。波动力学讨论了束缚原子系统简谐振动问题，得到了系统能量量子化的重要物理图像，另一种是矩阵力学方法，从矩阵

## 《电介质物理学》

力学出发来将束缚原子系统的振动问题进行第二次量子化。具有能量 $h\nu$ 的粒子为声子。把束缚原子系统中原子实运动的问题简化为声子产生和湮灭问题而不问声子内部的结构细节，适合系统原子数目很大的时候。

233 波矢量的断续性和周期性：由于三维无限大的晶体描述原子实运动的哈密顿量与晶体空间群平移算符之间是可以对易的，故可找到一个能够连续变化的波矢量，用来作量子数，以表征无限晶体中的声子， $n$ 为原子数目， $N$ 一个真实有限大小的晶体沿三个正交轴方向的晶胞数目，晶体中原子总数 $nN$ 。晶体中 $nN$ 个原子实， $3nN$ 个自由度的振动可以描绘物理图像，把每一个格点所代表的 $n$ 个原子实的运动分成 $3n$ 支，其中3支代表晶胞中 $n$ 个原子实的质量中心，即格点的平移运动，其余 $3n-3$ 支描述各原子相对于质心的各种运动，此时，因为这 $n$ 个原子实处于晶体之中，其质心位移的恢复力系数一般不为0，而其他 $3n-3$ 种相对位移的恢复力系数当然应该全不为0，否则晶体结构不稳定。晶胞质心平衡运动在晶体中的传播过程形成普通声波，这三支为声学支，其余 $3n-3$ 种方式运动，这些振动往往因伴随有电矩的振动而与光子发生耦合，称为光学支。

# 《电介质物理学》

## 版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:[www.tushu000.com](http://www.tushu000.com)