

电子工业技术词典

磁性材料与器件

国防工业出版社

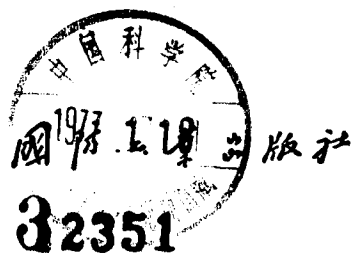
R
73.6072
174.7

电子工业技术词典

磁性材料与器件

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

3105.5/50



内 容 简 介

《电子工业技术词典》是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》(试用本)的基础上作了较大修改和增补而编写的。本《词典》是一本为广大工农兵和干部提供的深入浅出、简明实用的工具书。它也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌、扩大知识面时参考。

本《词典》共有三十四章。正文中各词汇后附有英文对照,书末附有英文索引,合订本中还附有汉字笔画索引。在出版合订本之前,将先分册出版。各分册所包括的章节内容和出版先后次序,将视具体情况而定。

本分册是《词典》第八章磁性材料与器件。内容包括:磁性基础知识,软磁材料与器件,永磁材料及其应用,磁记录材料,磁存储材料与器件,旋磁材料与器件,磁性材料制备工艺,磁性测量仪器等八节。

电子工业技术词典

磁性材料与器件

《电子工业技术词典》编辑委员会 编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 4¹/₄ 82 千字

1976年11月第一版 1976年11月第一次印刷 印数: 00,001—27,000 册

统一书号: 17034·29-16 定价: 0.47元

前 言

《电子工业技术词典》是在无产阶级文化大革命伟大胜利的鼓舞下，在学习无产阶级专政理论的热潮中，在电子工业发展的新形势下出版的。它是在一九六四年出版的《无线电工业技术词典》（试用本）的基础上编写的。

原《词典》自发行以来，曾受到广大读者的欢迎，为宣传、普及、推广电子技术知识起了一定的作用。十多年来，在毛主席革命路线的指引下，我国电子工业已有很大的发展，生产规模不断扩大，技术水平迅速提高，技术队伍日益壮大，电子技术的推广应用已引起国民经济各部门的重视，并在社会主义革命和社会主义建设中发挥出作用。目前，电子工业已成为国民经济的一个组成部分，电子工业战线的广大职工正在为实现第四届全国人民代表大会提出的宏伟目标而努力奋斗。为适应这一大好形势，更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，我们对原《词典》进行了一次较大的修改和增补。内容力求反映七十年代电子技术的水平，释文尽量做到简明、通俗。目的是为了向要求对电子工业技术有一般常识的广大工农兵和干部提供一本实用的工具书；同时也可供从事某个具体专业的科技人员在了解电子工业整个领域的全貌和扩大知识面时参考。

本《词典》共分三十四章。其目录如下：

- | | |
|-----------------|-------------|
| 一、电工基础； | 二、基本电子线路； |
| 三、网络分析与综合； | 四、电波传播与天线； |
| 五、信息论； | 六、电阻、电容与电感； |
| 七、厚薄膜电路； | 八、磁性材料与器件； |
| 九、电子陶瓷与压电、铁电晶体； | 十、机电组件； |
| 十一、电线与电缆； | 十二、电子管； |
| 十三、半导体； | 十四、电源； |
| 十五、其它元器件； | 十六、通信； |

十七、广播与电视；

十九、导航；

二十一、电子对抗；

二十三、系统工程；

二十五、微波技术；

二十七、红外技术；

二十九、电声；

三十一、声纳；

三十三、电子测量技术与设备；

十八、雷达；

二十、自动控制与遥控、遥测；

二十二、电子计算机；

二十四、电子技术的其它应用；

二十六、显示技术；

二十八、激光技术；

三十、超声；

三十二、专用工艺设备与净化技术；

三十四、可靠性。

各章互有联系，并尽量避免章节间词汇的重复，故每章只有一定的系统性。

正文前有章节和词汇目录，正文中各词汇后附有英文对照，最后附有汉字笔画索引与英文索引。本《词典》将先分册出版，各分册所包含的章节内容和出版先后次序将视具体情况而定。各分册无汉字笔画索引。

本《词典》的编写工作，自始至终是在毛主席革命路线的指引下，在党的领导下进行的。贯彻了“独立自主，自力更生”的伟大方针，坚持了群众路线，实行了工人、干部、科技人员和生产、科研、教学两个三结合，以及理论联系实际的原则。《电子工业技术词典》本身就是广大群众集体智慧的结晶。它的编写过程也反映了无产阶级文化大革命后我国出版战线上的新气象。

由于我们水平有限，加上时间仓促，虽然作了很大努力，但《词典》中还可能存在不少错误和不妥之处，恳请广大读者及时批评指正。

《电子工业技术词典》编辑委员会

一九七五年十月一日

目 录

一、磁性基础知识

磁性材料与器件	8-1	形状各向异性	8-4
磁偶极子	8-1	感生各向异性	8-4
磁(面积)矩	8-1	畴壁	8-4
磁偶极矩	8-1	布洛赫壁	8-4
磁极化强度	8-1	奈耳壁	8-4
磁化场	8-1	单畴体	8-4
比磁化强度	8-1	畴壁位移	8-4
自发磁化强度	8-2	转动磁化	8-4
铁磁性材料	8-2	磁中性化	8-4
反铁磁性材料	8-2	动态磁中性化	8-5
亚铁磁性材料	8-2	静态磁中性化	8-5
强磁性材料	8-2	热致磁中性化	8-5
磁有序性材料	8-2	交(直)流退磁	8-5
铁氧体	8-2	退磁因子	8-5
铁淦氧	8-2	退磁因子张量	8-5
磁性瓷	8-2	几何退磁因子	8-5
尖晶石型铁氧体	8-2	初始磁化曲线	8-5
石榴石型铁氧体	8-3	循环磁状态	8-5
磁铅石型铁氧体	8-3	正常磁滞回线	8-6
六角晶系铁氧体	8-3	饱和磁滞回线	8-6
单轴型铁氧体	8-3	矫顽磁场强度	8-6
平面型铁氧体	8-3	矫顽力	8-6
正铁氧体	8-3	内禀矫顽力	8-6
磁各向异性	8-3	绝对磁导率	8-6
磁晶各向异性	8-3	真空绝对磁导率	8-6
磁晶各向异性能	8-3	相对磁导率	8-6
磁晶各向异性常数	8-4	起始磁导率	8-6
主轴型磁晶各向异性	8-4	最大磁导率	8-7
平面型磁晶各向异性	8-4	振幅磁导率	8-7
单轴各向异性	8-4	增量磁导率	8-7
应力各向异性	8-4	可逆磁导率	8-7

纵向磁致伸缩系数·····	8-7	光磁效应·····	8-8
扭转磁致伸缩·····	8-7	强磁(性)半导体·····	8-8
磁致伸缩材料·····	8-7	磁电阻效应·····	8-8
压磁效应·····	8-7	磁卡效应·····	8-8
压磁性材料·····	8-7	磁共振·····	8-8
压磁机电耦合系数·····	8-8	核磁共振·····	8-8
压磁耦合系数·····	8-8	顺磁共振·····	8-9
磁光效应·····	8-8	铁磁共振·····	8-9
(磁光)法拉第效应·····	8-8	穆斯堡尔效应·····	8-9
(磁光)克尔效应·····	8-8	磁学常用单位制·····	8-9

二、软磁材料与器件

软磁材料·····	8-11	减落·····	8-14
环磁导率·····	8-11	减落系数·····	8-14
有效磁导率·····	8-11	磁老化·····	8-14
表观磁导率·····	8-11	金属软磁性材料·····	8-15
复数磁导率·····	8-11	工业纯铁·····	8-15
匝数因数·····	8-12	羰基铁·····	8-15
电感因数·····	8-12	电解铁·····	8-15
磁谱·····	8-12	铁硅合金·····	8-15
软磁材料截止频率·····	8-12	硅钢片·····	8-15
磁性材料的总损耗·····	8-12	电工钢·····	8-15
磁后效·····	8-12	铁铝合金·····	8-15
磁后效损耗·····	8-12	铁镍合金·····	8-15
畴壁共振·····	8-12	铝硅铁合金·····	8-16
尺寸共振·····	8-12	铁钴合金·····	8-16
功率损耗·····	8-13	热补偿合金·····	8-16
损耗角正切·····	8-13	热磁合金·····	8-16
比损耗角正切·····	8-13	磁介质·····	8-16
品质因数·····	8-13	磁性铁粉芯·····	8-16
有效品质因数·····	8-13	铁氧体软磁材料·····	8-16
表观品质因数·····	8-13	锰锌铁氧体·····	8-16
磁性材料磁滞常数·····	8-13	镍锌铁氧体·····	8-17
磁芯磁滞常数·····	8-14	超高频软磁铁氧体·····	8-17
瑞利区·····	8-14	铁氧体吸收材料·····	8-17
温度系数·····	8-14	热敏铁氧体·····	8-17
磁导率的比温度系数·····	8-14	软磁铁氧体单晶·····	8-17

磁芯·····	8-17	磁性天线·····	8-18
铁氧体天线·····	8-18	磁放大器·····	8-18

三、永磁材料及其应用

永磁材料·····	8-19	脱溶硬化型永磁体·····	8-21
退磁曲线·····	8-19	铝镍型永磁体·····	8-21
磁能积·····	8-19	铝镍钴型永磁体·····	8-21
最大磁能积·····	8-19	铝镍钴钛型永磁体·····	8-21
凸出系数·····	8-19	可加工永磁体·····	8-21
回复状态·····	8-19	稀土钴永磁体·····	8-22
回复线·····	8-19	伸长单畴微粒永磁体·····	8-22
回复磁导率·····	8-20	铂钴永磁体·····	8-22
工作点·····	8-20	锰铋永磁体·····	8-22
负载线·····	8-20	铁氧体永磁体·····	8-22
漏磁系数·····	8-20	复合永磁体·····	8-23
磁杂散系数·····	8-20	半永磁材料·····	8-23
永磁体·····	8-20	充磁·····	8-23
恒磁材料·····	8-20	内磁式磁路·····	8-23
硬磁材料·····	8-20	外磁式磁路·····	8-23
马氏体永磁体·····	8-20		

四、磁记录材料

磁记录技术·····	8-24	磁记录介质·····	8-24
磁头材料·····	8-24		

五、磁存储材料与器件

磁存储器·····	8-25	剩磁磁导率·····	8-27
存储(记忆)元件·····	8-25	开关系数·····	8-27
磁存储材料·····	8-25	临界磁场·····	8-27
矩磁材料·····	8-26	矩磁铁氧体材料·····	8-27
自发矩形磁滞回线·····	8-26	环形存储(记忆)磁芯·····	8-28
诱发矩形磁滞回线·····	8-26	测试磁芯的电流脉冲序列·····	8-28
最大磁场强度·····	8-26	感应电压脉冲特性·····	8-28
最大磁感应强度·····	8-26	电流脉冲的主要特性·····	8-29
剩磁比·····	8-26	最大K值电流·····	8-29
开关矩形比·····	8-26	拐点电流·····	8-29
矩形比·····	8-27	极限打扰电流·····	8-30
记忆矩形比·····	8-27	破坏电流·····	8-30

破坏比·····	8-30	泡径·····	8-34
驱动比·····	8-30	最佳工作泡径·····	8-34
无干扰“1”感应电压的温度系数·····	8-30	泡(畴)迁移率·····	8-34
驱动电流温度系数·····	8-30	磁泡畴壁迁移率·····	8-34
磁芯存储板·····	8-30	特性长度·····	8-34
△噪声·····	8-30	泡畴矫顽力·····	8-35
开关磁芯·····	8-31	磁泡(畴)形成场·····	8-35
双轴磁芯·····	8-31	磁泡(畴)破灭(缩灭)场·····	8-35
多孔磁芯·····	8-31	磁泡破灭半径·····	8-35
布线多孔存储板·····	8-31	硬泡·····	8-35
叠片铁氧体存储板·····	8-31	半泡·····	8-35
矩磁金属磁性材料·····	8-32	液态磁泡·····	8-35
平面磁膜·····	8-32	磁泡(畴)器件·····	8-35
耦合平面磁膜·····	8-32	磁光存储技术·····	8-36
磁镀线·····	8-32	磁光存储材料·····	8-36
磁扭线·····	8-33	锰铋膜·····	8-36
集成磁芯·····	8-33	热磁写入·····	8-36
磁泡(畴)·····	8-33	逐位存储方式·····	8-37
磁泡(畴)材料·····	8-34	磁全息照相存储方式·····	8-37
非晶泡(畴)材料·····	8-34		

六、旋磁材料与器件

旋磁效应·····	8-38	静磁表面波·····	8-40
旋磁比·····	8-38	临界磁场·····	8-40
张量磁化率·····	8-38	阈磁场·····	8-40
张量磁导率·····	8-38	磁弹耦合效应·····	8-40
右(正)旋、左(负)旋圆极 化(偏振)标量磁导率·····	8-39	微波铁氧体材料·····	8-40
横向有效标量磁导率·····	8-39	石榴石型微波铁氧体材料·····	8-41
铁磁共振线宽·····	8-39	尖晶石型微波铁氧体材料·····	8-41
有效(共振)线宽·····	8-39	磁铅石型(六角晶系)微波铁 氧体材料·····	8-41
自然共振·····	8-39	旋磁器件·····	8-41
低场损耗·····	8-39	正向损耗·····	8-41
极化面(偏振面)旋转效应·····	8-40	反向损耗·····	8-42
法拉第旋转效应·····	8-40	隔离器·····	8-42
自旋波·····	8-40	极化面(偏振面)旋转式隔离器·····	8-42
自旋波(共振)线宽·····	8-40	法拉第旋转式隔离器·····	8-42
静磁模·····	8-40	共振式隔离器·····	8-42

场移式隔离器·····	8-42	锁式旋磁器件·····	8-45
边导模隔离器·····	8-42	铁氧体开关·····	8-45
集总元件隔离器·····	8-43	微波铁氧体相移器·····	8-45
环行器·····	8-43	铁氧体调制器·····	8-45
极化面(偏振面)旋转式环行器·····	8-43	铁氧体调相器·····	8-45
法拉第旋转式环行器·····	8-43	铁氧体调幅器·····	8-45
结环行器·····	8-43	钇铁石榴石单晶器件·····	8-46
Y型环行器·····	8-44	磁调谐振腔·····	8-46
T型环行器·····	8-44	旋磁滤波器·····	8-46
同轴环行器·····	8-44	电调滤波器·····	8-46
微带环行器·····	8-44	磁调旋磁振荡器·····	8-46
集总参数环行器·····	8-44	旋磁限幅器·····	8-46
集总元件结环行器·····	8-44	微波铁氧体混合集成电路·····	8-46
相移式环行器·····	8-44	磁光器件·····	8-46
大功率环行器·····	8-44	磁光调制器·····	8-46
低温环行器·····	8-45		

七、磁性材料制备工艺

氧化物法·····	8-47	热处理·····	8-48
盐类热分解法·····	8-47	磁场成型·····	8-48
共沉淀法·····	8-47	带工艺·····	8-48
热压·····	8-47	金属磁膜工艺·····	8-48
喷雾干燥法·····	8-48	液相外延工艺·····	8-49
注浆法·····	8-48	化学气相淀积工艺·····	8-49
平衡气氛烧结法·····	8-48		

八、磁性测量仪器

磁化装置·····	8-50	磁秤·····	8-51
亥姆霍兹线圈·····	8-50	核磁共振磁场测量仪·····	8-52
电磁铁·····	8-50	振动样品磁强计·····	8-52
脉冲强磁装置·····	8-50	振动线圈磁强计·····	8-52
超导磁体·····	8-50	转矩仪·····	8-52
磁导计·····	8-51	铁磁示波器·····	8-53
冲击检流计·····	8-51	直流磁性自动测试仪·····	8-53
磁通计·····	8-51	交流磁性自动测试仪·····	8-53
高斯计·····	8-51	对称双轭磁导仪·····	8-53

一、磁性基础知识[●]

磁性材料与器件

magnetic materials and devices

磁性是物质最基本的属性之一。自然界中存在的物质按其磁性可分为：顺磁性物质、抗磁性物质、铁磁性物质、反铁磁性物质、亚铁磁性物质等。其中，铁磁性物质和亚铁磁性物质属于强磁性物质，一般所说的磁性材料都指这两类。

磁性材料可分为金属磁性材料和铁氧体磁性材料两大类，它们又各有多晶、单晶、薄膜等形式。按其磁特性和应用，又可分为软磁、永磁、磁记录、矩磁、旋磁、压磁、磁光等材料。

磁性器件是利用磁性材料的磁特性和各种特殊效应制成的转换、传递、存储能量和信息的零部件。在电力和电子工业中应用很广，特别是在雷达、通信、广播、电视、电子计算机、自动控制、仪器仪表中已成为不可缺少的组成部分。

磁性材料与器件的发展和磁学、固体物理学、化学工艺学、无线电电子学、金属学、核物理学等的发展有密切的联系，它们相互促进，不断向新领域扩展。

磁偶极子

magnetic dipole

一个磁体的两端具有极性相反而强度相等的两个磁极，它表现为磁体外部磁力线的出发点和汇集点，当磁体无限小时，就成为一个磁偶极子。它所产生的外磁场与在同一个位置上的一个无限小面积的电流回路（电流元）产生的外磁场相等效。

磁（面积）矩

magnetic (area) moment

是表征磁偶极子磁性强弱和方向的一个物理量。磁偶极子的磁（面积）矩为

$$\vec{m} = i \cdot \vec{A}$$

式中 $\vec{m}$ ——磁（面积）矩（安·米²）；

i ——电流强度（安）；

$\vec{A}$ ——电流回路的面积（米²）。

磁（面积）矩的方向按右手螺旋法则决定。

磁偶极矩

magnetic dipole moment

它与磁（面积）矩 $\vec{m}$ 具有相似的物理意义，只是单位不同，数值不同。它们的关系为 $\vec{j}_m = \mu_0 \vec{m}$ 。 j_m 的单位为韦伯·米； m 的单位为安·米²； μ_0 为真空的绝对磁导率。

磁极化强度

magnetic polarization

是单位体积内磁偶极矩的矢量和，即

$$\vec{j}_m = \frac{\sum \vec{m}}{V}$$

它与磁化强度 $\vec{M}$ 具有相似的物理意义，只是单位不同，数值不同。它们的关系为 $\vec{j}_m = \mu_0 \vec{M}$ 。 J_m 的单位为韦伯/米²； μ_0 为真空的绝对磁导率。

磁化场

magnetizing field

是用来使磁性体感应出磁化强度的外磁场。它可以是恒定磁场、交变磁场或脉冲磁场。

比磁化强度

specific magnetization

● 磁性基础知识方面词汇，除本章所列外，另参见“电工基础”（章）。

是单位质量的磁性体内磁矩的矢量和。它与磁化强度 $\vec{M}$ 的关系为 $\vec{\sigma} = \frac{\vec{M}}{\rho}$ 。 ρ 为磁性体的密度。

自发磁化强度

spontaneous magnetization

指由自发磁化所产生的单位体积内的磁矩的矢量和。

铁磁性材料

ferromagnetic materials

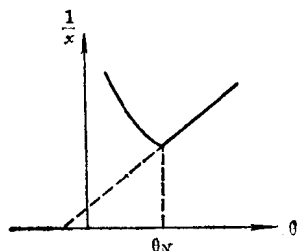
指具有铁磁性的材料。例如, 铁、钴、镍及其合金, 某些稀土元素的合金和化合物。在居里温度以下, 当加上外磁场时, 各磁畴内的磁矩趋向于外磁场方向整齐排列, 使材料具有较大的磁化强度。

反铁磁性材料

antiferromagnetic materials

指具有反铁磁性的材料。例如 Cr、Mn、MnO、Cr₂O₃、ZnFe₂O₄。

在奈耳温度以下, 材料具有微小的正磁化率, 但与顺磁性材料不同, 其磁化率随温度上升而上升, 并在奈耳温度达到最大值。磁化率随温度变化的典型曲线如图。



反铁磁物质磁化率与温度变化的关系

亚铁磁性材料

ferrimagnetic materials

是指具有亚铁磁性的材料。例如各种铁氧体材料。

在奈耳温度以下, 当加上外磁场时, 各磁畴的净磁矩趋向于外磁场方向整齐排列, 使材料具有较大的磁化强度。

强磁性材料

strong magnetic materials

是铁磁性材料与亚铁磁性材料的统称。

磁有序性材料

magnetically ordered materials

是铁磁性材料、反铁磁性材料与亚铁磁性材料的统称。

铁氧体

ferrites

一般是指以氧化铁和其它铁族或稀土氧化物为主要成分的复合氧化物。它们大都具有亚铁磁性。

常用的铁氧体材料按晶格类型分为三种: 1. 尖晶石型铁氧体, 主要用作软磁、旋磁、矩磁材料; 2. 石榴石型铁氧体, 主要用作旋磁材料和磁泡材料; 3. 磁铅石型铁氧体, 主要用作永磁、高频软磁、毫米波旋磁材料。

与金属磁性材料相比, 铁氧体具有下列特点: 1. 铁氧体的电阻率远比金属高, 约为 $1 \sim 10^{12}$ 欧姆·厘米。因此, 在交变磁场中涡流损耗和趋肤效应均比较小。在微波领域中, 铁氧体还具有旋磁性, 可制成各种旋磁器件。2. 饱和磁化强度低。因此, 不适用于需要高磁能密度的场合 (如电力工业)。3. 居里温度一般比较低。

铁淦氧

ferrites

是“铁氧体”的旧名称。

磁性瓷

magnetic ceramics

是“铁氧体”在工业上的旧名称。

尖晶石型铁氧体

spinel type ferrites

这类铁氧体的分子式一般为 $MO \cdot Fe_2O_3$, 式中 M 为二价的金属离子, 常见的有 Mn、Co、Cu、Zn、Ni、Mg、Fe 等。它与天然的尖晶石 $MgO \cdot Al_2O_3$ 具有相同的晶体结构, 属于面心立方晶系。每个晶胞含有 8 个分子式, 其中有 8 个 M^{2+} 离子和 16 个 Fe^{3+}

离子, 此外还有 32 个 O^{2-} 离子。

尖晶石型铁氧体是应用最广的一种铁氧体。其中用作软磁材料的有 $MnZn$ 系、 $NiZn$ 系等铁氧体; 用作矩磁材料的有 $MgMn$ 系、 $LiNi$ 系、 $LiMn$ 系等铁氧体; 用作微波旋磁材料的有 $MgMn$ 系、 $NiZn$ 系、 $NiCu$ 系、 Li 系等铁氧体。

石榴石型铁氧体

garnet type ferrites

这类铁氧体的分子式类似于天然石榴石 $(Fe, Mn)_3 \cdot Al_2(SiO_4)_3$, 晶体结构属于体心立方晶系。

常用石榴石有 $Y_3Fe_5O_{12}$ (简称 YIG) 和其它元素置换的石榴石, 如 $Y_{3-x}R^{+3}_xFe_{5-y}A^{+3}_yO_{12}$ (式中, R^{+3} 为离子半径与 Y^{+3} 相近的稀土元素, A^{+3} 为离子半径与 Fe^{+3} 相近的离子)。此外, 还有用非三价离子置换的石榴石, 如 $BiCaV$ 石榴石。

石榴石型铁氧体每个晶胞含有 8 个分子式; Fe 离子占据 24 个四面体中心间隙 (24d) 和 16 个八面体中心间隙 (16a); Y^{+3} 离子占据由 8 个邻近的氧离子构成的十二面体中心间隙 (24c)。

石榴石型铁氧体是一种很重要的微波旋磁材料和磁泡材料。

磁铅石型铁氧体

magneto-plumbite type ferrites

这类铁氧体的分子式类似于天然磁铅石 $Pb(Fe_{7.5}Mn_{3.5} \cdot Al_{0.5}Ti_{0.5})O_{19}$, 晶格结构属于六角晶系。

磁铅石型铁氧体可分成下列五种: M 型 ($BaFe_{12}O_{19}$), 即钡铁氧体永磁材料; W 型 ($BaMe^{+2}_2Fe_{18}O_{27}$), $W = M + 2S$; X 型 ($Ba_2Me^{+2}_2Fe_{28}O_{48}$); Y 型 ($Ba_2Me^{+2}_2Fe_{12}O_{22}$); Z 型 ($Ba_3Me^{+2}_2Fe_{24}O_{41}$), $Z = M + Y$ 。其中, Me 为 Mn 、 Fe 、 Co 、 Ni 、 Zn 、 Mg 等离子; S 代表一个尖晶石分子式; Ba 可用 Sr 、 Pb 代换。

这类铁氧体的特点是, 具有强烈的磁晶各向异性, 其自发磁化方向优先趋向于六角轴 (c 轴), 称为单轴型铁氧体; 或者优先趋向于与 c 轴垂直的方向, 称为平面型铁氧体。这些特点是用作永磁材料、高频软磁材料和毫米波旋磁材料的很好条件。

六角晶系铁氧体

hexagonal ferrites

即“磁铅石型铁氧体”。

单轴型铁氧体

uniaxial ferrites

见“磁铅石型铁氧体”。

平面型铁氧体

planar ferrites

见“磁铅石型铁氧体”。

正铁氧体

orthoferrites

这类铁氧体的分子式为 $RFeO_3$, 式中 R 为 Y 或一部分稀土元素。它的晶体结构与天然的钙钛石 ($CaTiO_3$) 相同, 属于正交晶系。其中, O^{2-} 占据面心位置, Fe^{+3} 占据体心位置, R^{+3} 占据立方体顶点位置。

正铁氧体具有单轴各向异性, 饱和磁化强度很低, 约为 100 高斯, 可以用作磁泡材料, 但它的泡径较大, 迁移率较低。

磁各向异性

magnetic anisotropy

沿磁性晶体不同方向磁化时, 达到同样的磁化强度 (一般指饱和磁化强度) 需要不同的能量, 这种现象称为磁各向异性。

能量最低的方向称为易磁化方向 (轴); 能量最高的方向称为难磁化方向 (轴)。

磁晶各向异性

magnetocrystalline anisotropy

磁性单晶体由于晶体结构上的各向异性所产生的磁各向异性。

磁晶各向异性能

magnetocrystalline anisotropy energy

将磁性单晶体沿某一方向磁化到饱和时,其单位体积所需的能量,用符号 F_K 表示。

磁晶各向异性常数

magnetocrystalline anisotropy constant

表示磁性单晶体各向异性强弱的常数。

(1) 在立方晶系情况下,磁晶各向异性性能与自发磁化强度 $\vec{M}_s$ 和晶轴方向夹角的关系为

$$F_K = K_0 + K_1(\alpha_1^2 \alpha_2^2 + \alpha_2^2 \alpha_3^2 + \alpha_3^2 \alpha_1^2) + K_2(\alpha_1^2 \alpha_2^2 \alpha_3^2) + \dots$$

式中 α_1 、 α_2 、 α_3 分别为 $\vec{M}_s$ 与晶轴 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 010 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ 夹角的余弦; K_1 、 K_2 分别是一级与二级磁晶各向异性常数; K_0 为常数项,与方向无关,所以通常被省略。

(2) 在六角晶系情况下

$$F_K = K_0 + K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^4 \theta + \dots$$

式中 θ 为自发磁化强度 $\vec{M}_s$ 与主轴 $\langle 0001 \rangle$ 的夹角。

主轴型磁晶各向异性

mainaxial magnetocrystalline anisotropy

对于六角晶系,其易磁化轴为 $\langle 0001 \rangle$ 轴 (c 轴)的磁晶各向异性。

平面型磁晶各向异性

planar magnetocrystalline anisotropy

对于六角晶系,其易磁化方向处于 $\langle 0001 \rangle$ 平面内的磁晶各向异性。

单轴各向异性

uniaxial anisotropy

只有一个易磁化轴的磁各向异性。

应力各向异性

stress anisotropy

受到应力作用的磁性体,通过磁致伸缩效应所产生的磁各向异性。

形状各向异性

shape anisotropy

除了球形对称的磁性体以外的其它磁性体,由于自退磁场的影响所产生的磁各向

异性。

感生各向异性

induced anisotropy

某些磁性材料在制造或处理过程中所感生的磁各向异性。如材料经过磁场处理所感生的磁各向异性等。

畴壁

domain wall

在相邻的磁畴之间,存在着磁矩方向逐渐改变的过渡层,此过渡层称为畴壁。

畴壁有布洛赫壁和奈耳壁两种。

布洛赫壁

Bloch wall

畴壁中磁矩方向保持与畴壁平面平行逐渐过渡的畴壁称为布洛赫壁。

奈耳壁

Neel wall

畴壁中的磁矩方向保持与薄膜材料的表面平行逐渐过渡的畴壁称为奈耳壁。它出现在厚度很薄的薄膜材料中。

单畴体

single-domain body

磁性体的尺寸小到一定程度时,可以形成一个稳定的磁畴,这样的磁性体称为单畴体。

畴壁位移

domain wall displacement

在有效磁场(外磁场减去磁性体内部的自退磁场)作用下,自发磁化方向接近于外场方向的畴长大,而自发磁化方向与外场方向偏离较大的邻近畴相应地被压缩,使畴壁发生位移,这种磁化过程称为畴壁位移。

转动磁化

rotation magnetization

在有效磁场的作用下,畴内磁矩转向有效磁场方向的磁化过程。

磁中性化

magnetic neutralization

使磁性体恢复到磁中性状态的过程。一般有动态磁中性化、静态磁中性化和热致磁中性化三种方法。磁中性化旧称为退磁。

动态磁中性化

dynamical magnetic neutralization

将足够强的交变磁场或反复改变方向的直流磁场作用于磁性体, 然后逐渐减小磁场的强度到零值, 由此得到磁中性状态的过程称为动态磁中性化。

静态磁中性化

statical magnetic neutralization

加一个与磁性体原磁化方向相反的外磁场, 使得在去掉此磁场后磁性体的磁感应强度恰好为零。此过程称为静态磁中性化。

热致磁中性化

thermal magnetic neutralization

将磁性体加热到居里温度以上, 然后在无磁场作用下进行冷却, 由此得到磁中性状态的过程称为热致磁中性化。

交(直)流退磁

A. C. (D. C.) demagnetization

即“动态磁中性化”的旧名称。

退磁因子

demagnetizing factor

各向同性磁性材料制成的椭球形样品处于均匀恒定的外磁场 $\vec{H}_0$ 中, 这时磁性体内部的磁场 $\vec{H}_i$ 也是均匀的, 并可表示为

$$\vec{H}_i = \vec{H}_0 + H_d = \vec{H}_0 - \vec{N} \cdot \vec{M}$$

式中 $\vec{M}$ 是样品的磁化强度, 在这种情况下, 它也是均匀的; $H_d = -\vec{N} \cdot \vec{M}$ 称为自退磁场, 而 $\vec{N}$ 称为退磁因子张量。如果坐标轴与椭球的三个主轴 a 、 b 、 c 方向相重合, 则张量 $\vec{N}$ 变为对角张量, 通常称这一对角张量的分量 N_a 、 N_b 、 N_c 为退磁因子。由于这里 N 仅与磁性体几何形状有关, 所以也称为几何退磁因子。 N_a 、 N_b 、 N_c 三者的关系为

$$N_a + N_b + N_c = 1 \quad (\text{MKSA 单位制})$$

对于球形样品, $a = b = c$,

$$N_a = N_b = N_c = \frac{1}{3},$$

对于长圆柱样品, $a \gg b = c$, $N_a \approx 0$,

$$N_b = N_c \approx \frac{1}{2},$$

对于极薄的圆盘形样品, $a \ll b = c$,

$$N_a \approx 1, N_b = N_c \approx 0.$$

对于非均匀磁化的磁性体, 退磁因子 N 已失去简单的几何意义, 其本身也成为 $\vec{M}$ 的函数。

退磁因子张量

demagnetizing factor tensor

退磁因子张量 $\vec{N}$ 亦称“张量退磁因子”。见“退磁因子”。

几何退磁因子

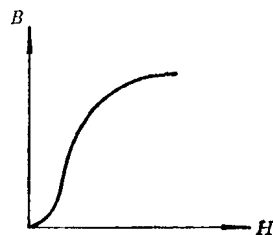
geometric demagnetizing factor

见“退磁因子”。

初始磁化曲线

initial magnetization curve

磁性体从磁中性状态开始, 受到一个从零起单调增加的磁场作用时, 所得到的磁感应强度(或磁化强度或磁极化强度)随磁场强度变化的曲线。初始磁化曲线通常简称磁化曲线。典型的曲线如图所示。



典型的磁化曲线

循环磁状态

cyclic magnetic condition

磁性体受到某一交变磁场的反复磁化时, 最初, 交变场的每一个周期所得到的磁滞回线虽然很接近, 但不相同。经过多次反复磁化后, 所得到的磁滞回线比较稳定, 它与交变磁场的循环次数无关, 这称为循环磁状态。

正常磁滞回线

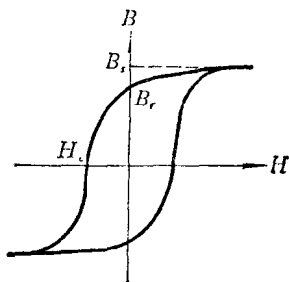
normal hysteresis loop

磁性体处于循环磁状态时得到的相对于坐标原点对称的磁滞回线。

饱和磁滞回线

saturation hysteresis loop

当交变磁化场的振幅足够大, 能使磁化达到饱和状态, 这样得到的正常磁滞回线称为饱和磁滞回线。这时如再加大强化场的振幅, 磁滞回线的形状基本上不再变化。



饱和磁滞回线

矫顽磁场强度

coercive field strength

矫顽磁场强度 H_{cm} 指从磁性体的某一磁化状态, 把磁场单调地减小到零并反向增加, 使磁感应强度 (或磁化强度, 或磁极化强度) 沿正常磁滞回线减到零时的磁场强度。

就矩磁材料而言, 矫顽磁场强度指经最大磁场强度 (H_m) 磁化后使磁感应强度减小到零的磁场强度。

矫顽力

coercive force; coercivity

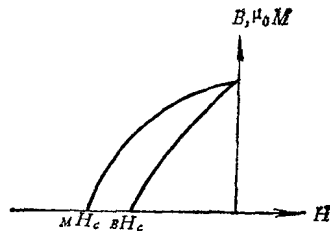
矫顽力 B_c 指从磁性体的饱和磁化状态, 把磁场单调地减小到零并反向增加, 使磁感应强度沿饱和磁滞回线减到零时的磁场强度。

内禀矫顽力

intrinsic coercive force

内禀矫顽力 MH_c , JH_c 指从磁性体的饱

和磁化状态, 把磁场单调地减小到零并反向增加, 使磁化强度 (或磁极化强度) 沿饱和磁滞回线减小到零时的磁场强度。 MH_c 总是大于 B_c 。

内禀矫顽力 MH_c 的定义图解**绝对磁导率**

absolute permeability

单位磁场强度在物质中所感生的磁感应强度, 即 $\mu = \frac{B}{H}$ 。它表示物质磁化的难易程度。

真空绝对磁导率

absolute permeability of vacuum

即真空的绝对磁导率, 其值为 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米 (MKSA 单位制); $\mu_0 = 1$ (CGS 实用单位制)。

相对磁导率

relative permeability

相对磁导率 μ_r 即物质的绝对磁导率与真空绝对磁导率之比。一般所说的磁导率均指相对磁导率。

起始磁导率

initial permeability

磁性体在磁中性状态下磁导率的极限值。即

$$\mu_i = \frac{1}{\mu_0} \lim_{H \rightarrow 0} \frac{B}{H}$$

式中 μ_0 ——真空绝对磁导率 (亨/米);

H ——磁场强度 (安/米);

B ——相应的磁感应强度 (韦伯/米²)。

对于在弱磁场下使用的软磁材料, 起始磁导率是一个很重要的参数。

最大磁导率

maximum permeability

在初始磁化曲线上, 各点的磁导率随磁场强度的不同而不同, 其最大值称为最大磁导率 $\mu_{\max}$ 。

振幅磁导率

amplitude permeability

磁性体在交变磁场(无恒定磁场存在)中被磁化时, 在某一指定振幅的磁场(或磁感应强度)下的磁导率称振幅磁导率 μ_a 。

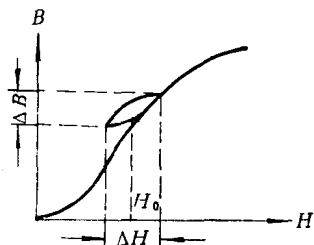
它是磁场强度(或磁感应强度)振幅的函数, 其最大值称为最大振幅磁导率。

增量磁导率

incremental permeability

在恒定磁场 H_0 作用下, 迭加一个较小的交变磁场, 这时磁性体对于交变磁场的磁导率, 即 $\mu_\Delta = \frac{1}{\mu_0} \frac{\Delta B}{\Delta H}$ 称为增量磁导率。式中 μ_0 是真空的绝对磁导率, ΔH 为交变磁场强度的峰峰值(安/米), ΔB 为相应的磁感应强度的峰峰值(韦伯/米²)。

由于磁滞的关系, 虽在相同的恒定磁场强度 H_0 的条件下, 由于交变磁场的振幅不同, μ_Δ 的值也不相同。



增量磁导率的定义图解

可逆磁导率

reversible permeability

当交变磁场强度趋于零时, 增量磁导率的极限值, 即

$$\mu_{rev} = \lim_{\Delta H \rightarrow 0} \mu_\Delta$$

纵向磁致伸缩系数

longitudinal magnetostriction constant

指磁性体由磁中性状态磁化到饱和时, 在磁化方向上其长度的相对变化, 即 $\lambda_s = \frac{\Delta l}{l}$ 。 Δl 是在磁化方向上测得的长度 l 的变化量。

扭转磁致伸缩

twist magnetostriction

如果一圆柱状强磁体同时受沿轴线的纵向磁场和沿圆周的横向磁场的作用, 则其合成磁场为螺旋形, 因而由磁致伸缩产生的应变(应变)亦为螺旋形(扭转), 这种现象叫扭转磁致伸缩。某些机械滤波器就是利用这现象制成的。

磁致伸缩材料

magnetostriction materials

指主要利用磁性物质磁致伸缩效应的材料。但在绝大多数场合, 是利用磁致伸缩材料的压磁效应。见“压磁性材料”。

压磁效应

piezo-magnetic effect

指由于磁致伸缩, 磁性体在一定的偏磁场和交变磁场同时作用下将发生同频率的机械振动。同样, 一定频率的机械振动也可使磁性体的磁化状态发生变化。这种现象称为压磁效应。

压磁性材料

piezo-magnetic materials

指可以利用其压磁效应作成器件的磁性材料。这类材料有镍、镍铁合金、镍锌系铁氧体、镍铜系铁氧体等。由于电阻率和机械强度不同, 金属压磁性材料适用于低频, 特别是大功率的场合, 铁氧体压磁性材料适用于较高的频率。

压磁材料的主要用途是制造超声器件(如超声发生器、超声接受器、超声探伤器、超声钻头、超声焊接器等), 水声器件(如声纳、回声探测仪), 机械滤波器, 混频器, 超声延迟线等。