功能陶瓷与器件

Functional Ceramic Materials and Device

主讲： 张立学

参 考 教 材

1 《功能陶瓷材料》，曲远方 主编，化学工业出版社，2003年- 333页；电子版

2 《功能陶瓷及应用》，曲远方 主编，化学工业出版社，2003年- 670页；2014年

3 《功能陶瓷的物理性能》，曲远方 主编，化学工业出版社，2007年- 493页

4 《功能陶瓷的显微结构性能与制备技术》，殷庆瑞、祝炳和 著，冶金工业出版社，2005年- 292页；电子版（英文）

5 《功能陶瓷材料及制备工艺》，吴玉胜、李明春 编著，化学工业出版社，2013年- 181页

6 《功能陶瓷材料与器件》，张启龙、杨辉等 编著，中国铁道出版社，2017年- 253页

我们日常熟知的陶瓷：

如，日用瓷、艺术瓷、建筑瓷、结构瓷、等等。

功能陶瓷：

信息、能源、环保、生物等高新技术领域中所用的陶瓷。

功能陶瓷材料：

具有独特的物理特性：如电、磁、热、光、声等，以及生物、化学与适当的力学特性。

课程的主要内容

第一章	绪论
第二章	功能陶瓷基本性质和制备工艺
第三章	超导陶瓷
第四章	电介质陶瓷
第五章	铁电陶瓷和压电陶瓷
第六章	敏感陶瓷
第七章	磁性陶瓷
第八章	光学陶瓷
第九章	生物陶瓷

课程的学习思路

基本性质 理论基础 | 工艺原理 关键技术 | 典型(新)材料 组成、结构 | 主要性能 实际(新)应用

- 深刻理解从而为研究和生产功能陶瓷与器件奠定基础
- 分析实际应用中功能陶瓷成分-工艺-组织-性能的关系
- 根据特定服役条件及对环境与社会发展影响设计材料

第一章 绪 论

功能陶瓷与器件 → 新材料（能源、信息）

材料是人类社会进步的里程碑。材料科学技术萌芽于20世纪50年代，多学科交叉：冶金学，物理，化学等。

我国的陶瓷研究历史悠久、成就辉煌，它是中华文明的伟大象征之一，在我国的文化和发展史上占有极其重要的地位。

proof

1 材料的分类

- 材料
  - 金属材料
  - 无机非金属材料
    - 硅酸盐材料
    - 新型无机非金属材料：高温结构材料，高频绝缘陶瓷、导体陶瓷、半导体陶瓷、铁电陶瓷、压电陶瓷、磁性陶瓷、生物陶瓷
  - 高分子材料
  - 复合材料

2 材料科学技术的主要发展趋势

1）注重多学科的交叉与综合；
2）高度重视材料的合成及制备；
3）材料表征和评价是重要基础；

4）材料设计与性能预测发展迅速；
5）纳米材料科学技术引人关注；
6）向高性能低成本和复合化/集成化/低维化/智能化发展；

7）新材料发展与传统材料的改进相互促进；
8）重视与生态环境/资源的协调性；
9）重视与人类社会可持续发展的关系。

3 陶瓷材料的发展概况

传统陶瓷

以 粘土 为主要原料烧制成的产品的统称。

陶器 出现于新石器时代，距今8000～10000年

以单一粘土($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) 为原料烧制而成

瓷器 出现于东汉时期，距今 1800多年

以粘土、石英(SiO_2)和 长石($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) 为原料烧制成的产品

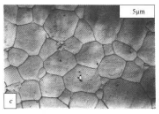
炻器（起源于宋代 ）介于陶器和瓷器之间的制品

原料主要为耐火粘土（SiO_2：55～65%，Al_2O_3：25～35%）

现代陶瓷

英国在18世纪开发出的精陶制品，是继瓷器之后而兴起的一种新型高级细陶器

陶瓷材料：
指所有无机非金属材料。是用天然或人工合成的粉状化合物，经成型和高温烧结而制成的多晶固体材料



晶相+晶界+气孔

现代陶瓷与传统陶瓷的区别

（1）原料许多是经过人工合成或者精制，不受天然条件的限制；突破传统陶瓷的化学成分限制，用多种金属氧化物、氮化物、碳化物、磷化物等，有时直接用金属元素和碳、硅等非金属元素。

（2）制备工艺上新的技术，包括成型方法和烧结工艺，严格控制成型和烧结制度等。

（3）最初只包括传统的陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料；随科技发展，也有半导体、先进结构陶瓷、功能陶瓷、新型功能玻璃、人工晶体、非晶态材料、碳素材料等。

现代陶瓷的扩展与应用

1）传统无机非金属材料是国家基本建设所必须的基础材料。

2）无机非金属新材料，在形成高技术产业、节能和建立新能源、环保等方面都对国民经济和社会进步发挥着重要作用。

3）无机非金属材料在航空航天、兵器、舰船等国防领域得到越来越多的应用。

proof

无机非金属材料学科的发展态势

1）更加注重多学科的交叉与融合(信息/能源/生命/工程)；
2）更加重视材料的合成及制备(原子分子起点/器件一体化)；
3）材料表征和评价是重要基础（全寿命评估/大型仪器)；

4）材料设计与性能预测发展迅速(材料基因组理念)；
5）纳米材料科学技术引人关注(介观尺度材料与器件)；
6）向高性能低成本和复合化/集成化/低维化/智能化发展(柔性复合/可穿戴)；

7）新材料发展与传统材料的改进相互促进(更新/性能提高)；
8）重视与生态环境/资源的协调性(资源能源节约)；
9）重视与人类社会可持续发展的关系(循环周期发展)。

4 功能陶瓷的定义

从性能上可把先进陶瓷分为结构陶瓷(Structural ceramics)和功能陶瓷(Functional Ceramics)两大类。

结构陶瓷：是指具有力学和机械性能及部分热学和化学功能的先进陶瓷(现代陶瓷)，特别适于高温下应用的则称为高温结构陶瓷。

70%

功能陶瓷: 是指那些利用电、磁、声、光、热、力等直接效应及其耦合效应所提供的一种或多种性质来实现某种使用功能的先进陶瓷（现代陶瓷）。

5 功能陶瓷的分类

按功能和主要用途分类：

1）电功能陶瓷：绝缘陶瓷、介电陶瓷、铁电陶瓷、压电陶瓷、半导体陶瓷、高温超导陶瓷、快离子导体陶瓷；
2）磁功能陶瓷：软磁铁氧体、硬磁铁氧体、记忆用铁氧体；
3）光功能陶瓷：透明Al_2O_3陶瓷、透明MgO陶瓷、透明Y_2O_3-ThO_2陶瓷、透明铁电陶瓷；
4）生物及化学功能陶瓷：催化用陶瓷，载体用陶瓷，生物陶瓷。
5）敏感陶瓷：热敏陶瓷、气敏陶瓷、湿敏陶瓷、压敏陶瓷、光敏陶瓷

6 功能陶瓷的发展趋势

功能陶瓷材料及器件领域值得关注的研究方向：

- 功能陶瓷**理论基础**研究
  微结构-功能关系，功能复合效应，苛刻条件下性能演变，多场耦合下的物理效应等。
- 功能陶瓷**新体系**研究
- 粉体和膜片的**可控制备技术**研究
- **元器件设计**与制备问题研究

知识和技术密集型产业：加快产业化步伐

我国大量产品化的功能陶瓷：

1）高频绝缘零件瓷
2）电阻基体和电感基体瓷
3）电真空瓷
4）电容器瓷（产量最大、品种最多）
5）铁电陶瓷（固体物理研究一个活跃的领域）
6）压电陶瓷
7）半导体陶瓷
8）导电陶瓷
9）超导陶瓷（高温超导预示重大科技革命）
10）磁性瓷
11）光电子、激光器
12）生物陶瓷
13）环境保护用陶瓷
14）环境协调型陶瓷

我国功能陶瓷工业的发展趋势：

1）原料生产的专业化 （质量、规模）
2）广泛深入的技术协作 （标准、规范）
3）全面质量管理（工艺制度）
4）新工艺、新设备的研究并用于生产
5）新材料和新应用：
纳米陶瓷（光功能的纳米粒子与陶瓷基体复合）
陶瓷薄膜 （与集成电路结合制造新型传感器）
多功能材料（多种功能的传感器件）
复合材料 （近年复合电子陶瓷）
…

创新

proof