

材料科学基础

Materials Science and Engineering

制作: 李晓

指导: 臧竞存

绪论

一.材料与材料科学的定义

何谓材料？

人类社会所能接受的，可经济地制造有用器件或物品的物质。

材料科学？

研究材料的结构，制备与加工工艺和性能之间关系的科学。

二.材料科学的重要性

1.生产力水平的标志

历史时期的划分
以材料为标志

新石器时代(原始社会)
青铜器时代（奴隶社会）
铁器时代（封建社会）
水泥时代
钢时代
半导体时代

材料科学的发展推动了整个世界文明的发展，在某种程度上决定了一个国家的发达水平。

材料科学，信息科学，与能源科学是新技术革命的三个支柱，是实现新技术革命的关键。

2.材料是各种物理效应产生的物质基础

周光召：材料是高技术发展以及现代文明的物质基础。材料科学一直是活跃的科学前沿。

从科学与技术关系来看，材料往往是科学理论过渡到技术应用的成败关键，直接影响着许多科技领域的进展。

以材料性能与内部结构的关系分类

组织是指用金相观察的方法，观察材料中不同相结构，晶粒大小，方向，形状和排列。如铁素体，珠光体，热处理和热加工。

a. 与电性能有关的材料

半导体材料 银河计算机每秒运行上亿次

绝缘材料 **AlN** 绝缘高导热，金刚石材料

导电材料

硅锭



单晶生长





Figure 1
Boiler room



Figure 2
Pump room



Figure 3
Boiler room (left) and pump room

超导材料: $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ $\text{C}_{60} \text{ K}$

1987: 91K 1989: 130K 1996, 美国朱经武 161K

美国杜克大学锂硼化合物 $T_c = 39\text{K}$

磁悬浮

快离子导体: 电池

光电材料: 太阳能电池

压电材料: 遥控, 超声, 精密测量, 地震预报

b.与磁性能有关材料

铁氧体(尖晶石, 石榴石) 天线 软磁 (电机)

磁材料：, 钕硼铁(王震西)

磁记录材料 计算机存储

巨磁阻效应：利用磁场变换，电阻率发生变化，
高存储密度的硬盘。

6G硬盘，650M光盘，1999年IBM公司实现商业化

c. 光学材料(光介质材料和光功能材料)

光传导材料:

光纤, 纯度要求杂质含量低于 10^{-19} , 光损耗 0.1dB/Km 。光纤通信, 棱镜分光, 偏光, 透镜, 天文望远镜。

一条光缆可同时容纳十亿人通话, 同时传送电视节目, 抗干扰, 不发生电辐射。

光窗口材料:

红外滤光 NaCl , LiF , CsI , 石英玻璃透紫外

非线性光参量:

光倍频, β - BaB_2O_4 (BBO) 偏硼酸钡,

LiB_3O_5 (LBO), DKDP, KTP

光折变材料:

强光作用下, 折射率变化, 用于遥感去掉紊流影响,

全息存储, 体存储, BaTiO_3 , LiNbO_3

高清晰彩电, 节能灯, LED.

声光材料: 用于声光调制 PbMoO_4 , TeO_2 ,

闪烁晶体:

CaWO_4 用于X射线检测, BGO锗酸铋用于高能粒子检测(西欧核子中心, 丁肇中教授领导的L3合作项目订购单晶创汇800万美元。 PbWO_4

激光工作物质:

Cr^{3+} : Al_2O_3 红宝石, Nd^{3+} : $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 。目前已有200多种晶体出激光。半导体LD泵浦晶体:
 $\text{Nd}:\text{YVO}_4$, $\text{Yb}:\text{YAG}$, 用途: 测距, 通讯, 激光雷达, 激光医学, 激光致冷, 核聚变.

阴极射线发光:

彩电Ag: ZnS , 绿Cu: $(\text{ZnCd})\text{S}$, 红Eu: $\text{Y}_2\text{O}_{12}\text{S}$



激光二极管(LD)泵浦的钒酸钆($\text{GdVO}_4:\text{Nd}^{3+}$)激光晶体



YAG:Nd³⁺

掺钕钇铝石榴石



掺铬红宝石



d.气敏元件(化学功能元件)：

SnO_2 氯化钯混合物，吸氧引起电阻变化，变色材料

PTC材料：Positive Temperature Coefficiency.
低阻化，大功率发热材料，限流元件。

e.生物材料和环境材料.

生物材料主要是指取代骨材料的过磷酸钙为基质的材料，包括牙材料，涉及牙的晶体生长和腐蚀，此外，还有医学心瓣膜等，要求尽可能减少与生物体的排斥性。

三.材料科学研究的内容

1. 研究内容

成分/组织结构：原子结构，结合能，
晶体结构，显微结构

制备与合成加工工艺

固有性能

物理：电，磁，光，热

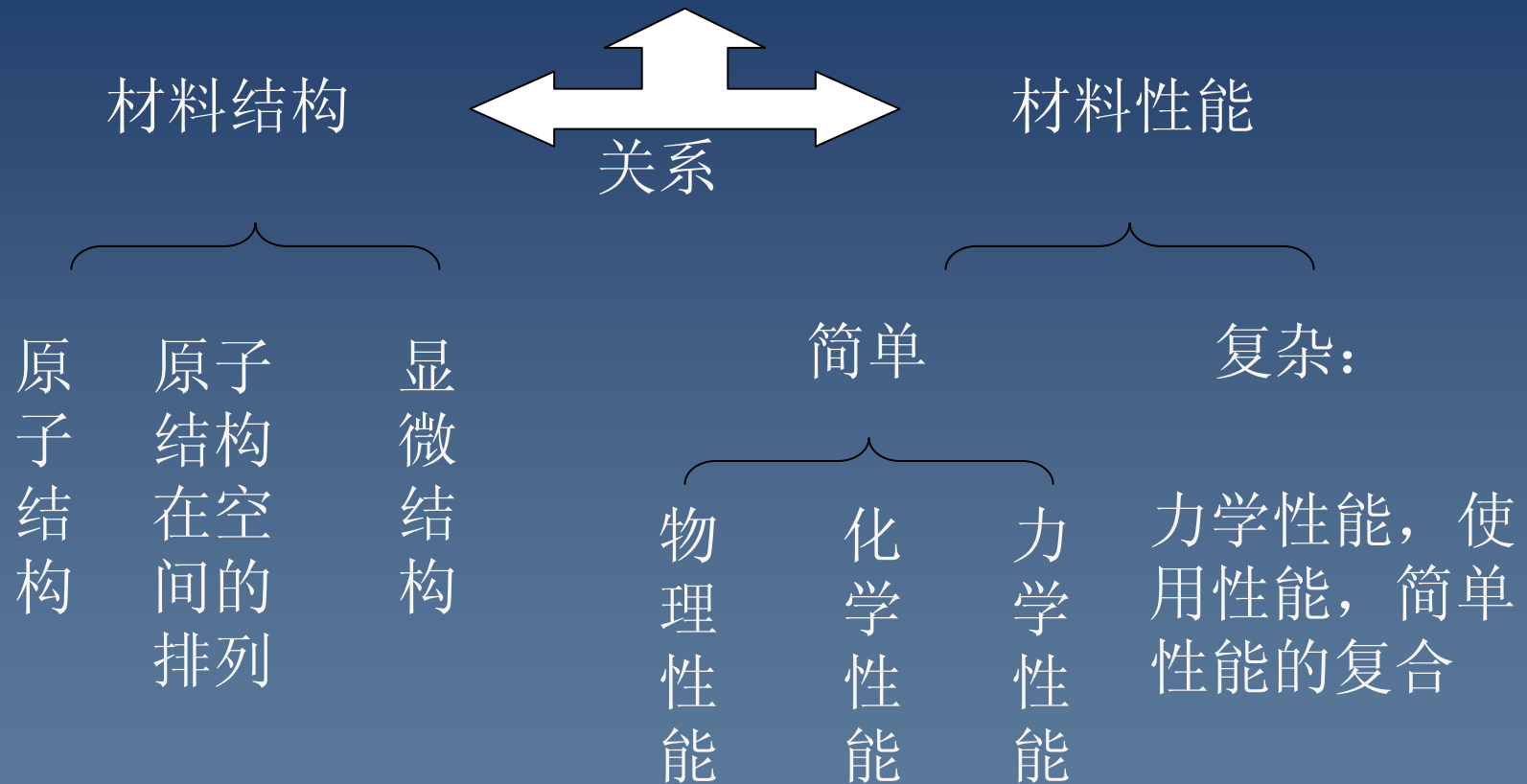
化学：抗氧化与抗腐蚀

力学：强度，塑性，任性

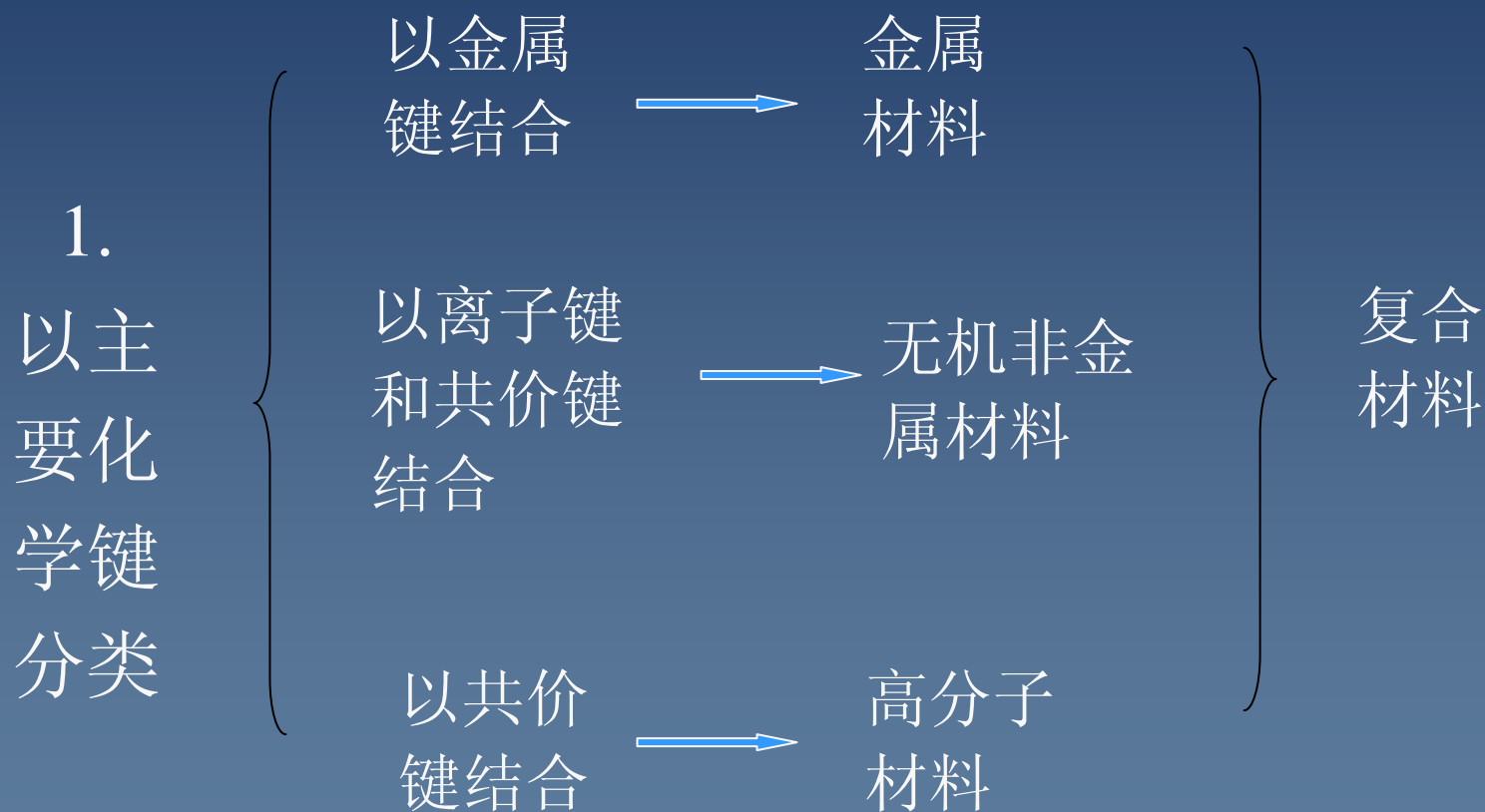
复合：

使用性能：寿命，工艺，能量利用率，安全
可靠性，成本。

2.材料科学核心问题



四. 材料的分类



1.金属材料

钢铁材料：制造业的基础

有色金属：铝等

重量轻，导热，导电性能好，耐腐蚀

2.无机非金属材料

水泥，混凝土，玻璃，陶瓷，单晶

高温结构陶瓷：转子发动机；

氮化硅陶瓷制造柴油机：耐高温，散热小

3. 高分子材料

塑料：薄膜，包装用品，工程塑料等

合成纤维：尼龙

橡胶

4. 复合材料

塑料基复合材料：玻璃钢，玻璃纤维增强树脂

金属基复合材料：金属陶瓷，航空航天，汽车

陶瓷基复合材料：航天

火箭发动机的燃烧室与喷嘴，需要承受 2000°C 的高温而不氧化，它是用石墨表面喷涂一层二硅化钼材料制成。石墨已被大量用作核能工业的“减速剂”。雷达中大型电子管外，壳，既要耐高温，又要有优良的超高频和绝缘性能，它是用氧化铝高频陶瓷制成。核反应堆外部的防护层是用一种含钡的特种水泥筑成的。



火箭升空

a. 金属陶瓷:

将陶瓷粉与金属末混匀，经高温烧结，即可得金属陶瓷。它兼有金属与陶瓷的优点，韧而不脆，硬而耐热。例如，含20%的钴粉的金属陶瓷，是制造火箭喷口。在高温中，陶瓷里的金属能量发挥，热能被带走，温度随着降低，因而能在高温环境工作。美国哥伦比亚号航天飞机的外壳，即是由三万一千块这样的金属陶瓷耐热瓦片铺砌而成，经受了返回大气层时所产生的白热化高温的严峻考验。

b. 高铝陶瓷是有名的“硬骨头”，用作机器上的耐磨零件，耐磨性能比金属高两三倍，由刚玉瓷，氧化硼陶瓷做成瓷刀，更能“削铁如泥”。

c. 陶瓷在熔融状态时经X射线和 γ 射线处理，使其迅速结晶成为微晶陶瓷，能和金属一样切削加工，不碎不裂，已用于人造关节，骨骼等。微晶玻璃即玻璃陶瓷。

环境材料指在材料制备使用和废弃的整个过程中对能污染环境，造成损失和损害小的材料，如 TiO_2 光催化可产生活性氧，杀死微生物细菌，减少霉变用于陶瓷釉面，水清洁剂等。

五.材料的制备和加工

制备影响材料性能，如微晶玻璃的制备。

材料工程5个判据： 经济，资源，环保，
能源，质量。

1.钢铁冶炼：浇铸和轧制都是影响钢铁质量的重要工艺过程

2.定向凝固：提高高温强度850--1100℃

快速凝固形成非晶，得到磁导率极高的软磁材料，损耗只有硅钢片的1/3。

单晶生长

溶液法，熔盐法，熔体法，直拉法，区熔法，坩埚下降法，火焰法

3.陶瓷成型与烧成:

4.其它

六.课程特点与学习方法

1.课程概论

晶体结构, 缺陷, 表面

相图热力学

高温过程, 相变, 扩散, 凝固, 热处理

2.课程特点

以多门基础学科
为基础，涉及

材料晶体结构

材料热力学

材料动力学

材料性能

等系统的材
料科学知识

3.学习方法

弄清基本概念

学会理论分析

重视实验技能

有机结合各门知识，
重视课程实验工作