

Introduction to Materials

材料概论



南京工业大学

材料科学与工程学院

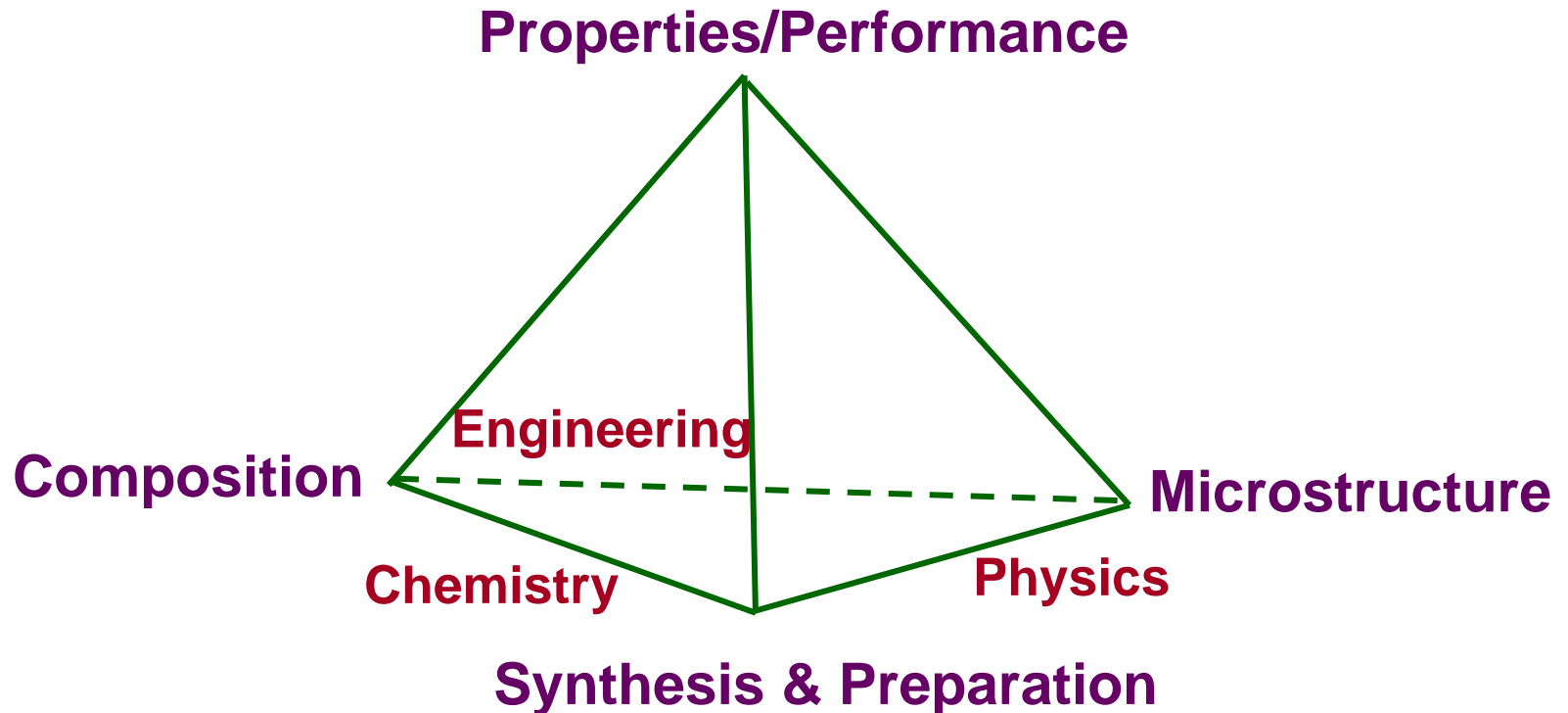
What is this course?

- Fundamentals of materials science and engineering
- Basic concepts
- Ready for core courses



Objectives

1. To build fundamental concepts in Materials Science and Engineering (MSE).



Objectives

2. To understand basic knowledge of materials science, history of materials and processing of materials.

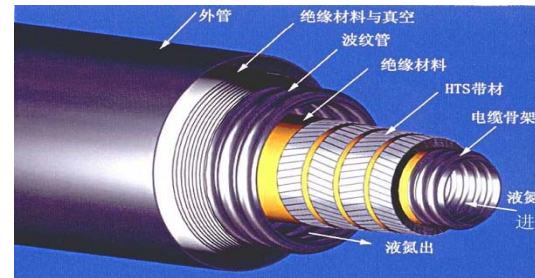


Objectives

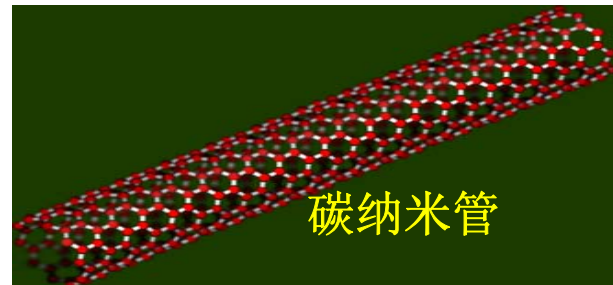
3. To follow the advances in MSE.



单晶硅



超导电缆



碳纳米管

Contents

1. Introduction
2. Tetrahedron of MSE
3. Metal Alloys
4. Ceramic Materials
5. Polymer Materials
6. Composites
7. Materials, Environment, Resource and Sustainable Development
8. Advanced Materials
9. National Developing Strategies of Materials

List of Reference (1):

1. 周达飞 《材料概论》 ， 北京： 化学工业出版社， 2001
2. 冯端， 师昌绪， 刘治国. 《材料科学导论》 . 北京： 化学工业出版社， 2002
3. 顾家琳， 杨志刚， 邓海金， 曾照强. 《材料科学与工程概论》 . 北京： 清华大学出版社， 2005
4. 李俊寿主编. 《新材料概论》 . 北京： 国防工业出版社， 2004

List of Reference (2):

5. Donald R. Askeland and Pradeep P. Phule, Essentials of Materials Science and Engineering(影印版), 清华大学出版社, 2005
6. James F. Shackelford, Introduction to Materials Science for engineers, Macmillan Publishing Company, 1985
7. William D. Callister Jr., Materials Science and Engineering: an introduction, John Wiley & sons, Inc. 2003
8. William D. Callister Jr., Fundamentals of Materials Science and Engineering (英文影印版), 化学工业出版社, 2004 (2006第三次印刷)

Assessment

- Attendance
- Answer to questions in class
- Discussion in class
- Quizzes
- Assignments
- Essay
- Exam

冬

电

池

寿

科

技

背景

矿物能源枯竭的必然性已显而易见。对21世纪而言, 原油和天然气等最为宝贵的资源是极其有限的。新能源的利用和发展, 一方面是能源技术本身发展的结果, 另一方面也取决于这些能源有可能从生态、环境与经济上受到合理利用。太阳能、生物能、风能、地能、海洋能等一次能源和二次能源中的氢能等被认为是新能源, 其中氢能、太阳能、核能是近未来重点研究的清洁能源。

太阳能是自然界最丰富的能源, 它的利用可以解决人类生存和发展所面临的三个问题: 开发中、近中、远中期的清洁能源, 解决一定范围的污染, 解决目前地面能源的短缺和能源消耗与环境污染的问题。目前发展的太阳能产品品种对环境的污染问题, 特别是太阳能电池所用材料不造成任何污染的问题, 这时改善生态环境, 缓解温室效应有着特别重大的意义。

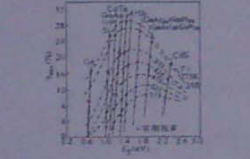
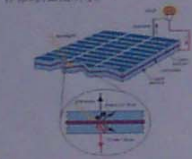


太阳能是人类最主要的可再生能源。一方面太阳每年辐射到地球上的能量远远超过人类所消耗的总能量; 另一方面这巨大的能量分散到整个地球表面, 单位面积接受的能量强度不高。因此太阳能发展的制约因素有: ①接受面积的问题, 如太阳能电池成为主要能源则需要相当大的接受面积; ②能量按时间分布不均的问题, 既有昼夜之分, 又有季节之分; ③电池材料的资源问题, 大量应用需要百万吨到上亿吨的半导体材料; ④成本问题, 综合上述因素, 太阳能电池材料的发展主要围绕提高转换率, 节约材料消耗, 降低成本等问题进行研究。

太阳能电池发展现状

太阳能电池工作原理

典型的太阳能电池本质上是一个大面积半导体二极管, 它利用光伏效应原理把太阳辐射能转换成电能。当太阳光照射到太阳能电池上, 光子能量大于禁带宽度E_g的光子能使价带中电子激发到导带上去, 形成自由电子, 价带中留下带正电的空穴。在光照下, 电子和空穴在电场作用下, 自由电子和空穴在不停的运动, 形成电流。在光照下, 电子和空穴在电场作用下, 自由电子和空穴在不停的运动, 形成电流。在光照下, 电子和空穴在电场作用下, 自由电子和空穴在不停的运动, 形成电流。

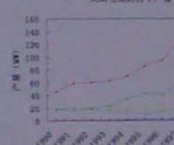


假设太阳能电池具有最理想的电流-电压特性而获得的转换效率曲线, 从图中看出效率为1.4~1.7eV的材料可得最高转换效率。在AM1的太阳光谱下转换效率最高约为23%。所以用Si、In、Cd及Ga等构成的化合物半导体材料是最合适的太阳能电池材料。

各种太阳能电池材料的比较

随着科技的发展, 太阳能电池的使用量逐年增加, 且其种类越来越多。按化学组成及产生电力的方式, 太阳能电池可以分为: 无机太阳能电池、有机太阳能电池和光化学电池三大类。由于各自的性能不同以及发展的条件限制, 各自在市场上的占有率不同, 如图所示。

太阳能电池的产量



各种太阳能电池市场占有率



太阳能电池发展限制因素

晶体硅太阳能电池材料形态主要为单晶硅、多晶硅、带状硅、多晶硅薄膜、单晶硅薄片等。单晶硅太阳能电池材料形态主要为单晶硅、多晶硅、带状硅、多晶硅薄膜、单晶硅薄片等。单晶硅太阳能电池材料形态主要为单晶硅、多晶硅、带状硅、多晶硅薄膜、单晶硅薄片等。

非晶硅受其转换效率低和稳定性较差限制至今仍在PV市场中占统治地位的原因, 转换效率低是由于在非晶硅材料中载流子的短寿命和低迁移率, 含有一定量的结构缺陷如悬挂键、键尾、空穴等。稳定性较差的主要因素是层的S-W效应。S-W效应是非晶硅太阳能电池的转换效率在光照下衰退, 这一效应长期以来成为非晶硅太阳能电池应用的主要障碍。

化合物半导体的薄膜电池, 所需要的硅、磷、硼等要在百万吨的规模, 无论资源储量与开采时间均构成问题。对于CdTe光伏技术的一大障碍是与半导体材料制备中Cd的毒性有关。Cd是重金属, 有毒, 其化合物也有毒, 主要危险是其全球性对人和动物的危害。而GaAs电池成本高昂, 主要用于空间。

染料敏化太阳能电池染料可能因氧化染料作用导致染料发生降解, 载流子迁移速率缓慢, 在高强度光照下不稳定, 稳定性不高, 效率也较低。染料敏化太阳能电池的缺点主要是固体电解质电导率比较低以及固体电解质与电极界面接触差。

发展

- 1) 研究杂项与缺陷的转换效率以及稳定性的影响, 改善器件结构, 以提高器件的转换效率。
- 2) 使用薄膜技术和微流技术, 非晶硅薄膜的厚度仅为1μm~2μm, 多晶硅薄膜的厚度为50nm, 比晶体硅电池的厚度薄得多。现在开发的超薄薄膜GaAs太阳能电池技术和硅外延衬底玻璃与多次利用技术都可大幅度降低材料的消耗。
- 3) 大规模生产技术的开发, 这方面涉及的内容有:
 - ①无电极电池, 从多晶硅的小尺寸电池转化到大尺寸, 大批量的制作, 转换效率都会明显降低, 如何控制条件, 改善设备, 使电池的效率和稳定性在某一较高水平, 是产业化技术的关键。

方向

- ①规模化生产设备和工艺化的开发使之通过量大、成品率高、成本低;
- ②组件的大型化可以改善组件面积的利用率, 提高组件的转换效率, 大型器件可减少连线引起的功率损耗;
- ③大型生产要解决原料的来源与成本, 目前晶体硅电池需要廉价的太阳能硅原料, 另外改善生产要解决生产中的环境保护问题;
- ④跟踪与激光技术
- ⑤跟踪系统实施太阳能电池板能够跟踪太阳光的角度转动以获得更多的能力, 现在多用太阳传感器以自动控制跟踪精度。跟踪光用于太阳能电池是为了提高照射到太阳能电池的光强度, 大幅度减少太阳能电池材料的用量, 而在一定的光照条件下可以使转换效率增加, 从而降低成本。
- ⑥结论: 通过对各种太阳能电池的研究分析, 每一种都有其各自的优缺点, 其在太阳能电池领域都有一席之地。我们要因地制宜地利用它们, 并且不断改善它们的缺陷, 才能有利于解决当今世界的能源危机问题, 具有非常重要的现实意义。

制作人: 郑敏 王光成 谢淑梅

增韧陶瓷简介

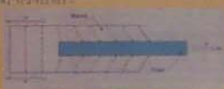
高增韧陶瓷
ZrO₂增韧陶瓷
纳米陶瓷

晶须增韧陶瓷

- 晶须增韧(短纤维增韧)——纤维陶瓷复合材料中的纤维通过吸收裂纹尖端的能量阻止裂纹的扩展,从而提高陶瓷的韧性。
- 晶须增韧既能显著增加陶瓷韧性,又保持了陶瓷原有的耐高温、高强度等特性。实验研究表明,晶须的加入可以使陶瓷韧性提高2-3倍。



- 纤维吸收裂纹尖端能量是纤维断裂及从基体中拔出实现的。要求用于补强的纤维具有较高的强度且能与陶瓷有良好的粘结。



晶须增韧前后裂纹生长变化



ZrO₂增韧陶瓷

- ZrO₂增韧Al₂O₃陶瓷的机理很大程度上是通过t-ZrO₂转变为m-ZrO₂的相变来实现。
- t-ZrO₂——一般认为马氏体是指钢中淬火得到的或在 α -Fe中的过饱和固溶体,呈体心正方晶格。
- m-ZrO₂——ZrO₂由四方晶型向单斜晶型的可逆转变,过程伴随着体积膨胀。

相变增韧机理

- 当材料受到外力时, ZrO₂颗粒发生t-ZrO₂→m-ZrO₂的马氏体相变,相变颗粒的剪切应力和体积膨胀对基体产生压应变,使裂纹停止生长,以致需要更大的能量才能使裂纹扩展。

微裂纹增韧机理

- 部分稳定的氧化锆陶瓷在由四方相向单斜相转变时,相变出现的体积膨胀产生微裂纹;冷却过程的相变会诱发微裂纹;裂纹扩展中央区域的应力诱发相变产生微裂纹。这些微裂纹分散了主裂纹尖端的能量,提高了断裂能。

相变增韧机理和微裂纹增韧机理示意图



氧化锆增韧陶瓷产品



工程陶瓷

- 性能——强度高、耐高温、耐磨损、耐腐蚀、质量轻、导热性能好等。
- 缺陷——脆性(裂纹)、均匀性差、可靠性低、强度低、应用范围受到限制。
- 纳米陶瓷是解决陶瓷脆性的战略途径。

纳米陶瓷粉体

- 纳米陶瓷粉体——介于固体与分子之间具有纳米数量级(1~100nm)尺寸的稳定态中间物质。
- 优良性能:
 1. 纳米的粒径、大的比表面积、高化学活性
 2. 颗粒表面能高、活性高
 3. 颗粒材料的组成和构型简化、均匀化
 4. 从纳米结构层次上控制材料的成分和结构,发挥对材料的潜在性能
 5. 颗粒尺寸小、颗粒均匀性好,基体均匀性好,材料表面比大颗粒所不具备的优异性能

纳米粉体的制备

- 气相合成法——原料在炉中加热蒸发成气态,产生超微粒或成团快速凝固,通过改变蒸发速率和蒸发室内惰性气体的压强来控制分子团的大小和粒径,粒径可在3~4nm。
- 液相合成法(溶液—沉淀法)——在水溶液中加入有机配体与金属离子形成配合物,通过控制pH值、反应温度等条件上水分解、聚合、经灼烧—烧结—成型等步骤,得到纳米陶瓷粉体。

纳米粉体制成纳米块

- 液相法——可在固体衬底上沉积。
- 液相法——在反应室内设置充液氮的冷却管,纳米团冷凝于外管壁,再用刮板刮下,经漏斗进入压模器,压制成块。
- 液相法——经液氮冷却提高了物质的扩散率,孔隙率下降,纳米颗粒以较快的速率粗化,形成纳米块材。

纳米陶瓷的特性

- 纳米陶瓷和Si₃N₄、SiC超硬粉末分布在材料内部和表面,使陶瓷更致密,提高力学性能,使陶瓷的脆性减小。
- 纳米陶瓷在材料的一而面上形成,使陶瓷表面大提高。
- 纳米陶瓷的强度、韧性、耐磨性、耐腐蚀性和抗氧化性。
- 纳米陶瓷的硬度、强度、韧性、耐磨性、耐腐蚀性和抗氧化性。

<p>● 有求職意向的同學，可親臨「就業之家」為人士服務，而不用等候面試通知，並可自選面試時間及面試地點。</p>	
面試方法	筆試、口試 筆試：由 PTA 負責 口試：由導師負責
面試時間	面試日期：由 PTA 決定 面試時間：由導師決定
面試地點	面試日期及時間中心 面試地點：由導師決定
面試費用	無任何費用 面試：由 PTA 負責 口試：由導師負責
錄取名額	由 PTA 決定 面試及口試：由導師決定

2. 脱乳脂的制备



陶瓷基复合材料应用

现代技术陶瓷的主要领域及应用

陶瓷材料一般分为传统陶瓷和现代陶瓷两大类。传统陶瓷是指用天然硅酸盐材料经烧制而成的陶瓷，如日用陶瓷、建筑陶瓷、卫生陶瓷等。现代陶瓷是指用人工合成的高纯度无机非金属材料经烧制而成的陶瓷，如氧化铝陶瓷、氮化硅陶瓷、碳化硅陶瓷等。现代陶瓷具有许多优异性能，如高强度、高硬度、耐高温、耐腐蚀、耐磨损等，广泛应用于航空航天、国防军工、工业制造、生物医学等领域。

氮化硅陶瓷的生产与应用

氮化硅陶瓷是一种高性能陶瓷材料，具有高强度、高硬度、耐高温、耐腐蚀、耐磨损等优异性能。其生产方法主要有化学气相沉积法、溶胶-凝胶法等。氮化硅陶瓷广泛应用于航空航天、国防军工、工业制造等领域。例如，在航空航天领域，氮化硅陶瓷可用于制造发动机叶片、燃烧室衬里等；在国防军工领域，氮化硅陶瓷可用于制造装甲、防弹衣等；在工业制造领域，氮化硅陶瓷可用于制造切削工具、耐磨零件等。

高强高韧氮化硅陶瓷基复合材料及其应用

高强高韧氮化硅陶瓷基复合材料是一种新型陶瓷材料，具有高强度、高韧性、耐高温、耐腐蚀、耐磨损等优异性能。其制备方法主要有化学气相沉积法、溶胶-凝胶法等。该材料广泛应用于航空航天、国防军工、工业制造等领域。例如，在航空航天领域，该材料可用于制造发动机叶片、燃烧室衬里等；在国防军工领域，该材料可用于制造装甲、防弹衣等；在工业制造领域，该材料可用于制造切削工具、耐磨零件等。

陶瓷基复合材料的应用前景广阔

陶瓷基复合材料具有许多优异性能，如高强度、高硬度、耐高温、耐腐蚀、耐磨损等，广泛应用于航空航天、国防军工、工业制造、生物医学等领域。随着材料科学的发展，陶瓷基复合材料的性能将进一步提高，应用范围也将进一步扩大。未来，陶瓷基复合材料将在航空航天、国防军工、工业制造、生物医学等领域发挥越来越重要的作用。

材料 01 D11



BIOMATERIALS



Polymer
 Mate.: polysiloxane, polyether, polyurethane, polyethylene, polypropylene, polystyrene
 Adv.: have flexibility and toughness, easy to machine - shape, low density
 Disa.: low mechanical strength, biodegradation occurs with time passing by
 Appl.: artificial heart and valve, artificial kidney, artificial lung, artificial liver, artificial bone



Biological
 Mate.: active biological tissue
 Adv.: good biocompatibility
 Disa.: hard to discover or made
 Appl.: artificial heart valve, artificial skin, case of bone



Ceramic

Mate.: alumina, titania, bioglasses, biocarbons, D: high brittleness, low toughness, low tensile strength, high density
 Adv.: high compressive strength, present, resistant, oxidation, resistant corrosion
 Appl.: the repairing and substitutions of bones, teethes, bearing joints and other hard-tissue wavelengths



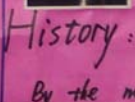
Composite

Mate.: fiber reinforced polymers, metal-ceramic composite materials
 Adv.: good biocompatibilities, high mechanical strength, resistant to corrosion
 Disa.: poor elastic resilience
 Appl.: cardiac valves, joint prosthesis

Metallic

Mate.: stainless steels, cobalt-base alloys, titanium-base alloys, memory alloys, aurum, zirconium
 Adv.: high mechanical strength, good fatigue resistance, standing wear and tear the repairing and substitutions of bones and hard-tissue wavelengths
 Disa.: without biological activity late due to corrosion
 Pl.: reshaping and securing

Define: any substance or combination of substances synthetic or natural in origin, which treats, augments, or replaces any tissue, organ or functional of the body. They can be used for any period of time, as a whole or as a part of a system.



artificial skin

History: By the mid-nineteenth century, the medical science have already progressed in serious attempts to repair body parts with foreign material.

The first metal prosthesis made of Vitallium alloy were produced in 1933 and 1939 by Bires Willes and Bursch.



To improve this unpromising outlook, a biologically active or bioactive materials were developed such as bioglass and hydroxyapatite developed by Hench (1971) and Jarcho (~1970s) respectively.

TART

e biomaterial

e define and history.