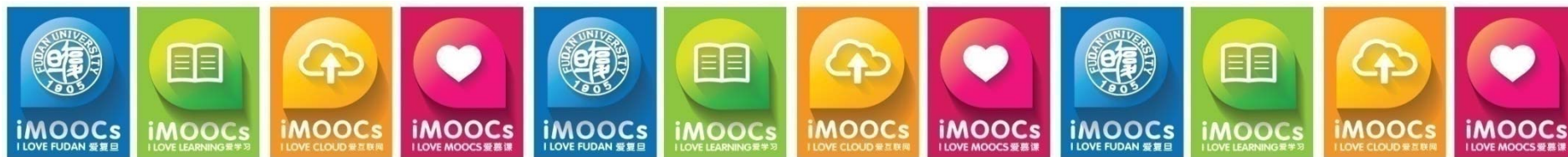


原位翻转课堂+智慧教学 助力中国金课

蒋玉龙

复旦大学

2019年11月25日





中华人民共和国教育部

Ministry of Education of the People's Republic of China

建设中国金课

教育部高教司 吴岩

2018.11.24 广州

建设中国大学金课



- ◆ 课程是教育**最微观问题**，但解决的是教育**最根本问题**
- ◆ 课程是中国大学带有普遍性的**短板、瓶颈、关键问题**
- ◆ 课程是体现“以学生发展为中心”理念的“最后一公里”
- ◆ 课程是落实“立德树人成效”根本标准的**具体化、操作化和目标化**



中华人民共和国教育部

Ministry of Education of the People's Republic of China

教育部部长第一次提出“金课”



大学生要有效“增负”，提升大学生的学业挑战度，合理增加课程难度、拓展课程深度、扩大课程的可选择性，真正把“水课”变成有深度、有难度、有挑战度的“金课”。

金课的“两性一度”标准



- ◆ **“高阶性”** 知识能力素质有机融合，培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维
- ◆ **“创新性”** 课程内容反映前沿性和时代性，教学形式体现先进性和互动性，学习结果具有探究性和个性化
- ◆ **“挑战度”** 课程有一定难度，需要跳一跳才能够得着，老师备课和学生课下有较高要求



中华人民共和国教育部

Ministry of Education of the People's Republic of China



中华人民共和国教育部

Ministry of Education of the People's Republic of China

3.线上线下混合式“金课”



线上和线下有机结合的精品课程

“翻转课堂” 是线上线下混合教学的有效策略和方式，颠覆了传统课堂教学流程，以教师“教”为中心转为以学生“学”为中心。

充分应用线上“金课”进行本地化改造，探索线上“金课”的多种应用模式，打造适合校本学生特点和培养需要的“金课”。



翻转式 课堂

课中



在老师的指导下，通过学习小组的在活动中运用学到的概念

教室内

GOAL

在线导学资源自学，知识内化与自测，在线师生讨论

课前



GOAL

检测、加强知识掌握和运用程度，个性化拓展学习

课后



教室外

智慧教学！

智慧教学

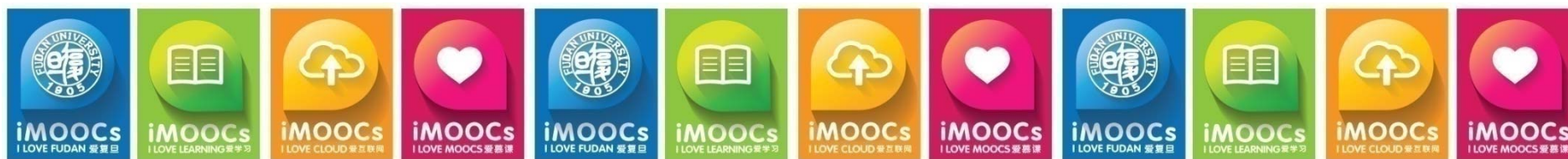
--教学设计有智慧

只要学生动起来了，教学自然“高效”

**学生能有效增负
利于提高教学效果**

混合式教学：原位翻转课堂

I、建设在线课程，改变教学方式



原位翻转课堂准备工作

https://mooc1-1.chaoxing.com/course/template60/9486879.html

My Cloud

半导体物理学

The Physics of Semiconductors

MOOC



半导体物理

主讲：蒋玉龙 教授，博导 / 复旦大学
开课时间：2019年02月24日
当前期次：第1期

这是一门跨越微电子科学与工程专业和物理学专业的上海市精品课程。《半导体物理》作为两个专业的骨干课程之一，理论性和系统性均较强。已故复旦大学老校长谢希德院士是中国半导体物理学科和表面物理学科开创者之一。谢希德和袁昌合著撰写了新中国第一部《半导体物理学》，1958年由科学出版社出版。此后国内的《半导体...

24小时内解答 2X PC与APP倍速播放 获取课程证书

页面浏览量 2458471 发帖总数 19

编辑本页 设置门户 课程评价 课程统计 管理课程

课程介绍 课程详情 师生互动 学习心得

这门课程会讲什么?

半导体能带论，半导体载流子统计，半导体载流子输运，非平衡载流子，pn结，金属-半导体接触，半导体表面与MIS结构，异质结。

一、学分课程混合式教学设计方案
1.1 教学流程设计

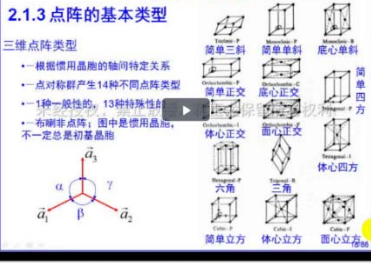
点阵的基本类型

2.1 晶体结构¹⁶

2.1.3 点阵的基本类型

三维点阵类型

- 根据惯用晶胞的轴间特定关系
- 一点对称群产生14种不同点阵类型
- 1种一般性的，13种特殊性的
- 布喇非点阵；图中是惯用晶胞，不一定是初基晶胞



简单三斜 简单单斜 底心单斜 简单四方 简单正交 底心正交 体心正交 面心正交 简单立方 体心立方 面心立方

1.2 点阵的基本类型

晶体点阵可以通过点阵平移了和其它各种对称操作与自身重合。一种典型的对称操作是围绕一个通过某一点点的轴进行转动。对于转动角度为 $2\pi, 2\pi/2, 2\pi/3, 2\pi/4$ 和 $2\pi/6$ 弧度或者是这些角度的整数倍，总可以找到一些会与自身重合的点阵；与这些转动角相对应的分别是一重、二重、三重、四重和六重转动轴，用符号 1, 2, 3, 4 和 6 表示这些转动轴。转动其它的角度，例如转动 $2\pi/7$ 弧度或 $2\pi/5$ 弧度，不可能使晶体点阵自身重合。二维晶格的晶胞在形式上可以按图所示

任务点

c1.1.3-1t 随堂测试

1 【单选题】
三维晶胞可以划分为 () 种对称群。

正确答案：
第一空： 14

1.1 晶体的基本类型

- 1.1.1 晶体的基本特点
- 1.1.2 原子的周期性排列
- 1.1.2.1 晶格平移矢量与晶格
- 1.1.2.2 对称操作
- 1.1.2.3 基元和晶体结构
- 1.1.2.4 晶格初基基元
- 1.1.3 点阵的基本类型
- 1.1.4 晶面指数系统
- 1.1.5 简化晶体结构惯例
- 1.1.6 小结与练习
- 1.2 晶体的物理性质
- 1.2.1 物理定律
- 1.2.2.1 密度的计算
- 1.2.2.2 晶体的物理性质
- 1.2.2.3 衍射条件
- 1.2.3 晶胞参数
- 1.2.4 晶面指数的惯例
- 1.2.5 小结与练习
- 1.3 晶体的电子学性质
- 1.3.1 一些情况下的缺陷和杂质
- 1.3.2 导电性 - 杂质分布的
- 1.3.3 三种情况下的自由电子气
- 1.3.4 练习
- 1.4 晶体的机械性能
- 1.4.1 自由电子模型
- 1.4.2 晶体的缺陷
- 1.4.3 布喇菲格
- 1.4.4 完晶模型 - 晶格模型
- 1.4.5 晶面间距的数目
- 1.4.6 金属的晶体
- 1.4.7 小结
- 1.5 晶体的光学性质
- 1.5.1 晶体的光学性质
- 1.5.2 晶体的光学性质与晶体的性质
- 1.6 小结与练习
- 2 半导体中的电子状态
- 2.1 半导体中的电子状态与有效质量
- 2.1.1 半导体中的电子状态
- 2.1.2 半导体中电子的平均速度
- 2.1.3 半导体中电子的加速度
- 2.1.4 有效质量的意义
- 2.2 本征半导体中的电子空穴
- 2.2.1 本征
- 2.2.2 本征半导体的导电性
- 2.3 杂质半导体中的载流子
- 2.3.1 一般情况下的载流子浓度
- 2.3.2 杂质半导体
- 2.4 硅和锗的半导体结构
- 2.4.1 硅的晶体结构
- 2.4.2 硅的能带结构
- 2.4.3 锗的能带结构
- 2.4.4 硅和锗的能带结构的关系
- 2.5 小结与练习
- 3 半导体中的缺陷和杂质
- 3.1 硅、磷晶体中的杂质缺陷
- 3.1.1 替位式杂质和间隙式杂质
- 3.1.2 施主杂质 施主能级 受主杂质
- 3.1.3 杂质对半导体电学性质的影响

视频

阅读

测试

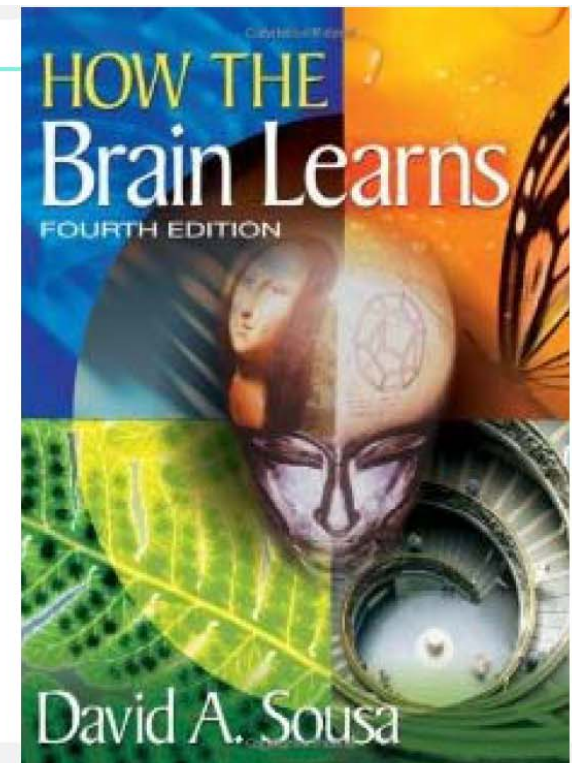
我的原位翻转课堂教学实践

最好的学，就是让学生给别人讲

学习24小时后的知识保持率

(David A. Sousa, How the Brain learns)

- 讲授——5%
- 阅读——10%
- 视听结合——20%
- 示范——30%
- 讨论组——50%
- 实践练习——75%
- 向其他人教授/ 对所学内容的立即运用——90%



原位翻转课堂教学实施策略

任务驱动
目标明确
学习心得
混合互动
节奏可控

学习任务提前推送

预习了
互动了
思考了
说话了
合作了

大数据
分析反馈
深入了解
精准定位
高效教学

师生课堂翻转互动

学生自由自主学习

共100页

原位任务设计

《半导体物理》翻转教学任务 01 大纲

任务编号	知识点号	分钟数	讨论要求	分组	推送信息
1	1 固体物理导论	0.6			
1	1.1 晶体结构	3.5			
1	1.1.1 晶体的基本特点	2.1			
1	1.1.2 原子的周期性阵列	4.1			
1	1.1.2.1 点阵平移矢量和点阵	9.9	Y	1	
1	1.1.2.2 对称操作	4.7			
1	1.1.2.3 基元和晶体结构	13.7	Y	1	
1	1.1.2.4 点阵初基晶胞	5.9	Y	2	
1	1.1.3 点阵的基本类型	17.7	Y	2	
1	1.1.4 晶面指数系统	21.0	Y	3	
1	1.1.5 常见晶体结构范例	27.9	Y	4	
1	1.2 晶体衍射和倒易点阵	1.0			
1	1.2.1 布拉格定律	5.4	Y	5	
1	1.2.2 倒易点阵	1.7			
1	1.2.2.1 傅立叶分析	10.6	Y	5	推送号: 2019S01
1	1.2.2.2 倒易点阵矢量	8.8	Y	6	推送日: 20190227
1	1.2.2.3 衍射条件	16.7	Y	6	讨论日: 20190306
1	1.2.3 布里渊区	7.8	Y	7	视频长: 189 分钟
1	1.2.4 倒易点阵的范例	8.3	Y	7	讨论长: 154 分钟

组号	01	组员 2 姓名	刘一睿		
任务内容	PPT 8-9 页			预习分数	课堂表现
1、每位同学课堂讲解、讨论过程限制在 5 分钟以内；				90	90
2、内容安排有逻辑、有条理，课堂展示过程简明扼要，重点突出。					

讲解点 1: 初基平移矢量

在定义初基平移矢量之前，我们要先了解点阵的定义及方程

点阵的定义方程： $\vec{r}' = \vec{r} + u\vec{a} + v\vec{b} + w\vec{c}$ （其中 \vec{r} 、 \vec{r}' 、 \vec{a} 、 \vec{b} 、 \vec{c} 均为矢量， u, v, w 为整数）
点阵沿矢量方向平移后的原子排列和原来相同。

初基平移矢量定义：若有任意两个点 r 和 r' ，通过适当的选择整数 u, v, w ，它们始终满足点阵的定义方程，而且从这两个点观察到的原子排列是一样的，那么这个点阵和平移矢量 \vec{a} 、 \vec{b} 、 \vec{c} 就称为初基的。

这个定义确保了没有比这组初基平移矢量所构成的体积更小的晶胞存在于这个点阵中。

我们常用初基平移矢量来定义晶胞（即使不像笛卡尔坐标轴一样相互正交也可以建立），但是这样有可能较为麻烦，此时可以使用非初基晶胞来进行计算。但是描述晶体基本构造一般都使用初基晶胞。

晶胞 \vec{a} 、 \vec{b} 、 \vec{c} 构成一个平行六面体的三个邻边，如果只是在平行六面体的顶点上有阵点，那么这就是一个初基平行六面体。

讲解点 2: 点阵平移操作

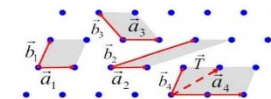
点阵平移矢量： $\vec{T} = u\vec{a} + v\vec{b} + w\vec{c}$ ， $\vec{r}' = \vec{r} + \vec{T}$ （ \vec{T} 即为 \vec{r}' 和 \vec{r} 对应的矢量差）

点阵平移操作定义：晶体通过晶体平移矢量 \vec{T} 平行于自身的位移。

在平移前后晶体的原子排列一样，任意两个阵点都可以由 \vec{T} 矢量连接起来，这也反映了晶体的周期性的特征。

讨论点 1: 初基平移矢量并不是唯一的

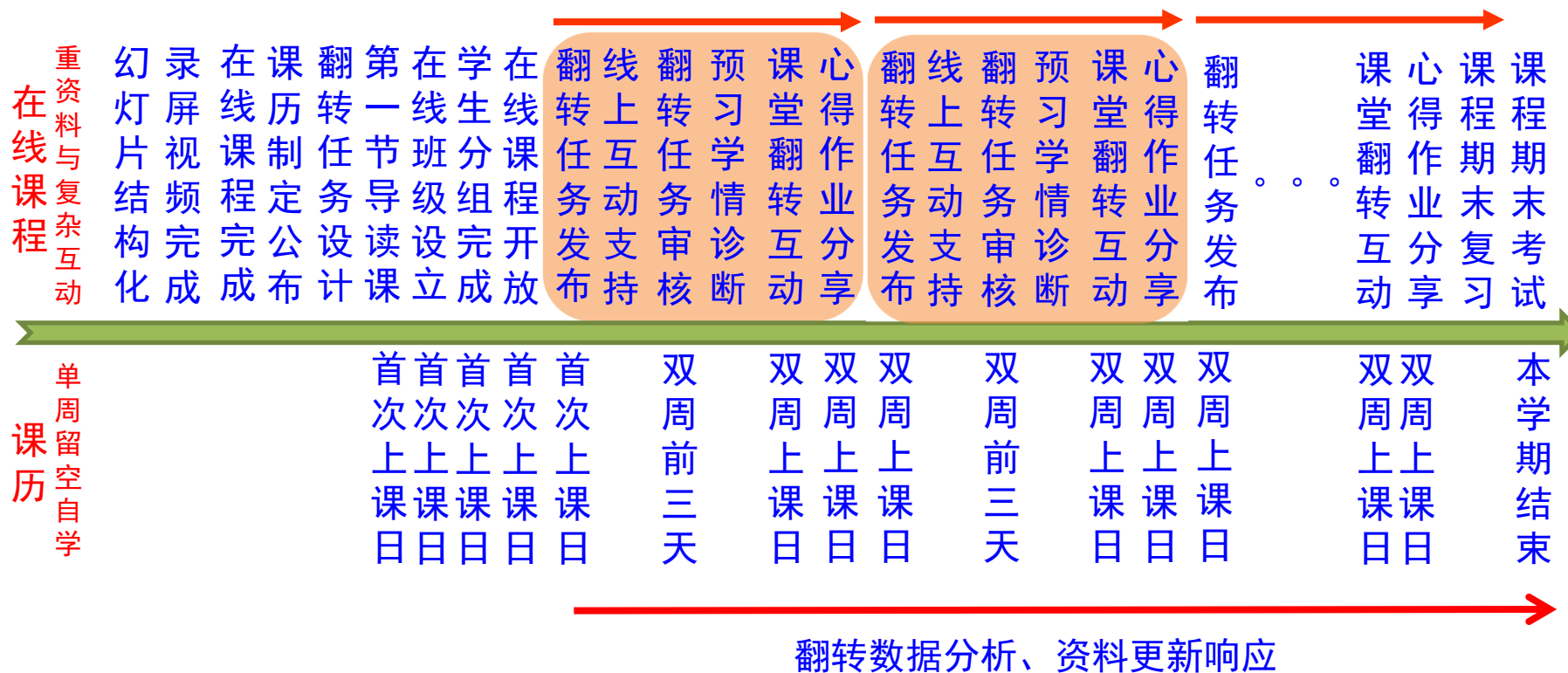
初基晶胞（体积最小的晶胞）并不是唯一的，相应的，初基平移矢量也不是唯一的。



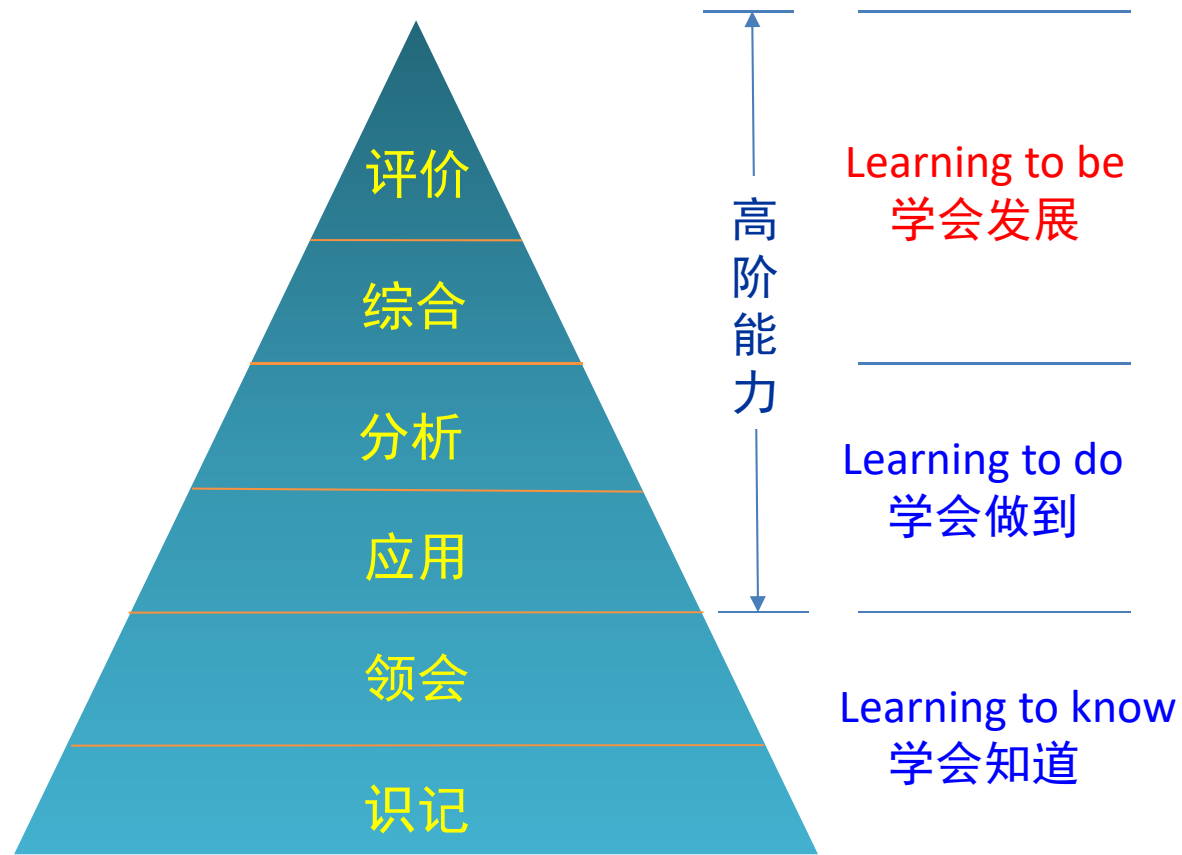
二维点阵的初基轴和初基晶胞

图中 \vec{a}_1 、 \vec{b}_1 、 \vec{a}_2 、 \vec{b}_2 、 \vec{a}_3 、 \vec{b}_3 都是初基平移矢量，而 \vec{a}_4 、 \vec{b}_4 不是初基平移矢量，因为其构成的晶胞的体积（在图示二维情况下为面积）并不是最小的。

原位翻转课堂教学基本流程

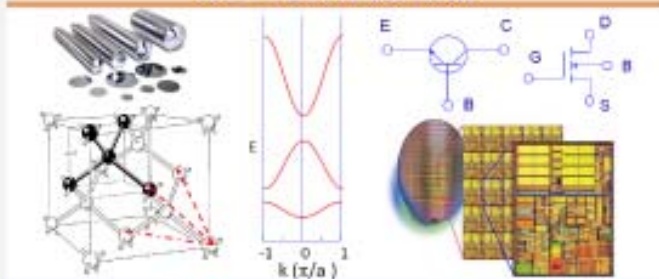


布鲁姆教育目标分类



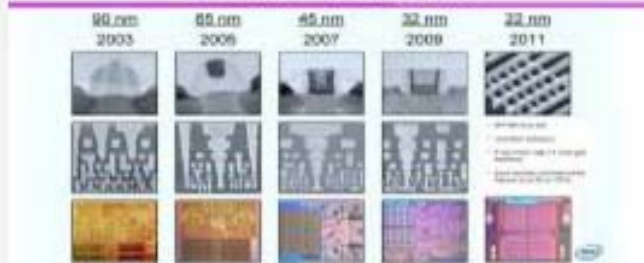
半导体物理与器件原理

复旦大学 蒋玉龙 教授



半导体工艺技术

复旦大学 蒋玉龙 教授



2014年春季始
4门16次
本研同步

半导体物理学

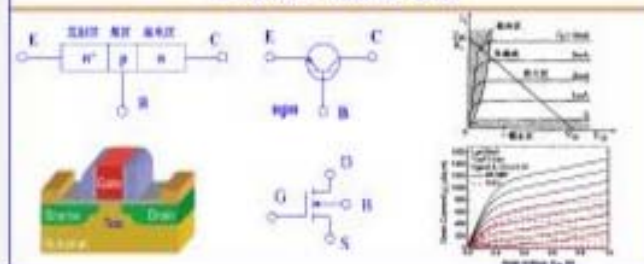
The Physics of Semiconductors

MOOC



半导体器件原理

复旦大学 蒋玉龙 教授



我的原位翻转课堂教学实践总结

		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
常规教学			自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学
翻转教学	← 自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学
		面授导论	面授巩固		面授巩固		面授巩固		面授巩固

	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18
常规教学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	考试
翻转教学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	自学	复习	复习	考试
		面授巩固		面授巩固		面授巩固		面授巩固		



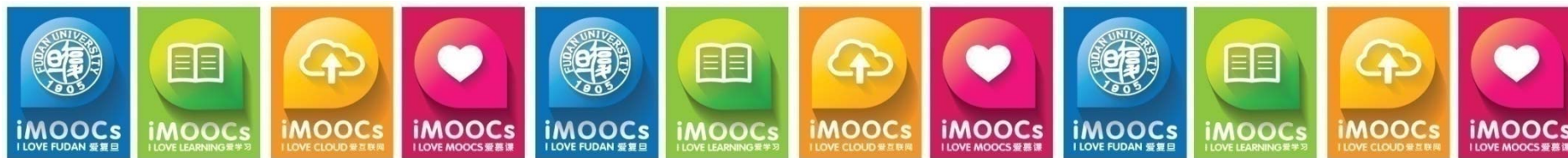
- 结合线上、线下学习，混合过程;有效促进线上和线下的互动，提升教学温度;
- 教师自己建课，管课，参与互动，组织课堂，变身导师，侧重学生能力培养;
- 学生自由、自主、自知的学习;周期性任务驱动，全程保持紧密学习状态;
- 自控能力、学习能力、表达能力、思辨能力、合作能力等全面锻炼;

以学生为中心，助力中国金课

智慧教学

--教学手段有智慧

智慧建课

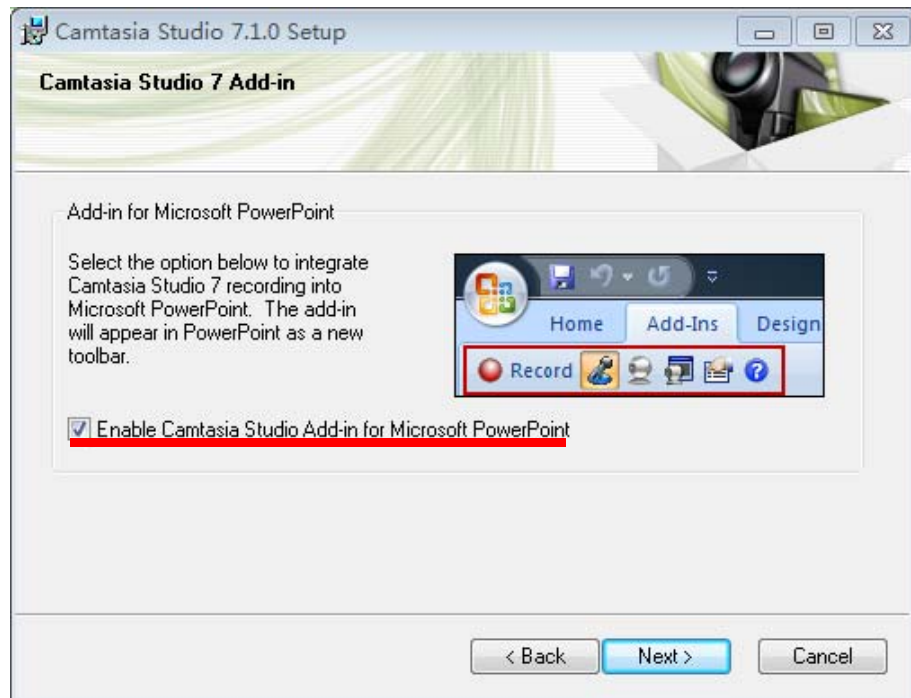


共100页

PPT小插件：Camtasia Studio



PPT小插件：Camtasia Studio



PPT小插件：Camtasia Studio

Record

自定义工具栏

幻灯片 大纲

1 讲 半导体器件原理
主讲人：蒋玉龙教授
复旦大学微电子楼312室，65643768
Email: yljiang@fudan.edu.cn
http://ptr.chaoxing.com/course/607456.html

2 讲 晶体管的发明

3 讲 晶体管的发明

4 讲 晶体管的发明
Transistor-transforming resistor
Field-Effect Transistor

5 讲 第二章 双极型晶体管

6 讲 2.1 基本结构、制造工艺和杂质分布
2.1.1 晶体管的基本结构

1/152

半导体器件原理

主讲人：蒋玉龙教授

部微电子学楼312室，65643768
Email: yljiang@fudan.edu.cn
<http://ptr.chaoxing.com/course/607456.html>

选好麦克
其他默认

Camtasia Studio Add-in Options

Program

Start recording paused Include watermark

Record mouse cursor

Highlight cursor

Edit in Camtasia Studio when finished

At end of presentation:

Video and Audio

Video frame rate:

Capture layered windows

Record audio

Audio source:

Volume:

Capture system audio

Picture In Picture

Record from camera

Record hotkey

Record/Pause: CTRL + SHIFT + ALT +

Stop: + + +

幻灯片 1/152 "默认设计模板" 中文(简体, 中国)

共100页

16:23 2015/11/16

26

PPT小插件: Camtasia Studio

2.3 直流特性¹²

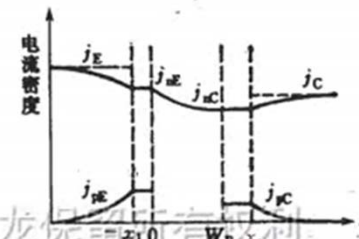
26/152

2.3.3 α 、 β 表达式

1. α 表达式

$$\alpha = \gamma \cdot \beta \cdot \alpha'$$

(1) γ



$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{J_{ne}}{J_e} = \frac{1}{1 + J_{pe}/J_{ne}} = \frac{1}{1 + J_{pe}(-x_1)/J_{ne}(0)} \\ &= \left[1 + \frac{D_{pe} p_{ne}^0 L_{nb}}{D_{nb} n_{pb}^0 L_{pe}} \tanh\left(\frac{W_b}{L_{nb}}\right) \right]^{-1} = \left(1 + \frac{D_{pe} p_{ne}^0 W_b}{D_{nb} n_{pb}^0 L_{pe}} \right)^{-1} \\ &= \left(1 + \frac{\mu_{pb} N_b W_b}{\mu_{ne} N_e L_{pe}} \right)^{-1} = \boxed{\left(1 + \frac{\rho_e W_b}{\rho_b L_{pe}} \right)^{-1}} \xrightarrow{W_e < L_{pe}} \gamma = \left(1 + \frac{\rho_e W_b}{\rho_b W_e} \right)^{-1} \end{aligned}$$

录屏：2007-2014年

智慧建课

- 围绕知识点索引
- 知识点索引同名视频文件

1.1.1晶体的基本特点.wmv	1.1.2.1点阵平移矢量和点阵.wmv	1.1.2.2对称操作.wmv	1.1.2.3基元和晶体结构.wmv	1.1.2.4点阵初基晶胞.wmv
1.1.3点阵的基本类型.wmv	1.1.4晶面指数系统.wmv	1.1.5常见晶体结构范例.wmv	1.1晶体结构.wmv	1.2.1布喇格定律.wmv
1.2.2.2倒易点阵矢量.wmv	1.2.2.3衍射条件.wmv	1.2.2倒易点阵.wmv	1.2.3布里渊区.wmv	1.2.4倒易点阵的范例.wmv
1.3.1一维情况下的能级和轨道密度...	1.3.2温度对费米 - 狄拉克分布的影...	1.3.3三维情况下的自由电子气.wmv	1.3自由电子费米气体.wmv	1.4.1近自由电子模型.wmv
1.4.3布洛赫函数.wmv	1.4.4克朗尼格 - 朋奈模型.wmv	1.4.5能带中轨道的数目.wmv	1.4.6金属和绝缘体.wmv	1.4能带.wmv
1.5.2重要半导体材料Si单晶的介绍.w...	1.5半导体晶体.wmv	1固体物理导论.wmv	2.1.1半导体中E-k的关系.wmv	2.1.2半导体中电子的平均速度.wmv
2.1.4有效质量的意义.wmv	2.1半导体中电子的运动_有效质量.w...	2.2.1空穴.wmv	2.2.2本征半导体的导电机构.wmv	2.2本征半导体的导电机构_空穴.wmv
2.3.2回旋共振.wmv	2.3回旋共振和等能面.wmv	2.4.1硅的能带结构.wmv	2.4.2硅的能带结构.wmv	2.4.3硅的能带结构.wmv
2.4硅和锗的能带结构.wmv	3.1.1替位式杂质和间隙式杂质.wmv	3.1.2施主杂质_施主能级_受主杂质_...	3.1.3杂质浅能级电离能的简单计算...	3.1.4杂质的补偿作用.wmv
3.1硅_锗晶体中的杂质能级.wmv	3.2.1GaAs中的杂质.wmv	3.2III - V族化合物中的杂质能级.wmv	3.3.1点缺陷.wmv	3.3.2线缺陷 - 位错.wmv
4.1.1三维情况下的自由电子气.wmv	4.1.2状 (能) 态密度的定义.wmv	4.1.3状 (能) 态密度的汇总.wmv	4.1状态密度.wmv	4.2.1费米分布函数f(E).wmv
4.2费米能级和载流子的统计分布.wmv	4.3.1本征载流子浓度ni.wmv	4.3.2本征半导体的费米能级位置.wmv	4.3本征半导体中的载流子统计.wmv	4.4.1非补偿情形 (单一杂质) .wmv
4.4杂质半导体中的载流子统计.wmv	4.5.1简并的出现.wmv	4.5.2简并半导体的载流子浓度.wmv	4.5.3简并化条件.wmv	4.5.4简并时杂质的电离.wmv
5.1.1电导的微观理论.wmv	5.1.2半导体的电导率和迁移率.wmv	5.1载流子的漂移运动.wmv	5.2.1载流子散射的概念.wmv	5.2.2散射几率_平均自由时间及其与...
5.2载流子的散射.wmv	5.3.1迁移率与杂质浓度和温度的关...	5.3.2电阻率与杂质浓度的关系.wmv	5.3迁移率与杂质浓度和温度的关系...	5.4.1欧姆定律的偏差和热载流子.wmv
5半导体中载流子的输运.wmv	6.1.1非平衡载流子的产生.wmv	6.1.2附加光电导现象.wmv	6.1.3非平衡载流子的复合.wmv	6.1.4非平衡载流子的产生.wmv
6.2.1准平衡.wmv	6.2.2准费米能级.wmv	6.2准费米能级.wmv	6.3.1复合的分类.wmv	6.3.2直接复合.wmv
6.3.4表面复合.wmv	6.3复合理论.wmv	6.4.1陷阱现象.wmv	6.4.2成为陷阱的条件.wmv	6.4陷阱效应.wmv
6.5.2一维扩散方程的稳态解.wmv	6.5.3扩散电流.wmv	6.5.4例子：三维探针注入.wmv	6.5载流子的扩散运动.wmv	6.6.1浓度梯度引起的自建电场.wmv
6.6.3丹倍效应.wmv	6.6.4双极扩散.wmv	6.6载流子的漂移运动_双极扩散.wmv	6.7.1连续性方程.wmv	6.7.2连续性方程的特例情况.wmv
6.7连续性方程.wmv	7.1.1p-n结的形成及杂质分布.wmv	7.1.2空间电荷区.wmv	7.1.3平衡p-n结能带图.wmv	7.1.4p-n结接触电势差.wmv
7.1平衡p-n结特性.wmv	7.2.1p-n结中的电场和电势分布.wmv	7.2.2非平衡p-n结的能带图.wmv	7.2.3理想p-n结的J-V关系.wmv	7.2.4理想p-n结J-V关系的特性.wmv
7.2p-n结电流电压特性.wmv	7.3.1势垒电容.wmv	7.3.2扩散电容_(正向偏压).wmv	7.3p-n结电容.wmv	7.4.1雪崩击穿.wmv
7.4p-n结的击穿.wmv	7.5.1简并P-N结的能带图.wmv	7.5.2Esaki二极管.wmv	7.5p-n结隧道效应.wmv	7p-n结.wmv
8.1.2接触电势差.wmv	8.1.3表面态对接触势垒的影响.wmv	8.1.4势垒区的电势分布.wmv	8.1.5肖特基接触的势垒电容.wmv	8.1金半接触的能带图.wmv
8.2.2热电子发射理论.wmv	8.2.3镜像力影响.wmv	8.2.4隧道效应影响.wmv	8.2.5pn结和肖特基势垒二极管.wmv	8.2金半接触的整流输运理论.wmv
8.3.2欧姆接触.wmv	8.3少子注入和欧姆接触.wmv	8金半接触.wmv	9.1.1表面的特殊性.wmv	9.1.2理想表面.wmv
9.1表面态概念.wmv	9.2.1空间电荷层.wmv	9.2.2空间电荷层中的泊松方程.wmv	9.2.3半导体表面电场_电势和电容.w...	9.2.4半导体表面层的五种基本状态...
9.3.1Si-SiO2系统中的电荷状态.wmv	9.3Si-SiO2系统的性质.wmv	9.4.1MIS电容结构的能带图.wmv	9.4.2理想MIS电容的C - V特性.wmv	9.4.3实际MIS电容的C - V特性.wmv
9.5.1表面电导.wmv	9.5表面电导及迁移率.wmv	9半导体表面与MIS结构.wmv	10.1.1异质结的分类.wmv	10.1.2异质结的能带图.wmv

智慧建课

- 围绕知识
点索引
- 同名电子
阅读文档

1.1.2.1.点阵平移矢量和点阵

1.1.2.2对称操作

1.1.2.3基元和晶体结构

1.1.2.4点阵初基晶胞

1.1.2原子的周期性阵列

1.1.3 点阵的基本类型

1.1.4晶面指数系统

1.1.5常见晶体结构范例

1.1晶体结构

1.2.1布喇格定律

1.2.2.1傅立叶分析

1.2.2.2倒易点阵矢量

1.2.2.3衍射条件

1.2.3布里渊区

1.2.4倒易点阵的范例

1.2晶体衍射和倒易点阵

1.3.1一维情况下的能级和轨道密度

1.3.2温度对费米 - 狄喇克分布的影响

1.3.3三维情况下的自由电子气

1.3自由电子费米气体

1.4.1近自由电子模型

1.4.2能隙的起因

1.4.3布洛赫函数

1.4.4克朗尼格 - 朋奈模型

1.4.5能带中轨道的数目

1.4.6金属和绝缘体

1.4能带

1.5.1能带隙

1.5半导体晶体

1固体物理导论

2.1.1半导体中E-k的关系

2.1.2半导体中电子的平均速度

2.1.3半导体中电子的加速度

2.1.4有效质量的意义

2.2.1空穴

2.2本征半导体的导电机构 空穴

2.3.1一般情况下的等能面方程

2.3.2回旋共振

2.3回旋共振和等能面

2.4.1硅的导带结构

2.4.2硅的能带结构

2.4.3锗的能带结构

2.4.4能带结构与温度的关系

2半导体中的电子状态

3.1.1替位式杂质和间隙式杂质

3.1.2施主杂质 施主能级 受主杂质 受主能级

3.1.3杂质浅能级电离能的简单计算

3.1.4杂质的补偿作用

3.1.5深能级杂质

3.2.1GaAs中的杂质

3.3.1点缺陷

3.3.2线缺陷 - 位错

3半导体中杂质和缺陷能级

4.1.1三维情况下的自由电子气

4.1.2状 (能) 态密度的定义

4.1状态密度

4.2.1费米分布函数f(E)

4.2.2导带电子和价带空穴浓度

4.3.1本征载流子浓度ni

4.3.2本征半导体的费米能级位置

4.3本征半导体中的载流子统计

4.4.1非补偿情形 (单一杂质)

4.4.2补偿情形

4.5.1简并的出现

4.5.2简并半导体的载流子浓度

4.5.3简并化条件

4.5简并半导体

4半导体载流子的平衡态统计分布

5.1.1电导的微观理论

5.1.2半导体的电导率和迁移率

5.2.1载流子散射的概念

5.2.2散射几率、平均自由时间及其与迁移率的关系

5.2.3载流子的主要散射机制

5.3.1迁移率与杂质浓度和温度的关系

5.3.2电阻率与杂质浓度的关系

5.3迁移率与杂质浓度和温度的关系

5.4.1欧姆定律的偏离和热载流子

5半导体中载流子的输运

6.1.1非平衡载流子的产生

6.1.2附加光电导现象

6.1.3非平衡载流子的复合

6.2.1准平衡

6.2.2准费米能级

6.2准费米能级

6.3.1复合的分类

6.3.2直接复合

6.3.3间接复合

6.3.4表面复合

6.4.1陷阱现象

6.4.2成为陷阱的条件

6.5.1一维扩散方程

6.5.2一维扩散方程的稳态解

6.5.3扩散电流

6.5.4例子 - 三维探针注入

6.5载流子的扩散运动

6.6.1浓度梯度引起的自建电场

6.6.2爱因斯坦关系

6.7.1连续性方程

6.7.2连续性方程的特例情况

6.7连续性方程

智慧建课

- 围绕知识点索引
- 同名练习题

章节	练习题
1pn 结的频率特性与开关特性	
1.1 半物要点回顾	<p>判断：对于 PN 结来说，其 p 型半导体侧的空间电荷区内建电场阻碍空穴向 N 型半导体侧的扩散。答案：对</p> <p>填空：对于 PN 结的正向偏置情况而言，外加电场方向与内建电场方向（相反），（增强）p 型半导体侧空穴的（扩散）。</p> <p>选择：我们在计算 PN 结的总电流时仅考虑了空间电荷区边缘处的扩散电流，而忽略了漂移电流，这是由于： A 小注入 B 耗尽层突变近似 C 忽略了势垒区载流子的产生与复合 D 非简并 E 基区均匀掺杂</p>
1.2pn 结的频率特性	
1.2.1 交流小信号下的 pn 结少子分布	判断：交流小信号指的是一个直流偏量加上一个幅度远比直流偏量小的交流分量。答案：对
1.2.2 扩散电流	判断：PN 结交流小信号模型的电流直流分量与交流分量无关，相互独立。答案：对
1.2.3 交流小信号导纳	判断：低频情况的定义是 $\omega\tau \gg 0$ 。答案：错，应该是 $\omega\tau \gg 1$
1.2.4 交流小信号等效电路	判断：当交流小信号的交流分量足够小时，交流小信号等效电路可以忽略势垒电容。答案：对
1.3pn 结的开关特性	
1.3.1pn 结二极管的开关作用	判断：当外加电压较大且负载阻值较小时，二极管的导通电流大小主要是由外加电路的参数决定的。答案：对
1.3.2 导通过程	判断：二极管的导通过程中电压是渐变的，这是由于电压建立的本质是电荷的积累，所以电压不能够突变。答案：对
1.3.3 关断过程	<p>选择题：提高 pn 结开关速度的手段有：ACD</p> <p>A 降低导通电流 B 降低关态电流 C 降低少子寿命 D 降低存储时间</p>
2 双极型晶体管	

复旦大学在线教育中心

The image displays two overlapping browser windows from the Fudan University MOOC platform. The top window shows the main portal with the university's logo and navigation menu. The bottom window shows a user profile for 蒋玉龙 (Jiang Yulong), with a sidebar menu and a '我的课 | 我学的课' (My Courses | Courses I Study) section. This section lists several courses: '半导体物理学' (Semiconductor Physics), '半导体工艺技术' (Semiconductor Technology), and '半导体器件原理' (Semiconductor Device Principles). A red box highlights a '+' icon in a grey square, with a red callout bubble pointing to it containing the text '创建一门课程' (Create a Course). The bottom window's address bar shows a URL for a specific course page.

创建一门课程

简单易用、功能强大的 自助式课程建设工具

1

课程模板风格选择

当前使用模板风格 **经典模板**



极简风格

传统印刷的纸质风格，阅读起来方便清爽



经典模板

一个页面中展示了所有的内容，全面，详细，一目了然



积木风格

块状结构，分区明确，课程单元彩虹盒形式抓人眼球



纸质印刷风格

传统印刷的纸质风格，阅读起来方便清爽



coursera 风格

色彩明快，分类简洁明了，以色块来呈现课程单元



可汗风格

风靡全球的可汗风格，提取其精髓，展现课程主页

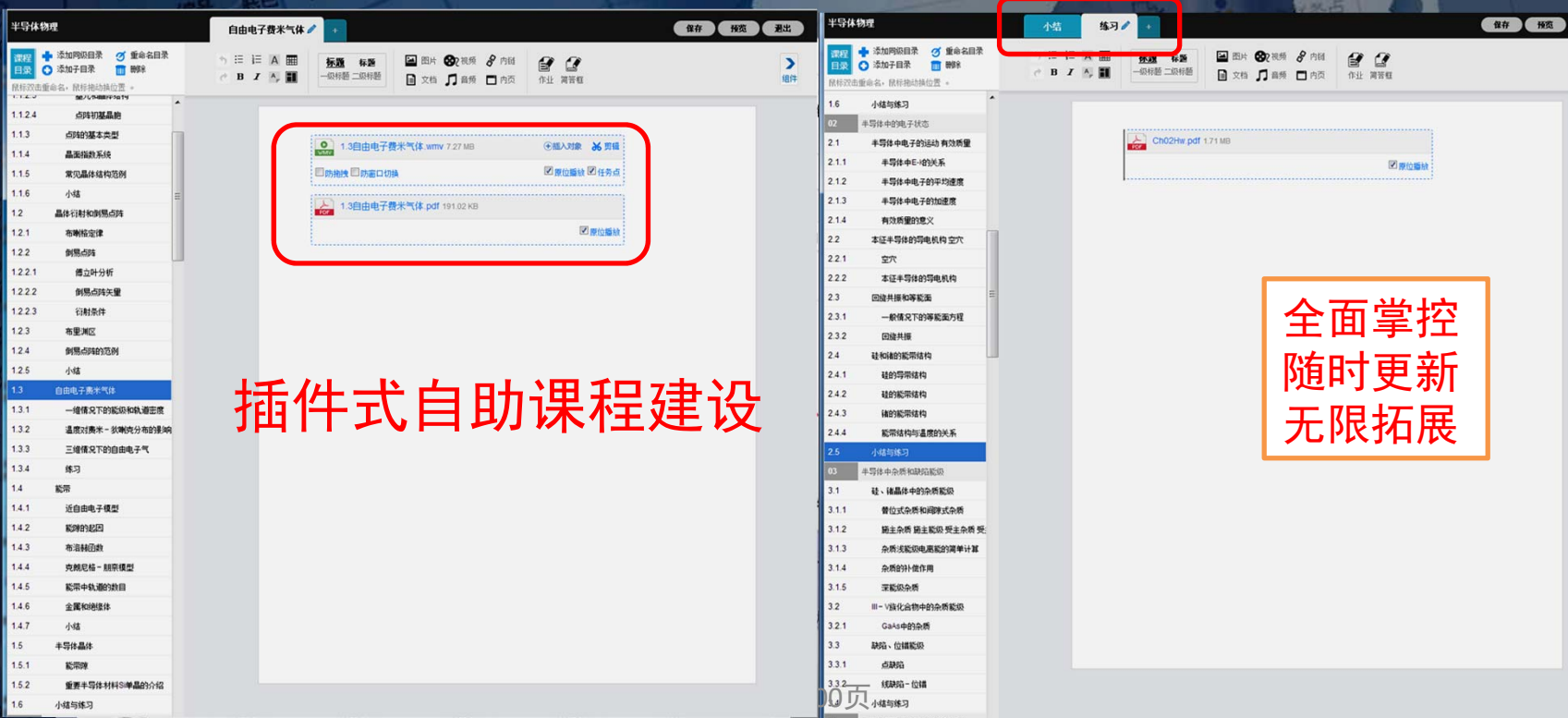
取消

确认模板，并下一步

2

强大的富媒体慕课纸编辑器

所见即所得，word一样的体验



插件式自助课程建设

全面掌控
随时更新
无限拓展

高效的课程管理

目录 编辑

自学班 院外长期开放班 蒋玉龙18秋 院外开放班

章节	发放	统计
1 pn结的频率特性与开关特性		
1.1 5 半物要点回顾	✓	90%
1.2 1 pn结的频率特性	✓	87%
1.2.1 1 交流小信号下的pn结少子分布	✓	87%
1.2.2 2 扩散电流	✓	87%
1.2.3 2 交流小信号导纳	✓	87%
1.2.4 2 交流小信号等效电路	✓	87%
1.3 1 pn结的开关特性	✓	90%
1.3.1 2 1.3.1 pn结二极管的开关作用	✓	90%
1.3.2 2 1.3.2 导通过程	✓	88%
1.3.3 2 1.3.3 关断过程	✓	87%
2 双极型晶体管		
2.1 3 基本结构、制造工艺和杂质分布	✓	93%
2.1.1 2 2.1.1 晶体管的基本结构	✓	95%
2.1.2 2 2.1.2 制造工艺	✓	95%
2.1.3 2 2.1.3 杂质分布	✓	96%
2.2 1 2.2 电流放大原理	✓	

新建话题

蒋玉龙 复旦大学
09-04 10:40

置顶 加精 2018秋季学期半器课表

上课时间: 双周一下午1点至5点。
(日历上黄色日期即为上课日期)
上课教室: Z2311
课程性质: 必修
课程代码: INFO130023.01
期中考试: 2018年11月上旬, 开卷
期末考试: 2019-01-04, 13:30-15:30, 闭卷

2018年日历表打印版(含节假日安排)

赞0 回复

在线客服

多个班级
多个环节
课前课后
多次复用
一个界面

0人未参加学习

数据反馈

微电子13
旁听课

任务点
379

成绩管理

章节测验

学生
22

考试

章节资料

本月访问
1806

讨论
65

高级统计

学生姓名	学号/账号	学校	任务完成数	视频观看时长	讨论数	访问数	当前成绩	详情
罗宁	13307130210	复旦大学	172/379	1854.4分钟	0	255	38.59	查看
魏钰	13307130508	复旦大学	91/379	1435.5分钟	6	207	27.63	查看
康成	13307130032	复旦大学	91/379	794.2分钟	2	94	22.57	查看
张隼异	13307130091	复旦大学	91/379	1120.4分钟	3	159	23.60	查看
谭宁禹	13307130136	复旦大学	91/379	1025.4分钟	0	125	17.84	查看
黎智霖	13307130317	复旦大学	91/379	524.2分钟	0	35	19.42	查看
杨宗浩	13307130379	复旦大学	91/379	1184.0分钟	11	107	36.55	查看
陈一家	13307130010	复旦大学	35/379	439.5分钟	0	40	7.95	查看
丁路妮	13307130275	复旦大学	7/379	95.8分钟	0	18	1.74	查看
茅晓珩	12300200014	复旦大学	6/379	112.7分钟	0	30	1.19	查看
王琳琳	13212020023@fudan.edu.cn	复旦大学	1/379	1.0分钟	0	85	0.32	查看

全选 任务点完成数少于1 督促

共享资料 | 教材教参 | 推荐视频 | 题库 | 试卷库

请输入关键字

本地上传 在线资源 添加网址 新建文件夹

全部文件 > 课程公共资源

序号	文件名	排序	上传者	大小	创建日期
1	教材教参	↓	蒋玉龙	--	2015-07-28
2	翻转教学任务发放	↑ ↓	蒋玉龙	--	2015-07-28
3	翻转教学任务汇总	↑ ↓	蒋玉龙	--	2015-07-28
4	参考作业	↑	蒋玉龙	--	2014-11-26

半导体器件原理 课程门户

新建话题

共253个话题

2015秋季学期课表

在线学习成绩的权重说明

半导体器件原理 课程门户

首页 活动 统计 资料 通知 作业 考试 PBL 讨论 管理

班级管理

院外开放班

蒋玉龙班18秋

院外长期开放班

自学班

+ 新建班级

教师团队管理

助教管理

课程管理

操作日志

蒋玉龙班18秋 已归档班级

该班共有31学生 添加学生 导出名单

序号	学号/账号	姓名	院系	专业	班级	加入时间	操作	
<input type="checkbox"/>	1	16307130129	黄涛	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	2	16300720006	周秀斌	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	3	16300720016	王贵成	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	4	16300720019	方晋北	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	5	16300720020	潘一轩	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	6	16300720024	郑朝祥	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	7	16300720027	宋亚港	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	8	16300720029	武默宇	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	9	16300720036	伍蒙	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	10	16300720043	刘冠磊	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	11	16300720046	杨浩然	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除
<input type="checkbox"/>	12	16300720051	高翔帆	其他	其他	其他	2018-09-04 10:31:23	移除

班级设置

班级人数上限 学生 保存

公共班级

允许学生退课

开通本课程邮件通知

对学生隐藏该班级

忽略视频拖拽及窗口切换 (若学生已开始学习, 不建议修改)

开启复习模式 (学生进入复习模式, 复习行为不会产生统计数据的增加)

显示第三方答疑 (勾选后, 教师端和学生端都显示“答疑”模块;反之, 则不显示) 第三方答疑 说明和举例

开放报名设置: 关闭报名 本校开放 全网开放

章节开放设置: 全部开放 全部关闭 全部闯关模式

班级开放时间设置: 保存

班级归档设置:

班级设置

班级人数上限 学生 保存

公共班级

允许学生退课

开通本课程邮件通知

对学生隐藏该班级

忽略视频拖拽及窗口切换 (若学生已开始学习, 不建议修改)

开启复习模式 (学生进入复习模式, 复习行为不会产生统计数据的增加)

显示第三方答疑 (勾选后, 教师端和学生端都显示“答疑”模块;反之, 则不显示) 第三方答疑 说明和举例

开放报名设置: 关闭报名 本校开放 全网开放

开放时间: 保存

章节开放设置: 全部开放 全部关闭 全部闯关模式

班级开放时间设置: 保存

班级归档设置:

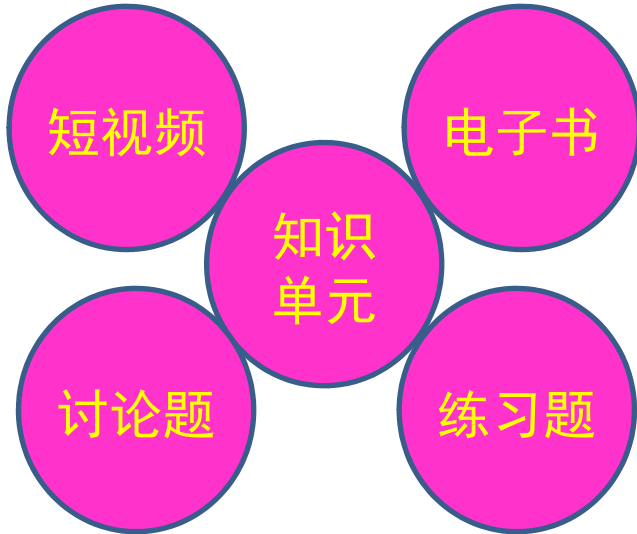
学习广场

半导体物理学

共100页

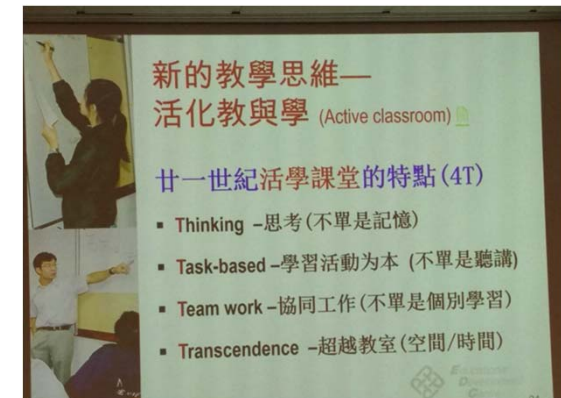
SPOC
MOOC
兼得

操作简单，功能智慧，自助建设



1	2	3
1.1 课程介绍	1.1 半导体物理学的产生和发展	1.1 晶体的基本物理性质
1.2 课程大纲	1.2 晶体的基本物理性质	1.2 晶体的基本物理性质
1.3 课程特色	1.3 晶体的基本物理性质	1.3 晶体的基本物理性质
1.4 课程评价	1.4 晶体的基本物理性质	1.4 晶体的基本物理性质
1.5 课程评价	1.5 晶体的基本物理性质	1.5 晶体的基本物理性质
1.6 课程评价	1.6 晶体的基本物理性质	1.6 晶体的基本物理性质
1.7 课程评价	1.7 晶体的基本物理性质	1.7 晶体的基本物理性质
1.8 课程评价	1.8 晶体的基本物理性质	1.8 晶体的基本物理性质
1.9 课程评价	1.9 晶体的基本物理性质	1.9 晶体的基本物理性质
1.10 课程评价	1.10 晶体的基本物理性质	1.10 晶体的基本物理性质
1.11 课程评价	1.11 晶体的基本物理性质	1.11 晶体的基本物理性质
1.12 课程评价	1.12 晶体的基本物理性质	1.12 晶体的基本物理性质
1.13 课程评价	1.13 晶体的基本物理性质	1.13 晶体的基本物理性质
1.14 课程评价	1.14 晶体的基本物理性质	1.14 晶体的基本物理性质
1.15 课程评价	1.15 晶体的基本物理性质	1.15 晶体的基本物理性质
1.16 课程评价	1.16 晶体的基本物理性质	1.16 晶体的基本物理性质
1.17 课程评价	1.17 晶体的基本物理性质	1.17 晶体的基本物理性质
1.18 课程评价	1.18 晶体的基本物理性质	1.18 晶体的基本物理性质
1.19 课程评价	1.19 晶体的基本物理性质	1.19 晶体的基本物理性质
1.20 课程评价	1.20 晶体的基本物理性质	1.20 晶体的基本物理性质

结束语



借助智慧方案，实现翻转教学，学生有效增负，助力中国金课
课时驱动→任务驱动，被动学习→主动学习
以学生为中心、培养能力、提质增效、智慧教学



2019年11月29日 聚焦金课的高校一流课程建设研修班
本课件仅供学习，不得商用，违者必究，获取更多课件，请扫上方二维码！

高教国培（北京）教育科技有限公司