

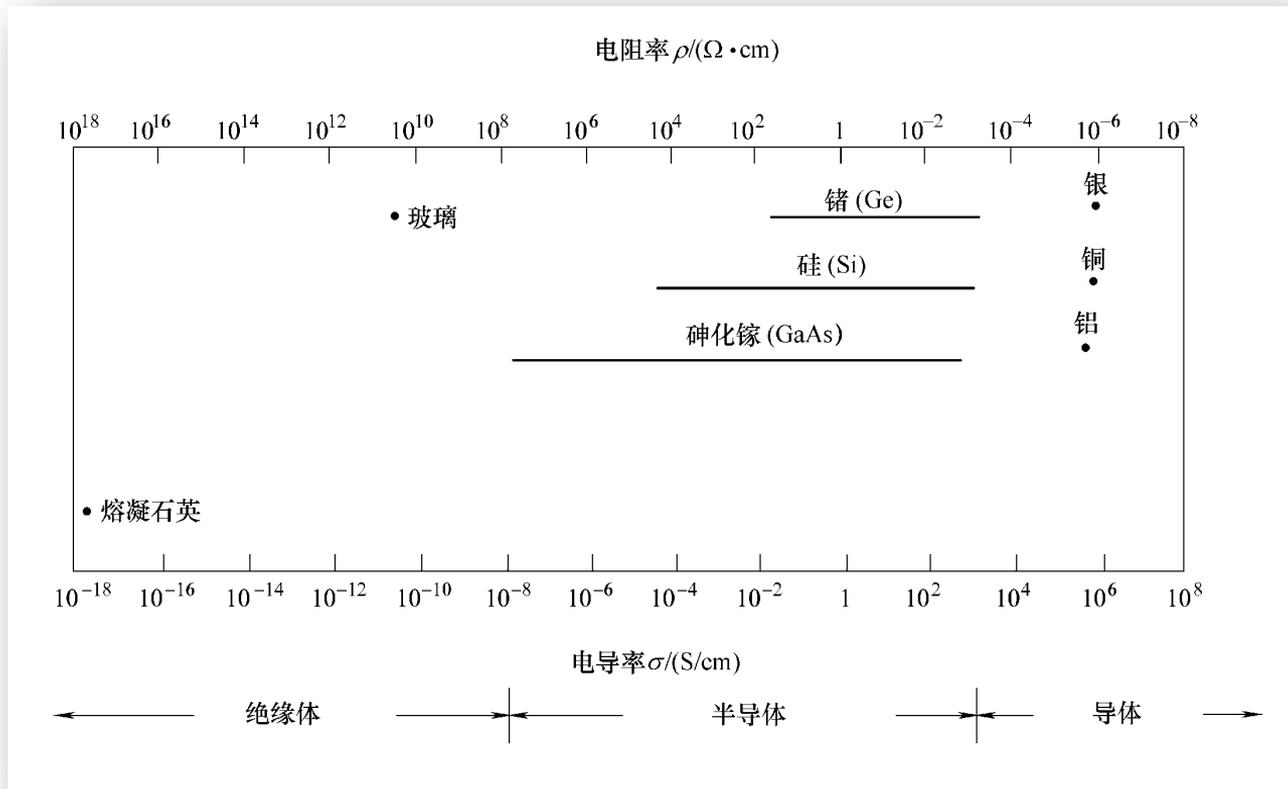


第一章 半导体物理基础



固体材料的分类（宏观）——导电性能

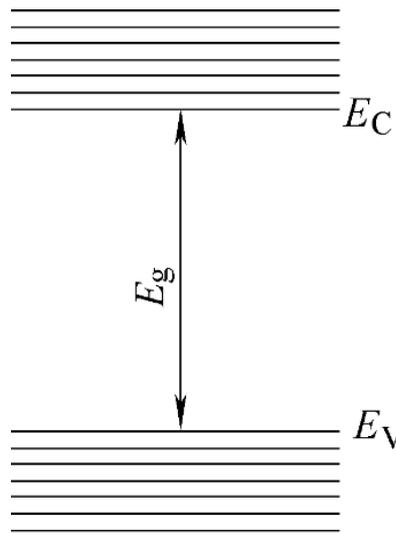
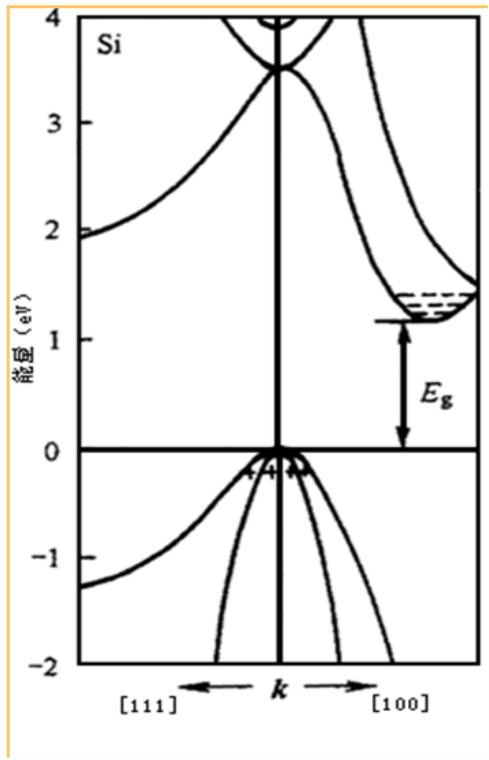
分类	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
导体	$< 10^{-4}$
半导体	$10^{-4} - 10^9$
绝缘体	$> 10^9$



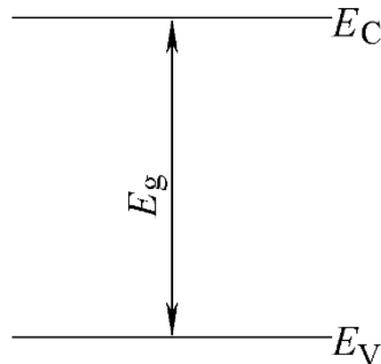


晶体实际的能带图比较复杂，可以把复杂的能带图简化

一般用“ E_C ”表示导带底的能量，用 E_V 表示价带顶的能量， E_g 表示禁带宽度。



a)



b)

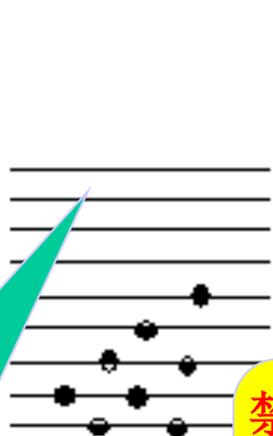
半导体能带简化表示

a) 能带简化表示 b) 能带最简化表示

固体材料的分类（微观）——能带结构

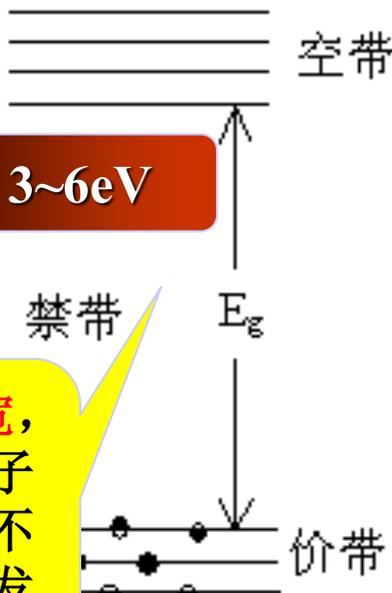
导体、绝缘体、半导体的能带示意图

能带被电子部分占满，在电场作用下这些电子可以导电

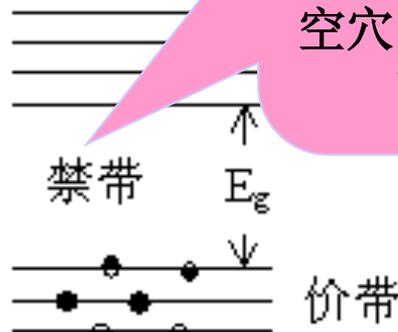


(a) 导体

禁带很宽，价带电子常温下不能被激发到空导带



(b) 绝缘体



(c) 半导体

禁带比较窄，常温下，部分价带电子被激发到空的导带，形成有少数电子填充的导带和留有少数空穴的价带，都能带电

硅 1.12 eV

锗 0.67 eV

砷化镓

1.42 eV

半导体的种类及特性

半导体的种类

- 元素半导体和化合物半导体
- 晶态半导体、非晶及多晶半导体
- 无机半导体和有机半导体
- 本征半导体和杂质半导体

半导体的基本特性

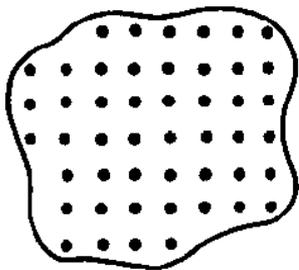
- ✓ 温度效应-----负温度系数
- ✓ 掺杂效应-----杂质敏感性
- ✓ 光电效应-----光电导
- ✓ 电场、磁场效应

主要的元素和化合物半导体

元素半导体	IV族化合物半导体	III-V族化合物半导体	II-VI族化合物半导体
Si	SiC	AlP	ZnS
Ge	SiGe	AlAs	ZnSe
		AlSb	ZnTe
		GaP	CdS
		GaAs	CdSe
		GaSb	CdTe
		InP	
		InAs	
		InSb	

固体（半导体）材料的分类——原子空间排列

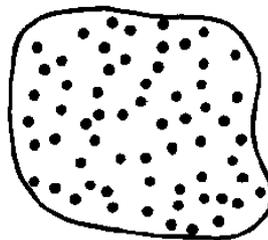
- 单晶：原子排列长程有序，内部结构有周期性（**长程有序：um量级**），例如：单晶硅
- 非晶：原子排列无序，例如：玻璃（无序SiO₂）
- 多晶：原子排列短程有序，由不同取向的单晶颗粒组成，例如：多晶硅



(a) Crystalline

单晶：周期性

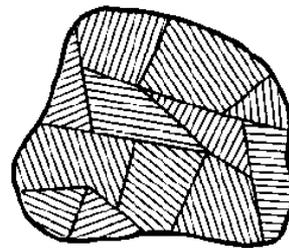
25.0%



(b) Amorphous

非晶：无周期性

10.1%



(c) Polycrystalline

多晶：小区域周期性

20.4%

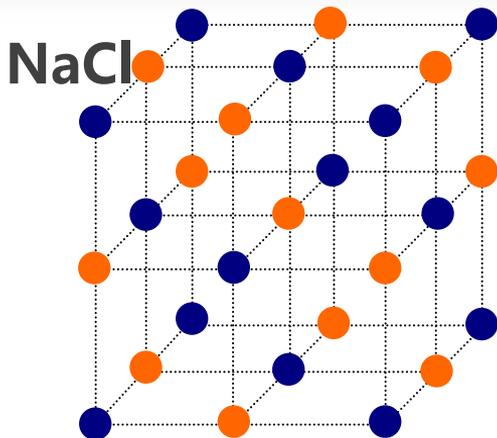
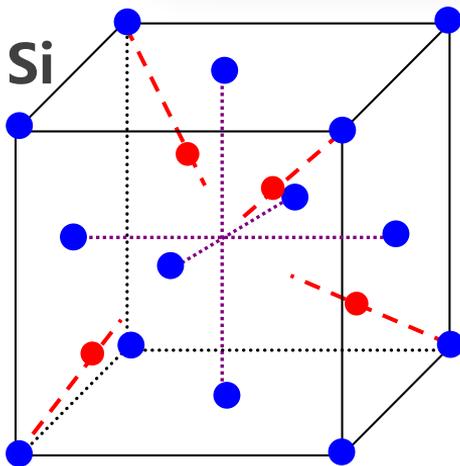
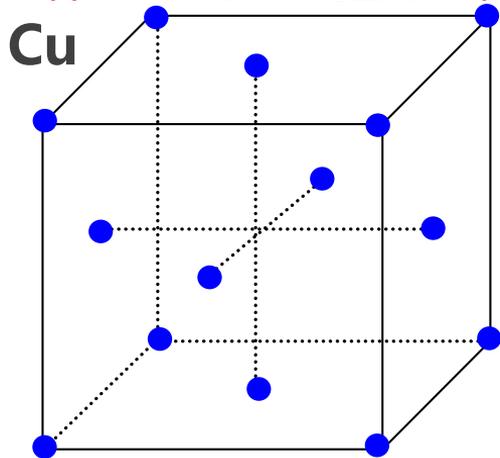
硅太阳能
电池效率
(实验室)

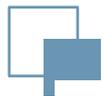
晶体结构的基本概念*

晶体结构 = 结构基元 + 点阵

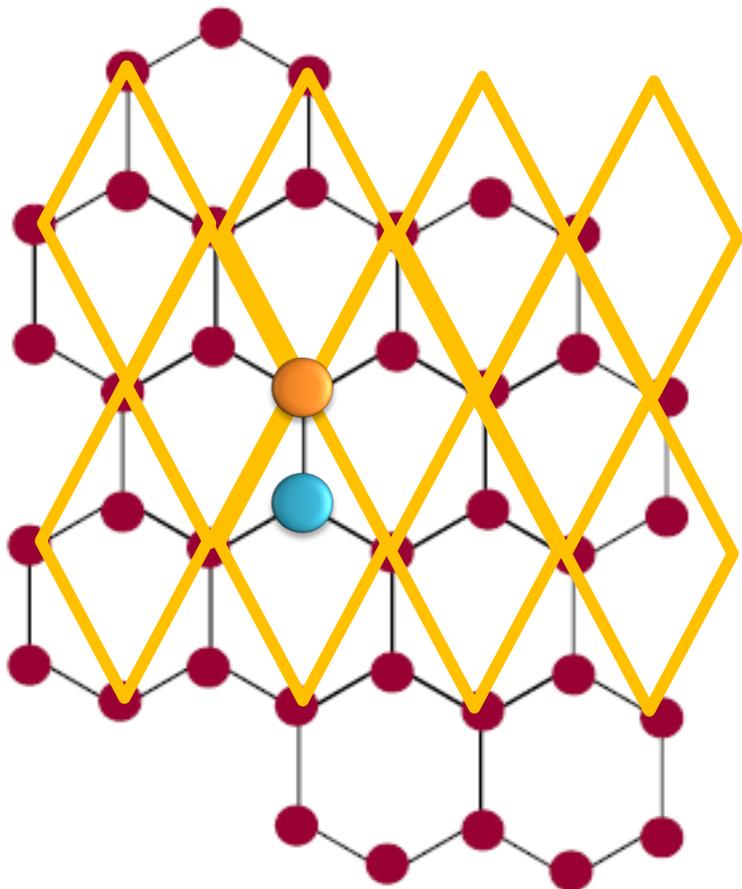
- 基元：组成晶体的最小单元。
- 布拉非格子（点阵）
 - (1) 晶体一定具有平移周期性
 - (2) 每个格点周围环境完全相同
- 晶体 = 基元 + 布拉菲点阵。

例如：Cu的面心立方晶格，Si的金刚石晶格和NaCl晶格**布拉菲格子都是面心立方格子**，每个格点的基元分别为一个Cu、两个Si和一对Na⁺、Cl⁻离子。





一般格子和布拉菲格子



两个不等价位点

基元



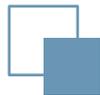
一般格子



连接最近等价原子

描述周期结构

布拉菲格子



原胞
与晶
胞的
区别
与联
系

原 胞	晶 胞
晶格中体积最小的周期单元	体积较大的周期单元
每个原胞中实际上只包含一个格点。 每个原胞有8个顶角， 每个顶角为相邻8个原胞所共有， 所以， 每个原胞所含格点数为 $8 \times 1/8 = 1$	每个晶胞中所含格点数因结构而异。 例：面心立方晶格 晶胞结构——立方体， 面心格点：两个相邻晶胞共有，只有1/2属于一个晶胞； 顶角格点：只有1/8属于一个晶胞； 总格点数= $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$
原胞的体积可表示为： $v = \vec{a}_1 \cdot (\vec{a}_2 \times \vec{a}_3)$ 面心立方晶格的原胞体积= $a^3/4$	晶胞体积是原胞体积的 n 倍（ n 是该结构每个晶胞所含格点数） 面心立方结构晶胞体积= a^3

小结:三种原胞特点

固体物理学原胞

是**体积最小**的原胞，格点只在**顶角**上，每个原胞平均只含**一个格点**，其基矢常用 $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$ 来表示；

结晶学原胞

为同时反映晶体的微观周期结构和晶体对称性，通常选取体积较大的原胞，常称为“**晶胞**”，其格点不只在**顶角**上，还可分布在**体心和面心**处，每个原胞平均不只含一个格点，其基矢常用 $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ 来表示；

维格纳-赛兹原胞

是以一格点为中心，画中心到最近邻格点的连线的垂直平分面，围成的多面体称维格纳-赛兹原胞。它也是**体积最小**的原胞，其格点只在**中心**，每个原胞平均只含**一个格点**；