第 1 节　激　　光

1960 年，第一台激光器：红宝石激光器

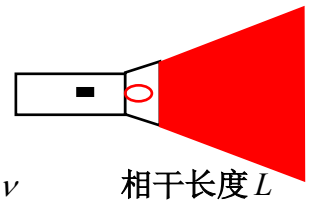
一、激光的主要特性

1、光强大

红宝石巨脉冲激光器：$10^9 W$，亮度为太阳的 **200** 亿倍！

2、方向性好

激光的发散角 $\theta < 0.001 rad$

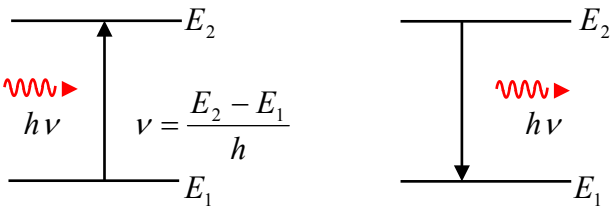


3、单色性和相干性好

	频率宽度 $\Delta\nu$	相干长度 L
普通单色光源	$10^7 \sim 10^9 Hz$	$1mm \sim 10cm$
激　　光	$0.1Hz$	上千公里

二、光和原子的相互作用

1、受激吸收：处于低能级的原子吸收一个频率为 ν 的光子跃迁致高能级



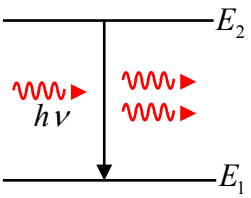
激发态的平均寿命 $\tau \approx 10^{-8} s$

2、自发辐射：处于高能级的原子在不受外界因素影响的条件下，自发地由高能级向低能级跃迁所产生的辐射

特点：与外界条件无关，不可控制，各原子产生的辐射互不相关，各个光子的频率、位相、偏振态和传播方向各不相同，光的单色性和相干性差

3、受激辐射

处于高能级的原子在频率为 $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$ 的外来光子的作用下由高能级向低能级跃迁所产生的辐射

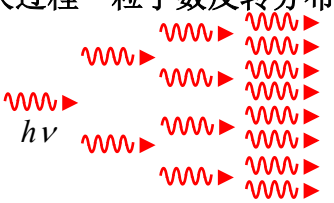


特点：所产生的两个光子的运动状态完全相同，即两个光子的频率、位相、偏振态和传播方向完全相同，单色性和相干性好

普通光源：以自发辐射为主

激光光源：以受激辐射为主

三、受激辐射光放大过程　粒子数反转分布



受激辐射光放大过程

只有高能级上原子数 N_2 大于低能级上原子数 N_1 时，
才能实现光放大
平衡态，原子数按能级的分布遵守玻耳兹曼分布率

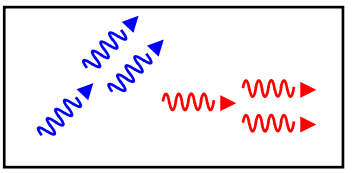
$$N_i \propto e^{-E_i/kT}，\ E_i\uparrow，\ N_i\downarrow，\ N_1 > N_2$$

估算：$E_2 - E_1 \approx 1eV$，$T = 300K$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{e^{-E_2/kT}}{e^{-E_1/kT}} = e^{-(E_2-E_1)/kT}$$

$$= e^{-1.6\times10^{-19}/(1.38\times10^{-23}\times300)} = e^{-40}$$

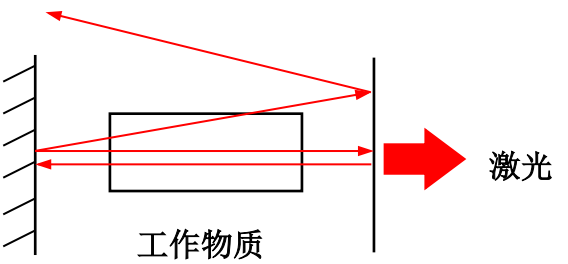
$N_2 > N_1$：粒子数反转分布，是实现光放大、产生激光的必要条件
泵浦、激励、抽运



工作物质，$N_2 > N_1$

四、光学谐振腔

1、结构



全反射镜　　部分反射镜

2、作用

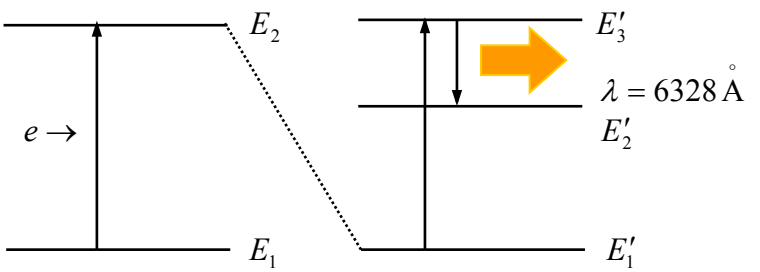
（1）产生并维持光振荡
（2）提高光强
（3）提高激光的方向性
（4）提高激光的单色性

用布儒斯特窗以提高激光的偏振性
激光器由工作物质、谐振腔和激励源三部分组成

五、氦氖激光器

工作物质：氦氖混合气体，$He : Ne \approx 4:1 \sim 10:1$

亚稳态



He，　　Ne

$N_{E_3'} > N_{E_1'}$ ✕　　$N_{E_3'} > N_{E_2'}$，氖气：真正的工作物质

第 2 节　晶体的能带理论

一、固体的分类

	晶体	非晶体
宏观性质	对称的外形	无
	各向异性	各向同性
	固定熔点	无
	解理面	无
微观结构	规则排列 晶格点阵	无规则排列
	长程有序	短程有序

单晶、多晶

离子晶体：**NaCl** 晶体，　　离子键

共价晶体：**Si** 晶、 **Ge** 晶　　共价键

分子晶体：低温下，Cl_2、CO_2、惰性气体　　分子键

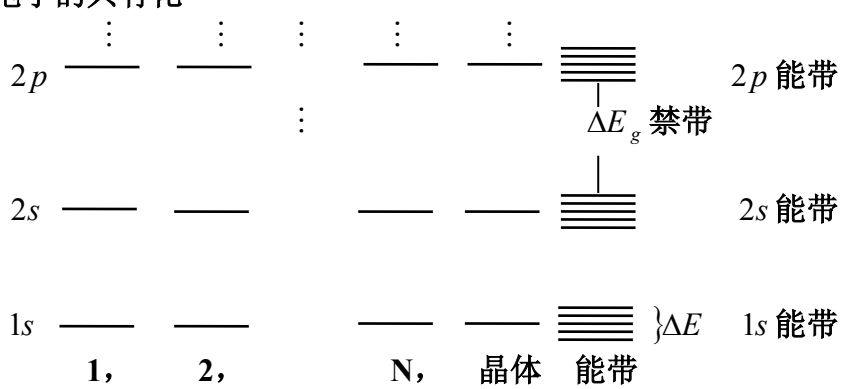
金属晶体：各种金属和合金晶体　　金属键

晶体中，微观粒子排列局部失序：缺陷

晶体的熔点、强度、导电性和颜色与晶体缺陷有关

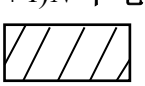
二、晶体的能带结构

在晶体中，电子不再属于某个原子，而是被整个晶体所共有：电子的共有化

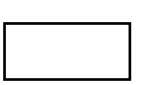


l 一定的能带最多可容纳 $2(2l+1)N$ 个电子

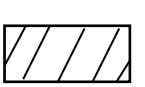
全部被电子填满的能带：满带

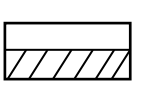


正常状态下未充填电子的能带：空带



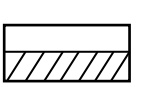
由价电子能级形成的能带：价带

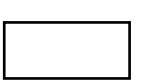




能带和能带之间有一定的能量间隔 ΔE_g：禁带

未被电子填满的能带和空带：导带

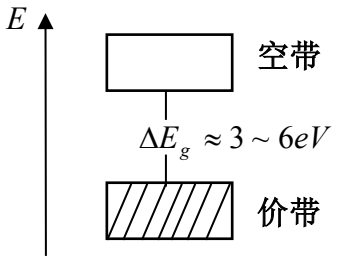




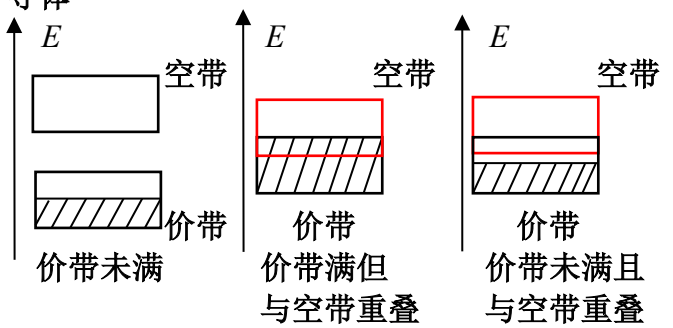
三、绝缘体、导体和半导体的能带结构

1、绝缘体

价带满
禁带宽

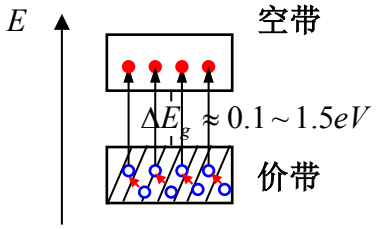


2、导体



3、半导体

价带满
禁带宽度小

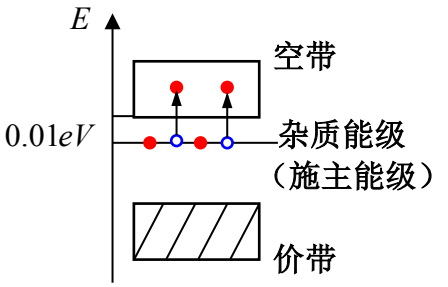


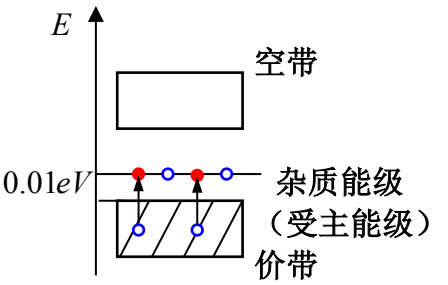
电场激发、光照、加热
电子、空穴
本征半导体：电子、空穴混合导电
导电的电子浓度和空穴浓度相等
本征载流子
杂质半导体：掺入微量其它元素（杂质）
n 型半导体， p 型半导体

四、杂质半导体

1、n 型半导体

四价 Si 晶或 Ge 晶
五价元素 As 或 P



2、p 型半导体

四价 Si 晶或 Ge 晶
三价元素 B、Ga、Al