
激光光谱学读书笔记

GYC

January 28, 2020

全书共341页

注意：所有定量计算均已略去

1 引论

没有什么要写的。

2 光的吸收与发射

爱因斯坦AB系数比较重要，是定性描述跃迁的重要方式。被激发的分子释放能量的方式：自发辐射、受激辐射以及碰撞。自发辐射通常称为荧光。谱线强度依赖于吸收与发射能级上的占据数密度以及跃迁几率。可以用AB系数与碰撞截面等参数表示出激发态的平均寿命。最终激发态占据数仍然是指数衰减的。

另一个重要的计算是原子跃迁的半经典计算。这里会给出共振的结果，以及宽带激发下，每秒的跃迁几率与时间无关的结果。唯象地加入衰减项可以得到如碰撞、受激辐射等对总跃迁的影响。得到方程之后，占有数基本不变称弱场近似。严格解称强场相互作用。

关于相干性的定性讨论，实际上与光学相同。也就是相干长度，相干时间，相干面积那一套。多了一个相干体积的概念，只是相干长度乘相干面积而已。相干性定量的讨论是通过定义相干函数与相干度来进行的。这部分同样与光学中所学的相同。

原子系统内部也有相干性。在宽带激发中，如果带宽宽度大于两个不同激发态之间的能量差，那么就可以将系统同时激发到两个态上去，形成原子的相干态。

3 谱线的宽度和形状

谱线有自然线宽。由上一节的半经典推导可知，原子跃迁形成的是阻尼振荡。对其做傅里叶变

换可得一个频谱。这个频谱称为洛伦兹线形。线宽与能级寿命的关系也可以由这种方式推导出来。最终的结果就是能量-时间不确定性关系。实际上这个半经典结果与弹簧振子的全经典结果基本没有什么区别。原子的吸收线形也是洛伦兹线形。不过这个线宽一般无法观测到，会被其他效应掩盖。

由于原子或分子运动的多普勒效应造成的展宽称为多普勒展宽。由此导致的线形称为Voigt线形。

原子之间的碰撞也可以导致展宽（甚至变形）。碰撞的影响主要分为两个部分。一是原子间靠近导致的电子能级的变化，二是通过非辐射跃迁导致的能级粒子寿命下降。

渡跃时间展宽指原子快速移动导致其在激光束内停留的时间短，致使产生展宽。

饱和展宽来源于强光泵状态下，介质的吸收被减小了一个因子。这个吸收减小的效应在中心频率最为显著，因此造成了展宽。

4 光谱仪器

光谱仪部分与光学相同，就不再写了。这里仅仅列举一下：光栅光谱仪、棱镜光谱仪。提及的干涉仪有：迈克耳孙干涉仪、马赫干涉仪、萨格纳克干涉仪、法布里-珀罗干涉仪：平面型、共焦型。多层介质膜用于增透、增反、滤波。双折射效应如利奥滤光片。

波长测量一般通过干涉仪进行，常见的有：迈克耳孙波长计（连续激光），西格玛波长计（脉冲激光），计算机控制的法布里珀罗干涉仪，菲索波长计（就是等厚干涉）。

光的探测主要使用：热电法、光电二极管、光电二极管阵列、CCD、光电发射探测器（如光电倍增管）等。

5 激光

激光应当是这本书的重点部分。仔细地看一看。

激光要求有增益介质，能量源，共振腔。要达到阈值条件。对共振腔有一定的要求。一个例子是常用的法珀腔，通过倾斜反射的走失损耗以及反射损耗来降低对于其他模式的增益。同时由于这里一般两反射面的间距大于其直径，需要考虑衍射损耗，也即由于衍射效应导致的能量离开谐振腔。如果菲涅尔数大于光子的往返次数则可以略去衍射损耗。

圆形截面的共焦型法珀腔中的激光的场分布是高斯光束，可以通过基尔霍夫公式搞出一个积分方程来，求解即可得到这个结果（虽然求解不了）。

共振腔分稳定与非稳定两种，主要看经过多次反射的高斯光束的横截面积是否变为无穷大。也有环形共振腔。可以试图在环形共振腔中放置光二极管，使得一个方向的光比另一个方向的光的损耗大的多。这样可以避免空间烧孔效应，从而增加了对反转粒子的利用率。输入功率相仿的时候，环形激光器的单模输出功率大于驻波共振腔。

对于激光发射谱，除了共振腔的几何形态会影响其谱线分布以外，增益介质也会影响其分布。主要有两方面：一是激光导致的粒子数分布会改变折射率，反过来改变共振腔的形态，进而改变共振腔的本征频率。二是不同的模式之间均会消耗粒子数，进而形成模式竞争，会对最终谱线的强度造成影响。

折射率的改变造成本征频率改变称为频率拖曳。此效应与原本征频率到增益谱线中心的距离成正比，会导致最终谱线向增益谱中心靠拢。不同模式之间相互竞争称为增益饱和。这里要考虑增益谱的不同展宽机制。将其粗略地分为均匀展宽与非均匀展宽两类。这里解释一下什么是均匀与非均匀展宽：指是否对所有原子都一样。比如本征的展宽，就是洛伦兹线形的那个，就是均匀的，而热展宽，由于不同原子对谱线的不同位置有贡献，称为非均匀展开。均匀展开的情况下，所有谱线共用同一堆反转粒子，进而一个谱线达到阈值条件后就会耗尽全部的反转粒子最后总输出只有一个模式。非均匀展开的情况下，不同模式使用的反转粒子不同，最终输出的是一大堆模式。这种情况下，并不是所有反转粒子都被使用了，于是增益谱会出现烧孔。增加输入功率会使得更多反转粒子参与各模式的放

大，从而使输出功率更高。实际的激光器是这两种纯粹的情况的组合。

在驻波共振腔内，电场有波节与波腹。波节位置的电场平均强度非常小，致使那里的反转粒子没有被充分利用。这个称为空间烧孔效应。

如果想制作单模激光器，可以进行谱线，也即模式的选择。就是在共振腔内装一个单色仪，没有什么其他的了。单色仪可以是单色滤光片、倾斜的法珀腔、Fox-Smith腔（就是把谐振腔与一个迈克耳孙干涉仪耦合起来）、棱镜、闪耀光栅等等。如果有需求可以同时使用多种波长/模式选择器件以增强效果。

6 总结

后面的东西包括激光器的稳频，稳幅，非线性光学部分（各向异性晶体内的激发），可调激光器，高斯光束的性质。对这些不怎么感兴趣了，有缘再看。