光电子技术

激 光 原 理

【激光】通过受激辐射跃迁产生光，并能进行光放大的一种新型光源。普通光源中发光原子从高能级跃迁到低能级是通过自发辐射跃迁完成的，所产生的光子从频率、位相、传播方向到振动方向都是杂乱无章的，称自然光。激光器所发光则是通过受激辐射跃迁完成的。泵浦源将能量传递给激光工作物质中的激活粒子，将它们抽运到激光上能级，使激光上下能级间出现粒子数反转。在某个能量恰好等于激光上下能级差的光子诱发下，激活粒子从上能级跃迁到下能级，并放出与诱发光子性质相同的光子。这两个光子再去诱发其他激活粒子，生成更多光子而形成激光。激光具有许多优点：(1) 亮度高；(2) 单色性好；(3) 方向性好；(4) 相干性好。激光是光学与电子学发展到一定阶段和相互结合的必然产物，它的出现是对整个科学技术领域的一次深刻变革，不仅使光学面貌焕然一新，且产生了许多新兴光学学科，如光电子学、量子电子学、非线性光学、付里叶光学、导波光学等。对化学、生物学、医学及工农业、军事等几乎所有国民经济部门都产生巨大

影响。它的应用极为广泛，如工业上的机械加工、精密测量，农业上的育种，医学上的皮肤病与肿瘤治疗，军事上的激光雷达与激光武器，科学研究中的全息术、光通信、光计算和光信号处理等。

【跃迁】激光工作物质中的激活粒子从某一能级状态变到另一能级状态的过程。跃迁的方向有两种，一种是从低能级向高能级跃迁，是激活粒子从外界吸收能量时发生的。另一种是从高能级向低能级跃迁，这种跃迁过程伴随着能量的释放，有辐射跃迁和非辐射跃迁两类。辐射跃迁是以放出光子的形式释放能量，即发光，又有自发辐射与受激辐射之别。非辐射跃迁则是以其他形式释放能量，如机械能或热能等，不发光。无论什么形式的跃迁都存在一定的跃迁几率，它定义为单位时间内从某能级跃迁到另外能级上去的粒子数占原能级总粒子数的百分比。在激光发光过程中，发生的激光上能级和下能级之间的跃迁过程主要是受激吸收跃迁和受激辐射跃迁。当前者的跃迁几率大于后者时，激光减弱，激光工作物质相当于是一个激光吸收器。当后者的跃迁几率大于前者时，激光增强，激光工作物质相当于激光放大器。无论何种形式的跃迁都必须遵从能量守恒，即吸收或释放的能量等于两个能级之差。

【无辐射跃迁】处在高能级上的原子以除光能以外的其他形式释放能量而跃迁到低能级上去的过程。例如通过与其他原子或电子发生碰撞，将能量传递给被撞粒子而使自己能量降低，或者通过放出热量使自己能量降低。这种跃迁过程由于不发射光子，因而不会发光。

【自发辐射跃迁】处在高能级上的发光原子自发地跃迁到低能级上去，并发射光子的过程。其跃迁几率与外界条件无关，而且每个发光原子所发射出来的光子从频率、传播方向、振动方向以及位相等都是杂乱无章，彼此毫无关系。这种光又叫自然光，一般的光源所发出的光都属于这一类。

【受激辐射跃迁】激光上能级上的激活粒子在某个入射光子的激发下跃迁到激光下能级去的过程。该入射光子的能量必须正好等于激光上、下两能级的能量差，并且激活粒子跃迁过程中所放出的光子从频率、传播方向、振动方向到位相等都与入射光子完全一样。这种跃迁的几率与外界条件有关，与入射光的强度成正比。由受激辐射跃迁产生的光就是激光。

【受激吸收跃迁】处在激光下能级上的激活粒子吸收光子跃迁到激光上能级的过程。所吸收的光子的能量等于两能级之间的能量差。受激吸收跃迁与受激辐射跃迁同时存在于激光产生的过程之中，如果受激吸收跃迁的跃迁几率超过了受激辐射跃迁，则激光通过激光工作物质后将减弱。反之，如果受激辐射跃迁的跃迁几率超过了受激吸收跃迁，则激光通过激光工作物质后将增强。

【均匀加宽】由于受外界因素的干扰，使得所有发光原子的自然线宽都同样变宽，从而整个激光源的谱线宽度变宽的现象。这种外界因素干扰对于不同激光工作物质的表现形式不同。气体激光器中，发光原子处于无规则热运动中，由于相互碰撞使处在激光上能级的粒子提前跃迁而缩短了上能级寿命，引起了谱线加宽。固

体激光器中，由于晶格热振动引起发光原子的能级在一个范围内做微小变化，使得发出的光中频率成分增多而引起了谱线加宽。均匀加宽的特点是：引起加宽的物理因素对每个发光原子都是等同的，每个发光原子对整个激光光源的光谱曲线的加宽具有相同的贡献，因此无法区分光源光谱曲线上某一频率成分是由哪些发光原子发出的。

【非均匀加宽】由于各个发光原子所处物理条件的差异使得每个发光原子所发光的中心频率也略有差异，从而整个激光源的谱线宽度变宽的现象。这种物理条件的差异因不同激光工作物质而有不同的表现。气体激光器中，每个发光原子做无规则热运动，并存在一定的速度分布。尽管每个发光原子静止时的中心频率一样，但按多普勒频移效应，不同速度的发光原子，其中心频率的移动也不同。因此光源的光谱曲线宽度比单个发光原子的自然线宽要宽。固体激光器中，各发光原子周围情况的不同，使其能级产生差异。因而每个发光原子的中心频率也略有差异，并引起激光源谱线加宽。非均匀加宽的特点是每个发光原子对整个激光源谱线加宽的贡献不同，因此可以区分光源的光谱曲线上某一频率成分是由哪些发光原子所发出来的。

【粒子数反转】处在激光上能级的激活粒子数多于处在激光下能级的激活粒子数的状态。通常情况下，按照玻尔兹曼热力学统计规律，处在低能级的粒子数总是多于处在高能级的粒子数。通过外界激励，如加热、光照、放电等方法，可以使处在激光下能级的激活粒子被抽运到激光上能级去，形成粒子数反转状态。只有在激光上、下能级之间实现粒子数反转，才可使受激辐射跃迁的跃

迁几率超过受激吸收跃迁的跃迁几率。因此，实现粒子数反转是产生激光的必要条件。其途径有三能级系统和四能级系统两种。

【增益系数】光束通过激光工作物质时，光强的相对增加量。增益系数是光频率的函数，它随频率变化的曲线称为增益曲线。只有频率在增益曲线范围内的激光才能被放大。

【增益饱和】激光器中的激光光强被放大到一定程度时，增益系数表现出随光强而减小的现象。产生该现象的原因是因为入射光的受激辐射跃迁作用显著地减少了粒子数反转。

【吸收系数】激光束通过介质时，由于介质的吸收作用产生的光强相对减小量。是光频率的函数，它随频率变化的曲线称吸收曲线。介质对光的吸收是由于介质分子吸收光子，由低能级跃迁到高能级上去的结果。

【吸收饱和】又称非线性吸收。激光强度大到一定程度后，介质对光的吸收系数表现出随光强增加而减小的现象。光强小时，吸收系数为一个常数，即光的吸收量正比于入射光强。光强大到一定程度，由于介质高能级粒子数增多、低能级粒子数减少，使吸收系数减小。光的吸收量与入射光强之间的关系呈非线性。这一现象广泛用于激光的稳频、锁模、调 Q 等技术中。

【激光振荡模式】能够在光学谐振腔内存在的稳定的激光光波基本形式。对于某个给定的光学谐振腔，激光振荡模式可以有很多，通常用 m、n、q 三个模参数来区分不同的振荡模式。m 和 n 表征该

需要全本请访问 www.ertongbook.com

模式在垂直于腔轴平面内沿 x 轴和 y 轴上振幅为零的点的数目，称横模数；q 表示该模式沿腔轴振幅为零的点的数目，称纵模数。

【横模】由表征垂直于腔轴平面内的光波振幅分布情况的模参数 m 与 n 所确定的激光振荡模式。横模参数 m 与 n 分别表示垂直于腔轴平面内沿 x 轴与 y 轴方向上振幅为零的点的数目。m 与 n 都为零的横模称为基模，它的特点是能量集中在腔轴附近，光斑为圆形，衍射损耗最小。除基模以外的其他横模都为高阶模，它们的光斑有复杂的几何图形。m 与 n 的数值越大，图形越复杂，能量分布偏离腔轴也就越远，衍射损耗越大。许多应用都要求激光器是单基横模工作。

【纵模】由表征沿腔轴方向光波振幅分布情况的模参数 q 所确定的激光振荡模式。q 值表示沿腔轴振幅为零的点的数目。对于同一种横模，可以有许多不同的纵模，它们的频率不同。相邻两个纵模之间的频率间隔与腔长成反比。

【模式竞争】激光器中满足激光振荡条件的某一个或某几个模式由于相应的增益较大而优先起振，并通过增益饱和作用抑制其他模式起振的现象。模式竞争与激光器的谱线加宽性质有很大关系。以均匀加宽为主的激光器所有处在增益曲线频率范围内的纵模都可参加模式竞争，竞争的结果往往是离增益曲线中心频率最近的纵模取胜，其他纵模被抑制，故这种激光器是单纵模输出。以非均匀加宽为主的激光器只是对称地处在中心频率两侧的两个纵模之间才会产生模式竞争，哪个模式取胜完全是由随机的偶然因素所决定。这两个纵模间的竞争与其他模式无关，故这种激光器是多

纵模输出。

【跳模】激光器工作时，由于种种外界因素引起模式振荡条件的变动，使激光器工作模式骤然改变的现象。例如由于机械振动或热胀冷缩作用使得光学谐振腔的腔长发生变化，从而导致工作模式的骤变。

【烧孔效应】非均匀加宽气体激光器的增益曲线上，与中心频率对称的两个频率处下降的现象。入射光变强后，通过受激发射使具有某一速度的气体分子的反转粒子数减少，表现为增益曲线在该激光频率处下降，形成一个“烧孔”，光强越大，“烧孔”越深。因为激光是在谐振腔内往返传播，使具有与上述速度大小相等、方向相反的气体分子的反转粒子数也减少。结果在增益曲线上出现两个对中心频率对称的“烧孔”，这两部分的气体分子对激光都有贡献。

【兰姆凹陷】非均匀加宽气体激光器输出功率的频率特性曲线上，在中心频率处出现功率下降的现象。此现象与烧孔效应紧密相联。当激光频率偏离中心频率时，增益曲线上有两个对称烧孔，对应的两部分气体分子对产生激光有贡献。当激光频率靠近中心频率时，两个烧孔合为一个，对产生激光有贡献的气体分子数减少，激光输出功率随之减小，造成功率的频率特性曲线中心处形成一个凹陷。该现象在激光稳频技术上有重要应用。

【反兰姆凹陷】在激光器谐振腔内放吸收管，充以某些特定气体，由于它们的饱和吸收作用，使激光器输出功率的频率特性曲线在

中心频率处出现一个很窄的尖峰现象。吸收管对光的吸收作用，在远离中心频率处，由于光强较弱，其吸收系数与光强无关，输出光功率的频率特性基本上与增益曲线相似。当频率变至中心频率处，由于增益系数变大，光强增大，而吸收介质的吸收系数却反而减小，使得输出光功率的频率特性曲线在中心频率处，突然向上产生一窄尖峰，正好与兰姆凹陷的现象相反。这一现象可被应用于稳频技术中。

【频率牵引效应】由谐振腔尺寸决定的无源腔纵模振荡频率，当腔内有激活介质工作时，稍向介质增益曲线中心频率方向靠近的现象。频率移动的大小与激光器工作条件有关，近似正比于原频率与中心频率之差。

【超辐射】激光放大器内自发辐射产生的光在传播过程中被放大的现象。当激光工作物质被激励，形成粒子数反转时，对自发辐射产生的光也会有放大作用。如果增益系数足够高、工作物质足够长，就可以形成足够强的输出光。利用这一现象可制成无谐振腔的激光器，称超辐射激光器。尤其在紫外及 X 射线波段，由于反射镜材料的困难，该种激光器很有发展前途。超辐射现象也有其不利影响的一面，它会使激光放大器的噪声增大而增益下降。

【光学谐振腔】激光器中用以形成稳定光波振荡模式的装置。光学谐振腔一般是开放式的，它由两个相对的球面或平面反射镜构成，其中一面镜是全反射镜，另一面镜是部分反射、部分透射，作为激光的输出镜。将激光工作物质放在光学谐振腔内，它们一起构成一个对光波进行放大、谐振和反馈的系统。当光波在两面镜之

间来回反射时，会互相干涉叠加，使得只有满足一定振荡条件的光波才能在腔内形成稳定的振荡模式。按照反射镜的曲率半径以及两镜间距的不同，可以将光学谐振腔分成两大类。一类是稳定谐振腔，另一类是非稳定谐振腔。区分这两类谐振腔是由稳定性条件来决定的，凡是满足关系式 $0\leqslant\left(1-\frac{d}{r_1}\right)\left(1-\frac{d}{r_2}\right)\leqslant 1$ 的谐振腔都为稳定谐振腔，其他的为非稳定谐振腔。式中 d 为两反射镜的距离，也就是腔长。r_1 与 r_2 分别是两个反射镜的曲率半径，凹面镜取正、凸面镜取负。

【稳定谐振腔】满足稳定性条件的光学谐振腔。它的特点是腔内光线可以往返多次而不横向逸出。换句话说，这种谐振腔的衍射损耗极小。因此，它是广泛使用的一种光学谐振腔。具体的形式有平面平行腔、共焦腔和半共焦腔等。由稳定谐振腔形成的激光束为高斯光束，这种光束在谐振腔内有一截面很小的腰，因此不能充分利用激光工作物质。

【平面平行谐振腔】又称法布里—珀罗谐振腔。由一对平行的平面反射镜组成的光学谐振腔。是最早采用的一种光学谐振腔。这种腔的衍射损耗与调整精度的关系很大，镜片的微小倾斜都会引起衍射损耗的急剧增大。

【共焦谐振腔】由两个曲率半径相等并等于腔长的凹面反射镜组成的光学谐振腔。其衍射损耗在各类稳定谐振腔中最小，因此使用广泛。但由于它处在稳定性条件边缘，反射镜曲率半径略有变动就会变成非稳腔。

【半共焦谐振腔】由一面平面镜和一个曲率半径等于腔长两倍的凹面反射镜组成的光学谐振腔。它的衍射损耗与共焦谐振腔一样也是各类稳定腔中最小的，因此使用广泛。

【非稳定谐振腔】不满足稳定性条件的光学谐振腔。一般只在大能量、高功率的激光器中才使用。由非稳定谐振腔形成的光束在腔内设有小截面积的腰，故这种腔可以达到充分利用激光工作物质，高效率提取激光能量的目的。

【谐振腔损耗】光波在谐振腔中来回反射时能量的损失，用往返一次光能量损失的百分比来量度。谐振腔损耗通常包括：（1）光在谐振腔两端反射镜上的透射与吸收；（2）光在腔内传播时被激光工作物质和插入腔内的其他光学元件所散射、反射和吸收；（3）由于反射镜的位置调节不准确而产生光波的横向逸出；（4）衍射损耗。

【谐振腔衍射损耗】光在谐振腔内往复反射时，由于光的波动性，一部分光能量从腔的周围和反射镜的四周衍射出去而造成的光能量损失。不同的激光横模衍射损耗也不同，基模的能量集中在腔轴附近，因此衍射损耗最小。横模的阶数越高，能量分布离开轴线越远，衍射损耗也就越大。

激 光 器

【激光器】利用受激辐射跃迁产生激光的装置。由三部分组成：（1）激光工作物质或称激活介质；（2）光学谐振腔；（3）泵浦源。激光工作物质中有大量可以发射激光的原子、分子或离子，统称为激活粒子。它们可以单独存在，也可以寄存在基质中。光学谐振腔由放置在激光工作物质两端的反射镜组成，其中一面为全反镜，另一面为半反半透镜。谐振腔与激光工作物质一起构成一个对光进行谐振、放大与反馈的系统，确保形成稳定的光振荡模式。泵浦源将能量供给激活粒子，使之从能量低的基态跃迁到高能态上，形成激光上下能级间的粒子数反转，为受激辐射跃迁创造条件。按激光工作物质不同可分为固体激光器、气体激光器、液体激光器和半导体激光器四类。按工作状态不同可分为连续激光器和脉冲激光器两类，其中脉冲激光器又有单脉冲激光器和重复频率脉冲激光器两种。

【激光工作物质】具有激光放大作用的介质。它可以是气体、固体或液体。激光工作物质由激活粒子和基质组成。激活粒子是可以产生激光的发光粒子，可以是原子、分子或离子。在气体激光工作物质中，激活粒子能独立存在，不需要基质。在固体和液体激光工作物质中，激活粒子都是寄存在基质中的。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

【激活粒子】激光工作物质中能产生受激辐射跃迁而发光的粒子。它可以是原子、分子或离子。在气体激光工作物质中，激活离子可独立存在。如氦氖激光器中的氖原子、二氧化碳激光器中的二氧化碳分子和氩离子激光器中的氩离子等都是激活粒子。固体激光工作物质中，激活粒子一般不能独立存在，而是寄存在固体基质中。如红宝石激光器中，就是在作为基质的红宝石晶体中掺入三价的铬离子作激活粒子。又如钕玻璃激光器中是在作为基质的玻璃中掺入三价的钕离子作为激活粒子的。

【基质】在固体或液体激光工作物质中做为激活粒子所寄存的材料。如红宝石激光器中的红宝石晶体和钕玻璃激光器中的玻璃以及液体激光器中的溶剂等。

【泵浦】又称抽运或激励。将能量供给激活粒子，使其由基态跃迁到高能级上去以便形成粒子数反转的过程。泵浦的方式有脉冲泵浦和连续泵浦两种。具体的方法很多，固体激光器常使用普通光源做为泵灯进行光泵浦，如氙灯、钨灯、水银灯等。气体激光器通常使用气体放电进行激励，可以是直流放电也可以是交流放电。其他泵浦方法还有半导体激光器中的注入式泵浦、染料激光器中的激光泵浦以及化学激光器中的化学泵浦等。

【连续激光器】连续输出激光的激光器。这种激光器工作时，各能级粒子数及腔内的辐射光场都具有稳定的分布，维持这种稳态的关键是由于激光工作物质的增益饱和作用。固体激光器中的掺钕钇铝石榴石激光器（YAG 激光器）、气体激光器中的氦氖激光器、二氧化碳激光器、液体激光器中的染料激光器等都可以制成连续

激光器。

【脉冲激光器】输出光脉冲的激光器。该类激光器工作时，各能级粒子数及腔内的辐射光场都处于剧烈的变化之中，是一种非稳状态。有单脉冲激光器与重复频率激光器两类。前者输出单个脉冲，可以人为控制输出时间。后者输出一串有规律的周期性脉冲序列。实现光脉冲输出的方法有两种，一种是用脉冲泵浦来产生脉冲激光。另一种是连续泵浦，靠Q开关、腔倒空、锁模等技术实现脉冲输出。所使用的激光器可以是固体激光器中的红宝石激光器、钕玻璃激光器或掺钕钇铝石榴石激光器（YAG激光器），液体激光器中的染料激光器和半导体激光器等。脉冲激光器在测距、高速摄影、引发核聚变、激光打孔及焊接等方面有重要应用。

【高斯光束】由稳定谐振腔组成的激光器所输出的光束。基模高斯光束在任意一个横截面上的振幅分布都是圆对称的高斯型函数，即圆心处振幅最大，离开圆心后，振幅按平方律衰减。一般取最大振幅的$\frac{1}{e}$处做为该截面光斑的边缘，此处与圆心的距离就为光斑半径。高斯光束在传播过程中，光斑半径会发生变化，光斑半径最小处称为此光束的腰。

【激光器输出特性】衡量激光器性能好坏的主要特征参数。连续激光器有：(1) 输出功率；(2) 输出功率稳定度；(3) 输出功率密度；(4) 亮度；(5) 输出频率；(6) 输出频率稳定度；(7) 光束发散角；(8) 输出线宽；(9) 偏振度；(10) 噪声。脉冲激光器还有：(1) 脉冲宽度；(2) 脉冲输出能量；(3) 脉冲重复频率等。

【激光输出功率】激光器每秒输出的能量。单位为瓦。对于连续激光器来说，输出功率是一个恒定的数值。对于脉冲激光器来说，输出功率则是变化的，有脉冲峰值功率和脉冲平均功率之分。前者指光脉冲输出功率的最大值，后者是每个脉冲的输出能量与脉冲重复周期的时间间隔之比。

【激光输出功率稳定度】描述激光器输出功率稳定程度的参数。定义为在一定时间范围内（一般取一个小时），输出功率变化的绝对值 ΔP 与此时间内的输出功率平均值 $\overline{P}$ 之比：$\Delta P/\overline{P}$。

【激光输出功率密度】输出激光束通过垂直于传播方向上的单位面积的功率。单位为瓦/厘米^2。因为激光器具有很好的方向性，照射在物体表面上的光斑尺寸很小，因此激光的输出功率密度往往相当高。尤其是脉冲激光器的峰值功率密度更大。

【激光束亮度】激光器输出端面上，单位面积向单位立体角范围内所发射的激光功率。单位是瓦/厘米^2 立体角。由于激光具有良好的方向性，所以激光器的亮度远大于普通光源，如红宝石激光器的亮度可以是太阳亮度的 3×10^9 倍。

【激光输出频率】激光器输出光束的频率，也可用波长表示。它是由激光器中符合振荡条件的模式所决定的，其中纵模对频率的决定作用远远大于横模。

【激光输出频率稳定度】描述激光器输出频率稳定程度的参数。定义为当激光器连续运转时，在一定时间范围内输出频率的变化量

$\Delta\upsilon$ 与该时间内的平均输出频率 $\bar{\upsilon}$ 之比：$\Delta\upsilon/\bar{\upsilon}$。所取时间称取样时间。该时间小于 1 秒时的稳定度为短期稳定度，大于 1 秒的为长期稳定度。通常激光器输出的频率受工作条件的影响而产生漂移，可采取各种稳频技术使之稳定。参见“激光稳频技术”。

【激光束发散角】离开激光器输出端面较远时，锥形光束纵向截面中两条母线所夹之角。激光束为高斯光束，它的横截面光斑尺寸随传播距离而变，光束发散角的大小与激光束腰处的光斑半径成反比。发散角越大，说明该激光束的方向性越差。为提高方向性能，可使用倒望远镜系统（即由一个小焦距凸透镜和一个大焦距凸透镜组成的光学系统）对激光束进行扩束和准直。一般地说，气体激光器的方向性较好，其发散角只有 10^{-3}弧度。固体激光器方向性稍差，发散角约 10^{-2}弧度。半导体激光器方向性最差，发散角能达到几度甚至十几度。

【激光输出线宽】激光器输出光谱曲线的频率宽度。可反映激光器单色性能的好坏。从理论上讲，激光器的线宽极限可以达到非常窄，典型值为 10^{-2}—10^{-3}赫。但由于激光器工作环境所限以及激光器的多纵模工作状态都将使实际的输出线宽比理论值大得多。线宽最窄的激光器首推气体激光器，如氦氖激光器可达几个赫兹。

【激光偏振度】描述输出激光偏振性能的物理参数，定义为偏振部分光的光强与整个输出光强的比值。有些气体激光器在放电管两端装有布儒斯特窗，使输出激光成为线偏振光，有利于腔外调制器如声光、电光、磁光调制器的使用。固体激光器和半导体激光器输出的激光一般则为非偏振光。

【激光器噪声】激光器输出光波的振幅及位相的无规则涨落。产生噪声的原因很多，如工作环境的机械振动、激光介质工作时产生的热变化、泵浦条件的变化、激光器本身的多模工作以及与自发辐射相联系的量子噪声等。激光器的噪声主要表现在输出谱线的线宽、输出功率和频率的不稳定。尽量减小噪声使激光器输出特性参数稳定是许多激光器在应用时所必须考虑的问题。

【激光脉冲宽度】脉冲激光器输出的光脉冲持续时间。利用调Q技术或锁模技术可以使激光脉冲宽度压缩到10^{-12}—10^{-13}秒级。脉冲宽度越窄，激光峰值功率就越高。

【激光脉冲重复频率】重复频率脉冲激光器在1秒时间内所输出的脉冲个数。采用脉冲泵浦的方法所获得的脉冲序列，其重复频率较低，采用调Q和锁模的方法获得的脉冲序列，其重复频率可以达到上百兆赫兹。

【激光脉冲能量】脉冲激光器所输出的每一个光脉冲所含的能量。单位为焦耳。

【固体激光器】激光工作物质为固体的激光器。通常固体激光器使用晶体或玻璃做为基质，激活粒子为稀土元素的离子。泵浦采用普通光源如氙灯，工作方式既可以是连续的也可以是脉冲的。目前应用最广泛的固体激光器有红宝石激光器、钕玻璃激光器和掺钕钇铝石榴石激光器（YAG）。其中红宝石激光器属三能级系统，其他固体激光器大都为四能级系统。固体激光器的优点是输出功

率高，体积小，坚固。缺点是寿命和效率常常受泵灯的限制，相干性与频率稳定性不如气体激光器。由于固体激光器贮存能量的能力较强，故很适合实现Q开关技术，产生高功率脉冲。又由于它的荧光线宽较宽，经锁模后可得超短脉冲激光。

【红宝石激光器】使用掺铬离子的红宝石晶体做为工作物质的固体激光器。它是世界上最早制成的激光器。基质红宝石晶体的成分为三氧化二铝。掺入的三价铬离子为激活粒子，是三能级系统。发出的光波长有6943埃和6929埃两种，都为深红色。红宝石晶体为棒状，两端面严格平行并抛光。反射镜放在棒的两边，也可以直接在棒端面镀反射膜做为反射镜。由于红宝石材料的阈值高，室温下的导热率较低，因此室温下连续工作有困难，通常采用单脉冲或低重复频率脉冲工作方式。泵浦源使用脉冲氙灯，将它与红宝石棒平行放在圆形或椭圆形反射面内。脉冲式红宝石激光器具瞬时输出大功率、脉冲能量大等优点，广泛应用于激光打孔等机械加工中。

【钕玻璃激光器】使用掺有钕离子的玻璃做为激光工作物质的固体激光器。玻璃为基质，钕离子为激活粒子。它属于四能级系统，发出的光波长为1.06微米，是红外线。由于钕离子在玻璃中受到的点阵作用不均匀造成谱线宽度较宽，玻璃的导热率又低，因此钕玻璃激光器的效率不高，不能采用连续工作或高重复频率的脉冲工作。但是，玻璃成本低，可制成几何尺寸大的棒状，掺钕量又很高，所以钕玻璃激光器的输出功率相当高。它广泛地应用于机械加工中。

需要全本请访问 www.ertongbook.com