

强激光

几个激光光学问题

中国科学院上海光机所 王之江

1. 高亮度是激光的主要特征

大孔径毫微秒脉冲激光的亮度已达 10^{18} 瓦/厘米²/立体角, 并还可能提高, 与之相比, 太阳表面亮度仅 2×10^8 。亮度决定照度的上限 ($E \leq \pi B$, 瓦/厘米²)。照度就是功率密度, 它决定了光束引起的物理作用性质, 从加热到液化、气化、形成等离子体, 直到形成核反应。功率密度到 10^6 方能对金属有效烧蚀(喷溅), 10^8 时在吸收体表面发生等离子体屏蔽, 10^{12} 时形成较强爆震波, 10^{15} 时可产生中子, 10^{20} 时的光压 $\sim 10^{10}$ 千克/厘米², 场强 $\sim 10^{11}$ 伏/厘米。与之相比, 第一玻尔轨道上场强 $\sim 10^9$ 伏/厘米。

激光技术的发展形成了高稳定激光(超窄谱线宽度)以及超短脉冲激光, 这两方面也将导致新的科学技术发展。激光的单色亮度与光子简并度相当, Δt 或 $\Delta \nu$ 缩小都能提高简并度。

人们时常认为相干性是激光的特征, 实际上将普通光源的使用条件加以限制后也可以得到完全相干的光束, 例如地面看到的遥远星体来的光, 只是这种相干光束的亮度较低而已。

2. 钎玻璃大能量激光的亮度

通过多级放大似乎可以将激光功率密度无限制提高, 从而获得任意高亮度。实际上由于基质、窗口、反射面等元件将在高功率密度下变形或损伤, 从而限制亮度提高。玻璃对 1.06 微米激光限制在 10^9 瓦/厘米² (对毫微秒脉冲) 或 10^4 瓦/厘米² (毫秒脉冲)。对 10.6 微米毫微秒脉冲激光的窗口, NaCl 限制功率也是这个量级。形成限制的机理大体清楚, 因此提高亮度主要须减小激光发散角才能得到, 发散角极值由衍射决定, 仅在大孔径系统方能更小。

玻璃器件中使发散角大于衍射角的因素有: 光泵不均匀而使玻璃热变形, 激光的自作用(热自聚焦和电伸缩自聚焦等)导致弥散, 激光横模不稳定或多横模等。研究了各种相应措施以克服它们, 导致了相应的器件结构, 措施有: 补偿, 片状激光器, 用发散光束和象散光束, 扫描放大器, 长腔放大, 不稳定腔振荡器等。通过这些工作后, 钎玻璃大能量器件达到的亮度为 10^{10} (10 毫微秒, 10^6 瓦)。

3. 激光的模式结构和某些光性测量

为判断激光器的工作状态就必须进行适当的测量诊断。为此对激光的脉冲结构、光谱和瞬态光谱、横模结构的时间变化、波面面形和相干性、光束发散角分布、基质形变和弥散的时间变化等进行了测量。

通过测量作出了下列判断: 对选模能力较强的腔(倍率较大的不稳定腔)而言, 基本上属单横模工作, 方向性不好的主要原因是横模畸变(基质畸变), 热自聚焦导致横模龟裂, 纵模竞争是脉冲结构不弛豫的主要原因, 在自由振荡器件中纵模自锁而成超短脉冲常会发生, 因个别脉冲功率超过平均功率将导致破坏阈值下降。

强激光与物质作用机理的初步研究

吉林大学物理系 张在宣 米辛 高锦岳 董玺娟 吴景凯

激光与物质相互作用的物理过程与激光功率密度有关。强激光辐照固体材料能产生高温高压的稠密气体, 在一定条件下会产生激光热爆炸。