

从50到19飞秒, 自锁模钛宝石激光器新进展

林位株 赖天树 陈毓川 徐杏绍 朱德瑞 莫 党

(中山大学物理学系, 广州510275)

自锁模钛宝石激光器是近年来才发展起来的新型固体激光器, 它以其激光频谱范围宽(700~900nm), 能够产生短的脉冲, 输出功率高和装置简单, 工作稳定而受到人们的青睐, 获得广泛的应用. 目前国际上由自锁模钛宝石激光器产生的最短激光脉冲为8.5fs. 国内已报道的记录是50fs. 我们在去年由自行研制的自锁模钛宝石激光器获得50fs的基础上, 经过改进, 由此激光器获得了19fs的激光脉冲. 并且从该激光器产生的宽的频谱可以看出, 它所输出的脉冲宽度比现在测量到的脉冲还要窄.

钛宝石激光器能够自锁模产生超短脉冲的原理是利用钛宝石激光晶体中的光克尔(Kerr)效应, 产生自相位调制(SPM), 使激光工作频谱展宽. 由激光锁模原理可知, 工作频谱 $\Delta\nu$ 越宽, 能得到的锁模脉冲宽度 Δt 便越窄, 其关系可用带宽时间积表示(假定由激光器产生的脉冲形状为双曲正割型), 即 $\Delta\nu \cdot \Delta t = 0.315$. 然而, 工作频带越宽, 激光器腔内元件引起的群速度色散(GVD)会使脉冲变宽, 限制了脉冲的进一步压缩. 为此, 人们在腔内装置了群速度补偿棱镜对, 使其能产生短的脉冲. 由上述可知, 要使钛宝石激光器产生短脉冲, 关键是如何增大腔内的自相位调制量, 即增宽工作频谱, 同时又恰当地补偿群速度色散增宽效应. 我们正是在此两方面进行独特的设计, 采用了若干新的技术和元件, 因而能够获得短的脉冲. 其中之一是采用高掺杂短的钛宝石激光晶体, 其优点是能获得大的自相位调制和较小的群速度色散; 其二是采用三阶群速度色散小的石英棱镜对作为群速度补偿元件, 有利于获得短的脉冲; 其三是采用折叠角较小的非对称X型腔设计, 减少腔内象差和群速度色散的影响, 使激光器具有最佳模式(TEM₀₀), 并且易于起和工作稳定.

自锁模钛宝石激光器输出激光脉冲的功率频谱显示, 其中心波长为784nm, 频带全半宽度(FWHM) $\Delta\lambda = 42\text{nm}$. 由测量到的最短激光脉冲的强度自相关曲线, 可计算激光脉冲的全半宽度为 $\Delta t = 19\text{fs}$, 测量自相关器的分辨率优于1fs. 输出脉冲列的重复频率为90MHz, 平均功率为320mW. 由于激光脉冲到达自相关器测试系统时需要通过输出镜、分光镜、透镜和反射镜等色散元件, 脉冲会因这些腔外的群速度色散而被展宽. 为了能正确地测量输出脉冲原来的宽度, 在自相关测量中须对这一群速度色散进行补偿. 当这一群速度色散被完全补偿时, 即激光脉冲为时间带宽转换极限脉冲时, 频带宽度 $\Delta\lambda = 42\text{nm}$ 对应的脉宽应为15fs. 我们现在所测得的结果比理论预期值略大, 这表明腔外群速度色散尚未被完全地补偿, 由此激光器产生和测得比19fs更短脉冲的可能性是完全存在的.

收稿日期: 1995-03-15

* 国家自然科学基金高技术项目资助