中红外光参量激光转换效率研究取得新突破

近日，中国科学院合肥物质科学研究院医学物理与技术中心医用激光技术研究室研究员江海河课题组与安徽光学精密机械研究所晶体材料研究室研究员吴海信课题组合作开展的中红外磷锗锌光参量振荡器（ZGP-OPO）研究在转换效率上取得新突破，相关研究成果发表于美国光学学会期刊《光学快报》（Optics Express，2017, 25(4):3373）。

相干可调谐中红外激光在激光光谱学、生物医疗、环境探测及光电对抗等领域有着重要的应用。光参量振荡器（OPO）是目前获得相干可调谐中红外激光输出的重要手段，其转换效率的提高不仅可以获得更大的输出能量，使系统工作在远离损伤的临界态，还能提高系统的稳定性及安全可靠性。但受限于泵浦源激光器的光束质量、脉宽、脉冲能量，以及非线性晶体的品质和参量转换过程中相位失配、逆转换、走离效应等多因素的影响，获得高转换效率的脉冲中红外激光输出一直是一项挑战。众所周知，光参量转换效率与泵浦光束直径以及其功率密度紧密相关，为了获得高的泵浦功率密度，研究人员通常不得不将较小能量的泵浦光聚焦在非线性晶体中，而小光斑又限制了转换效率的提高，并且聚焦必然会引起非线性转化过程中的相位失配、逆转换、走离效应等现象发生，阻碍了高转换效率的获得。长期以来，光参量的光-光转换效率一直停留在50-60%。

研究采用了自主生长的中红外非线性激光ZGP晶体，ZGP晶体具有高的损伤阈值和高的非线性系数，是中红外3~5微米波段的最佳晶体材料。但是，该晶体必须采用波长2微米以上的激光泵浦，而目前该波段的商用激光器不能满足高转换效率的需求，无法既获得较短的激光脉冲，且又具有较高的泵浦能量。该研究在前期工作的积累上，利用自主研制的2.09微米波长的高质量调Q钬激光作为泵浦源，实现了脉冲能量32mJ、脉宽29.9ns、光束质量1.29的激光输出。通过合理设计的OPO系统，在2.1mm、3.1mm直径的非聚焦的大光束泵浦下，同时抑制了相位失配、逆转换、走离效应等多因素的影响，获得了脉冲能量19mJ的3~5微米波段的可调谐中红外激光输出，将光-光转换效率提高至75.7%（斜率效率83%），创造了目前中红外ZGP参量转换效率的新纪录，将原来的参量光-光转换效率纪录提高了30%。

该OPO系统的设计综合考虑了泵浦光束的最佳尺寸及功率密度、非线性晶体的最佳长度及最佳耦合输出率等多项参数，在保证了非线性转换所需的高峰值功率密度的同时，对泵浦光束进行了优化，提高了其空间均匀性并减小了发散角；同时，设计了抑制空间走离效应及逆转换的OPO结构，并结合高品质的ZGP晶体，使得该OPO系统工作在接近理想条件的状态。该OPO系统的设计很好地平衡了高峰值功率密度与逆转换和晶体损伤之间的矛盾，从而实现了高转换效率的突破。

该研究中的大尺寸中红外非线性激光ZGP晶体，美国和欧盟一直对我国实施禁售和技术封锁，该研究突破了温梯波动产生晶体内应力、籽晶匹配方向Bridgman法直接生长等关键技术问题，并采用成分补偿热退火和辅以高能电子辐照方式，进一步降低了晶体的近红外残余光吸收。自主制备的ZGP晶体元件在晶体尺寸、光学一致性、稳定性、激光损伤阈值以及吸收系数（2微米波段吸收系数：<0.02/cm）等核心指标方面，达到了国外同类晶体的领先水平，为该研究工作提供了关键元件。

该工作得到国家自然科学基金、中国工程物理研究院联合基金及中科院知识创新工程的支持。

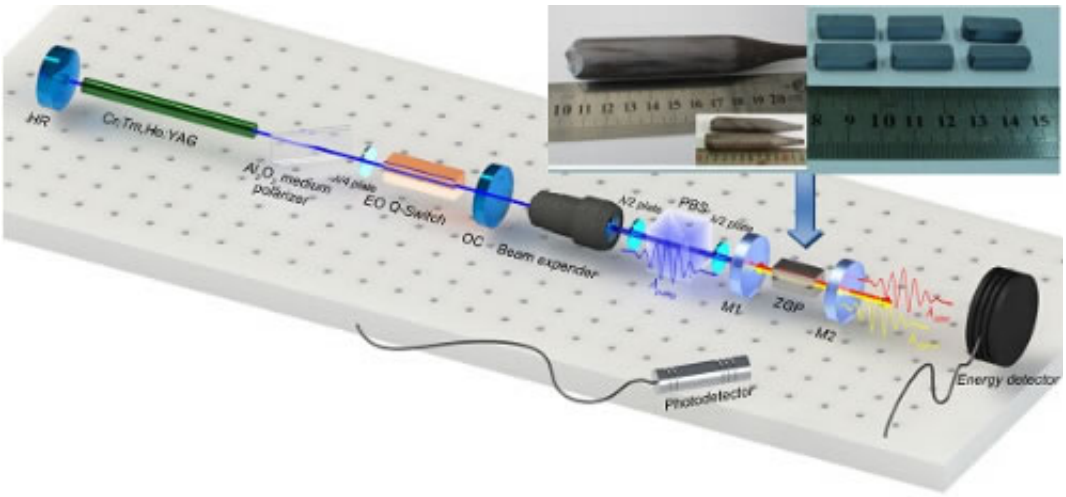

图1 高效率中红外ZGP参量激光器系统结构图及安徽光机所自主生长的ZGP晶体

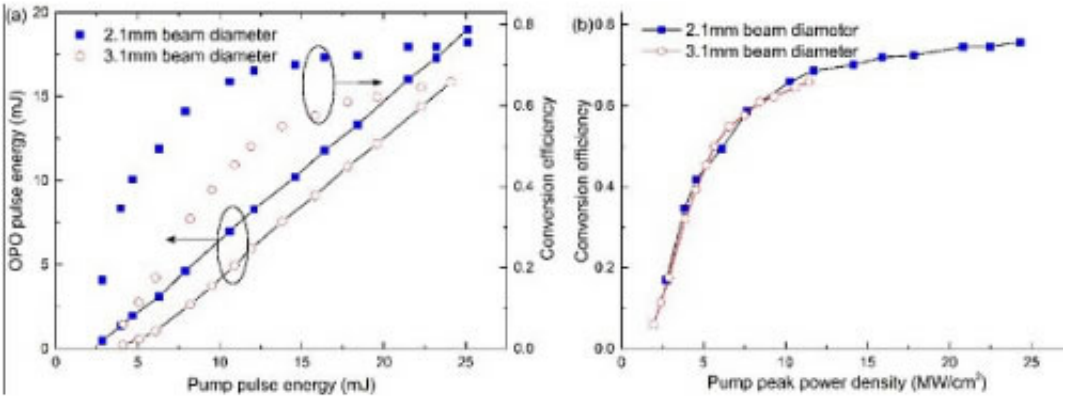

图2 中红外ZGP参量激光器输出能量及转换效率实验结果

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/104569.html