毫赫兹频段量子压缩态的实验制备

作者：writer 来源：科学网

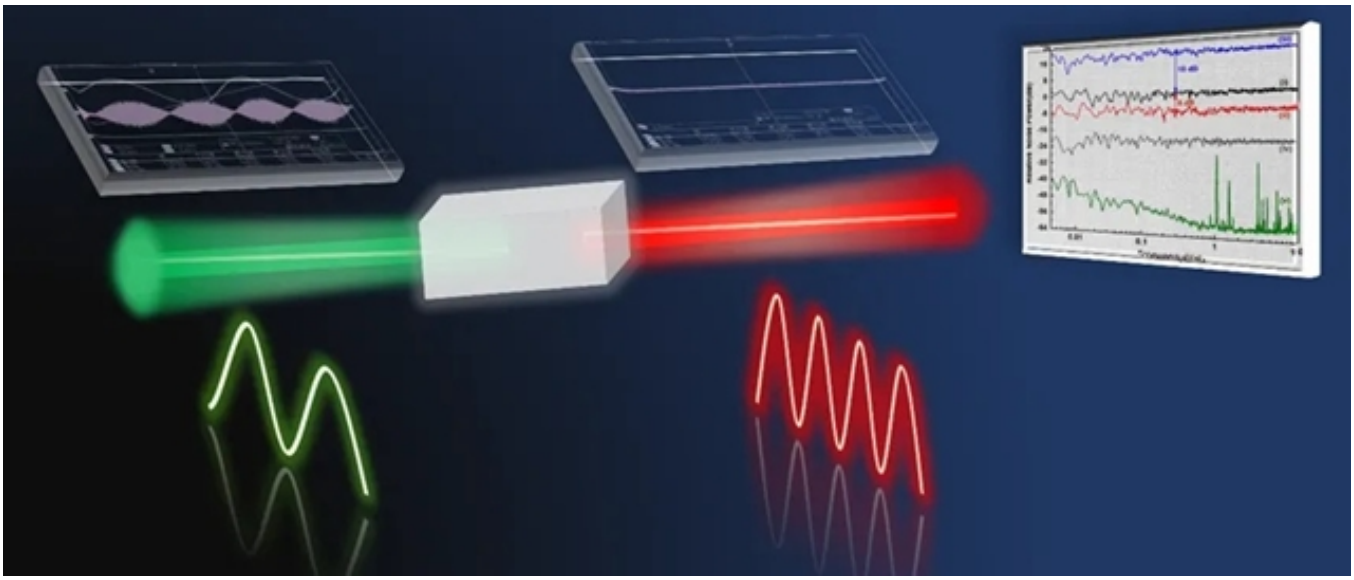
本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/31979.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

毫赫兹频段量子压缩态的实验制备。 导读

近日，量子光学与光量子器件国家重点实验室、山西大学光电研究所郑耀辉教授领导的科研团队，首次在实验上制备了毫赫兹频段的量子压缩态，压缩度为8 dB。该研究团队提出利用多重噪声抑制技术，结合高效低损耗频移滤波和极低频噪声免疫平衡零拍探测方案，将可探测压缩频段向低频拓展了两个数量级，为以引力波探测为代表的极低频量子测量和传感的研究提供了光源基础。

该工作以Generation of squeezed vacuum state in the millihertz frequency band
为题发表在国际顶尖光学期刊《Light: Science Applications》。



研究背景

引力波携带的信息与电磁波具有很强的互补性，直接探测引力波能带给我们利用电磁手段无法观察的、更大时空尺度的天文事件，是人类探测宇宙的另一扇窗口，对人类理解宇宙具有重要的科学意义。2015年，LIGO引力波天文台首次直接探测到引力波信号，开启了引力波天文学的新时代。2017年，诺贝尔物理学奖授予了Weiss，Barish，和Thorne三位科学家，以奖励他们在直接探测引力波中做出的决定性贡献。对基本物理问题认识和核心技术突破的需求驱动激光干涉技术灵敏度的不断提升。在退耦合所有的环境噪声和热噪声以后，测量装置的灵敏度将最终被光场的量

子噪声限制。利用压缩光填补引力波干涉仪的真空通道，可以降低干涉仪某一正交分量的噪声，提高某一正交分量的探测灵敏度。在制备获得稳定运转压缩光的基础上，科学家分别将压缩光应用于全尺寸的激光干涉引力波探测器GEO600和LIGO上，引力波探测灵敏度和事件数量得到显著提升。

受环境噪声等限制，现有压缩光源的最低工作频段被局限在赫兹量级，无法满足工作在低于赫兹频段的天文台应用需求，如空间引力波探测计划LISA、天琴、太极，规划中的其它引力波探测计划DECIGO、 GLOC、MANGO等。因此亟需开展与该频段匹配的压缩态制备。

创新研究

该研究基于光学参量过程制备量子压缩态，如图1所示。研究团队基于高压缩度压缩光源制备方面长期的理论研究和技术积累，理论分析压缩光路中各种噪声演化和传递机制，确定限制极低频段压缩态制备的主要因素是温度等环境噪声。团队设计制造了双共振型高稳定光学参量腔，结合相干控制技术和高效低损耗频移滤波技术，同时提出了多重噪声抑制方案，利用光学滤波腔实现光束指向波动与光场强度噪声的转化，并进一步通过高精度外环反馈控制系统有效抑制泵浦功率起伏，实现了环境噪声免疫。针对低频段激光源技术噪声耦合，研究团队在高调制深度谐振型电光相位调制器、谐振型高增益光电探测器的基础上，开发了高共模抑制比的低频段高增益平衡零拍探测系统，实现了低频电子学噪声免疫。基于上述系列的理论分析和关键技术突破，最终实现了毫赫兹频段压缩光源的稳定输出，实验探测结果如图2所示。

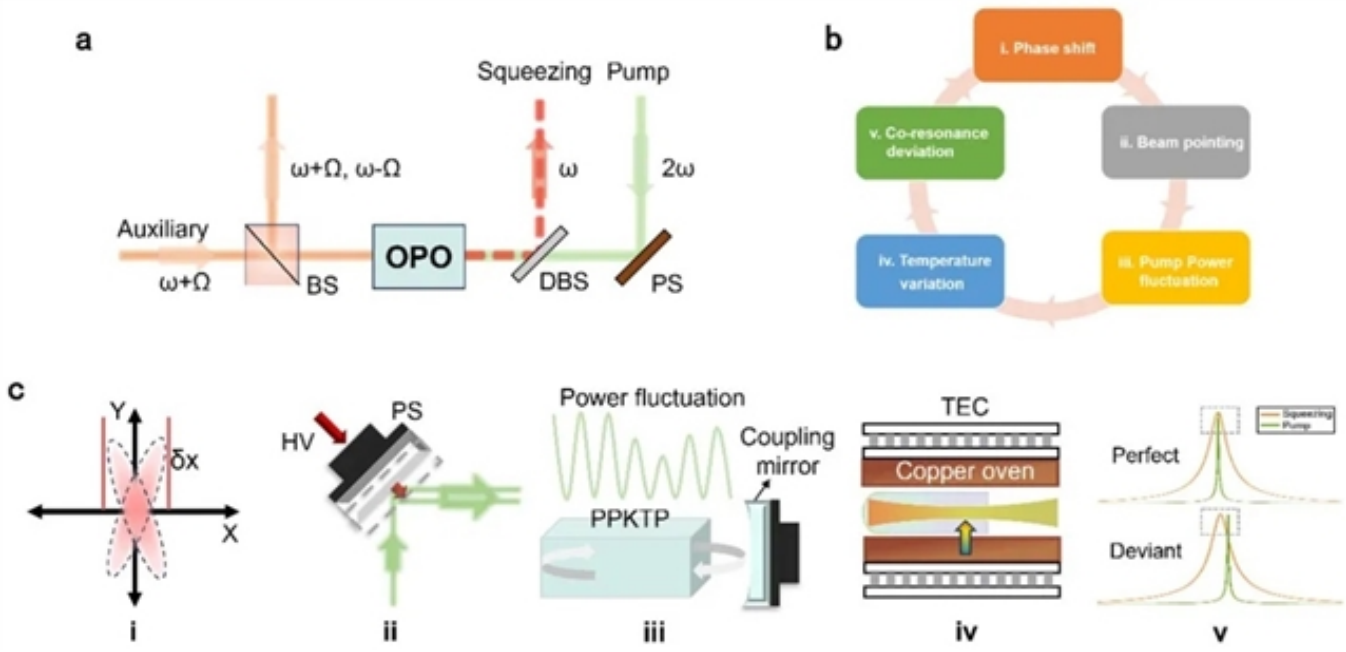


图1. 多重噪声传递及抑制示意图。(a) 压缩态制备实验装置；(b) 系统波动的逻辑循环；(c) 系统噪声演化。

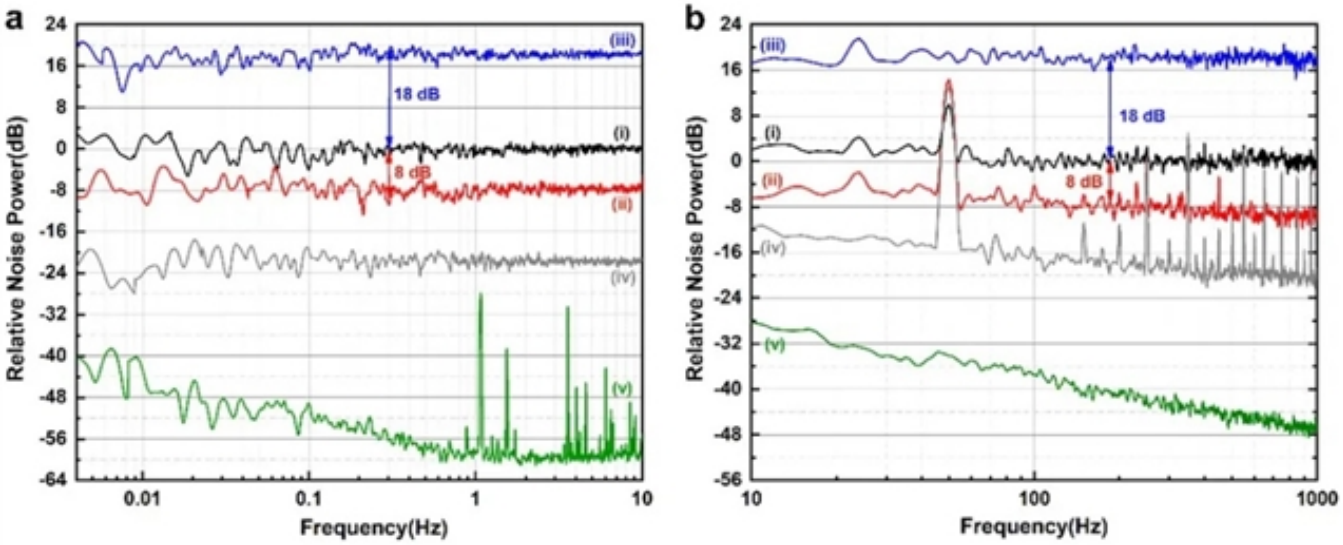


图2. 量子噪声测量结果。(a) 10 Hz以下量子噪声；(b) 10 Hz-1 kHz量子噪声。

总结与展望

该研究工作实现了毫赫兹频段8.0 dB压缩态光场的实验制备和高效探测。研究团队提出的一种多重噪声抑制技术，实现了可探测压缩频段两个数量级的提升，开发的系列光电功能器件也有望推动量子光学实验技术进步。作为执行量子精密测量和传感的核心资源，该频段压缩态解锁了新的量子精密测量频段，不仅有助于提升未来引力波探测器的灵敏度，而且积累的技术也将推动精密测量科学向前发展。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01606-y

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：郑耀辉等 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发