



量子信息科技学术研讨会 (2018.9.17-21)

报告

掺铒光纤飞秒光梳及其应用

Er: fiber Based Optical Frequency Combs and Their Applications

姜海峰教授 | 中国科学院国家授时中心研究员



讲者介绍 Biography

姜海峰生于 1973 年，中科院国家授时中心研究员，博士生导师，入选中科院“百人计划”和陕西省“百人计划”。1995 年毕业于哈尔滨电工学院，获工学学士学位；2003 年毕业于中科院上海原子核所，获工学硕士学位；2010 年毕业于巴黎十三大，获物理学博士学位。

姜海峰博士长期从事时间频率技术研究和仪器研制工作，先后在中科院上海光机所、国家授时中心、法国巴黎天文台、美国国家标准与技术研究院工作，研究内容包括超稳激光源、光纤飞秒光频梳、超稳微波源、远程光纤频率传递等。发表论文 60 余篇 (SCI 收录 25 篇)，web of knowledge 引用 600 余次；申请发明专利 10 项 (2 项国际专利)，授权 3 项 (1 项欧洲专利)。

2013 年回国，在中科院国家授时中心组建“飞秒光梳及其应用”研究组，先后主持国家自然科学基金、中科院仪器研制项目、中科院百人计划、中科院先导专项等十余项科研项目和课题，主要研究方向是掺铒光纤光梳及其应用和超稳光生微波源。研制的超稳激光、掺铒光纤光梳、超稳光生微波源已经应用于多个精密测量场景，应用单位包括中国科技大学、华东师范大学、中科院光电院、国家授时中心等，部分应用已经产生了可喜的成果。研制的国内首例超稳光生微波源将我国微波源短期频率稳定度从 $E-13$ 提升到 $E-15$ 量级；系统已经应用于我国基准铯喷泉钟，使其短期稳定度改善 6 倍，大幅提升了我国独立自主的时间保持能力。

报告摘要 Abstract

飞秒光梳是频率受控的飞秒激光源，属于高端光电测量仪器。上世纪末光梳发明后迅速推动了时间频率计量、光谱测量、精密测距、视频传递等技术产生跨越式发展，2005 年发明人美国 JILA 的 Hall 教授和德国 MPQ 的 Hansch 教授获得了诺贝尔物理学奖。掺铒光纤光梳以掺铒光纤激光器为核心，由于其光学腔主要波导光纤组成，具有很高的可靠性，已成为应用型光梳的发展热点方向。本报告将介绍掺铒光纤光梳的锁模技术、频率探测和控制技术、脉冲激光放大和光谱展宽技术，以及两例光梳应用。

掺铒光纤飞秒激光器利用光学腔与光场相互作用导致的非线性饱和和吸收效应，形成稳态的单孤子在腔内往复运动，具体的饱和和吸收机制包括非线性偏振旋转 (NPR)、非线性放大环形镜 (NALM) 和材料饱和吸收等；由于机制的不同也导致了激光锁模的难易程度不同，并且输出激光的噪声、光谱、脉冲宽度等特性也相应不同。这里将主要介绍一种基于 NPR 和 NALM 的混合机制锁模激光器，系统具备良好的可靠性和优良的噪声性能。光梳的频率分量有两个，分别为与腔时间延迟对应的重复频率和与腔色散相关的载波包络相移频率。宽带频率控制技术是激光频率噪声抑制的必要手段，一般利用腔内电光调制晶体实现；此外为了抑制长期频率漂移，还往往需要配合其他大范围频率控制手段实现长期的光梳锁频。采用宽带频率控制技术光梳的频率控制稳定度一般可以到达 $E-17 \sim E-18 @ 1s$ ，可以满足精密测量应用。

两个光梳应用分别为精密光谱测量和低噪声光生微波源。精密光谱测量需要配合专用的光谱展宽部分，将光梳的光谱范围拓展到待测波长，并以基带频率标准为参考控制光梳频率。而后，通过测量光梳梳齿与待测激光的频率差确定待测激光的绝对频率。低噪声光生微波源是以超稳激光为参考，将光梳的梳齿稳定度锁定到参考激光，从而将激光频率稳定度传递到微波频段的装置，其稳定度达 $E-15 @ 1s$ ，大幅优于传统的基于晶振的高稳微波源 ($E-13 @ 1s$)。