

实验室通讯

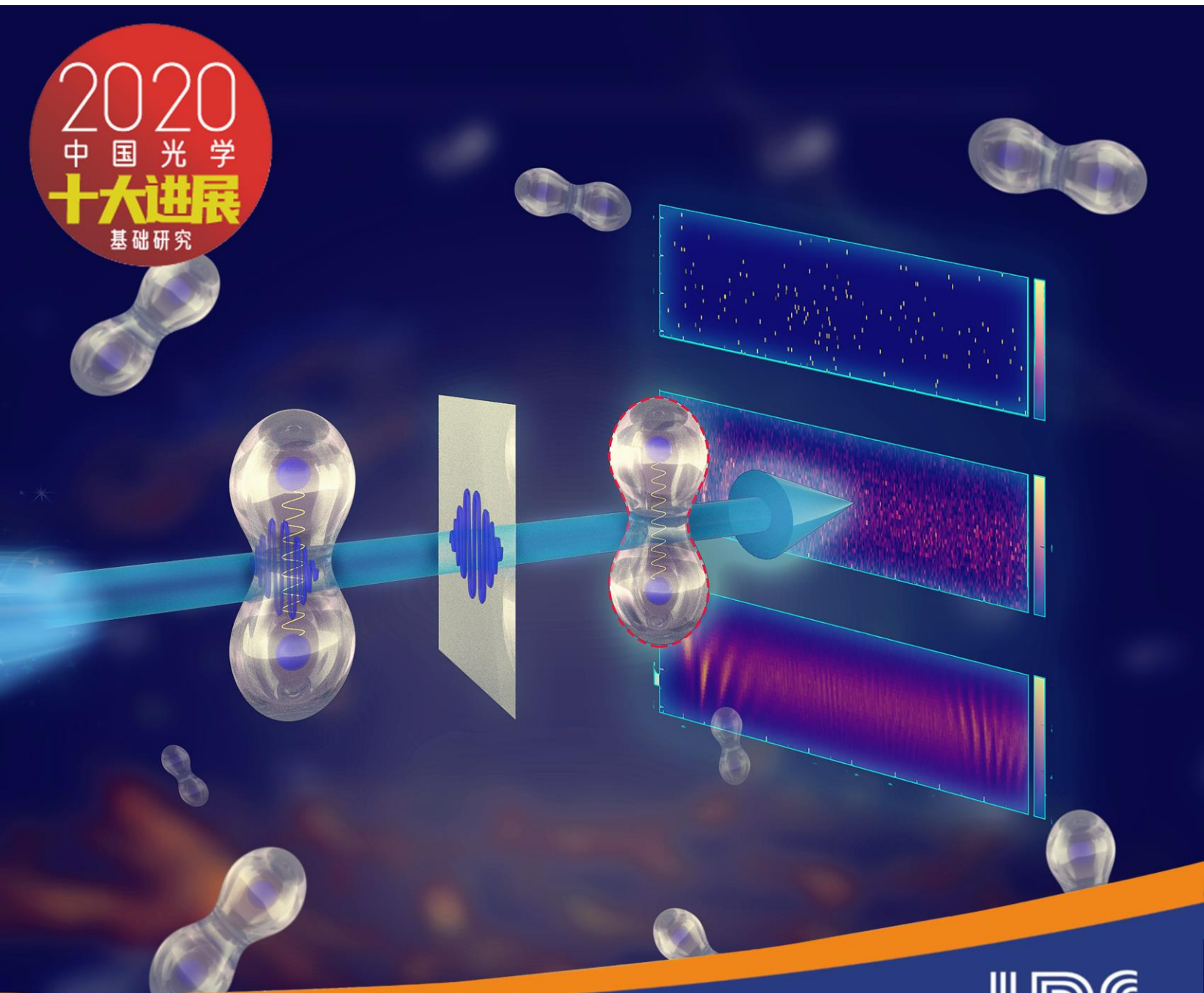
SKLPS COMMUNICATIONS

No.01

2021/06, June.

2021年01总第1期

2020
中国光学
十大进展
基础研究



LPS

精密光谱科学与技术国家重点实验室 (华东师范大学)
State Key Laboratory of Precision Spectroscopy (East China Normal University)

www.lps.ecnu.edu.cn

目录

Contents

	01	分子超快秒表：电子电离时间测量
	02	以光钟为频率基准的光学频率合成
	03	基于高效非线性频率上转换的中红外光子探测与分辨
	04	飞秒激光烧蚀的实时超快成像
	05	空穴俘获剂调控的CdSe胶体量子点电子自旋动力学
科研进展	06	基于气体分子排列的压缩超快成像技术
	07	明亮室温近红外单光子源：AlGaIn薄膜中单点缺陷发射
	08	辐射平衡激光器开发：Yb ³⁺ : YAG晶体激光冷却
	09	核磁共振陀螺仪中Cs-Xe增强因子的测量
	10	非共线混频高次谐波：分子激发态动力学探测
	11	Ga掺杂ZnO晶体材料室温长寿命的电子自旋相干特性
学术报告	12	学术报告一览
科技奖励	13	吴健教授课题组成果入选2020年度中国光学十大进展
队伍建设	14	9位优秀人才加盟实验室
	16	倪宏程研究员荣获2021“上海科技青年35人引领计划”
开放运行	17	第十届“成像技术及其在原子分子物理中的应用学术研讨会”圆满召开
	18	精密光谱科学与技术国家重点实验室开放日活动成功举办
	19	中法联合培养研究生项目(ProSFER)超快光学春季课程成功举办
研究生培养	20	实验室举行“麓邦光学”奖学金颁奖典礼
	21	公考路漫漫其修远兮——实验室举办“选调生、公务员考试”专题讲座

分子超快秒表：电子电离时间测量

分子在强激光场中会吸收多个光子发生阈上双电离解离过程，其中两个电子的电离时间和路径是理解该物理过程的关键。以自然界中最简单的氢气分子为例，存在两种增强电离机制，分别为隧穿图象下的电荷共振增强电离机制和多光子图象下的阈上库伦爆炸机制。前者是由于在特定核间距下被电场压底的库仑势使电子更容易逃逸出来；后者是由于电离势与多光子能量共振从而使电离率增强。目前这两种增强电离机制普遍通过氢气分子库伦爆炸产生的动能来推断电离时刻的核间距，虽然从动能谱上可以观察到丰富的结构，但一直没有能够利用单个脉冲直接实时观测该动力学过程的实验方案。

吴健教授研究团队创新性地提出用一束多周期激光脉冲实现阈上双电离解离时间测量的方法。利

用多级波片和补偿器构造一束偏振方向随时间不断变化的多周期激光脉冲（polarization-skewed pulse），将氢气分子双电离过程中不同时刻电离的光电子分别映射到不同电子出射角，基于双电子-双离子符合测量观测到的X型光电子动量分布，实现时空分辨的两步电离过程，将提取出的电离时刻相减即可得到双电离的时间延时。

实验中，通过筛选离子动能的不同范围，可以得到不同双电离解离通道的时间延时，与多光子增强电离通道的理论计算结果符合得很好。该方法实时观察到了多光子图象下的阈上双电离解离过程，为分子双电离时间延时的测量提供了一种简单高效的方法。相关研究结果发表在 *Phys. Rev. Lett.* 126, 063201 (2021)。

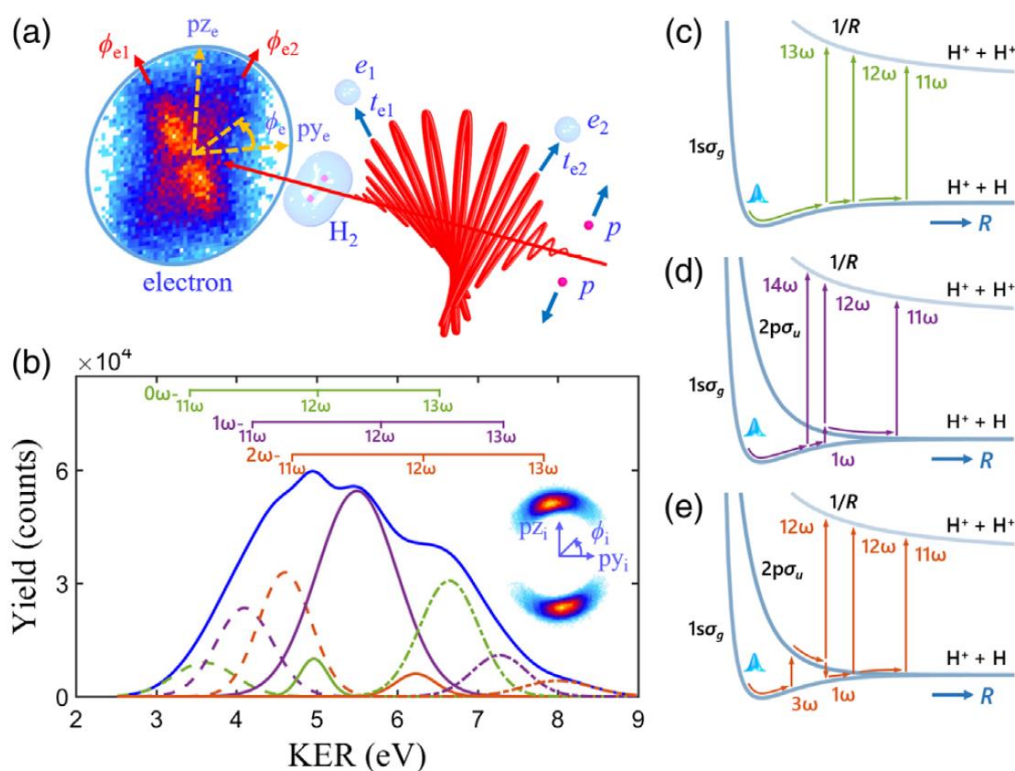


图1 实验方案示意图与阈上双电离解离路径示意图。

以光钟为频率基准的光学频率合成

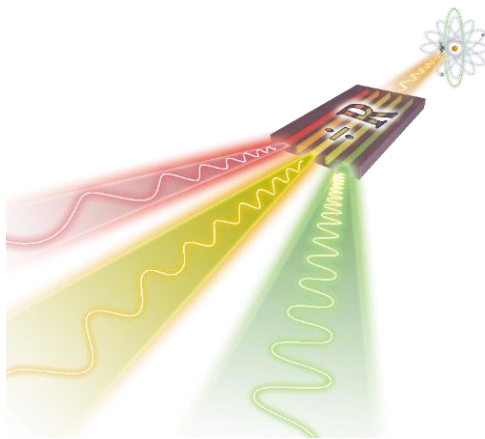
在通讯、雷达、全球定位系统等应用中，人们不断追求噪声更低、精度更高的电磁波，从而增大通讯容量、提高定位精度。在这些应用中，微波频率合成器发挥了重要作用，它能在所需要的频率处输出与微波钟性能相当的电磁波信号。

近年来，光波波段的电磁波（频率比微波高四个数量级）的性能已超越了微波：低噪声光学振荡器的频率稳定度已达到 10^{-17} 量级（1秒积分时间），光钟的精度已到 10^{-18} 量级，比铯喷泉钟还好两个数量级。有了如此性能优异的电磁波，不仅能建立新一代时间频率标准，在高新技术应用中发挥不可替代的作用，还能以前所未有的精度和灵敏度探索基本物理常数是否随时间变化、实现厘米量级引力势测量、相对论验证等研究。由于光波振荡器或光钟只工作在特定光频处，我们还需要光学频率合成器，将低噪声和高精度的光钟频率特性传递到所需要的频率处。光学频率合成器的研究关键在于：光频合成过程不能破坏频率精度和相干性。

精密光谱实验室的研究团队报道了有望采用芯片光梳实现高精度光学频率合成。他们将光梳锁定于铷钟，光梳梳齿的频率稳定度为 2×10^{-11} （1秒平均

时间）。使用频率噪声如此大的光梳，采用光梳频率噪声免疫技术也能实现低噪声高精度的光学频率合成：光频合成噪声为 6×10^{-18} （1秒平均时间），光频合成精度为 5×10^{-21} ，表明它能对世界上最低频率噪声或最高频率精度的光波进行频率合成而不影响其性能。利用该技术，他们将1064 nm稳频激光的性能传递到578 nm，获得了线宽为Hz量级的镱原子光钟跃迁谱线，并将偏离跃迁中心频率的误差信号反馈给1064 nm稳频激光，最终将镱原子光钟的频率精度高保真地传递到了530nm-1100nm范围。该工作发表于Photon. Res. 9, 98 (2021)。

马龙生教授深有感触：40年前当他第一次使用无线电波频率合成器时，他就梦想有一台光学频率合成器，用于开展精密光谱研究；2000年光梳的诞生为实现这个梦想铺平了道路；经过20年的奋斗，他们相继研制了窄线宽稳频激光、基于光梳频率噪声免疫技术的光学频率合成器、冷镱原子光钟系统，并将它们集成为一个具有光钟精度的频率合成系统，为光钟应用于精密光谱和精密测量迈出了必要的一步。



图：以光钟为频率基准的光学频率合成器

基于高效非线性频率上转换的中红外光子探测与分辨

实现中远红外波段超灵敏探测一直以来都是国际研究热点，不仅推动着红外精密光谱学、红外超快光子学以及红外空间天文学等诸多基础研究发展，而且在自由空间通信、导弹成像跟踪定位、红外预警、红外遥感、远程爆炸物检测等重大军事国防领域有着重要应用，同时也被广泛用于气象监测、空气污染监测、材料处理、疾病检测等民用工业方面。

近来，曾和平教授团队搭建完成了基于非线性频率上转换的中红外单光子探测器，其利用非线性和频过程将红外光场相干转换至可见光波段，结合时频域精密控制的同步脉冲泵浦技术，实现了非线性转换效率的提升与参量荧光噪声的压制，最终获得了80%的高转换效率。得益于高效的滤波系统，在3微米波段的整体探测效率达到37%，噪声等效功率为 $1.8 \times 10^{-17} \text{ W/Hz}^{1/2}$ ，是目前国际上室温工作条件

下灵敏度最高的探测器之一。

此外，该团队结合频率上转换技术和多像素光子计数阵列，首次展示了中红外光子数可分辨的探测能力，实现了超低噪声下高达9个光子的精确识别。所获得的光子计数和分辨性能可能为痕量分子光谱、灵敏生化传感和自由空间通信等领域开辟新的可能性，并为发展中红外高性能光子探测与计数提供有力工具，有望应用于长距离空间通信、远程光谱分析、空地激光测绘等前沿应用。

目前该团队将以上述技术为基础，致力于超灵敏红外成像研究，拟采用硅电子倍增CCD相机，以达到单光子级别的超灵敏中红外上转换成像探测。

相关工作得到了上海理工大学梁焰副教授和郝强副教授的合作支持，发表于*Photon. Res.* 9, 259-265 (2021)。

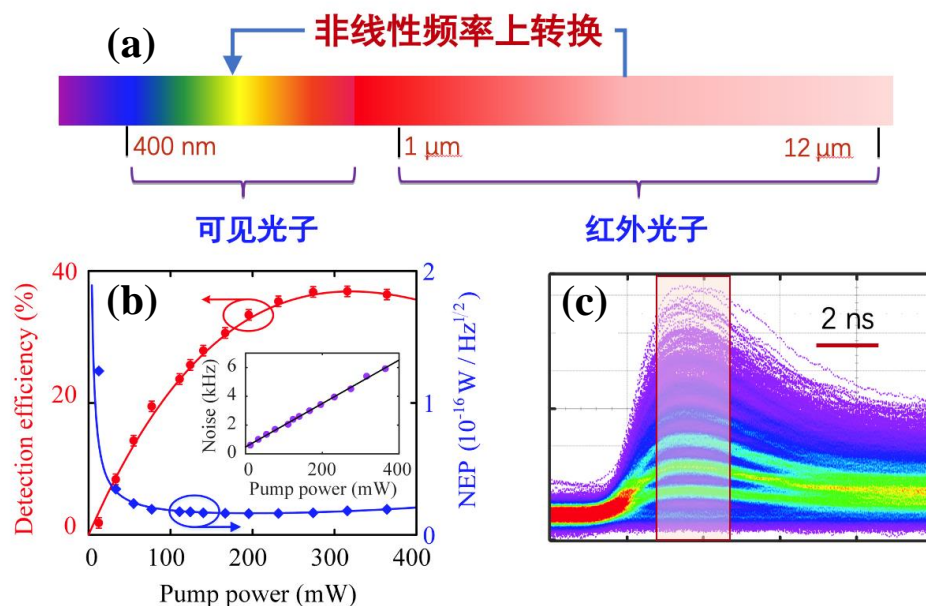


图 (a) 非线性频率上转换的示意图。(b) 频率上转换探测效率、噪声等效功率 (NEP) 与泵浦功率的关系。将中红外信号设置为单光子水平，每个脉冲的平均光子数为0.13。图中实线为理论模拟，插图为背景噪声计数。(c) 基于Si-MPPC (多像素光子计数器) 的中红外频率上转换探测器的光子数分辨性能。图为数字示波器记录的MPPC信号的叠加波形，可以看出实现了9个中红外光子的精确识别。

飞秒激光烧蚀的实时超快成像

飞秒激光加工技术因其优于传统加工技术的高精度、高效率、低附带损伤和广泛的材料适用性，已成为精密加工的有力工具。对飞秒激光加工的超快动力学过程进行成像，对于理解其加工机理和建立相应的物理模型十分重要。目前为止，应用于飞秒激光加工过程观测最常用的超快测量技术都是基于泵浦探测原理的。但飞秒激光加工是一个破坏性过程，因此泵浦探测技术需要采集不同延迟下不同采样位置的瞬时信息，来还原出整个动力学过程。由于受激光能量稳定性和材料表面均匀性的限制，对飞秒激光加工过程的泵浦探测测量精度难以保证。

为了克服传统泵浦成像技术的这一局限性，张诗按课题组发展一种啁啾光谱映射超快成像技术（CSMUP），该技术采用宽带的啁啾脉冲作为照明光，采用高光谱相机进行光谱分辨的图像采集。利用啁啾脉冲的光谱-时间对应特性，从单次采集到的高光谱图像数据，提取出具有超快时间分辨的序列图像，实现单次实时超快成像，规避了基于泵浦探测成像技术对能量稳定性和材料均匀性的要求。系统能够在100ps的时间窗口单次拍摄获得25帧序列图

像，成像帧率可以达到2500亿帧/秒，而且空间分辨率优于833 nm，能够实现高空间分辨超快成像。他们还利用啁啾光谱映射超快成像技术对400nm单脉冲飞秒激光激发下硅的激光烧蚀动力学开展了研究，对飞秒脉冲激发后100 ps时间窗口内硅片表面形貌进行了超快成像测量。实验中直观地观测到了飞秒激光作用下，硅片表面的融化、材料喷发等过程，实验结果与已有的理论模型相吻合。

啁啾光谱映射超快成像技术相较于现有的其他单次超快成像技术，具有造价成本较低、系统结构灵活、时间分辨及时间窗口可调、图像处理算法简单的优势。这项技术为提高飞秒激光加工的效率 and 精度提供了一种新的方法，也为各种超快不可逆超快现象的观测记录提供了一种高效的工具，例如应用于激光诱导表面周期条纹、激光诱导透明介质中微纳光栅、气泡形成等动力学过程的观测。通过与其他成像技术的集成，这项技术还能应用于更多的研究领域，例如三维成像和超快全息。该工作发表于 *ACS Photonics* 8, 3, 738–744 (2021)。
<https://dx.doi.org/10.1021/acsp Photonics.1c00043>

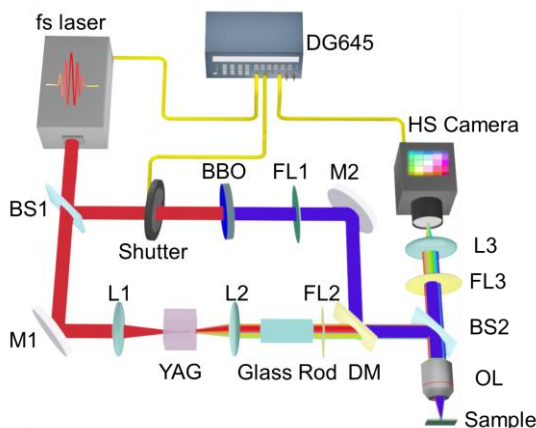


图1：用于飞秒激光烧蚀动力学测量的啁啾光谱映射超快成像系统结构图。

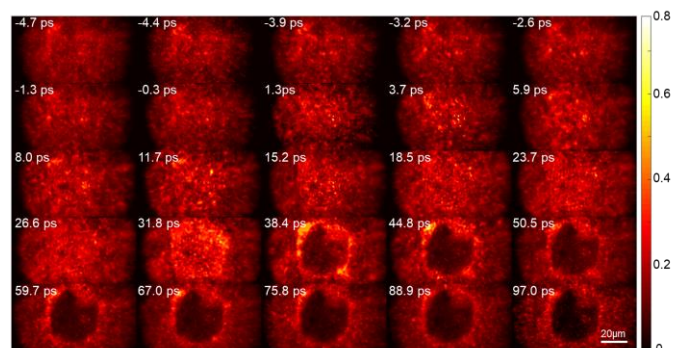


图2：啁啾光谱映射超快成像系统拍摄到的400 nm飞秒激光单脉冲激发下硅表面的烧蚀动力学过程(图片尺寸53 μm × 100 μm)。

空穴俘获剂调控的CdSe胶体量子点 电子自旋动力学

半导体量子点的自旋态可作为一种固态量子比特，在量子信息处理领域有广阔的应用前景。实际应用需要有较长的自旋相干时间来实现对自旋信息的存储和控制，而且最好是在室温条件下。自旋动力学在外延生长的量子点中已经被广泛研究。与之相比，胶体量子点中的相关研究要少得多。胶体量子点的尺寸通常只有几个纳米，导致具有强的载流子局域效应。II-VI族胶体量子点，比如直径为几个纳米的CdSe和CdS量子点，在室温下已证明具有较长的电子自旋退相位时间。由于胶体量子点具有大的比表面积以及和表面环境有效的相互作用，表面状态可能对自旋退相干(退相位)和弛豫过程产生强烈的影响——但还没有得到证实。理解和控制表面效应对于胶体纳米结构中自旋的操纵和应用具有重要意义。

实验室的固态体系自旋调控研究小组在先前的研究工作中通过控制荷电状态已阐释了CdSe胶体量子点中两个拉莫尔进动频率的起源[J. Phys. Chem. Lett. 10, 3681-3687 (2019)]。认为这两个频率起源于两类电子，一类电子只受量子点限域势的作用，另一类电子除了量子点限域势，还额外的局域在量子点表面附近。

在最近的研究中，该研究小组通过在CdSe胶体量子点中分别添加空穴俘获剂Li[Et₃BH]和1-辛硫醇(OT)，发现两类电子的自旋g因子、自旋弛豫/退相位时间和机制均有明显的区别。在量子点中添加Li[Et₃BH]，空穴被具有还原性的Li[Et₃BH]分子俘获后，经历不可逆的化学反应，导致停留在量子点中的电子具有长达几个小时以上的载流子寿命。电子的自旋弛豫/退相位主要受电子与原子核的超精细相

互作用影响。而在添加OT的量子点中，空穴分布于量子点表面或者OT分子中，电子的载流子寿命相对较短，这将限制电子的自旋弛豫/退相位时间。因此局域在量子点表面附近的电子自旋弛豫/退相位受到超精细相互作用、电子载流子寿命以及电子和空穴或表面悬空键自旋的交换相互作用的共同影响。

该项研究阐释了胶体量子点表面状态对电子自旋动力学的重要影响。这里证明的表面效应也适用于其他胶体纳米材料。因此可以利用表面状态作为额外的自由度来进行胶体纳米结构自旋的调控。相关研究结果发表在 J. Phys. Chem. Lett. 12, 2126-2132 (2021)。

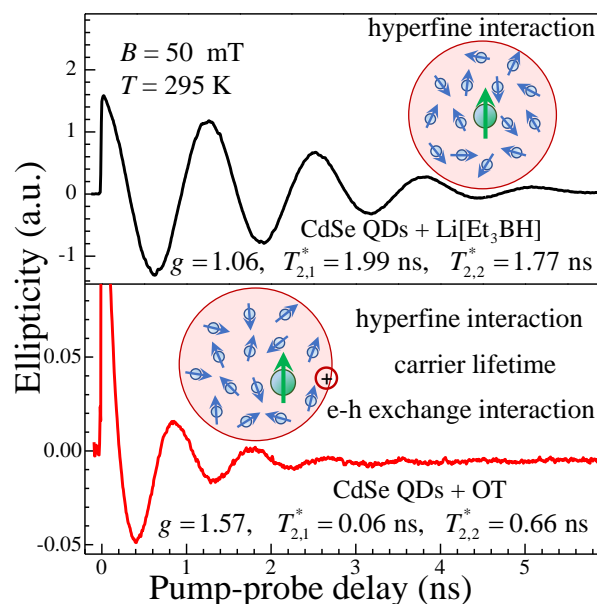
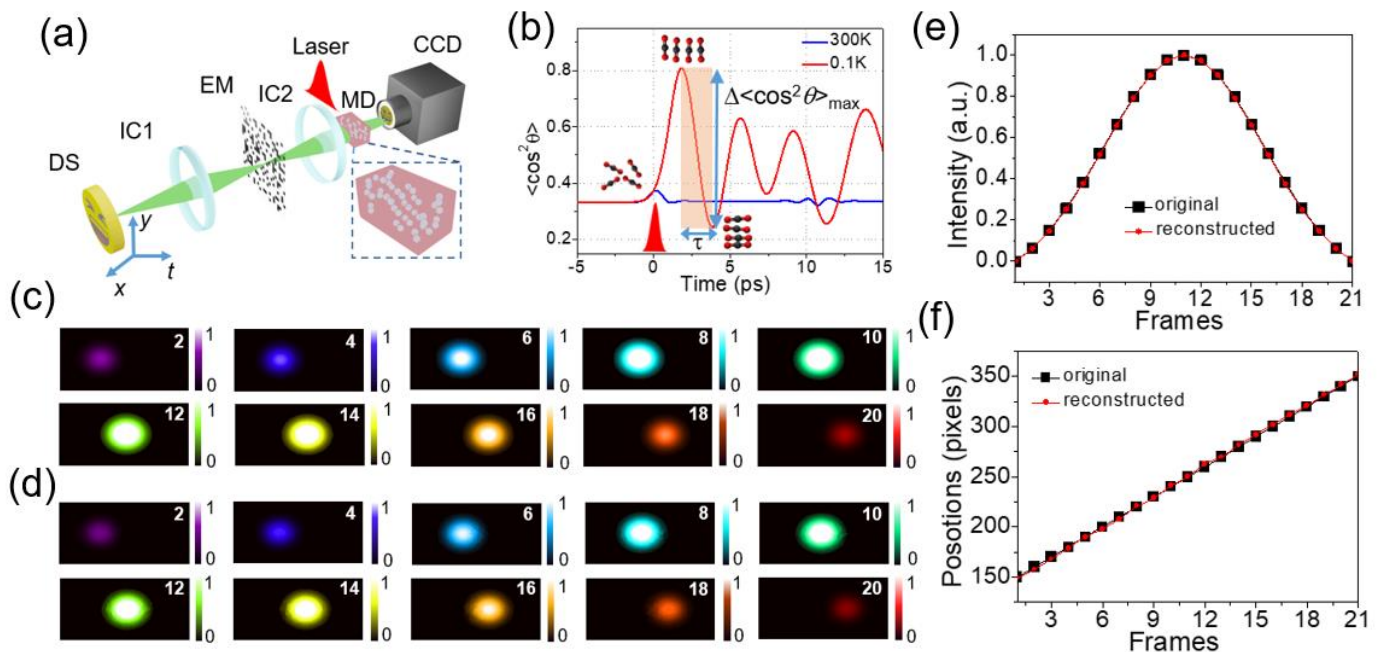


图1 分别添加空穴俘获剂Li[Et₃BH]（上）和1-辛硫醇（下）的CdSe胶体量子点电子自旋动力学。不同空穴俘获剂将导致明显不同的自旋进频率、退相位时间和退相位机制。

基于气体分子排列的压缩超快成像技术

压缩超快成像技术将时空转换偏转技术结合压缩感知理论，实现对动态场景的多张图片叠加采样并高保真地还原，在被动成像时，成像速度可达10Tfps，成像帧数可达350帧，在主动成像时，成像速度可达70Tfps，成像帧数可达1000帧，是当今最具潜力的单次曝光成像技术。然而，条纹相机作为偏转器在进行光电转换的时候会受到库伦相互斥力的作用，导致出现一定程度的空间电荷弥散，这一效应限制了条纹相机的时间分辨率进一步提升。电光晶体作为条纹相机的替代，较好地克服了空间电荷的影响，但是受到高压电源响应速度的限制，其成像的时间分辨率也只能达到20ps。就目前而言，还未有单次曝光超快成像技术，其成像速度能突破100Tfps的。对于观测一些能持续飞秒量级的动态场景，如锁模超短脉冲的建立，凝聚态物质中的飞秒激光诱导光学声子，化学反应中的键断裂等而言，寻找一种更快的成像技术具有重大的意义。

张诗按团队提出了一个新颖的想法，利用气体分子排列来辅助压缩超快成像技术，通过对气体的操控，使其成为一个可控的偏转器，最终获得一个成像时间分辨率达到飞秒量级的CUP系统，即分子排列辅助压缩超快成像系统，Molecular Assited Compressed Ultrafast Photography，简称MACUP。图(a)为MACUP技术方案原理图，图(b)为气池偏转器的排列原理，图(c)和图(d)为基于MACUP系统模拟的啁啾飞秒激光脉冲的时空强度演化原始图及重构图，图(e)和图(f)是强度和波长演化过程中的图像重建精度。基于对CO₂分子偏转器的模拟，结合成像中的点扩散限制，MACUP能够在单次曝光中实现超过 1.8×10^{14} 帧/秒的成像速度和大于300帧的成像帧数。结果表明，MACUP是一种有潜力的单次超快光学成像策略，有望揭示超快原子和分子光学中的动力学过程。该项研究成果发表在Physical Review Applied 15, 024051 (2021)。



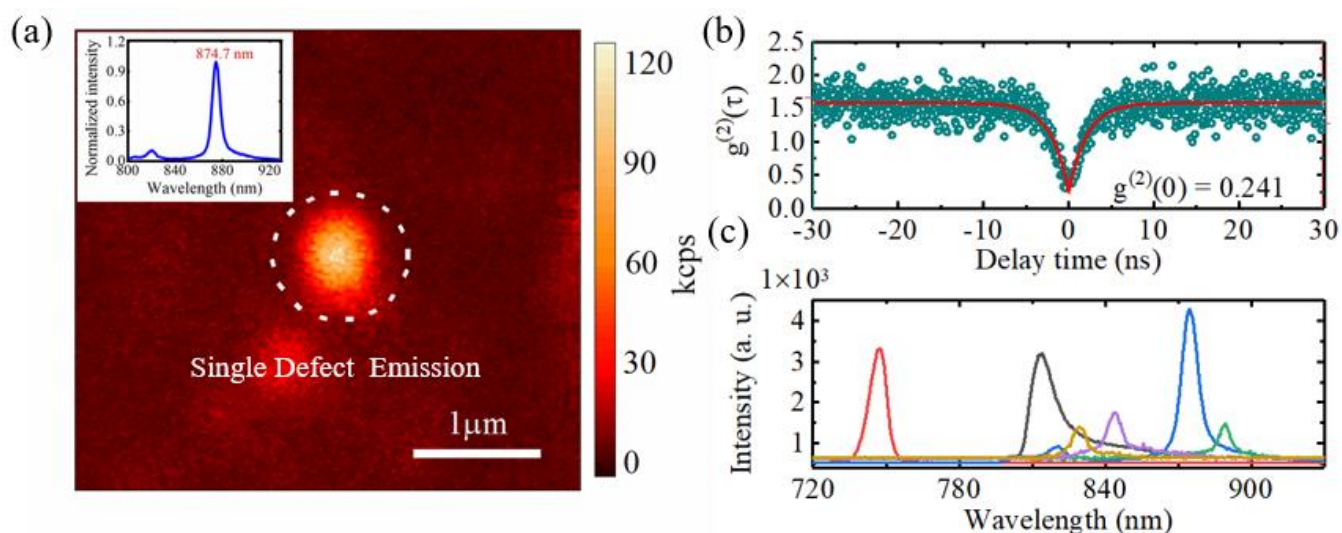
图(a)为技术方案原理图；图(b)为气池偏转器的排列原理；图(c)和图(d)为模拟的啁啾飞秒激光脉冲的时空强度演化原始图及重构图；图(e)和图(f)是强度和波长演化过程中的图像重建精度。

明亮室温近红外单光子源：AlGaIn薄膜中单点缺陷发射

近红外单光子源在量子技术的广泛应用中发挥着关键作用。III族氮化物半导体的点缺陷由于其在室温甚至高温下可发射的独特性质，是近年来研究的最有前途的量子发射体之一。其室温能带间隙从0.65 eV (InN)到3.4 eV (GaN)，直到6.23 eV (AlN)范围内连续可调，对应的波长从近红外到紫外的光谱范围。此外，III族氮化物半导体材料还具有热稳定性高，击穿电场高，电子饱和速率高，抗辐射等特点，使得其广泛应用于固态照明，是各种光电和电子应用的理想选择。因此，基于III族氮化物半导体中相关缺陷的单光子源是非常有前景的。到目前为止，III族氮化物半导体二元化合物(如GaN和AlN)中的点缺陷已被证明用于室温单光子源，且具有窄带发光，光谱范围从可见光到近红外区域。作为一种三元化合物半导体，AlGaIn可以产生更多种类的点缺陷以及更宽的带隙，为缺陷量子位和单光子发射体建立了一个灵活的、可扩展的材料平台。

武愕教授研究团队利用自搭建的扫描共聚焦荧光显微镜系统研究了铝镓氮(AlGaIn)薄膜中单个点缺陷的室温单光子发射。获得的单光子发射波长从720nm到930nm，线宽小于10nm，寿命仅为2.7ns，具有高的光子亮度和高的偏振度。同时利用短时间的强度相关函数测量了关键的光致发光参数。高的饱和强度表明辐射跃迁具有高的内部量子效率，适合单光子源的高保真操作，用于量子信息处理，较短的寿命允许点缺陷以高重复率发射单光子，有利于在室温下实现高速量子系统。这些优点可以促进AlGaIn的单个点缺陷在量子信息系统中的应用，为未来集成片上量子光子器件提供一个可能的平台。

相关工作是与中国工程物理研究院微系统与太赫兹研究中心的陈飞良副研究员合作完成，研究结果发表在Appl. Phys. Lett. 118.13 (2021): 131103。



图(a) 3mW激发功率下AlGaIn薄膜中含有的单光子发射体的共聚焦荧光扫描图像及其 $g^{(2)}(\tau)$ 曲线图(b), 图(c) AlGaIn薄膜的单光子发射体的荧光光谱。

辐射平衡激光器开发：Yb³⁺:YAG晶体激光冷却

Yb³⁺:YAG晶体因其具有出色的热、机械和光学等特性，一直是高功率固态激光器中广泛使用的增益介质之一。激光运行过程中由于增益介质中的热沉积会造成不良的热效应，不仅影响激光的相干性、偏振性和稳定性，还会阻碍激光功率的提高。为了解决这一基本问题，研究人员开发了各种方法，然而，即使采用先进的散热方案，残余的热效应仍然会使光束质量变差，并最终限制高功率激光的输出。美国海军研究实验室的S. R. Bowman在1999年首次提出：激光增益介质中沉积的热量可以被荧光辐射带走，从而实现无热激光的运转，即辐射平衡激光器(RBLs)。RBLs的首次实验突破和重大进展都以Yb³⁺:YAG晶体作为增益介质。然而，Yb³⁺:YAG晶体激光冷却的温降记录仅约为9K，一直没有取得突破性进展。

印建平教授研究团队利用1030nm高功率光纤激光器对3%Yb³⁺:YAG晶体进行激光冷却，首次获得约80K的温降。利用实验数据获得的外部量子效率、背景吸收系数和平均荧光波长等参数，绘制了3%Yb³⁺:YAG晶体的冷却窗口，预测该晶体的最低激光冷却温度在热电冷却的极限温度180K附近。该实验结果揭示了Yb³⁺:YAG晶体激光冷却到热电冷却温度极限的关键途径，证明了Yb³⁺:YAG晶体优异的激光冷却性能，从而为辐射平衡激光器的研究提供了一个独特的切入点。

实验中，采用非接触式差分荧光光谱测温法测量样品在不同激光功率泵浦下的冷却温度，通过分析作用在晶体上的热负载，理论与制冷实验结果相符。相关研究结果发表在Appl. Phys. Lett., 118, 131104 (2021)。

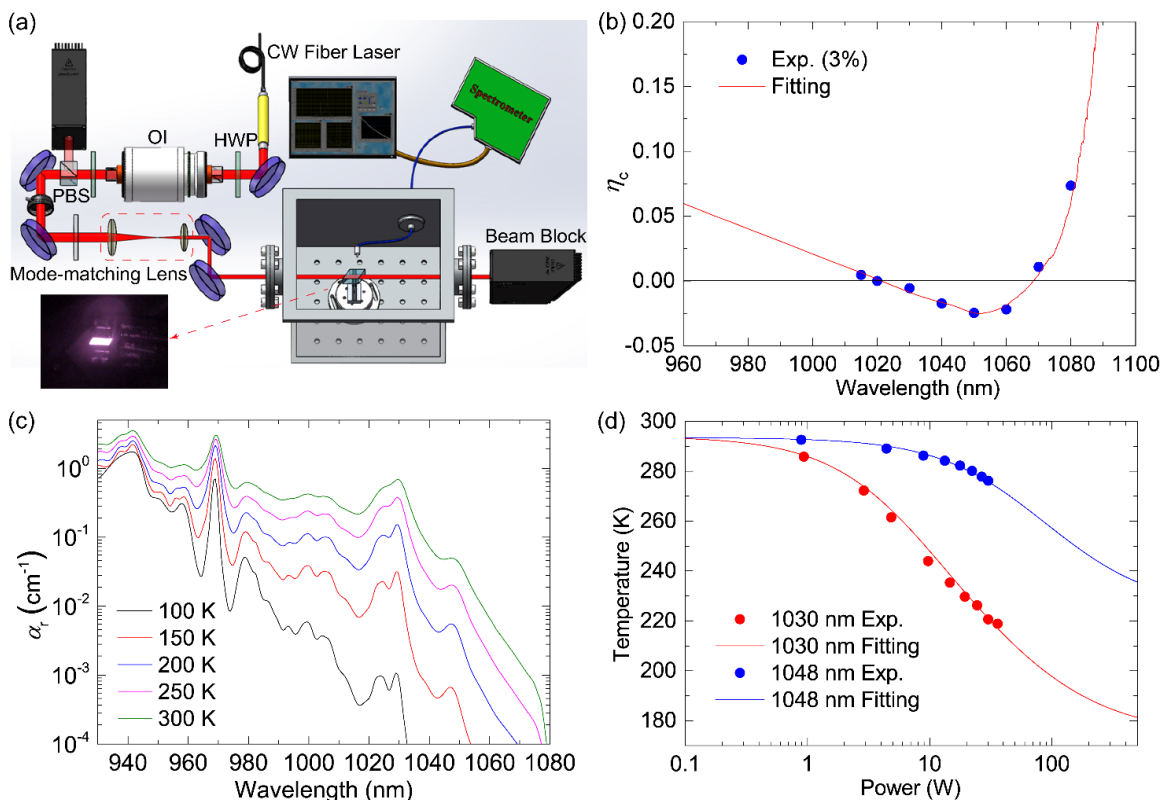


图1 实验装置示意图与3%Yb³⁺:YAG晶体激光冷却实验结果。

核磁共振陀螺仪中Cs-Xe增强因子的测量

光泵浦超极化的惰性气体原子，其极化率的快速测量需要通过测量超极化惰性气体原子产生的等效磁场来实现。光泵浦超极化的过程中，原子磁强计所感受到的等效磁场相比惰性气体原子的极化磁场有显著的增强，这一磁场增强的现象可通过增强因子(Enhancement Factor)进行量化描述。增强因子主要由自旋交换碰撞的原子种类、原子气室温度和磁场环境等决定，其对于Cs-¹²⁹Xe/¹³¹Xe原子核磁共振陀螺仪中Xe原子极化率的快速测量而言非常重要，但目前弱磁高温环境下的Cs-Xe增强因子仍缺乏较为完整的实验研究。

徐业教授团队创新性地使用高灵敏快响应的原子磁强计，对核磁共振陀螺仪中处于弱磁高温下的Cs-Xe自旋交换碰撞弛豫率、Cs原子极化率和Xe原子产生的等效磁场等进行了测量。通过直接测量原子气室在不同温度下的Cs原子极化率、Cs-Xe原子

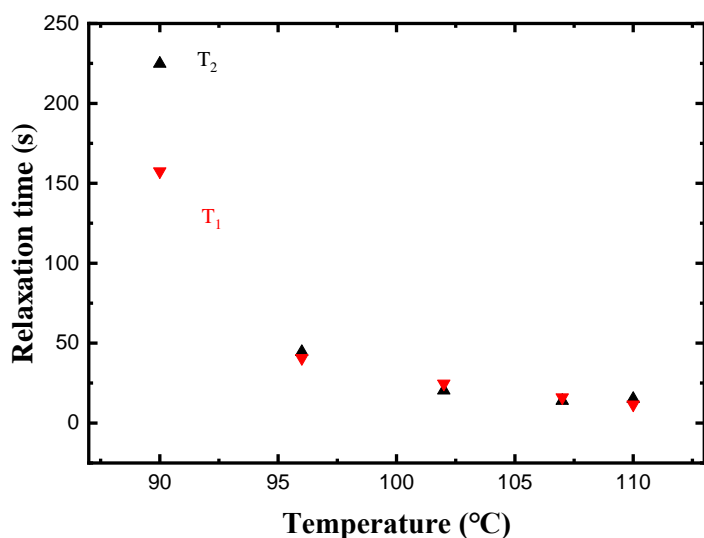


图1 不同气室温度下¹²⁹Xe原子的纵向弛豫时间T₁和横向弛豫时间T₂。较低的气室温度下，观察到的T₂相比T₁更大，此时Cs原子数密度较小，无法有效通过自旋交换碰撞过程使得Xe原子获得较高的极化率。较高的气室温度下，T₁与T₂基本相等，此时Cs-Xe的自旋交换碰撞过程占据主导，Xe可以达到较高的极化率，但Cs原子磁强计的灵敏度因Cs的极化率降低而有所下降。核磁共振陀螺仪的工作温度则需要兼顾Cs原子磁强计的灵敏度和Xe原子的极化率。

自旋交换碰撞弛豫率、Xe原子退极化弛豫率以及极化后的Xe原子所产生的等效磁场等，进而推算得到极化后Xe原子的横向弛豫率、纵向弛豫率和原子极化率，最终实现了Cs-Xe增强因子的高精度标定测量。由实验结果分析得到的Cs-¹²⁹Xe增强因子为 $(1.60 \pm 0.06) \times 10^4$ 。

实验中通过原子吸收谱对原子气室的温度进行了校准，测得的Cs原子极化率和Cs-Xe自旋交换碰撞弛豫率均与理论模型吻合很好。而根据Xe原子退极化弛豫率的测量结果可以观察到自旋交换碰撞过程和Xe原子退极化弛豫过程在不同气室温度和不同泵浦光功率下对Xe原子总弛豫过程的影响。实验中还观察到了Xe原子的横向弛豫率和纵向弛豫率在不同气室温度下的不同走势，这对于核磁共振陀螺仪选取合适的工作温度具有一定的参考意义。相关的研究成果发表在Phys. Rev. A, 103, 023114 (2021)。

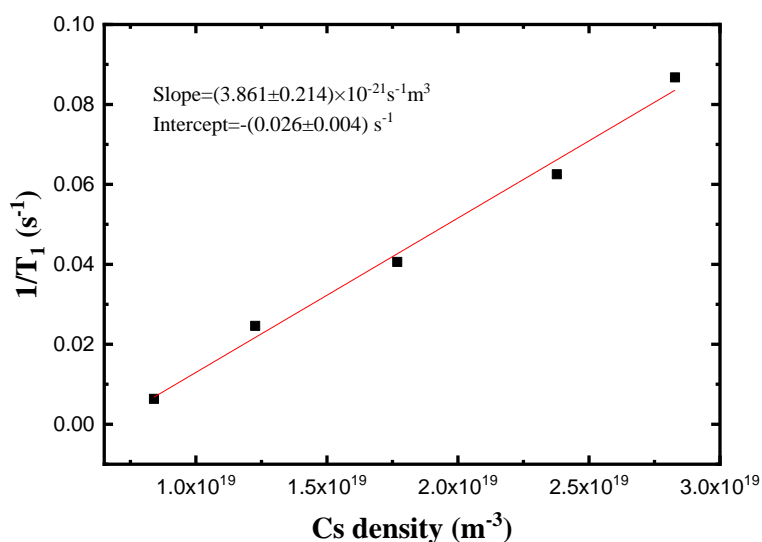


图2 ¹²⁹Xe原子的纵向弛豫率与Cs原子数密度的关系，其中线性拟合的斜率即Cs-¹²⁹Xe的自旋交换碰撞弛豫率。由于在较低的Cs原子数密度下，两者的关系不再满足线性关系，因此图中拟合得到的截距并不是实际上的¹²⁹Xe原子退极化弛豫率。¹²⁹Xe原子退极化弛豫率需要进行更细致的实验，在更低的气室温度下测量得到，此时才可以观察到两者明显的非线性关系。

非共线混频高次谐波：分子激发态动力学探测

高次谐波(High-order harmonic generation)是强激光场与靶材相互作用时高阶非线性效应产生的高能光子辐射。当多束激光脉冲从不同角度入射时,产生的高次谐波与基频光子之间满足能量守恒和动量守恒,因此产生的不同阶谐波信号能够在空间上选择性探测[Phys. Rev. Lett. 106, 023001 (2011)].在强场物理领域,该基本原理目前在制备阿秒光源 [light house, Phys. Rev. Lett. 108, 113904 (2012)]和XUV波段的孤立圆偏光[Nature Photon. 9, 743–750 (2015)]以及测量高次谐波相位信息[Nature 466, 604–607 (2010)]等方面有较多应用。

实际上非共线多脉冲泵浦探测方案在探测大分子激发态动力学方面是较为常见的,例如我们熟知的光子回波技术[PNAS 107, 12766 (2010)].然而在过去的相关工作中,驱动光强度都处于微扰领域。Konstantin Dorfman 研究团队提出,将非共线混频高次谐波方案应用于探测分子激发态动力学将会有诸多优势。首先,该方案利用少周期强红外泵浦光源可以通过隧穿电离再回碰可实现宽能带相干激发态的制备。时间延迟的探测光随后用来探测激发态动力学过程。产生的混频信号能量为 $\omega_s = m\omega_{pump} + n\omega_{probe}$,波矢为 $k_s = mk_{pump} + nk_{probe}$ 。通过选择性地对不同的混频信号进行探测,可以实现选择性地探测不同激发态间的退相干动力学。这对于具有密集能级的生物大分子体系来说,可以有效避免光谱拥堵的情形。相关工作发表于Optics Express 29, 4746 (2021).

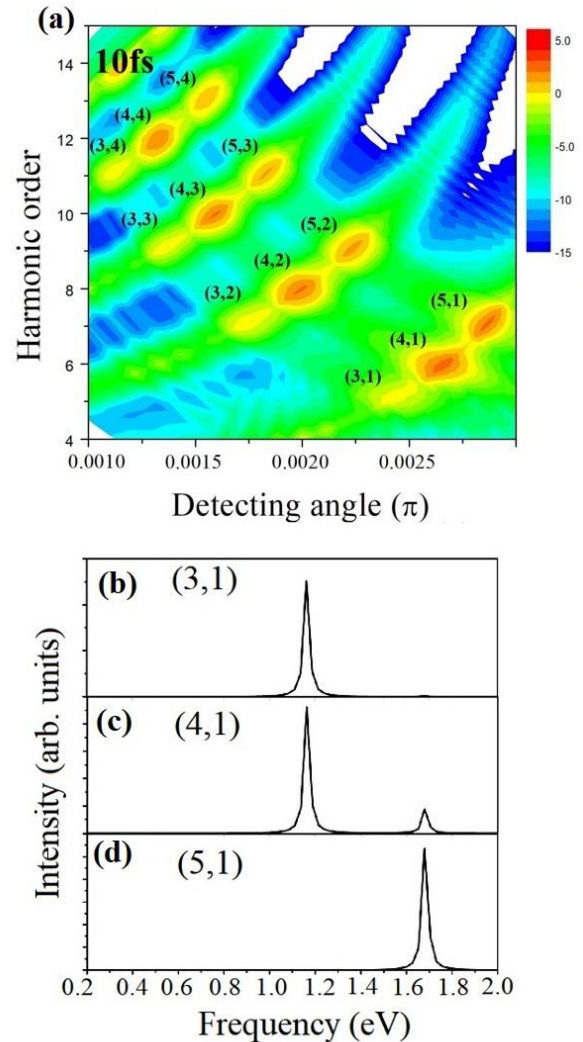


图1. (a) 混频高次谐波谱。(b) 不同混频信号随时间延迟依赖的傅里叶变换光谱。

图1 实验方案示意图与阈上双电离解离路径示意图。

Ga掺杂ZnO晶体材料室温长寿命的电子自旋相干特性

电子自旋自由度有望应用于超高速信息处理和量子计算。在实际应用中，对信息的操控和处理需要长寿命的自旋相干态——而且最好能在室温下传统半导体中实现。ZnO是一种宽禁带直接带隙半导体，处于近紫外光谱范围，是一种具有广泛应用的半导体材料。

半导体通常存在自由电子以及缺陷或杂质束缚的局域电子。相比于自由电子，局域电子的自旋-轨道相互作用受到极大的抑制。因此局域电子通常比自由电子具有更长的自旋寿命。最近实验室的固态体系自旋调控研究小组利用时间分辨法拉第/克尔旋转光谱研究了Ga掺杂ZnO单晶局域电子自旋相干动力学，发现在室温下电子自旋退相位时间长达5 ns（依赖于激发波长和激发功率）。这是室温下利用全光学自旋激发和探测技术在ZnO基的各种维度材料（包括量子点和块体材料）中所发现的最长电子

自旋相干时间。也比其他掺杂和未掺杂的III-V和II-VI族块体半导体的自旋相干寿命更长，例如室温下自旋退相位时间在GaAs块体材料中最长约为110 ps；在纤锌矿结构GaN块体材料中最长约为100 ps；在立方结构GaN块体材料中最长约为2.5 ns；在CdTe块体材料中最长约为60 ps。Ga掺杂ZnO块体自旋相干时间几乎不受横向和纵向磁场的影响，温度的影响也比较小，这些都有利于电子自旋的实际应用。根据磁场和温度依赖实验的测量结果，排除了局域电子自旋弛豫中的非均匀退相位机制、电子与核自旋超精细相互作用机制以及自旋-声子相互作用机制。研究表明，相邻局域电子的各相异性交换Dzyaloshinskii-Moriya相互作用是自旋弛豫的主导机制。相关研究结果发表在 *Phys. Rev. B*, 103, L140411 (2021) (Letter)。

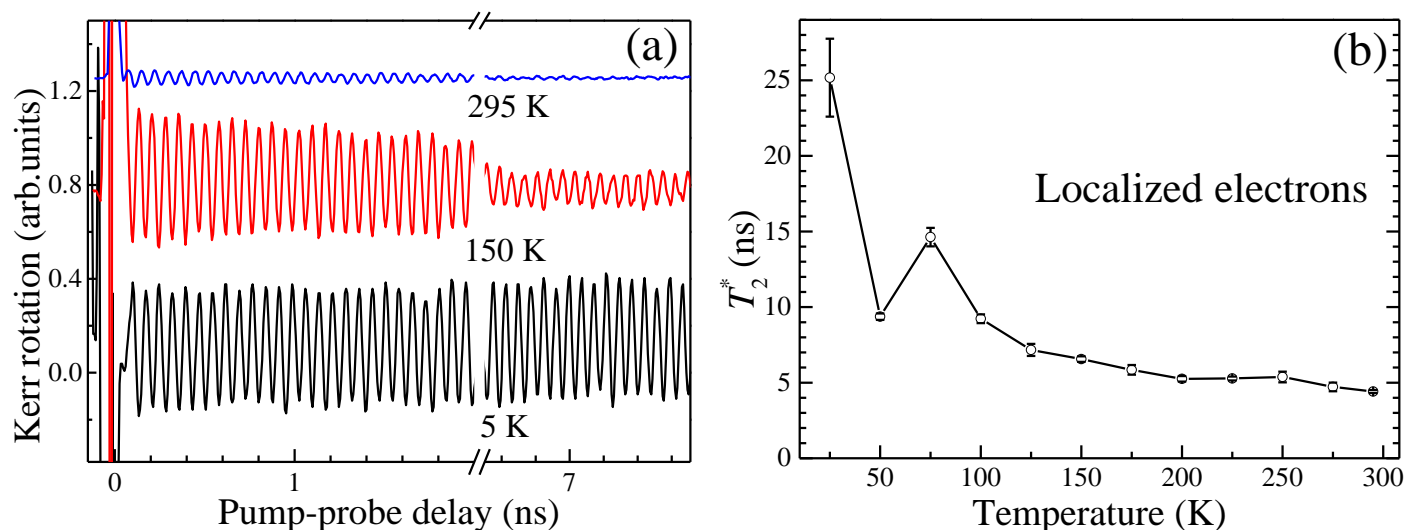


图1 (a) Ga掺杂ZnO单晶中不同温度下的局域电子自旋动力学。(b)局域电子的自旋退相位时间随温度的依赖。

学术报告一览

讲座题目: Time-crystal phase transition and quantum correlations in an emitter-waveguide system with feedback

主讲人: Igor Lesanovsky 教授
 时间: 2021.06.18 15:00
 单位: 图宾根大学
 地点: 腾讯会议 ID: 556 815 442

讲座题目: Quantum Enhanced Precision Measurement

主讲人: 尤力 教授
 时间: 2021.06.09 14:00
 单位: 清华大学
 地点: 光学大楼三楼报告厅

讲座题目: 窄带隙二维材料与器件

主讲人: 张凯 研究员
 时间: 2021.05.27 10:00
 单位: 中科院苏州纳米技术与纳米仿生研究所
 地点: 光学大楼B325会议室

讲座题目: 声子凝聚, 声子激光, 和热调控

主讲人: 李保文 教授
 时间: 2021.05.21 10:00
 单位: 博尔德科罗拉多大学
 地点: 光学大楼B325会议室

讲座题目: 外场对钙钛矿低维结构材料新奇物性的调控效应

主讲人: 郭海中 教授
 时间: 2021.05.14 10:00
 单位: 郑州大学
 地点: 光学大楼B325会议室

讲座题目: 金刚石材料和器件

主讲人: 单崇新 教授
 时间: 2021.05.14 09:00
 单位: 郑州大学
 地点: 光学大楼B325会议室

讲座题目: Dissipative Quantum Matters

主讲人: 翟荟 教授
 时间: 2021.04.29 14:30
 单位: 清华大学高等研究院
 地点: 光学大楼B225会议室

讲座题目: 石墨烯材料和石墨烯导热研究进展

主讲人: 丁古巧 研究员
 时间: 2021.04.27 14:00
 单位: 中科院上海微系统所
 地点: 光学大楼B225会议室

讲座题目: 孤子脉冲激光的实时测量

主讲人: 刘雪明 教授
 时间: 2021.04.16 15:00
 单位: 浙江大学
 地点: 光学大楼A508会议室

讲座题目: Hyperbolic Geometry in Quantum System

主讲人: 张仁 副教授
 时间: 2021.04.13 14:00
 单位: 西安交通大学
 地点: 光学大楼B225会议室

讲座题目: 原子无线电技术

主讲人: 刘焱 副教授
 时间: 2021.03.25 15:00
 单位: 国防科技大学
 地点: 光学大楼B225会议室

吴健教授课题组成果入选2020年度中国光学十大进展

4月25日，首届光学前沿高峰论坛暨2020年度中国光学十大进展颁奖典礼在杭州市富阳区举行。本年度中国光学十大进展评选活动经过首轮推荐、初评、终评三个环节，48位评审专家综合考虑候选成果的学术价值和应用价值，并以无记名投票方式，最终选出10项基础研究、10项应用研究优秀光学成果。华东师大精密光谱科学与技术国家重点实验室吴健教授科研团队与合作者的科研成果“单分子振动回声”从100余件候选工作中脱颖而出，成功入选2020年中国光学十大进展名单（基础研究类）。该团队利用超快飞秒激光和符合探测技术，首次实验观测到了单分子体系内的超快振动回声。与传统的回声相比，振动波包回声发生在单个的孤立分子内，表现出强烈的量子效应。分子振动波包回声在其他体系内具有普适性，随着探测技术的发展，研究人员有望借助单分子振动回声揭示大分子的内部的超快动力学过程和更多的物理信息。

“中国光学十大进展”评选活动由中国激光杂志社发起，至今已成功举办15届，旨在促进中国优秀光学研究成果的广泛传播，推动中国光学事业的发展。凭借高学术水平的候选成果，以及严格公正的评审机制，这一奖项备受业界认可，具有高度的公信力和影响力。吴健教授长期从事超快激光物理的前沿研究，在分子超快动力学的精密测量与控制方面做出了创新工作，近年来发表SCI论文130余篇，包括1篇Nature Physics、24篇PRL，部分成果获得2019年上海市自然科学奖一等奖。



中国科学院院士、中科院上海光学精密机械研究所研究员范滇元院士颁发奖杯和证书

9位优秀人才加盟实验室

2020年10月至今，9位优秀人才加盟实验室，他们分别是孙政、潘登、朱晓龙、沈昊、高健、王煜蓉、杨坚、陈龙、杨振伟。个人简介如下：



孙政，1985年生，2017年毕业于美国纽约市立大学研究生院获得博士学位，2017年11月至2020年10月在美国匹兹堡大学从事博士后研究工作。主要研究方向可以概括为探索微观尺度下光和物质相互作用，研制可调控材料光学特性的光子晶体，包括光学微腔和超物质材料。近年来在Nature Photonics, Nano Letters, ACS Photonics等期刊杂志发表论文15篇，他引近700次。2020年12月加入精密光谱科学与技术国家重点实验室吴健教授团队。



潘登，1987年生，2015年于中国科学院物理研究所获得博士学位；2016年6月起至2020年12月，在西班牙巴塞罗那光子学研究中心（ICFO）从事博士后研究工作。其主要研究领域为微纳光学，具体研究内容包括等离激元光学、石墨烯光学、卡西米尔效应、纳米传热学和电子束中的光学激发现象等。2021年1月加入精密光谱实验室徐红星院士课题组。



朱晓龙，1986年生，2014年在丹麦技术大学光子工程系获博士学位，之后留校工作经历任博士后，助理教授/研究员，2021年5月加入华东师范大学精密光谱实验室。研究方向主要为结构电磁材料及光与它们的相互作用。近年来在 Nature Nanotechnology, Nature Communication, Science Advances等期刊杂志发表论文36篇，其中第一作者16篇，引用1800余次。H-index 19。申请PCT国际专利3项。



沈昊，1983年出生，2014年在中国科学院物理研究所获得博士学位，2011年至2014年在美国加州大学，圣地亚哥分校做访问学者，2015年至2018年先后在美国加州大学，圣地亚哥分校和科罗拉多大学，博尔德分校做博士后。主要研究方向为超分辨光声成像、非线性光声效应，以及散斑理论、超材料等。近年来，在Phys. Rev. X, Nano Lett., Adv. Mater.等国际知名杂志发表SCI论文10余篇。2021年3月以专职副研究员加入精密光谱实验室徐红星院士课题组。



高健，1989年生，2020年获得上海交通大学物理学博士学位。研究方向为超短强激光与物质相互作用产生极紫外/X射线波段相干辐射以及阿秒脉冲。曾参与完成国家自然科学基金、国家重点研发计划以及上海市自然科学基金等。在Phys. Rev. E、Phys. Plasmas等国际专业期刊上发表论文11篇，合作专利5项。2020年10月以博士后加入吴健教授课题组开展博士后工作。



王煜蓉，1993年生。2020年在华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室获得光学博士学位，博士期间的研究方向为单光子探测技术及其应用。近年来，在IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron., Chin. Opt. Lett., Sensors等SCI期刊发表9篇学术论文。2020年12月加入吴光研究员课题组开展博士后研究工作，研究内容聚焦于星载激光时频传递链路中的高精度高稳定度单光子探测。



杨坚，1993年生，2019年在莱斯大学获得博士学位。主要研究领域为微纳光学，研究方向包括共振光激发下纳米结构增强的热效应、光散射和非线性效应等，探索纳米结构在光探测、精密微加工和光学元器件等方面的应用。近年来在Nano Letters, Materials Today和Light: Science & Applications等期刊上发表多篇学术论文。2020年12月作为博士后加入徐红星院士课题组。



陈龙，1992年生，2021年获得华东师范大学博士学位。主要研究领域为超快激光精密加工及其动力学过程。主要研究方向为超快激光加工涡轮叶片气膜孔和火焰筒气膜孔、飞秒激光在透明材料表面制备周期纳米结构和多光束激光诱导复合纳米-微米周期结构。曾参与完成国家自然科学基金项目、上海市横向课题项目。近年来，在Optics Express, Opto-Electronic Advances, Physical Review B, Optics&Laser Technology 等学术期刊发表论文8篇，发明专利8项。2021年3月以博士后加入徐红星院士课题组开展博士后工作，研究方向聚焦于火焰筒气膜孔的超快激光加工。



杨振伟，1992年生，2014年毕业于江苏师范大学；2014年-2020年就职于伊比利亚纳米国际实验室苏州创新中心 主要负责中心的新技术引进，产学研结合，政府接洽谈判与合作协助课题项目管理工作；运用定性研究、实证研究、量化研究(包括因子分析、方差分析、层次回归分析等)等研究方法并就相关研究问题研究内容提出假设、设计问卷(量表)、构建模型、检验模型的；使用Stata、Spss等统计分析软件并对相关统计数据结果进行描述说明；协助中心高效率高质量完成科研任务。2020年11月以科研助理加入精密光谱实验室徐红星院士课题组。

倪宏程研究员荣获2021“上海科技青年35人引领计划”

2021年4月28日，2021“上海科技青年35人引领计划”在上海音乐厅颁奖。我校精密光谱科学与技术国家重点实验室倪宏程研究员在“面向世界科技前沿”方向获奖，以表彰其“首创了完整包含量子特性的反向演化方法，广泛适用于超快物理领域，有望突破阿秒时间分辨率极限”。

2021“上海科技青年35人引领计划”由上海市人才办、市科技工作党委、团市委和市青联指导，市青年科技人才协会主办，YSP未来战略研究院承办，旨在为全面实施人才引领发展战略，全力强化上海科技创新策源功能，培养和造就一批具有全球视野和创新影响力的青年科技人才。该计划分别聚焦世界科技前沿、经济主战场、国家重大需求、人民生命健康等战略方向，每年评选35岁以下不超过35位获奖者和15名提名获奖者，以支持广大科技青年不忘初心、牢记使命，努力成为科学规律的第一发现者、技术发明的第一创造者、创新产业的第一开拓者、创新理念的第一实践者。



倪宏程2008年本科毕业于南京大学，2014年博士毕业于美国科罗拉多大学博尔德分校，之后在德国马克斯普朗克复杂系统物理研究所、奥地利维也纳科技大学从事博士后研究，2019年加入我校精密光谱实验室担任研究员。

倪宏程研究员介绍说，隧穿是量子过程区别于经典过程的最典型的案例，而隧穿电离超快过程的理论研究一直缺少一种包含完整物理过程和量子效应并兼顾清晰物理图像的理论手段。为此，倪老师发展了完整包含量子特性的“反向演化”理论计算方法，其通用性为多种阿秒超快过程的探索提供了独特的研究视角。运用反向演化方法，倪老师澄清了原子隧穿电离延长期争议，发现了激光诱导电子轨道形变，并导致电离时刻偏移，研究了光场动量亚周期超快传递过程，揭示了隧穿电离过程中的非偶极非绝热相互耦合新机制。进一步，反向演化方法还有望引领我们突破阿秒时间分辨率极限，实现仄秒超快分辨。

第十届“成像技术及其在原子分子物理中的应用学术研讨会”圆满召开

2021年5月20日—23日，第十届“成像技术及其在原子分子物理中的应用学术研讨会”在上海市青浦区圆满召开。本次会议由华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室、复旦大学现代物理研究所和核物理与离子束应用教育部重点实验室和联合主办，会议主席由华东师范大学吴健教授和复旦大学魏宝仁教授共同担任。

研讨会于5月21日上午正式开幕，开幕式由华东师范大学吴健教授主持，华东师范大学孙真荣副校长致开幕词。孙校长对各位老师和同学的到来表示热烈欢迎，同时也希望此次研讨会可以为各大高校和研究所提供一个加强交流和合作的平台。复旦大学魏宝仁教授介绍了本次研讨会的筹备过程，向各位学者的到来表示衷心的感谢。本次研讨会共安排38场学术报告，内容涵盖原子分子散射动力学、超快激光与原子分子及团簇的相互作用、原子分子谱学、化学反应动力学、冷碰撞和超冷等离子体、成像技术及其在交叉领域中的应用等研究领域。来自北京大学、清华大学、华东师范大学、复旦大学和中国科学院等30多家高校和研究所的180多位代表齐聚一堂，共同研讨成像技术在原子、分子及光物理研究中的重要作用，分享成像技术在粒子（光子、电子、离子）以及超快激光与原子、分子和团簇的相互作用等研究领域取得的重要进展。

“成像技术及其在原子分子物理中的应用学术研讨会”于2006年首次举办，至今已成功举办十届，该系列大会已经成为国内原子分子和光物理领域一个非常重要的交流平台。此次“成像技术及其在原子分子物理中的应用学术研讨会”取得圆满成功，不仅促进了各个高校和研究所在成像技术领域的学术交流，更是促进了物理、化学、天文、生物等学科之间的交叉与融合。



第十届“成像技术及其在原子分子物理中的应用学术研讨会”召开

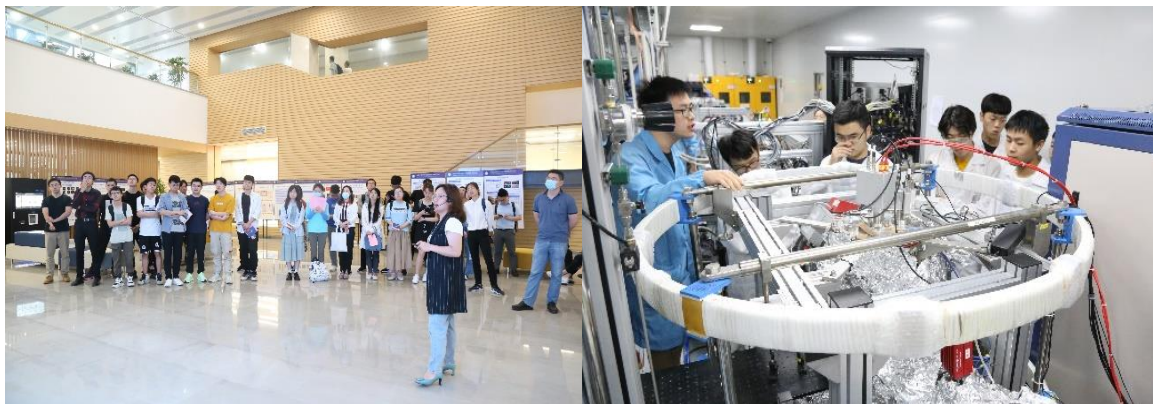
精密光谱科学与技术国家重点实验室 开放日活动成功举办

2021年是建党100周年，是全面建成小康社会、实现第一个百年奋斗目标之年，是开启全面建设社会主义现代化国家新征程、向第二个百年奋斗目标进军的开局之年，是上海建设具有全球影响力的科技创新中心“十四五”起步之年。为隆重纪念建党100周年，推动科技创新成果和科学普及活动惠及于民。精密光谱科学与技术国家重点实验室积极响应，举办本期开放日活动，邀请市民、企事业单位和高校学生参加交流学习，向广大群众科普精密光谱相关科学前沿科技，展示科技创新对国家经济社会发展的重要支撑作用，展示上海科创中心建设取得的成就。

5月28日上午，精密光谱科学与技术国家重点实验室公众开放日活动在华东师范大学闵行校区光学大楼举办。本次活动吸引了四十余名普通市民、企业技术人员、学生等前来参观。重点实验室副主任郑利娟向参加活动的人员介绍了激光具有“最准的尺、最快的刀、最亮的光”的特点及其服务于相关领域，并介绍了实验室所在细分研究领域、研究特色及成果等建设情况，实验室总工潘海峰介绍了光学研究实验室的软硬件环境。接着大家观看了实验室宣传视频，让大家对精密光谱科学与技术国家重点实验室有一个宏观的基本认识，激发了大家对精密光谱科学与技术研究领域的兴趣。

本次活动展示了国重实验室的仪器平台、先进实验设备等，大家参观了光场时频域精密控制研究、冷镜原子光钟研究、高精度时频传输网络研究平台、超快分子精密测控研究、超冷量子气体精密测控研究、分子冷却与精密光谱研究、量子反应动力学研究、单光子灵敏测控与成像研究、全波段高功率光梳及光谱研究、超快激光及超高速成像研究、超快激光超限制制造、高分辨精密光谱分析与计算、星地激光测距与时频传递研究、发动机精密激光加工与测量、光子芯片与微纳精密传感研究等十余个创新研究平台，让大家多形式、多角度了解精密光谱领域先进的科学技术与实验装备，近距离感受科研创新成果的魅力。

精密光谱科学与技术国家重点实验室此次公众开放日活动是“百年回望：中国共产党领导科技发展”全国科技活动周的重要组成部分，也是深入贯彻落实习近平总书记关于科技创新重要讲话精神的具体体现。通过邀请社会公众走进国家重点实验室，展示前沿科技成果，普及科学知识，积极推动营造社会科技文化氛围，让广大市民进一步了解国家重点实验室，让青少年更进一步心怀科学梦想，树立创新志向！



中法联合培养研究生项目(ProSFER) 超快光学 春季课程成功举办

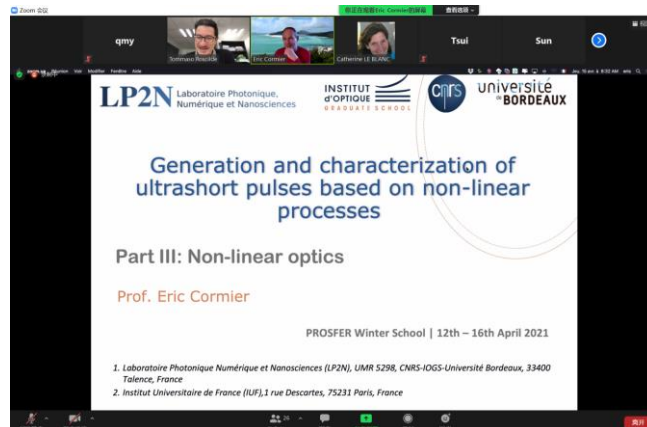
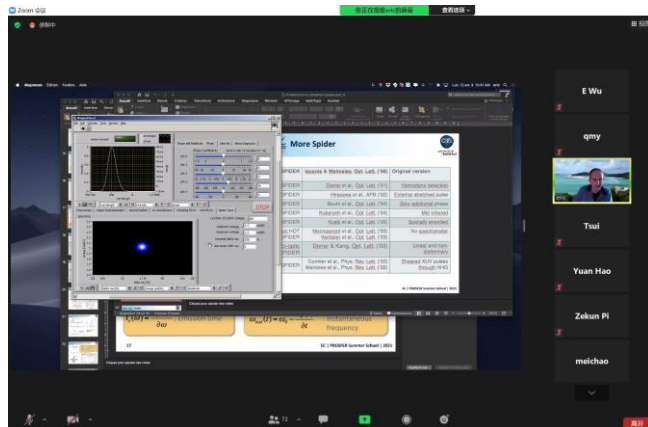
2021年4月12日—23日，中法联合培养研究生项目(ProSFER) 超快光学春季课程成功举办。中法联合培养研究生项目(ProSFER)是华东师范大学与法国巴黎-萨克雷高师、里昂高师、雷恩高师的联合办学项目，于2002年11月经教育部批准正式启动，至今已运行19年，培养了大批优秀学生，得到了中法两国教育部门的高度评价。

本次ProSFER超快光学春季课程邀请了波尔多大学的Eric Cormier教授、里昂第一大学的Franck Lépine教授，巴黎综合理工学院的Jean-Michel Hartmann教授、勃艮第-弗朗什孔泰大学的Olivier Faucher教授、里昂高师的Tommaso Roscilde教授、巴黎萨克雷大学的Laurent Coudert教授、巴黎理工学院的Catherine Le Blanc教授，上海交通大学的陈燕萍特别研究员、中科院上海光机所的王铁军研究员、上海理工大学的刘一教授等在超快光学领域的知名教授集中授课。鉴于全球新冠疫情的蔓延，此次课程全程采用Zoom线上模式。授课形式包括课程和报告，授课内容涵盖超短脉冲的非线性产生、飞秒脉冲产生、阿秒光脉冲产生及应用等方面。

此次课程面向华东师范大学、上海交通大学、上海理工大学、中国科学院大学等国内高校以及法国里昂大学、勃艮第-弗朗什孔泰大学、加拿大阿尔伯塔大学等国外高校的研究生和教师开放，共吸引了来自法国萨克雷高师、里昂高师、里昂第一大学、波尔多大学，德国慕尼黑工业大学、耶拿大学，中国北京大学、南开大学、上海交通大学、华东师范大学、武汉大学等45所国内外高校的183名教师和学生参与。

授课教授们具有丰富的教学经验，在教学时注重与学生们的互动，循循善诱，充分发挥学生们的主动性。课程设计思路清晰，环节紧凑，教授们不仅详细讲解了超快光学基础知识，还在各自的领域进行了扩阔，由浅入深，层层递进。学生们均表示这次课程让大家有机会系统地学习了超快光学的相关知识，收益颇多。课程结束后，许多同学表达了对日后能继续加入中法联合培养研究生项目，学习光学课程的期待。

此次课程的开展可以让更多的学生能够了解中法联合培养研究生项目，也有助于华师大发掘出更多优秀的生源。中法联合培养研究生项目培养了大批能在学科领域做出创造性成果的国际化创新型高级专门人才，为中法两国在科技创新等领域的合作助力。



实验室举行“麓邦光学”奖学金颁奖典礼

2021年3月17日上午，精密光谱科学与技术国家重点实验室2021年“麓邦光学”奖学金颁奖典礼在光学大楼B325举行。麓邦光电科技有限公司创始人兼总经理李晓春、市场部总监范颖超、品牌策划部副经理李扬彦、科研产品线销售经理莫忠、精密光谱科学与技术国家重点实验室主任吴健、副书记马玲、精密光谱专项基金管理委员会秘书长吴光以及获奖同学参加了本次颁奖典礼，典礼由实验室辅导员杨欣怡主持。

实验室主任吴健欢迎李晓春先生一行，并感谢长沙麓邦光电科技有限公司的慷慨捐赠，围绕光学学科的技术研发、产学研成果转化等话题他们进行了亲切交谈。



精密光谱科学与技术国家重点实验室“麓邦光学”奖学金由长沙麓邦光电科技有限公司捐赠设立，旨在激励实验室学生刻苦学习、创新进取、全面发展。经过前期评审，实验室共有10名硕博研究生获此殊荣。李晓春先生一行为获奖同学颁发了奖状，并热忱欢迎实验室师生到麓邦光电科技有限公司参观、实习。



李晓春先生寄语同学们要勤奋投入科研创新，践行以光学技术推动科技进步的使命，积极促进产学研的融合与发展。李晓春先生一行还参观了精密光谱超净实验室，近距离了解同学们的科研情况。

公考路漫漫其修远兮

——实验室举办“选调生、公务员考试”专题讲座

为了帮助实验室学生进一步了解选调生和公务员考试形式和内容，提前做好职业规划，2021年4月2日下午，精密光谱科学与技术国家重点实验室邀请了中公教育曾秀娟老师做“选调生、公务员考试”专题讲座，辅导员杨欣怡主持，实验室30余名毕业班和非毕业班同学参加。



讲座分为“国家公务员考试”“上海公务员考试”“选调生考试”和“现场答疑”四个部分。首先，曾老师详细为同学们讲解了不同类型公务员考试的报考时间与考试流程，并且着重分析了国家公务员和上海公务员在薪资待遇、考试内容等方面的特点和区别。接着，曾老师用清晰的对比图表为大家厘清上海选调生考试中“专项选调”和“定向选调”的区别，并且分析了选调生在选拔方式和培养方式上的特殊性，建议有意向报考的同学们在平时的学习生活中通过参加社会实践、学生工作、学术科研活动等充实自己，为日后参加选调生选拔增添砝码。



答疑环节，同学们踊跃提问：选调生必须是应届生才能考吗、其他省份的公务员待遇如何、中央选调和上海选调的区别等等，曾老师结合自己多年的培训和研究经验一一给予了耐心的解答，并且鼓励同学们积极应对考公之路，合理规划时间，早做准备，在时间和精力不冲突的情况下，尽可能多参加一些选调生、公务员考试，最后再选择自己心仪的城市和岗位。最后，杨欣怡老师感谢曾老师的详细讲解和分析，同学们也纷纷感谢曾老师的帮助。



华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室
State Key Laboratory of Precision Spectroscopy, East China Normal University

地址：上海市闵行区东川路500号光学大楼A229（200241）

电话：021- 54836023

邮箱：lps@phy.ecnu.edu.cn

Optics Building A229

Minhang Campus: 500 Dongchuan Rd.,Shanghai 200241

Tel: 021-54836023

Email: lps@phy.ecnu.edu.cn



官方微信公众号



实验室招生群