

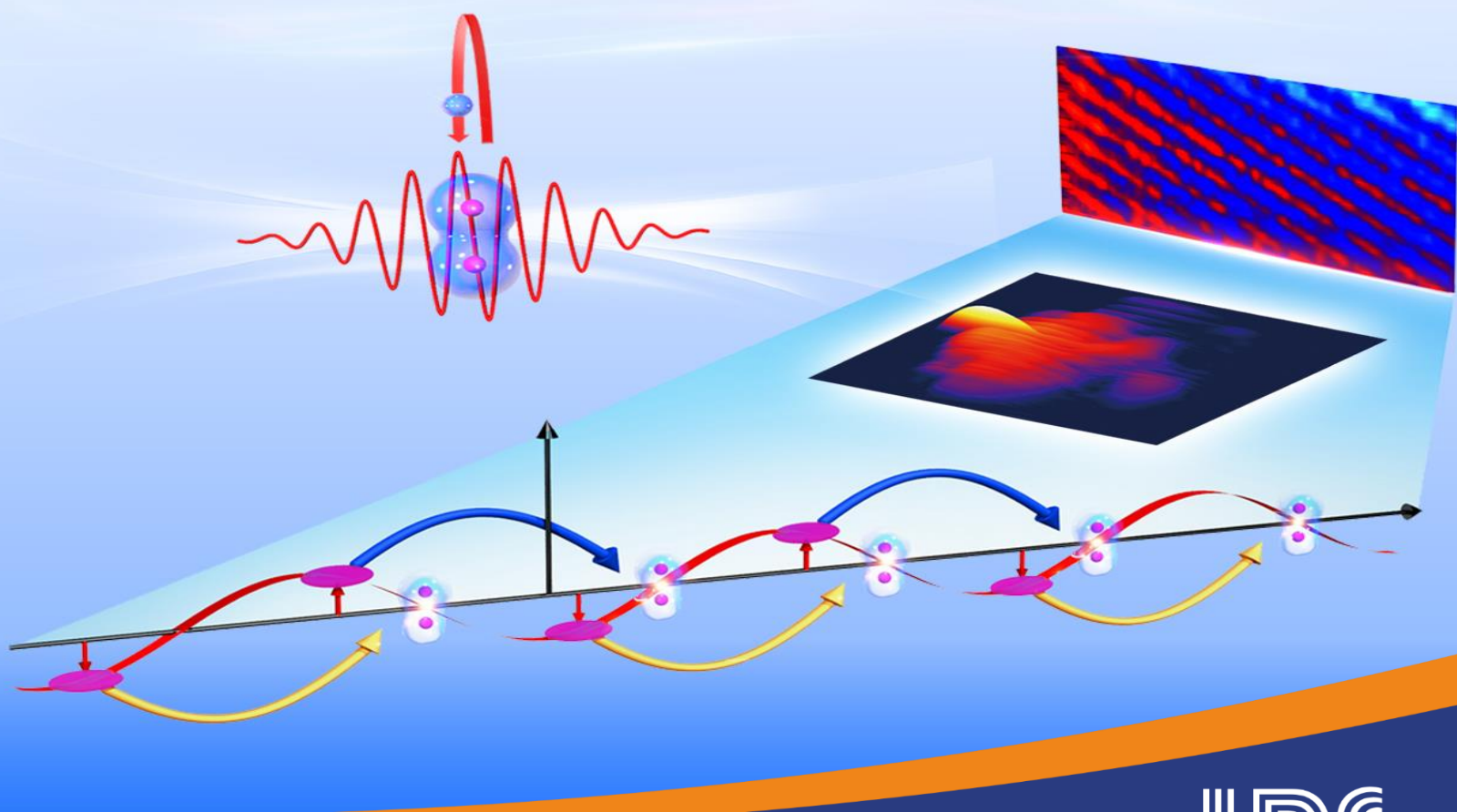
# 实验室通讯

## SKLPS COMMUNICATIONS

No.01

2018/02, Feb

2018年02总第1期



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)

# 目录



---

科研进展	01	分子高阶阈上解离
	02	分子超快强场作用下电子重俘获行为精密测控
	03	基于单光子计数和相干测量的多维光谱新方法研究
	04	空芯光子晶体光纤中光脉冲的存储与读取研究
	05	分子芯片表面的静电晶格
	06	推广的Grover算法
	07	稀土离子价态转化的超快光场调控
	08	两束飞秒光丝干涉在水中形成的等离子体光栅研究
	09	卤素原子的超精细光谱研究
	10	基于自相似放大的高功率低噪声飞秒光学频率梳技术
学术报告	11	2017年12-2018年2月实验室学术报告一览
开放运行	13	2017年度精密光谱科学与技术国家重点实验室学术委员会会议成功召开
	14	第四届“全国超快光谱研讨会”第一轮通知
	14	华东师大与中国航天510所签约启动联合研究和人才培养
队伍建设	15	四位优秀人才加盟实验室
	16	华东师范大学2018年度青年科学家（学者）国际论坛暨第三届原子分子光物理国际青年论坛通知

---

## 分子高阶阈上解离

当光场峰值强度达到 $10^{13}$ 到 $10^{15}$  W/cm<sup>2</sup>的脉冲激光与原子分子体系相互作用时，由于激光场强度与原子核附近的库仑电场强度相当、甚至更高，电子在激光场的驱动下剧烈运动，发生量子隧穿电离。1979年，Agostini等人在氩原子的多光子电离过程中首次观测到具有光子能量间隔的阈上电离光电子能谱，揭示了电子波包周期间干涉导致强场隧穿电离的电子吸收光子能量的量子化行为。类似地，强激光场作用下分子多光子吸收诱导化学键断裂过程中，原子核波包的周期间干涉，将反映出原子核吸收光子能量过程中的量子化行为。1990年，A. Giusti-Suzor等人理论预言了该量子化行为将表现为分子阈上解离原子核能谱具有光子能量间隔的一系列分立峰结构。在随后的近30年里，科学家一直尝试通过设计各种实验去验证该物理图像的正确性，然而却一直难以在实验上观测到清晰的高阶阈上解离能谱。实验室吴健课题组近年来开展了一系列有关分子解离的实验探索，观测到分子多光子吸收过程中电子和原子核对光子能量的关联共享效应，揭示了分子振动态布居作为电子-核共享多光子能量的物理机制 [Phys. Rev. Lett.111, 023002 (2013); Phys. Rev. Lett. 117, 103002 (2016)]。在此基础上，该小组最近提出

利用隧穿电离电子与母核回碰诱导分子解离方案重新实验探索了分子高阶阈上解离（图1）。通过电子-离子符合测量获取电子和原子核的三维动量信息，从电子-核关联能谱上同时观测到高阶阈上电离和高阶阈上解离能谱。并且，与上海交大的何峰教授课题组合作，理论上验证了分子内重散射诱导的电子-核关联量子波包的周期间干涉导致强场分子吸收光子能量的量子化，最终表现为关联的阈上电离和阈上解离能谱。对于同核双原子分子而言，正负电荷中心重合，不具有固有偶极矩，因此，原子核不能直接从光场中吸收光子能量。但是，特定时刻隧穿电离的电子在激光场作用下会回到母核附近发生非弹性散射。在这过程中，隧穿电离的电子首先在激光场中吸收大量的光子能量，与原子核发生重散射时，再将大部分吸收的光子能量传递给原子核，产生高能离子，即高阶阈上解离原子核能谱。相关研究结果发表在 Proc. Natl. Acad. Sci. 115, 2049 (2018)。

这项研究工作是近30年来首次实验观测到分子高阶阈上解离原子核能谱，为激光场制备高能离子开辟了新途径，同时，发展的电子-原子核的关联能谱技术为探索分子内电子-核的关联效应，以及分子结构和轨道成像等提供了新方法。

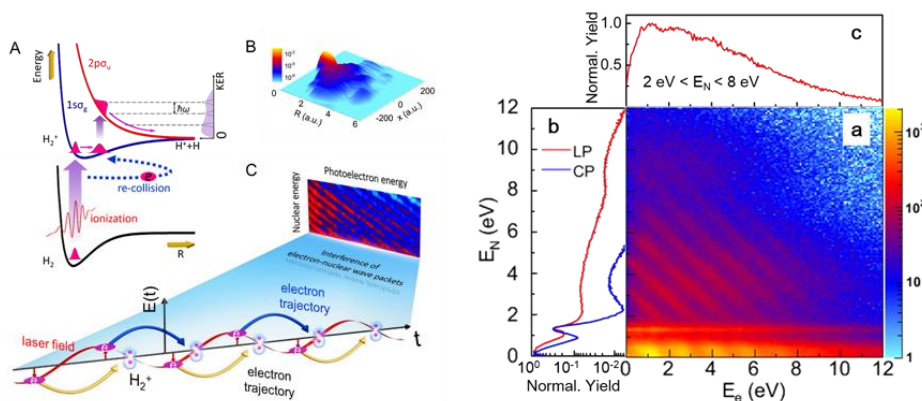


图1 隧穿电离电子与母核回碰诱导分子原子核高阶解离。



# 分子超快强场作用下电子重俘获行为精密测控

超快激光场作用下，原子或分子内的束缚电子将从光场中吸收光子能量发生隧穿电离，其电离几率正比于激光场强度。但是，研究人员发现在强激光场作用下电子有一定的概率不被电离而被囚禁在里德堡态，形成稳定的中性里德堡原子分子。电子重俘获是理解这一现象的物理机制，即部分隧穿电子由于从光场中获得的动能较小，不足以克服原子核库伦势的束缚，从而在激光场消失后有一定的概率会被原子核重新俘获，形成高激发的中性里德堡态原子。强激光诱导电子重俘获激发里德堡态，在中性原子加速、低能光电子结构以及近阈值谐波产生等强场物理现象中有着重要的应用。

自从2008年强激光诱导电子重俘获被发现以来，研究人员开展了一系列的相关研究，但主要集中在稳态的效应探索。动态演化过程的测量是真正理解物理机制，实现有效调控的不可或缺的手段，为强场分子物理研究提供新思路。强激光场中的电子重俘获行为是一个动态的超快过程，对电子重俘获的位置和时间的实时测量，将极大深化我们对这一基本物理行为的认识，为电子重俘获相干调控发展新方案。

氢分子 $H_2$ 作为最简单的两电子中性分子系统，在揭示分子基本动力学过程方面扮演了重要的角色。最近，实验室吴健教授课题组利用超快飞秒激光脉

冲与氢气分子相互作用，开展了电子重俘获超快行为的实验研究。通过符合探测光电离解离产生的自由电子、离子 $H^+$ 和中性里德堡原子 $H^*$ ，并结合基于少周期激光脉冲的泵浦-探测技术，首次实时观测到了电子被解离核重新俘获的超快动态演化过程。当氢分子处于激光场中时，首先发生单电离过程，产生的氢分子离子( $H_2^+$ )核波包将在势能曲线上运动，当核波包运动到一定的核间距时会发生共振增强电离，进一步电离第二个电子并继续解离。在第二步电离过程中产生的光电子在激光场和原子库伦场的作用下，有可能被其中的一个解离核重新俘获，形成中性里德堡态原子 $H^*$ 。实验研究表明，当探测光与泵浦光的延时分别为16、25、67飞秒时，通过共振增强电离的光电子将被其中一个解离核俘获，而此时解离核的核间距为分别为4.9、7.8、14.9原子单位。在上述动态演化过程的实时观测的基础上，通过控制双色激光场的相位，实现了电子重俘获过程的精确操控。该项研究揭示了电子重俘获超快动力学的基本物理过程，为利用时频精密控制的超快光场选择性激发里德堡态提供了新思路。本实验工作与上海交通大学何峰研究员的理论课题组合作，相关研究结果发表在国际物理学顶级期刊Phys. Rev. Lett.119, 253002(2017)。

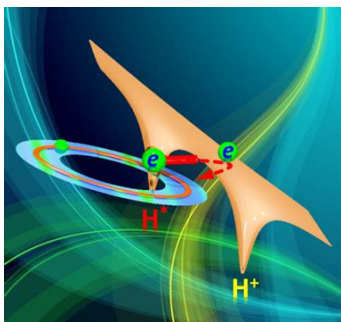


图1 电子重俘获图像。

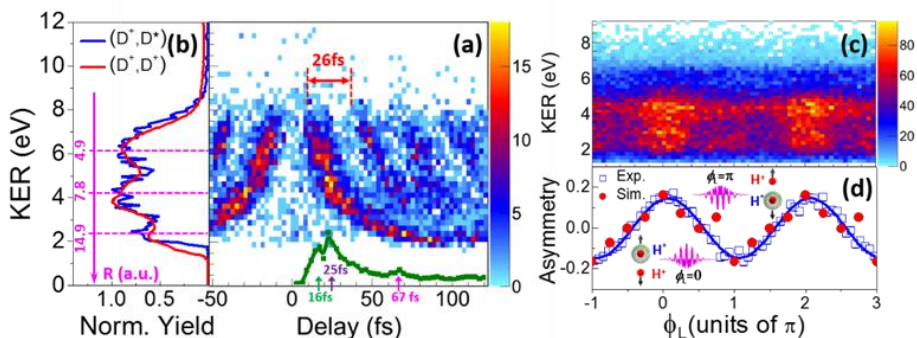


图2 解离核能量谱随泵浦-探测延时的演化及其与双色激光场相位的依赖关系。

# 基于单光子计数和相干测量的多维光谱新方法研究

腔量子电动力学在1946年由Purcell提出，1963年Jaynes 和 Cummings提出了量子辐射理论用于微波激光束。后来Haroche 和 Kleppner在1980年代发展了完整的腔量子电动力学框架用于描述光学腔内部光与物质相互作用，并获得2012年诺贝尔奖。光学腔内原子的缀态被广泛应用于量子，非线性和激光冷却等领域。最近人们发现可以通过把分子的电子态，振动态跟腔辐射模式耦合的方式来研究分子。通过腔极子效应来改变势能面从而控制化学反应的速率和产出，开辟了腔光谱学和化学相结合的新的研究方向。

根据Purcell效应，强相干归因于腔内部辐射态密度的增强，从而导致腔模式光子辐射的显著增强。原子和光子组成的激子态可以用Jaynes–Cummings模型来解释，这个模型是量子光学的基石。实验室Konstantin E. Dorfman研究小组用了一个广义的J-C模型，这个模型中腔和场的关联是时间相关的，所以有时间相关的JC本征态。它们的自发辐射可以用时频分辨的光子门控探测到。实际应用包括超快单光子上转换机制或者太赫兹扫描隧道显微镜。当物质和场耦合的变化大于耦合本身的倒数的时候，就

必须要优化瞬间光谱分辨率。他们用1960年代以来常用的只用一个参数来同时控制时频分辨率的物理光谱比较了门控，发现时频门控能够分辨很多物理光谱不能够探测的动态特征。

对于腔的慢调控，时频门控不是必须的，物理光谱就足够了。对于快调控，当时间尺度和频谱宽度的乘积跟不确定性极限接近的时候，物理光谱失效，这时就需要时频分辨的门控。这种复合计数提供了比光子计数更多的信息。二维光谱体现了不同的缀态原子间关联的重要性，因为光子对可以从两个JC阶梯态的叠加态产生。所以可以提供分子间通过场和腔关联的信息，而谱线形状则提供环境波动的信息。

基于单光子计数和相干测量的多维光谱技术可以广泛应用于腔内光化学和光物理的研究。实验室Konstantin E. Dorfman研究员和加州大学尔湾分校的Shaul Mukamel 教授合作提出了一种新的研究光学谐振腔内分子极子的多维光谱方法，为激光稳定过程、化学反应的超快行为和相干控制研究开辟了新的途径，相关成果发表在Proc. Natl. Acad. Sci. 115, 1451 (2018)。

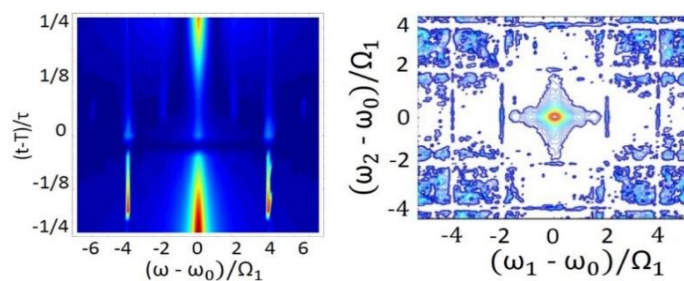
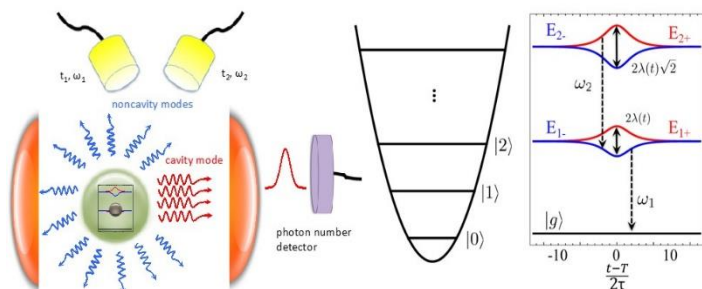


图1（左侧图）原子在腔内辐射。腔外两个时频分辨的探测器记录非腔模式的光子的偶然事件。（右侧图）缀态原子以及与其耦合的JC极子的Fock态和时间演化。垂直黑色虚线表示光谱仪测量到的不同阶梯态之间的跃迁。

图2 二维时频门控的解释。（左侧图）：光子数 vs 时间和频率；（右侧图）光子偶然事件 vs 双光子的双频率，其中时控门参数是固定的。

# 空芯光子晶体光纤中光脉冲的存储与读取研究

光脉冲在原子、分子、量子点等量子发射体中的存储与读取不仅对于光与物质相互作用的基础研究具有十分重要的意义，而且在光与量子信息的处理与传输等中具有十分重要的应用，从而引起了人们的极大重视。实现弱光脉冲存储与读取的主要手段之一是利用电磁感应透明 (electromagnetically induced transparency, 简称 EIT) 效应。利用 EIT 不但可消除共振体系中的光吸收，使光传播的群速度变慢，而且可导致许多弱光非线性效应，包括巨克尔非线性的产生及弱光超慢孤子的形成等。特别是，基于 EIT 体系中存在的暗态极化激元，可通过适当关闭与开启控制光来实现信号光与原子内态之间的信息转换，从而实现信号光脉冲的存储与读取。但是，由于体系中存在的色散、衍射、退相干等效应，一般 EIT 体系中光脉冲的存储与读取的质量不高或难以控制，使原本的光信号产生畸变，导致信息的丢失。从 2014 年开始，实验室黄国翔教授带领的课题组证明了利用 EIT 体系中的非线性效应平衡色散效应，可实现弱光光孤子和弱光矢量孤子的存储与读取，并得到较高的存储效率和保真度，相关成果发表于 Phys. Rev. A 89, 023835(2014) 和 Phys. Rev. A 91, 023820(2015)。随后，该课题组还证明了可通过引入

适当外势实现高维弱光光孤子和涡旋的存储与读取 [Sci. Rep. 5, 8211(2015)]。但是，这些光孤子的存储与读取都是在自由空间的原子体系中进行的，除了衍射效应难以克服之外，也难以实现存储器件的小型化和集成化。

为了解决上述问题，该课题组在博士生徐大唐等人的共同努力下，提出了在空芯 Kagome 型光子晶体光纤（见图 1）中充入原子等量子发射体，利用 EIT 效应实现弱非线性光脉冲的形成、传播以及存储与读取的方案。他们证明了，由于空芯光子晶体光纤所提供的强横向囚禁效应可使光与原子相互作用增强，从而导致 EIT 与克尔非线性效应的增强。该增强效应不仅可缩短光孤子的形成长度，而且可降低形成孤子所需的入射功率。基于这些特点，他们进一步证明了在这样的体系中不仅可实现弱光孤子的稳定传输，而且通过对控制光的操控可实现弱光孤子的高效、高保真的存储与读取。有关研究结果发表于 Opt. Express 25, 19094(2017)。最近，该研究组还证明了利用微波调控可实现高效率的表面极化激元的存储与读取 [arXiv:1803.04729]。以上研究结果为实现高效、高保真度光脉冲的存储及其小型、实用化等提供了有效的思路和方案。

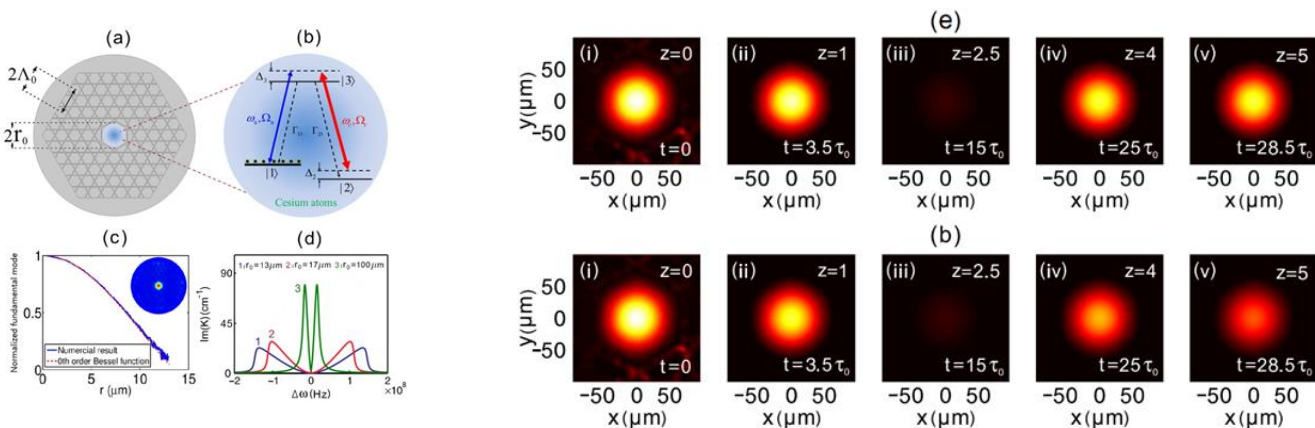


图 1 (a) Kagome 空芯光子晶体光纤结构； (b) 三能级原子结构图； (c) Kagome 型光纤基模数值模拟，关于半径  $r$  的函数； (d) 不同孔芯半径时系统的 EIT 窗口变化； (e) Kagome 空芯光子晶体光纤中光孤子的存储与读取。



## 分子芯片表面的静电晶格

晶格可以分为电晶格、磁晶格、光晶格以及磁光晶格等。晶格能够在空间和时间上对冷原子或分子进行精确操控，并已应用到精密测量、量子计算等领域。目前一维、二维以及三维光晶格、磁晶格、磁光晶格已经全部在实验上或理论上被证明或提出。最近德国马普所的Meijer小组在芯片上实现了一种一维电晶格，并对晶格内分子内态进行了调控。随后，瑞士的Merkt小组在芯片表面实现了里德堡态原子的一维晶格。

最近，实验室冷分子小组提出了一种芯片表面二维静电晶格方案，该晶格可以实现对冷极性分子

的三维囚禁，晶格的电场分布如图1所示，晶格的势阱中心距离芯片的高度约为 $10\mu\text{m}$ ，通过改变电压，势阱高度可在 $5.0\text{-}15.0\mu\text{m}$ 的范围内调节。由于该晶格阱深较深，因此不仅可用于囚禁轻极性分子，比如 $\text{ND}_3$ 分子，而且还可以囚禁重极性分子，比如 $\text{SrF}$ 分子。该二维晶格可应用于分子的绝热和非绝热冷却，如图2所示，也可用于研究分子与表面的相互作用。如果将该晶格与激光冷却或蒸发冷却等技术相结合还可以制备超冷分子甚至分子BEC。研究成果已发表于Phys. Rev. A 96, 063416 (2017)。

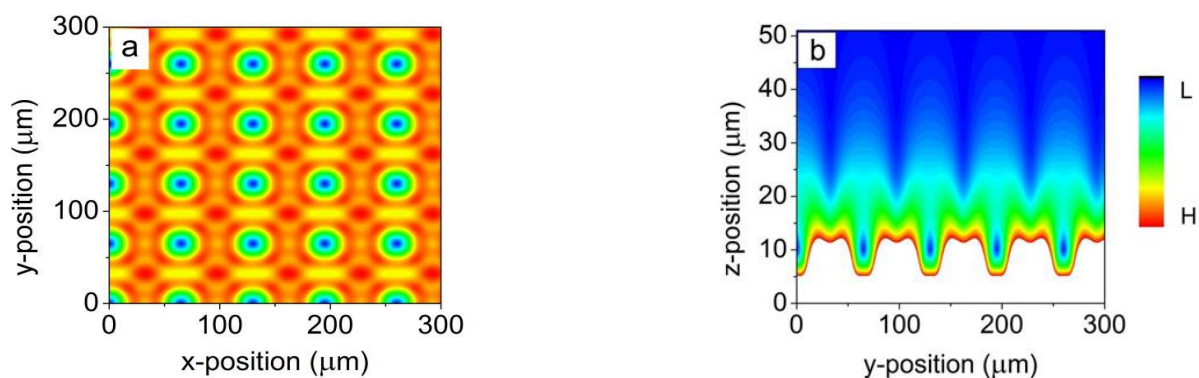


图 1 二维静电晶格在平行于芯片平面内 (a) 以及在垂直于芯片平面内 (b) 的电场分布。

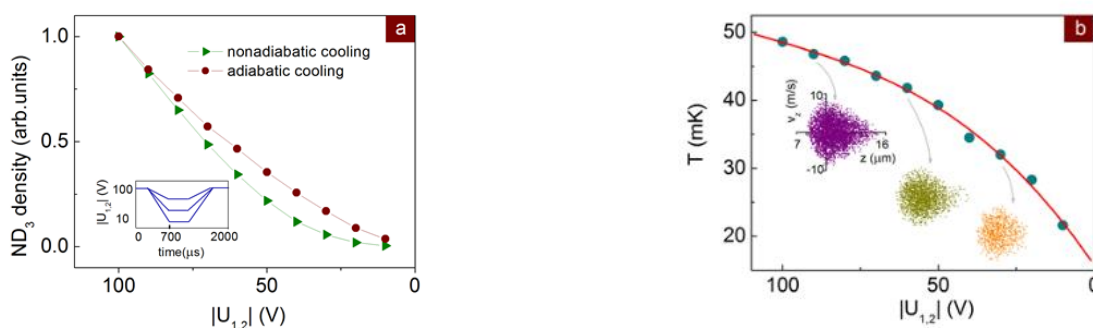


图 2 (a) 通过Monte-Carlo模拟得到的晶格中 $\text{ND}_3$ 分子绝热和非绝热冷却的情况；(b) 在绝热过程中晶格中 $\text{ND}_3$ 分子的温度与电极电压的依赖关系。

## 推广的Grover算法

Grover算法是量子计算领域的主要算法之一。在处理从无序的 $D$ 个数据库中搜索 $M$ 个目标数这一问题时，它优于最好的经典算法可做平方加速。也就是说，经典算法完成任务所需的时间正比于 $D/M$ ，而量子算法则可在 $\sqrt{D/M}$ 时间尺度内实现。如果 $D$ 是一个非常大的数字，这将极大地节约时间。Grover算法的强大在于它的多功能性：它的公式是通用的，可适用于很多问题，比如：密码学、矩阵和图形问题、优化以及量子机器学习等。

尽管发现至今已有二十多年，但Grover算法的基本公式一直没变。该算法的最初版本中，首先制备全部量子态的叠加态 $|+\rangle$ 状态，然后循环进行操作使得目标态的符号反向(Oracle算符)且 $|+\rangle$ 态的符号也反向(Grover算符)。在执行 $\sqrt{D/M}$ 次操作后，量子态被旋转至目标态。Grover算法的公式没有改变的原因在于，因为初始算法在时间尺度上已经是最优的，不太可能找到一个更好的算法可从无序的数据库 $D$ 中找到给定的 $M$ 个目标数。

当时间尺度最优时，这并不意味着该算法总是有利于实现。比如，执行Grover算符需要对唯一的量子态 $|+\rangle$ 做相位反转，这通常需要一个尺度正比于比特数平方的算法，实际实现起来可能困难。另外，该算法在运算中并不对称，Oracle算符中 $M$ 个目标态

的符号是反向的，而Grover算符中仅一个状态是反向的。为什么会这样？

Tim Byrnes教授和两个学生Louis Tessler和Gary Forster研究了这些问题，并首次推广了Grover算法，以致于Grover算符使 $N$ 个量子态的符号反向，Oracle算符使 $M$ 个量子态的符号反向。这是Grover算法的第一项重要推广，可以通过理解由图1所示的能级结构对应的哈密顿量来实现（如图1）。这导致他们进行了第二个有趣的研究，Grover算法根本不需要解决数据库问题。研究能级结构揭示，利用量子相位估计解决Grover问题完全绕过了Grover迭代。分析时间尺度表明，平均来说可获得非常接近于原始Grover算法的最优时间 $\sqrt{D/M}$ 。由于这两个突破，相关结果发表在Phys. Rev. Lett. 120, 060501 (2018)。结果的主要影响是双重的。首先，Grover算符的推广应该能使Grover算法在唯一量子态 $|+\rangle$ 很难反向的系统中实现。分析表明，即使对量子态的控制有限，也能以更一般的方法来实现Grover算法。这可能包括很难操控单个粒子的连续变量和高维自旋系统。其次，他们证明了量子相位估计在解决数据库搜索问题上是相当强大的。考虑到量子相位估计在其它量子线路中的巨大效用，它作为许多量子问题的子程序的重要性得到显著提高。

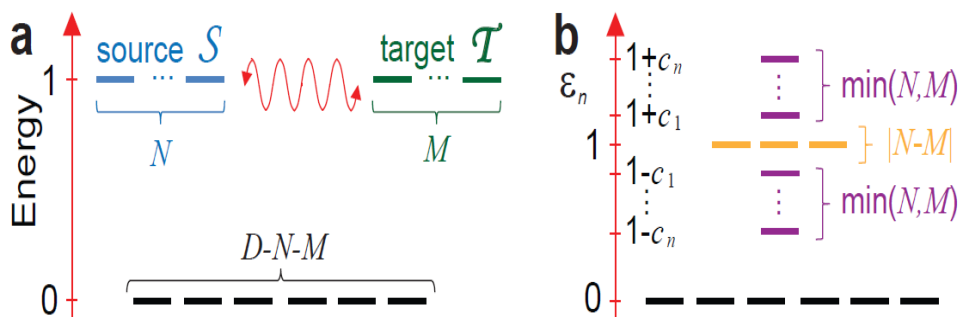


图1 (a) 源态和靶态的拉比共振作为Grover算法演化的示意图； (b) Grover哈密顿量的能级结构。



## 稀土离子价态转化的超快光场调控

稀土离子掺杂发光材料中的价态转化在超高密度信息光学存储和新型光电器件开发等方面有着非常诱人的应用前景。以光学存储为例，传统的光学存储将信息记录在反射介质的物理“坑点”上，利用探测光在记录介质表面反射光的强、弱来读取记录的信息，相应的信噪比较低。然而，基于稀土离子价态转化的光学信息存储具有其独特的优点：将信息记录在稀土离子的价态转化上，并利用新生价态离子发光有、无的来读取记录的信息，能获得非常高的信噪比。此外，传统的光学存储为平面结构，而利用稀土离子掺杂透明材料作为记录介质可以将信息存储为三维空间立体结构，从而极大地提高信息存储的密度。

最近，精密光谱科学与技术国家重点实验室张诗按研究员与邓联忠副教授合作研究表明，采用 $\pi$ 相位调制的飞秒激光脉冲能对微晶玻璃中掺杂 $\text{Sm}^{3+}$ 离子到 $\text{Sm}^{2+}$ 离子的价态转化效率进行很好地调控；在相同的激光峰值强度下，采用合适的 $\pi$ 相位调制能将三价离子到二价离子的价态转化效率提高约3.6倍。同时，提出了一个多光子吸收的理论模型很好地解释了实验所观测到的现象。相关研究成果发表在（*Photonics Res.* 6, 144 (2018)）上。该实验昭示了通过改变飞秒激光场的频率、幅度、相位或偏振等参数可以有效控制稀土离子价态转化动力学过程，从而进一步提高稀土离子价态转化效率，为后续的进一步研究和应用提供了良好的实验和理论基础。

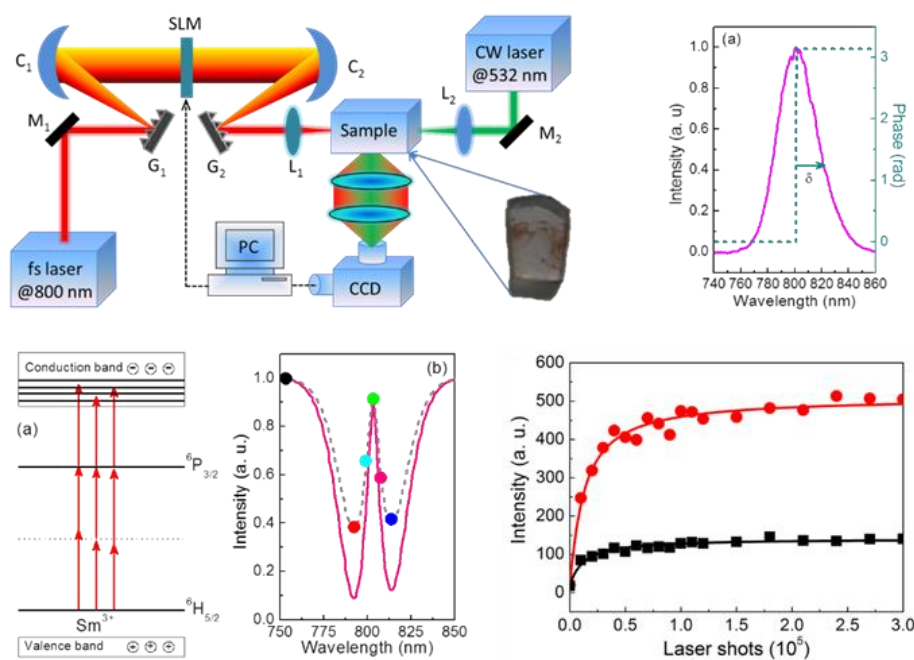


图 (a) 实验装置示意图；(b)  $\pi$  相位飞秒激光场调制；(c) 1+2 共振三光子吸收能级模型图；(d) 三光子吸收几率（实线）和新生二价离子发光强度（彩色实心圆）；(e) 相同激光峰值功率下的新生二价离子发光强度（黑色方块对应 TL 脉冲，红色圆圈对应  $\pi$  相位调制在 800 nm 处）。

## 两束飞秒光丝干涉在水中形成的等离子体光栅研究

由多根光丝干涉形成的等离子体光栅由于其具有突破单根光丝强度钳制的特性，可以大大提高干涉局部的电子密度，且电子密度在空间受到干涉光场的调制，呈周期分布，可以作为一种特殊的光栅器件对光束进行操控。且因其对三次谐波产生的增强，光丝间能量交换等独特性质，等离子体光栅在飞秒光丝的研究中具有重要地位。目前，等离子体光栅的研究主要集中在气体介质里面。

实验室曾和平教授课题组以两束800nm近红外飞秒激光在掺有纳米金颗粒的水溶液中拉丝，两根光丝以一个小角度交叉在一起，且在时间上同步，直接观察到了两根光丝干涉形成的等离子体光栅（图1）。纳米金颗粒的加入，对干涉的光场进行散射，从而使得等离子体光栅的结构被直接呈现。实验通过改变金颗粒浓度和入射光强度，分析了等离

子体光栅的条纹对比度。实验发现，在高浓度或较强光入射情况下，相邻亮条纹之间的暗部的气泡将变多，且同样散射光场，从而使得等离子体光栅的条纹对比度恶化。

为了验证水中等离子体光栅也会产生突破钳制功率的超高等离子体密度，实验采用了之前被用来在气体介质中测量光丝的一种常用方法，即光丝横向电导率的测量，将其延伸至水中。实验直接验证了等离子体光栅在水里也能产生超高的电子密度。不同于利用荧光物质的多光子过程来成像，金颗粒在液体里面通过光散射来直接对光场成像，为研究液体介质里面的飞秒光丝过程提供了一种新的手段。而且，等离子体光栅在水中的周期性调制光场提供了一种光囚禁的新结构。相关研究成果已发表在Opt. Express 25, 22303 (2017)。

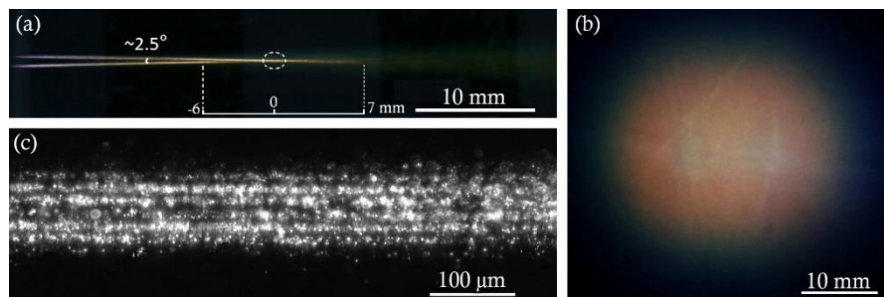


图1 (a)两束光丝在掺有纳米金颗粒的水溶液中传输，以 $2.5^\circ$ 的交叉角在焦点相交；(b)出射端的锥状辐射光斑；(c)显微镜下的等离子体光栅结构。

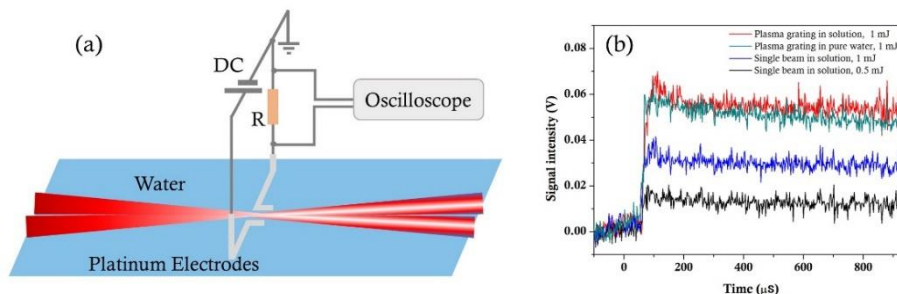


图2 (a)电导率测量法测量光栅处的电子密度；(b)等离子体光栅对电子密度的增强。

## 卤素原子的超精细光谱研究

光谱是研究原子结构的重要途径之一。光谱测量灵敏度与分辨率的提高为原子能级的精细与超精细结构研究带来了便利。

电子自旋和轨道运动作用引起原子能级的分裂，产生光谱的精细结构。研究钠原子光谱时发现的D线分裂就是原子精细结构。原子光谱的超精细结构是更小的能级分裂引起的，主要是由原子核的磁偶极矩和电四极矩导致的。原子核有核自旋磁矩，而核外的电子运动产生磁场，两者相互作用产生的超精细结构称为磁偶极相互作用。原子核具有一定的自旋角动量方向，导致了原子核的电荷虽然均匀分布，但是组成的形状不再具备标准的球对称性，而是像把圆球沿着核自旋方向拉长或压缩的一个椭球体，并且以核自旋方向为对称轴旋转。原子核偏离球形的量产生电四极矩。核电四极矩同电子产生的电场相互作用即核电四极相互作用。

实验室的原子分子吸收光谱研究组，利用连续可调谐钛宝石激光器，通过吸收光谱技术，近期测量了近红外波段卤素原子氟、溴、碘的吸收光谱。利用光外差技术光谱技术，获得了很高的光谱测量

灵敏度，可以测量到原子的极弱吸收光谱。利用浓度调制吸收光谱技术，获得了极好的吸收线型的光谱，结合光谱解析技术，可以直观地获得能级的超精细结构常数。图1所示的是碘原子的一个超精细结构光谱与对应的光谱分析结果。

不是所有原子能级的超精细结构参数都需要通过实验获得。在理解超精细能级分裂产生的内在物理机制后，可以通过建立理论模型，通过计算得到所有能级比较准确的能级结构信息。而实验获得的原子光谱超精细参数，可以为原子理论模型的建立提供精确的实验依据。比如，我们首次测量到氟原子 $2p^4 (^3P) 3d$ 的15个能级的超精细结构参数，如图2所示，这个实验数据可以为这个电子组态的理论研究，提供了必需的实验数据参考。

现代物理学的发展对原子的精密光谱与能级提出了新的应用需求。课题组的部分工作被NIST的原子能级与光谱文献数据库收录。相关工作发表在：J. Quant. Spectrosc. Ra. 205, 1 (2018)；J. Quant. Spectrosc. Ra.196,165(2017)； J. Quant. Spectrosc. Ra. 161, 153 (2015)。

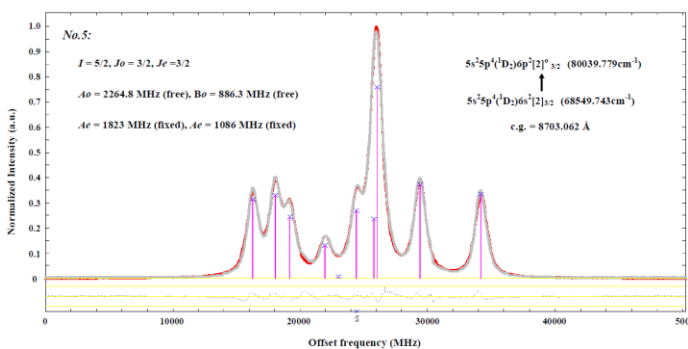


图1 碘原子的超精细结构光谱与超精细跃迁光谱解析。

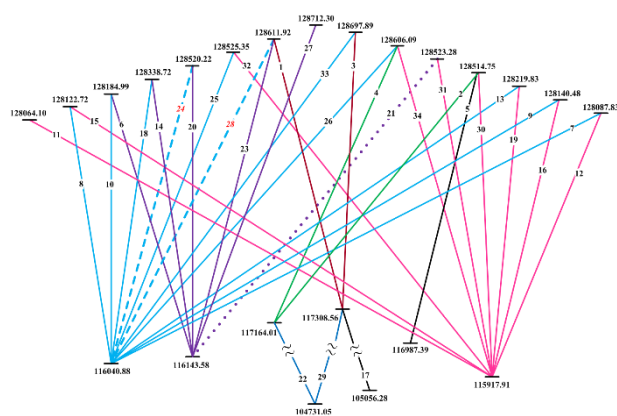


图2 氟原子的34个跃迁用于超精细能级研究，首次获得该原子 $2p^4 (^3P) 3d$ 的15个能级(单位 $cm^{-1}$ )的超精细分裂参数。



# 基于自相似放大的高功率低噪声飞秒光学频率梳技术

在时域上，光学频率梳是具有稳定时间间隔的激光脉冲序列；在频域上，光学频率梳是具有相等频率间隔的离散光谱序列。由于光学频率梳具有良好的时频域特性，其被广泛应用于光梳光谱，光梳成像和光钟研究。同时，光学频率梳的产生成为光学领域的重大研究热点之一。

为了满足各种科学与生产应用需求，光学频率梳的研究朝着小型化、宽光谱、窄脉宽、高功率等方向发展。光纤光学频率梳在集成化和功率拓展等方面具有巨大的优势，故其目前已经成为重要的光梳光源之一。目前，科学家采用大模场光纤啁啾脉冲放大技术，可以获得平均功率120W光纤光梳。但是，光纤啁啾脉冲放大过程中会伴随增益窄化、高阶色散以及受激拉曼散射等非线性效应，产生光谱窄化，脉冲分裂和光谱畸变等脉冲劣化现象。所以，高功率光纤光学频率梳都是窄光谱高噪声的激光脉冲序列。怎样在获得高功率的同时保证输出宽光谱成为光纤脉冲放大技术亟待突破的一大难点。

2014年，我们提出一种基于预啁啾管理的自相似脉冲光纤放大技术。结合进一步色散补偿，我们获得了38fs, 80W, 106nm的高功率宽波段超短脉冲(Opt. Express, 22, 32214(2014))。2016年我们设计了一种基于棱镜和光栅的新型压缩器，其可以同时管理激光脉冲的二阶和三阶色散，可以大大降低脉冲

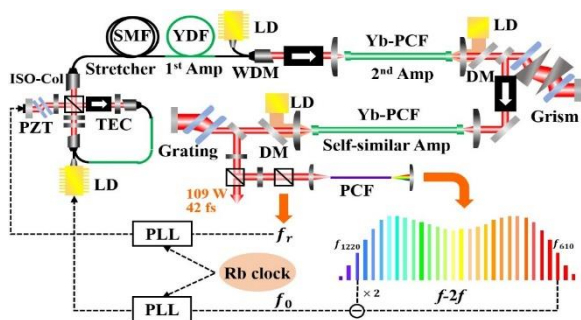


图1 高功率低噪声宽波段飞秒光梳系统装置图。

自相似演化中的噪声。基于新型棱栅压缩器，我们获得了33fs, 93.5W, 105nm的超短脉冲序列(Opt. Express, 24, 10939(2016))。在前期工作基础之上，我们研究高功率宽波段飞秒光学频率梳的产生。光学频率梳的产生需要锁定飞秒激光器的两个维度：重复频率和载波包络相位偏移频率。首先，通过棱栅自相似脉冲放大器，获得250MHz, 42fs, 109W, 85nm的低噪声高功率超短脉冲序列；其次，通过构造准共线时f-2f系统实现了高功率飞秒脉冲的载波包络相位频率和重复频率的探测；最后，通过设计信号处理电路、反馈电路以及驱动电路，实现脉冲的重复频率和载波包络相位偏移频率同时锁定，产生低噪声高功率飞秒光学频率梳。整个系统采用铷钟作为参考源，锁定后的重复频率和载波包络相位偏移频率的均方差仅为1.32和0.94mHz，对应的艾伦方差均跟随铷钟精度。目前该项工作被发表在Appl. Phys. Lett.112, 061106(2018)。

我们在109W输出功率下，同时获得86nm光谱带宽和42fs的脉冲宽度，并首次实现了时频域精密控制，实现了低噪声飞秒光学频率梳。高功率光纤飞秒频率梳为飞秒光学频率梳应用产生提供了良好的新光源，也为高功率飞秒光学频率的产生提供新思路。

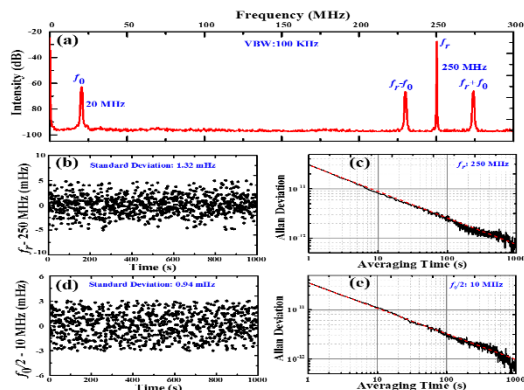


图2 (a) f-2f探测系统获得的载波包络相位偏移频率 $f_0$ 和重复频率 $f_r$ ；锁定的重复频率在1000s内频率抖动 (b) 及对应的艾伦方差曲线 (c)；锁定的载波包络相位偏移频率在1000s内频率抖动 (d) 及对应的艾伦方差曲线 (e)。

## 近期学术报告一览

### 讲座题目: **Supersolidity of lattice Bosons immersed in strongly correlated Rydberg dressed atoms**

主讲人: 李伟斌 助理教授      单位: 英国诺丁汉大学  
 时间: 2018.1.25 11:00      地点: 理科大楼A510报告厅

### 讲座题目: **Nonlinear Optics with semiconductor Rydberg excitons**

主讲人: Prof. Thomas Pohl      单位: Aarhus University  
 时间: 2018.1.25 9:00      地点: 理科大楼A510报告厅

### 讲座题目: **Contactless photon-photon interactions**

主讲人: Prof. Charles Adams      单位: Durham University  
 时间: 2018.1.25 10:00      地点: 理科大楼A510报告厅

### 讲座题目: **Light-Matter interactions in polar semiconductor nanomaterials**

主讲人: 熊启华 教授      单位: Nanyang Technological University  
 时间: 2017.1.24 10:30      地点: 理科大楼A510报告厅

### 讲座题目: **Emerging photon interactions from highly excited Rydberg atoms**

主讲人: Prof. Thomas Pohl      单位: Aarhus University  
 时间: 2018.1.23 16:00      地点: 理科大楼A814室

### 讲座题目: **Squeezing and entanglement for optical fields through the interaction with atomic ensembles**

主讲人: 李瑞光 教授      单位: National Tsing-Hua University  
 时间: 2018.1.18 14:00      地点: 理科大楼A814室

### 讲座题目: **Quantum manipulation of polaritons and hybrid nanophotonics with nanocrystals**

主讲人: Prof. Alberto Bramati      单位: University Pierre et Marie Curie  
 时间: 2018.1.17 10:00      地点: 理科大楼A814室

### 讲座题目: **Universal sequence encoding of an accessible nucleosomal chromatin fiber across vertebrates**

主讲人: Prof. Benjamin Audit      单位: Centre national de la recherche scientifique  
 时间: 2018.1.5 9:30      地点: 理科大楼A814室

### 讲座题目: **Publishing in Nature journals: an editor's view**

主讲人: Xin Li      单位: Publishing house of Nature Materials  
 时间: 2017.12.26 10:00      地点: 理科大楼A814室

### 讲座题目: **Generation of intense near single-cycle pulses in multiple thin plates**

主讲人: 卢志轩 博士后      单位: National Tsing-Hua University  
 时间: 2017.12.15 12:15      地点: 理科大楼A814室

### 讲座题目: **Interface and collective modes of a BEC immersed in a Fermi sea**

主讲人: 黄博 博士      单位: 奥地利量子光学和量子信息研究所  
 时间: 2017.12.15 14:30      地点: 理科大楼A814室

## 近期学术报告一览

讲座题目: **Novel orbital physics – unconventional bose-einstein condensation and itinerant fer-romagnetism in optical lattices**

主讲人: Prof. Congjun Wu  
时间: 2017.12.15 10:00  
单位: University of California  
地点: 理科大楼A814室

讲座题目: **Recent experiments in the Quantum Optics Group - ENS, Paris**

主讲人: Quentin Glorieux 副教授  
时间: 2017.12.14 10:00  
单位: 美国国家标准与技术研究院  
地点: 理科大楼A814室

讲座题目: **Laser induced ponderomotive convection in water/ Nanoparticles in the radiation and acoustic fields in weakly ionized**

主讲人: Prof. Mikhail N. Shneider  
时间: 2017.12.14 14:00  
单位: Princeton University  
地点: 闵行校区物理楼226

讲座题目: **Ultra-high-Q asymmetric microcavity optics and photonics**

主讲人: 肖云峰 研究员  
时间: 2017.12.13 9:00  
单位: Peking University  
地点: 理科大楼A814室

讲座题目: **控制光在散射介质中的传播---基于时间反演原理的波前调制技术**

主讲人: 沈乐成 博士后  
时间: 2017.12.13 10:00  
单位: California Institute of Technology  
地点: 理科大楼A510报告厅

讲座题目: **Ultrafast multidimensional spectroscopy of molecules with x-ray pulses and quantum light**

主讲人: Prof. Shaul Mukamel  
时间: 2017.12.12 14:00  
单位: UC Irvine  
地点: 地理楼385室

讲座题目: **Mechanisms of high-order harmonic generation from solids**

主讲人: 卞学滨 研究员  
时间: 2017.12.11 9:00  
单位: 中科院武汉物理与数学研究所  
地点: 理科大楼A814室

讲座题目: **Coherent control and detection of quantum correlations in multimode light**

主讲人: Dr. Schlawin  
时间: 2017.12.6 10:00  
单位: University of Oxford  
地点: 理科大楼A814室

讲座题目: **Nonlinear plasmonics**

主讲人: Prof. Yehiam Prior  
时间: 2017.12.5 14:00  
单位: Weizmann Institute of Science  
地点: 理科大楼A814室

讲座题目: **Orienting asymmetric molecules by laser fields with twisted polarization**

主讲人: Prof. Ilya Sh. Averbukh  
时间: 2017.12.5 15:00  
单位: Weizmann Institute of Science  
地点: 理科大楼A814室



## 2017年度精密光谱科学与技术国家重点实验室学术委员会会议成功召开

12月24-25日，华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室学术委员会会议在上海召开。实验室学术委员会委员、特邀专家、基金委领导、华东师范大学校领导、学校有关职能部门负责人以及实验室全体成员出席了会议。参加会议总人数达100多名，其中有徐至展院士、王乃彦院士、叶朝辉院士、王广厚院士、褚君浩院士、朱诗尧院士、祝世宁院士、黄维院士、龚旗煌院士和李儒新院士以及十多位国内同领域专家以及基金委领导。学校党委书记童世骏致欢迎词，副校长孙真荣、副校长李志斌、副校长汪荣明、科技处处长张桂戌、财务处处长杨蓉、设备处处长邱化寅等参加了会议。

学术委员会主任徐至展院士主持了本次会议。实验室主任吴健教授向学术委员会作了实验室工

作报告，介绍了实验室的研究方向及2015年评估以来的研究进展，以及今后工作设想。实验室曾和平教授作了“光梳光谱与量子探测”的研究进展报告；徐信业教授作了“冷原子的精密调控和精密光谱”的研究进展报告；吴健教授作了“分子超快精密测量与控制”的研究进展报告。学术委员会委员及特邀专家们在认真听取实验室工作报告和研究进展报告后，就报告涉及的关键科学技术问题开展热烈的讨论，对实验室近年在上述研究方向取得的新进展与成果给予了充分肯定及高度评价。另外，与会专家对实验室研究方向、人才队伍建设、开放运行合作以及实验室发展规划等重要工作提出宝贵的意见和建议。



## 第四届“全国超快光谱研讨会” 第一轮通知

为促进国内超快光谱学研究的发展以及本领域科研人员之间的合作与交流，由华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室承办的“第四届全国超快光谱研讨会”，预定于2018年7月16-19日期间在上海市召开。

本次研讨会由大会报告、邀请报告、海报展示三种形式进行交流，将邀请国内外超快光谱学及相关领域的著名学者、教授作大会报告，会议规模约220人左右，大会同时设有研究生报告交流专场。本次学术交流会将以超快光谱研究中的新技术、新应用与挑战为主题，涵盖以下8个研究方向：1，超快多维光谱；2，超快界面光谱；3，超快拉曼光谱；4，超快自旋光谱；5，超快相干控制；6，瞬态吸收与荧光光谱；7，超快化学反应光谱；8，原子分子及固体超快动力学。

欢迎报名参加，具体信息详见会议网站：<http://nsus2018.htcis.net>

## 华东师大与中国航天510所签约启动联合研究和人才培养

华东师范大学与中国航天科技集团公司五院510所（兰州空间技术物理研究所）2018年2月3日在中北办公楼小礼堂签署战略合作协议。未来双方将依托华东师范大学“精密光谱科学与技术国家重点实验室”和510所“真空技术与物理国防科技重点实验室”，在人才交流、科研合作、实验室建设等方面开展全面合作。

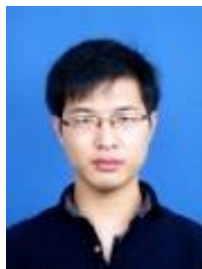
中国航天科技集团公司五院510所党委书记李毅军、科技委主任李得天、总工/科技委常务副主任杨瑞强，以及华东师大校长钱旭红院士、副校长汪荣明、科技处处长张桂戎、人事处处长施国跃，精密光谱科学与技术国家重点实验室曾和平教授、吴健主任等出席仪式。

中国航天510所量子频标事业部、真空计量技术研究中心、空间环境效应研究中心、空间探测载荷工程中心负责人与华东师大相关领域专家进行了深入交流。未来，双方将充分发挥各自科研与人才资源优势，共同承担项目研究、联合开展前沿探索；同时积极发展民用产业，加快军用成果向民用转化，切实推动军民融合发展。



## 四位优秀人才加盟实验室

2017年12月-2018年2月有三位优秀人才加盟实验室，他们分别是邓书金、杨雷、杨岩；另有一位博士后，齐大龙入站。个人简介如下：



**邓书金**，1990年生。2012年7月毕业于哈尔滨工业大学理学院物理系核物理专业，2017年7月在华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室取得理学博士学位。主要进行强关联费米多体系统的超导超流、超强相互作用、原子分子凝聚和量子模拟等相关研究。近年来以第一作者发表研究论文3篇：*Science*（1篇），*Physical Review A*（1篇），*Chinese Physics Letters*（1篇）。2017年12月加盟实验室。



**杨雷**，1987年生，工程硕士。2014年毕业于上海交通大学电子与通信工程专业。在职研究生学习和工作期间，主要从事通信调制解调，数字信号处理算法的研究，以及FPGA软硬件开发实现。2010年~2016年在航天539厂从事电子设计开发工作，2016年至2017年中科院创新研究院电子所从事通信测控开发。参与并完成多个航天系统内重点型号任务的研制工作，积累了丰富的通信，FPGA软硬件开发经验。近年发表论文2篇。2018年1月起在实验室任专任副研究员。



**杨岩**，1982年生。2006年本科毕业于华东师范大学电子系，2012年在华东师范大学精密光谱实验室获得理学博士学位。2012年到2017年中科院上海光机所从事博士后研究，2014年9月到2016年3月获得中德博士后奖学金项目资助赴德国法兰克福大学原子核研究所开展博士后研究。主要科研领域为有机小分子体系在飞秒强激光场下的超快动力学过程以及超快飞秒电子衍射的理论及实验。近年来在*Journal of Physical Chemistry Letter*、*Journal of Chemical Physics*以及*New Journal of Physics*等杂志发表论文17篇，参与国家级科研项目4项。2017年12月以工程师入职精密光谱科学与技术国家重点实验室。



**齐大龙**，1988年生，2011年本科毕业于西安电子科技大学，2017年博士毕业于华东师范大学，其间于2016年赴德国马克斯普朗克物质结构及动力学研究所进行了为期一年的合作研究。博士期间主要研究工作集中在超快电子衍射技术的实验装置与分子结构动力学的实验研究，此外还进行了基于锥形交叉的超快动力学的理论研究，并参与完成多项国家自然科学基金。目前以第一作者或共同一作身份在*Optica*，*The Journal of Chemical Physics*，*Chinese Physics B*等学术杂志发表论文十余篇，获得发明专利两项。2017年12月加入实验室张诗按研究员课题组开展博士后工作。



# 华东师范大学2018年度青年科学家（学者）国际论坛 暨第三届原子分子光物理国际青年论坛

2018年4月26日- 4月28日，上海

## 一、论坛简介

为促进海内外优秀青年学者的学术交流和深度合作，华东师范大学拟于2018年4月26日- 28日举办年度青年科学家（学者）国际论坛，并依托各学部（院、系）设立不同学科和领域的分论坛，通过专题报告、学术研讨与实地考察，增进海内外优秀青年学者对华东师范大学、对上海的了解。至今，论坛已成功举办二期，来自多个国家和地区120余位优秀青年学者参加交流。

在学校的整体布局下，精密光谱科学与技术国家重点实验室拟于2018年4月28日举办分论坛，即第三届原子分子光物理国际青年论坛。在主题论坛的基础上，围绕国际学术前沿，探讨学科热点问题，促进学术交流与合作，同时也为实验室优秀青年学者的引进创造条件。

会议的主题将聚焦和围绕实验室时/频域精密光谱、原子分子精密光谱和超灵敏精密光谱应用等主要研究方向，研究内容涉及超快光学、光学频率梳、冷原子(分子)物理、单光子探测及应用等。

## 二、报名条件（满足以下两条之一）

1、年龄在35周岁以下，具有海内外知名高校、研究机构博士学位，有连续3年及以上的科研工作经历（成果特别突出的可突破工作年限要求），在所从事的学科前沿领域取得突出的学术成果。

2、在海内外知名高校、科研机构及企业研发机构有正式教学科研职位，在所从事学科前沿领域取得突破性成果，具有重要影响力。

## 三、申请方式

扫描二维码登录华东师范大学人才招聘微信公众平台注册

注册截止时间：2018年3月30日



## 四、联系方式

华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室

电话：+86-21-62232056 传真：+86-21-62232056

联系人：郭老师 邮箱：zhguo@lps.ecnu.edu.cn

更多信息请登录网站：www.lps.ecnu.edu.cn



**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

上海市中山北路3663号理科大楼A803(200062)

电话: 021-62232453 传真: 021-62232056

邮箱: [lps@phy.ecnu.edu.cn](mailto:lps@phy.ecnu.edu.cn)

Science Building A803,

3663 Zhongshan Road (N.), Shanghai, 200062, China

Tel: 021-62232453 Fax: 021-62232056

Email: [lps@phy.ecnu.edu.cn](mailto:lps@phy.ecnu.edu.cn)



官方微信公众号



实验室招生群