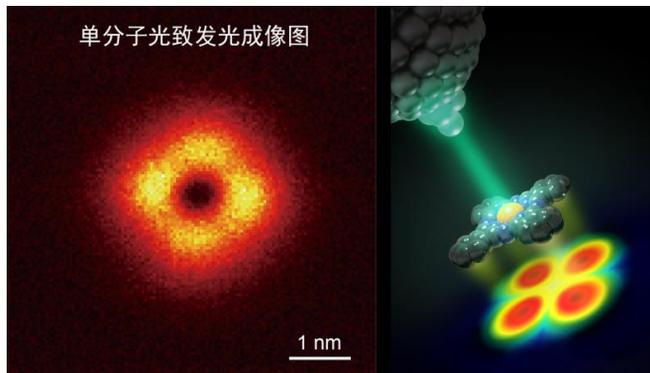


## 中国科大实现亚纳米分辨的近场单分子光致荧光成像



图注：左图为亚纳米分辨的单分子光致发光成像图。右图为光致发光成像技术的艺术化原理示意图。（艺术图由周荣庭教授团队的黄雯、陈磊、徐凌设计制作）。

最近，中国科学技术大学侯建国院士团队的董振超研究小组，在近场荧光成像领域取得重要进展，将成像空间分辨率大幅提升，推进至 $\sim 8\text{\AA}$ 的亚纳米分辨水平，从而在世界上首次实现了亚分子分辨的单分子光致荧光成像，为在原子尺度上展显物质结构、揭示光与物质相互作用本质提供了新的技术手段。该成果于2020年8月10日在国际知名学术期刊《自然·光子学》上在线发表。审稿人认为“这将是该领域里的一篇重要文章，并在广泛的研究领域中产生重大影响。这项工作对于利用原子尺度的光来开展超灵敏光谱显微学研究，无论是从基础科学的层面，还是从可能应用的角度，都具有重要的意义。”

用光实现原子尺度空间分辨一直是纳米光学领域追求的终极目标之一，尽管这一目标由于衍射极限的制约曾被认为是遥不可及的。扫描近场光学显微镜（SNOM）的出现点燃了实现这一目标的希望，空间分辨率的极限不再受制于衍射极限，而是取决于实现探针下光场空间局域化的能力。从原理上而言，金属等离激元纳米天线是实现光场极限限域最可能的途径。2013年，该团队利用金属纳腔等离激元场的局域增强效应，首次展示了亚纳米分辨的单分子拉曼成像 [Nature 498, 82 (2013)]。然而，荧光发射与拉曼散射过程不同，分子荧光在金属结构非常靠近分子时会由于非辐射过程被放大并占主导而导致荧光信号被淬灭，这极大限制了近场荧光显微镜的分辨率发展，也是迄今为止SNOM荧光成像空间分辨率很少达到10 nm左右水平的根本原因。由于金属纳腔中分子的辐射特性会受到纳腔光子态密度的直接影响（Purcell效应），而纳腔光子态密度又与探针尖端的结构密切相关，因此，如何巧妙调控探针尖端的结构和纳腔中分子的电子态便成为克服荧光淬灭、实现高分辨光致荧光成像的关键。

针对以上挑战，该团队对等离激元纳腔结构进行了进一步的精细调控，特别是探针尖端原子级结构的制作与控制。他们通过精致的针尖修饰方法在探针尖端构筑了一个原子尺度的银团簇突起结构，并将纳腔等离激元共振模式调控到与入射激光和分子发光的能量均能有效匹配的状态，再采用超薄的三个原子层厚的介电层隔绝分子与金属衬底的电荷转移，从而成功实现了亚纳米分辨的单分子光致发光成像。他们惊喜地发现，当探针逼近分子时，即便间距在一纳米以下，光致发光的强度还是一直在随间距的变小而单调增强，通常存在的荧光淬灭现象完全消失。这充分保证了这项技术发明的普适性，为广泛应用于物理、化学、材料、生物等领域提供了坚实的基础。进一步模拟和分析表明，原子级突起的探针与金属衬底形成等离激元纳腔时，纳腔等离激元的共振响应和原子级突起结构的避雷针效应会产生协同作用，从而在针尖下方诱导出显著增强和高度局域的电场，将腔模式体积压缩到 $1\text{ nm}^3$ 以下，使得局域光子态密度及其催生的分子辐射速率极大增加。这些效应不仅抑制了针尖逼近分子时的荧光淬灭，而且也使得亚纳米分辨的光致发光成像得以实现。也就是说，要达到亚纳米空间分辨，探针尖端的尺寸及其与样品之间的距离都必须在亚纳米尺度上。此外，他们还进一步实现了亚分子分辨的具有频谱信息的光致发光超光谱成像，在亚纳米尺度上展示了局域等离激元-激子相互作用对荧光强度、峰位和峰宽的空间分布的微妙影响。这些研究结果实现了扫描近场光学显微领域长期期待的用光解析分子内部结构的目标，为在亚纳米尺度上探测和调控分子局域环境、以及光与物质相互作用提供了新的技术方法，对于近场光谱学和显微学的基础认知与技术发展都是至关重要的。



## 研究进展

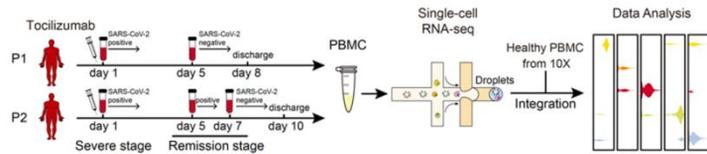
### 中科大超导研究团队在铁基高温超导体研究中取得重要进展

中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心和物理系中科院强耦合量子材料物理实验室陈仙辉、吴涛等人组成的超导研究团队近日在铁基高温超导体研究中取得重要进展。该研究团队在有机离子插层的二维层状铁硒基高温超导体中揭示了由二维超导涨落导致的“赝能隙”现象，为研究铁基超导材料中的高温超导机理提供了关键性的实验证据。相关研究成果于8月28日以“Preformed Cooper Pairs in Layered FeSe-Based Superconductors”为题在线发表于物理学知名杂志《物理评论快报》上 [Phys. Rev. Lett. 125, 097003 (2020)]。

陈仙辉、吴涛等人组成的超导研究团队首先通过核磁共振技术在有机插层的二维铁硒基高温超导体  $(TBA)_x\text{FeSe}$  (TBA为四丁基铵的缩写) 中证实了在超导转变温度 ( $T_c \sim 43\text{K}$ ) 之上的确存在显著的“赝能隙”特征，其“赝能隙”起始温度大约在60K左右。随后，再通过进一步的各向异性的抗磁性和能斯特效应两个实验方法证明在上述“赝能隙”温区存在明显的二维超导涨落特征。综合上述各种实验结果，最终断定在该铁硒基高温超导体中存在由二维超导涨落导致的“赝能隙”现象。上述重要实验发现不但揭示了二维层状铁硒基高温超导体中的“赝能隙”现象，同时也为理解单层铁硒薄膜样品中的高温超导电性提供了新的理解和解释。

此外，陈仙辉、吴涛等人组成的超导研究团队最近还在铁硒超导体的电子向列相机理的实验研究中取得了重要的进展。通过位置选择性的核磁共振测量，实现了对电子向列相中轨道和自旋自由度相关序参量的选择性表征，并将结果与自旋或轨道导致的向列相理论模型进行了比对，发现铁硒超导体中的电子向列相并不能简单地理解为由单一的自旋或轨道自由度驱动的向列相，而是一种自旋-轨道纠缠的向列相，其中自旋-轨道耦合也起到了重要作用。这一结果将为理解铁基超导体中电子向列相的物理起源提供重要的实验线索。相关工作已于近期以“Spin-Orbital-Intertwined Nematic State in FeSe”为题发表在《Physical Review X》上 [Phy. Rev. X 10, 011034 (2020)]。

### 中国科大通过单细胞测序揭示托珠单抗有效治疗重症新冠肺炎免疫应答机制



研究方案示意图

在新冠肺炎疫情爆发初期，中国科大魏海明教授与中国科大附属第一医院徐晓玲教授迅速组成联合攻关团队，提出了传统药物托珠单抗联合常规治疗的“科大方案”并展开临床实验，该方案由于可靠的疗效被纳入新冠诊疗方案第七版，已被20多个国家采用。

近日，中国科学技术大学瞿昆教授团队在《自然通讯》(Nature Communications) 杂志发表题为“Single-cell analysis of two severe COVID-19 patients reveals a monocyte-associated and tocilizumab-responding cytokine storm”的研究论文，该研究揭示了托珠单抗能够有效治疗重症新冠患者的原因。托珠单抗的治疗在减弱单核细胞炎症因子风暴对机体带来损伤的同时，可以维持新冠患者正常的抗病毒免疫应答，为“科大方案”提供了理论依据。

在该研究中，研究团队应用单细胞转录组测序 (scRNA-seq) 技术，对2例重症新冠患者在治疗初期和治疗缓解期的外周血单个核细胞进行分析，发现重症新冠患者特有的单核细胞亚群，该亚群高显著表达炎症细胞因子风暴相关基因，可能参与介导重症患者的炎症反应，而托珠单抗治疗则明显减弱患者单核细胞的炎症免疫应答。

团队在进一步研究中还发现了参与调控炎症细胞因子风暴的重要转录调控因子，可能作为治疗疾病的潜在药物靶点。此外，研究人员还对  $\text{CD8}^+$ T细胞和B细胞进行了研究，结果发现在托珠单抗治疗后，以  $\text{CD8}^+$ T细胞为代表的细胞免疫应答和以B细胞为代表的体液免疫应答均有一定程度提高。以上结果说明托珠单抗对重症新冠患者的治疗，有效的减弱了炎症细胞因子风暴可能对机体带来的损伤，同时可以帮助机体持续维持高水平的抗病毒免疫应答，从而有效治疗疾病。该研究为“科大方案”治疗重症新冠感染疾病提供了理论依据。

该工作得到了中科大免疫所魏海明教授、傅斌清教授，以及中科大附属第一医院刘连新教授、翁建平教授、马筱玲教授的大力支持和帮助。

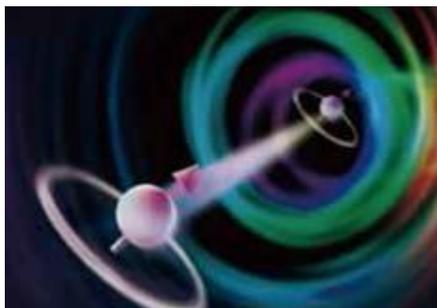


## 国家研究中心简讯

### ◆合肥微尺度物质科学国家研究中心3项研究成果入选中科院“率先行动”计划第一阶段重大科技成果及标志性进展

近日，中科院围绕“三个面向”凝练总结出59项“率先行动”计划第一阶段重大科技成果及标志性进展。我中心负责的光量子计算、大尺度光量子信息处理和亚纳米分辨的单分子光谱成像3项成果入选“面向世界科技前沿”成果进展（总计18项）。

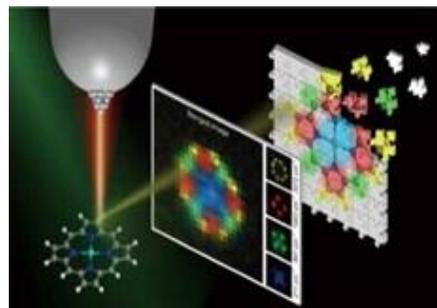
“率先行动”计划是《中国科学院“率先行动”计划暨全面深化改革纲要》的简称，于2014年开始实行，目标为到2030年全面实现“四个率先”：率先实现科学技术跨越发展，率先建成国家创新人才高地，率先建成国家高水平科技智库，率先建设国际一流科研机构。



光量子计算



大尺度光量子信息处理



亚纳米分辨的单分子光谱成像

### ◆微尺度国家研究中心14名博士后获得第六十七批博士后科学基金面上资助

7月7日，中国博士后科学基金会官网公布了中国博士后科学基金面上资助第六十七批获得资助人员名单，微尺度国家研究中心王孟祺等14名博士后获得此项资助（名单见右）。面上资助强度一等资助12万元，二等资助自然科学8万元、社会科学5万元。

### ◆李洪良等3名博士获选2020年度“博士后创新人才支持计划”

6月30日，中国博士后科学基金会官网以博管办（2020）39号文公布了2020年度“博士后创新人才支持计划”获选结果，微尺度国家研究中心李洪良、刘彦和王磊三名博士获得此项资助。

“博新计划”旨在加速培养造就一批进入世界科技前沿的优秀创新人才，是我国培养高层次创新青年人才的又一重要举措。

姓名	一级学科	等次
王孟祺	物理学	二等
曹国花	物理学	二等
吴骋	物理学	二等
曹丽娜	化学	二等
白巍	化学	二等
陈思铭	化学	二等
吴佳静	化学	二等
杨阳	化学	二等
郑婷婷	材料科学与工程	二等
夏鹏飞	环境科学与工程	二等
汪超炜	仪器科学与技术	二等
马玉乾	生物学	二等
王戊（联合招收）	材料科学与工程	二等
贾跃晓（联合招收）	生物学	二等