

复旦团队与合作者发现全新偶极激子

偶极激子因其电子和空穴分离的特性是凝聚态物理领域的重要研究对象,但一直存在难以被观测的问题。最新的《科学》期刊(*Science*)中,物理学系晏湖根、光电研究院黄申洋团队与合作者发表成果发现全新偶极激子显著红外光吸收使其能被光谱轻松检测,为多体物理等领域拓展探索空间。

传统偶极激子与光相互作用能力弱,观测条件极端苛刻

激子是一种由电子和空穴构成的准粒子,空穴带有正电荷,而电子则带有负电荷。“激子类似于氢原子,但与氢原子相比有更多的调控自由度。”物理学系教授晏湖根介绍,氢原子的正电荷和负电荷在空间上紧密“吸引”在一起,但偶极激子的正电荷和负电荷波函数中心在空间上是分离的,这使得激子与激子之间的相互作用效果较强,便于观测到一些有趣的物理现象。

激子能够对二维半导体材料的物理性质产生显著影响,一直是二维材料领域中最活跃的研究前沿之一。

偶极激子是一种即使无外加电场诱导也具有电偶极矩的激子。在20世纪80年代初,科研人员在耦合双量子阱中首次发现偶极激子。由于电子和空穴波函数在空间上的分离,偶极激子寿命更长,且具有相互排斥的作用力,这些特性使其成为研究玻色-爱因斯坦凝聚、激子超流等多体物理现象的理想研究对象,从而备受研究者关注。



2014年前后,人们在二维范德瓦尔斯异质结中发现了新的偶极激子,即层间激子,具备更好的鲁棒性和可调控性,同时继承了二维材料的独特特性。更重要的是,通过制备莫尔超晶格,偶极激子也成为了研究强关联态的重要对象,这极大地拓展了强关联物理的研究领域。因此,层间激子已成为二维材料、多体物理和强关联物理等多个领域的研究热点。

然而,由于电子-空穴在空间上波函数的分离,偶极激子与光相互作用能力弱,通常只有在液氮温度等极端实验条件下才能被光学实验观测到,这极大地限制了偶极激子更深入的研究与更广泛的应用。因此,找到一种基于全新机制的、具有较强与光相互作用能力的偶极激子对偶极激子研究至关重要。

晏湖根、黄申洋团队与合作者在人为堆叠的旋转角度为90°的黑磷同质结中发现了一种全新的偶极激子。这种激子无需依赖隧穿效应,天然具有强大的与光相互作用能力,甚至在室温下的光学吸收率超过1%,能被红外吸收光谱轻松探测。

具备多种新奇特性,为多体物理等领域拓展探索空间

“相较于传统材料里面的偶极激子,我们新发现的偶极激子具有多种新奇特性,”光电研究院青年副研究员黄申洋介绍。

这种偶极激子的生成源于一种独特机制:在90°转角堆叠的黑磷界面上,导电带存在强耦合,而价带几乎无耦合,这使得激子中的电子能够分布于上下两片黑磷中,而空穴则根据入射光的偏振方向,局限于上片或下片。因此,该激子既具有固定的电偶极矩,同时由于电子-空穴波函数的部分重叠,又展现出显著的与光相互作用能力,该特性很好地化解了探测困难这一长期困扰偶极激子研究的问题。黄申洋表示:“即使在室温条件下,偶极激子也能够被稳定探测,有利于偶极激子研究的开展。”

新发现的偶极激子还为研究者提供了前所未有的调控维度。复旦团队针对新激子系统,通过改变入射光的偏振方向,能够选择性地激发特定朝向的偶极激子。黄申洋说:“不同的电偶极矩朝向会对激子之间相互作用情况产生影响,在电偶极矩

朝向调控方面的突破对基础研究开展具有重要意义。”

研究者还可以通过改变层厚或选择不同的带间跃迁,大范围调节激子的共振能量和电偶极矩的大小。这些激子分布于红外波段,极大拓展了偶极激子的工作波段。

偶极激子的“新奇”特性不仅有助于推动低维度光电探测器、微型光谱仪、可调谐发光器件等新型红外光电器件的研发,还为调控激子-激子相互作用提供了更多自由度,这对多体物理、强关联量子态、非线性激子极化激元等领域的研究具有重要意义。此外,该研究也为探索黑磷中矩形莫尔超晶格的新奇量子现象奠定了实验基础。

晏湖根课题组长期致力于黑磷光电特性与能带调控的研究,前期相关研究成果已发表于《自然·通讯》(5篇)、《物理评论快报》(2篇)、《科学·进展》等期刊,全新偶极激子的发现是团队的又一重要突破。

论文通讯作者为物理学系晏湖根教授,第一作者为光电研究院黄申洋青年副研究员,物理学系博士生余博洋和马奕暄为论文的共同第一作者,潘成浩等博士生也作出了突出贡献。物理学系吴骅教授团队与上海理工大学杨柯老师为论文提供了第一性原理计算。该研究得到了科技部、国家自然科学基金委和上海市科学技术委员会等基金项目的支持。

论文链接:

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adq2977>

文/曾译萱

揭示神经元调控长期压力

生命科学学院/代谢与整合生物学研究院刘铁民教授及其合作团队发现脑中缝背核/腹外侧导水管周围灰质(Dorsal raphe nucleus/ventrolateral periaqueductal gray, DRN/vIPAG) NPY神经元(NPYDRN/vIPAG)可响应各种压力刺激,抵抗压力应激引起的进食量减少和焦虑状态,为压力相关的厌食/体重降低以及焦虑等情绪症状的治疗提供新思路。该研究9月4日在*Nature Communications*上发表了名为“Feedforward inhibition of stress by brainstem neuropeptide Y neurons”的文章。

原文链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51956-9>

长效镇痛新技术开发有进展

材料科学系/聚合物分子工程国家重点实验室步文博教授与合作团队,9月4日先后在*Angewandte Chemie International Edition*和*Advanced Materials*期刊上,连续报道两类基于生物物理作用的新型电活性纳米功能材料,实现了对顽固性疼痛的长时、高强度、非成瘾的高效缓解。

原文链接:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.202405131>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202403979>

新方法预测涡轮叶盘寿命

航空航天系费成巍课题组针对“在高温高应力的复杂环境下如何有效预测涡轮叶盘的疲劳寿命”这一问题,提出了一种全新的深度学习方法——卷积深度神经网络(C-DNN)融合方法。

这一创新性方法通过结合卷积神经网络(CNN)和深度神经网络(DNN)的优势,更加精确地提取数据中的重要特征,进行高效的回归建模,显著提高涡轮叶盘低周疲劳寿命预测的精度与效率。对比其他常见的机器学习方法,在预测效率和精度上均具有显著优势。这项研究为航空发动机的健康监测和维护提供了可靠的技术支持。该研究成果以“Deep learning-based modeling method for probabilistic LCF life prediction of turbine blisk”为题,9月18日,发表于国际期刊*Propulsion and Power Research*,并在发表后3个月内入选ESI高被引论文(Highly Cited Paper)。

原文链接:

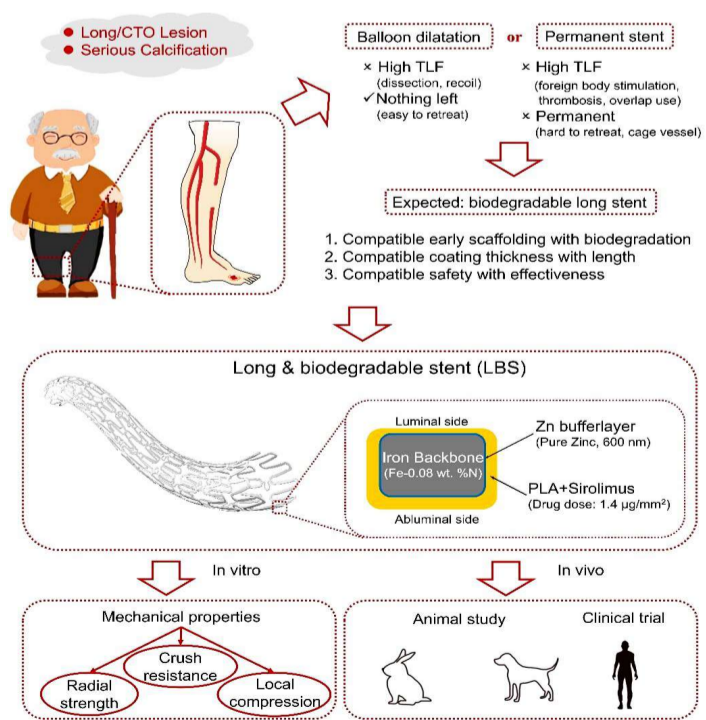
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212540X23000548>

以上均来源于科研院

丁建东团队攻克可降解外周血管长支架难题

冠脉支架已被广泛用于介入治疗,但外周血管的治疗相对滞后,尤其是在胫下动脉的治疗方面缺乏合适的支架。理想的外周支架期望能兼顾长和可生物降解两大特点,满足即刻的支撑和长病变的全覆盖。然而迄今为止,国内外没有任何获批的长且可降解的心血管介入治疗支架,这尤其限制了胫下动脉的治疗。而每年因下肢缺血而截肢的人超过百万,亟待开发一款这样的支架。

9月10日,自然杂志子刊*Nature Communications*在线发表复旦大学丁建东课题组和合作者题为“Maglev-fabricated long and biodegradable stent for interventional treatment of peripheral vessels”的论文。该研究开发了一种基于金属-聚合物复合材料的长且可生物降解的支架(long and biodegradable



研究工作的背景和基本思路的示意图

stent, LBS),并将该支架首次植入人体胫下动脉。

LBS的研发面临三个关键问题:如何维持支架的早期降解直到血管重构,如何实现均匀涂层、植入后如何评价其安全性和有效性。

该工作将可工程化的支架长度推进到了118mm。基于该核心技术所研制的国际首款长且可降解的外周支架已在中国和欧盟同时进入临床试验阶段。

该文第一作者为复旦大学高分子科学系、聚合物分子工程国家重点实验室工程博士生张万谦,丁建东教授以及元心公司张德元研究员、301医院郭伟教授为共同通讯作者。

原文链接:

<https://www.nature.com/articles/s41467-024-52288-4>

来源:高分子科学系