

中国材料大会 2025

暨新材料科研仪器与设备展

7 月 5-8 日, 2025

福建 厦门

D43-微纳激光材料

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



D43. 微纳激光材料

分会主席：熊启华、张保平、张青、刘新风、王行之

D43-01**Perovskite LEDs for Lighting and Displays**

王建浦

常州大学，常州，213164

Email: iamjpwang@njtech.edu.cn

Solution-processed light-emitting diodes (LEDs) are attractive for applications in low-cost, large-area lighting sources and displays. Organometal halide perovskites can be processed from solutions at low temperatures to form crystalline direct-bandgap semiconductors with intriguing optoelectronic properties, such as high photoluminescence yield, good charge mobility and excellent color purity. In this talk, I will present our effort to boost the efficiency of perovskite LEDs to a high level which is comparable to organic LEDs.^{1–7} More importantly, organic LEDs are difficult to maintain high efficiency at high current densities due to their excitonic nature and low charge mobilities. Low temperature solution-processed perovskite LEDs demonstrate remarkably high efficiency at high current densities, suggesting unique potential to achieve large size planar LEDs with high efficiency at high brightness.

References

- [1] Wang, J. et al. *Adv. Mater.*, **2015**, 27, 2311.
- [2] Wang, N. et al. *Nat. Photonics*, **2016**, 10, 699.
- [3] Cao, Y. et al. *Nature*, **2018**, 562, 249.
- [4] Zou, W. et al. *Nat. Commun.*, **2018**, 9, 608.
- [5] Min, H. et al. *Nat. Photonics*, **2023**, 17, 755.
- [6] Min, H. et al. *Nat. Nanotechnol.*, **2024**, 19, 632.
- [7] Li, M. et al. *Nature*, **2024**, 630, 631.

D43-02**小型化钙钛矿单模激光及发光二极管**

杜鹃*

国科大杭州高等研究院

围绕激光光源小型化的应用需求，发展了一系列亚波长尺度钙钛矿微纳激光。在三维尺寸均为亚波长尺度(~ 400 nm)³ 的高性能钙钛矿单模激光基础上，基于准二维钙钛矿构建“三明治”微腔结构，实现了高性能深亚波长厚度(~ 40 nm)的单模激光；同时，利用兼容商业化 OLED 的热蒸发策略，采用三源共蒸调控结晶过程，制备了高品质钙钛矿半导体薄膜，在阐明其载流子复合动力学机理的同时，结合透明 SiO₂ 对称结构实现了简单紧凑的亚波长尺度(120 nm)的高性能单模激光。此外，分别利用氟原子改性配体和 A 位阳离子掺杂调控策略，多元共蒸调控薄膜生长，控制晶粒尺寸，抑制非辐射复合，实现了真空蒸镀的高外量子效率、中心波长 640 nm 和 770 nm 的正红色 (12.6%) 和近红外 (10.25%) LED 器件。这些工作将进一步推动卤化物激光光源的小型化，并为其光电子器件商业化应用奠定基础。

D43-03**低温高速垂直腔面发射激光器**

刘安金*

中国科学院半导体研究所

垂直腔面发射激光器（VCSEL）具有低功耗、高速调制等优势，是 AI 集群、数据中心、低温计算系统中光互连的理想光源。报告将首先介绍用于 AI 集群、数据中心等光互连的高速 850nm VCSEL，85°C 温度下 VCSEL 的 -3dB 调制带宽大于 25GHz，NRZ 传输速率达到 50Gbps。然后介绍用于未来百万级量子比特超导量子计算系统中光互连的低温（4K）高速 850nm VCSEL，-3dB 调制带宽超过 20GHz，实现了 32Gbps 的无误码传输，并且发现室温下氧化孔径 6.5 μ m 的多模 VCSEL 在 4K 温度下可以实现单模工作。

D43-04**基于光子规范势的片上 AB 囚禁效应和合成频域维度手性输运**

王兵*

华中科技大学

基于人工光子规范势合成的有效磁场能引起许多有趣的拓扑光学效应，比如光子 Aharonov-Bohm 囚禁效应、光子的量子霍尔效应和光子 Floquet 拓扑绝缘体。利用这些拓扑效应来控制光场的局域和定向传播，能有效提升光传播途中的鲁棒性。而光子规范势的可调性，一定程度上决定了体系控制光场的能力。在这里，我们在硅基微环谐振腔阵列上构建一维菱形链晶格，研究了光子 AB 囚禁效应。通过引入辅助环来诱导方向相关的耦合相位，产生任意的磁通量。实验上测量的透射谱显示，激发的透射峰于理论预测基本吻合，从实验上验证了 AB 囚禁效应。然而实空间中引入有效规范势相对复杂且不能动态调控，同时合成维度有着可动态调谐的优势，它是利用光子的独立自由度在虚拟维度中模拟实空间物理。我们在铌酸锂微环中实现了频域霍尔梯子，它是由微环的两种传播方向上的一系列谐振模式耦合形成的。通过动态调控一对调制方向相反的行波电极上的电信号，可以实现光子有效矢势的灵活控制。实验上，我们设计并制备了品质因子高达 10⁵ 的铌酸锂微环，在频谱上直接观测到了光子手性电流现象，即光子的手性输运。并且通过引入额外长程耦合，实现了手性运输的抑制、非平衡手性输运和输运模式编程性调控。我们基于光子规范势实现的拓扑局域光场以及手性频率输运，为操作光子的传输提供了一种新的途径和可重构的集成光学平台，在集成光子器件所需的紧凑要求下展示出巨大应用潜力。

D43-05**钙钛矿微结构中的激子极化激元与激光器件**

王俊*

复旦大学

钙钛矿半导体具有高的光学增益、长程的载流子扩散、大的激子结合能和强的振子强度等优点，在光伏、发光二极管和光子器件方面具有广阔的应用前景。激子极化激元是光与激子强耦合而形成的一种准粒子，可形成光量子流体，其光量子流体的传播特性可被人工势场所调控，是研究激光、光子器件与量子模拟的理想载体。本报告将介绍钙钛矿半导体微腔中光与激子强、弱耦合的若干新进展，涉及高 Q 单模激光、激光波导器件、微纳涡旋激光阵列、以及极化激元玻色-爱因斯坦凝聚等工作。相关研究可致力于实现低功耗的片上集成光子基础器件。

D43-06**用于制备先进微激光器的胶体半导体纳米结构**

孙汉东*

澳门大学

Colloidal semiconductor nanostructures have attracted a great deal of attention because of their intrinsic advantages over traditional epitaxy-based semiconductor heterostructures in luminescent device applications. Particularly, colloidal semiconductor quantum dot LEDs have already been in the process of commercialization. As a class of Nobel prize winning materials, colloidal semiconductor nanostructures, have been recognized to be advantageous for semiconductor lasers for several decades. In this talk, the speaker will first present the motivation and the current progress of microlasers made from colloidal semiconductor nanostructures. He will then update the latest achievements made from his group, including WGM lasers, integrated microlasers and topological lasers. The talk will conclude with summary and sharing future research prospective.

D43-07**基于模式耦合的光与物质相互增强**

周张凯*

中山大学

纳米尺度的光场调控以及光与物质相互作用研究是实现各种纳米光子学器件和芯片的基础，是光学研究的重要问题。为了能够实现高性能的微纳光子的器件，如何增强光与物质相互作用是一个关键问题。针对这个问题，本报告将汇报我们通过光学模式耦合，从而实现强电场增强和小模式损耗光学模式的方法。同时，我们也将介绍光与物质相互相互作用增强带来相关应用，比如非线性增强、光学传感等。

D43-08**低激射阈值胶体量子点面发射激光器**

王恺*

南方科技大学

面发射激光器在光电融合芯片的应用价值已获广泛验证。近年来，胶体量子点光源凭借其低成本制备工艺、连续波长可调、易于异质集成等方面的独特优势，为面发射激光器提供了 III-V 外延材料之外的新路径。报告人提出了利用具有强 Purcell 效应和光场调控能力的微腔耦合胶体量子点以调控其多激子发光特性的新方法，实现了基于准连续激光器泵浦的胶体量子点多激子发光。结合开发的高品质低损耗胶体量子点光学微腔的构筑方法，实现了高性能单模激射胶体量子点 VCSEL，其激射品质因子 Q 具有破纪录的 2395。进一步，将具有强光场束缚能力的二维光子晶体—环形布拉格微腔（CBR）与胶体量子点结合，成功构建了兼具纳秒泵浦低激射阈值（ $17 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ ，相比胶体量子点 VCSEL 降低 69%）、高稳定性（国际上首次有该类激光器的室温连续工作寿命突破 1000 小时，比前期国际最高水平提高了两个数量级，对应 3.6 亿次的稳定纳秒脉冲激射）和高集成密度（2100 点每英寸）等优异特性的新型胶体量子点面发射 CBR 激光器阵列。

D43-09**胶体半导体量子点激光材料和器件研究**

王跃*

南京理工大学

胶质半导体量子点由于其优异的光学、可溶液处理和良好的环境稳定性而受到了科研领域的广泛关注。

目前，基于胶量子点的太阳能电池、发光二极管以及激光等光电器件都得到了飞速发展，某些领域甚至达到了可商业化标准。然而，相比于如火如荼的器件发展，对于该材料的基础光物理性质的研究却远远不足，本报告将讨论在量子点激光领域研究中的若干关键科学问题。

D43-10

钙钛矿微纳激光光源的物性研究与调控

杜文娜*

国家纳米科学中心

随着科技的发展，微纳激光器逐渐成为了光子芯片的核心器件之一，在高速通讯、高分辨生物成像和传感方面具有巨大潜力。钙钛矿材料具有优异的光电性质，被认为是微纳激光器的一个有效实现方案，在实现电泵浦激光器这一最终目标具有巨大潜力。然而随着器件尺寸的减小，光学和材料损耗显著增加，激光阈值也随之增加，因此实现小尺寸低阈值激光光源极具挑战。针对该挑战，我们先后在激射机制、光腔结构和材料增益性质等方面进行了深入的探索研究。揭示了钙钛矿微/纳米腔中的激光机制，实现激子极化激元波色爱因斯坦凝聚，获得了小尺寸低阈值微纳激光光源。进一步，基于激子极化激元强非线性 and 快速响应等性质，实现了高阶轨道角动量的全光超快调控。以上研究为钙钛矿微纳结构在光通信和光学信息处理等领域的应用奠定了重要基础。

D43-11

二维锡基钙钛矿单晶微纳激光器

李亚辉、师恩政*

西湖大学

由于具有优异的光电性能、低毒性和高载流子迁移率等优势，二维 Ruddlesden-Popper 锡基钙钛矿已成为最具潜力的无铅钙钛矿半导体材料。然而，纯相高质量的二维锡基钙钛矿的合成仍然具有挑战性，同时与二维铅基钙钛矿相比，对其光电特性的理解不足。针对于此，我们通过混合溶剂策略合成一系列具有高相纯度的二维锡基钙钛矿单晶。通过调控量子阱厚度 (n 值) 和有机配体，光电特性表现出广泛的可调性。此外，二维锡基钙钛矿单晶表现出优异的激光性能，在 $n=1$ 中观察到强烈的激光信号。之后通过双重抗氧化合成策略，将二维锡基钙钛矿的激光阈值降低至 $0.88 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 。

D43-12

有机半导体激光材料与器件

赵永生*

1 中国科学院化学研究所，北京市海淀区中关村北一街 2 号，100190

激光是 20 世纪以来人类最重大伟大的发明之一，已经在军事国防、工业生产和人们日常生活的诸多领域得到了广泛应用，这些领域涉及能源、信息、生物医学等一系列战略新兴产业。随着科技的进步，激光技术也不断发展，其中微纳激光是激光技术与纳米科学交叉产生的研究前沿。在微纳尺度，激光器三要素（谐振腔、增益介质、泵浦源）同传统激光器相比都有显著的不同。

有机材料在发光效率、柔性、加工性等方面表现出独特的优势。有机分子种类丰富，结构可设计，性能可剪裁，在材料选择方面有很大的灵活性，同时有机材料一般具有较大的光吸收和光辐射截面，利用有机材料易掺杂的特性，可以实现全波段连续可调的受激发射，解决目前紫外和红外波段激光材料短缺的问题。更为关键的是，有机激光产生的过程中涉及全新的粒子数反转与受激发射机理。一方面有机材料中丰富的激发态过程为构筑有利于粒子数反转所需要的四能级系统提供了更加有效和可控的手段；另一方面，材料在受激状态下表现出的各种光谱特性，为我们深入研究不同有机分子的激发态动力学过程提供了更加有力的手段。

有机激光一个重要的应用在于发展与 OLED 兼容的主动发光的平板激光显示。激光显示是继阴极射线、液晶、发光二极管 (LED) 显示之后的第四代显示技术。得益于激光线宽窄、亮度高、相干性好等特点, 激光显示具有全色域、高亮度、极限高清、真 3D 等颠覆性优势, 被业界称为“人类视觉史上的革命”。通过将三基色激光投影到屏幕指定位置, 激光显示已经在影院、大屏电视等领域得到了应用, 但是这类显示设备无法满足手机、电脑、可穿戴设备等平板领域的需求。利用有机材料的加工性和发光特性, 可以将红、绿、蓝微纳激光器集成到周期阵列中构建自发射显示面板, 进而发展电驱动的平板激光显示器件。

关键词: 有机激光; 纳米光子学; OLED; 激光显示

参考文献

1. J. Tang, J. Zhang, Y. Lv, H. Wang, F. F. Xu, C. Zhang, L. Sun, J. Yao, Y. S. Zhao. *Nat. Commun.* **2021**, *12*, 3265.
2. C. Zhang, H. Dong, C. Zhang, Y. Fan, J. Yao, Y. S. Zhao. *Sci. Adv.* **2021**, *7*, eabh3530.
3. J. Zhao, Y. Yan, Z. Gao, Y. Du, H. Dong, J. Yao, Y. S. Zhao. *Nat. Commun.* **2019**, *10*, 870.
4. W. Zhang, J. Yao, Y. S. Zhao, *Acc. Chem. Res.* **2016**, *49*, 1691-1700.
5. C. H. Zhang, C. L. Zou, H. Dong, Y. Yan, J. Yao, Y. S. Zhao, *Sci. Adv.* **2017**, *3*, e1700225.
6. C. Zhang, C. L. Zou, Y. Zhao, C. Dong, C. Wei, H. Wang, Y. Liu, G. C. Guo, J. Yao, Y. S. Zhao, *Sci. Adv.* **2015**, *1*, e1500257.

D43-13

有机低维晶体中的激子极化激元及其偏振调控研究

廖清*

首都师范大学

有机低维晶体材料因其分子可设计、结构可裁剪、柔性集成等优势, 在有机光子学领域有着重要的应用潜力。平板光学微腔通常由双层金属薄膜或者分布式 Bragg 反射镜组成, 其特有的小体积、高 Q 值等特性, 能够有效增强微腔中激子与光子的相互作用, 为研究二维限域光子提供了优异的平台。

我们将低维有机晶体引入平板光学微腔中, 研究了室温下激子极化激元和极化激元凝聚 (图 1)。有机晶体中天然的各向异性性质可使其在光学微腔中直接发生横向电场-横向磁场模式劈裂, 能够产生光子的自旋轨道耦合作用。基于光子的自旋轨道耦合, 我们实现了有机微纳晶光腔中的非平庸能带几何结构[1], 圆偏振激光输出[2]等有趣的实验现象, 为设计新型有机激光器件、研究拓扑绝缘体和光子自旋霍尔效应等提供新思路。

D43-14

基于金属 F-P 腔的等离激元激射

肖发俊*

西北工业大学

激光器的小型化在光互连、光计算以及超高密度数据存储等未来片上应用方面展现了广阔的发展前景。纳米激光器在实现小型化、集成化和拓宽工作波长范围方面具有不可替代的作用, 是推动未来片上应用技术进步的核心要素。本报告中, 我们首先介绍一种室温工作的二维半导体等离激元激光器。该激光器通过将二维 InSe 纳米片集成于金属法布里-珀罗 (F-P) 腔中制备而成。等离激元 F-P 腔可循环利用表面等离激元泄漏模式, 与传统金属-绝缘体-半导体型纳米激光器相比, 反馈效率提升了两倍以上。通过场增强和腔模式-激子取向匹配的协同作用, 显著提升了等离子体-激子的耦合, 从而在室温条件下为等离激元激射提供了充足的增益。此外, 我们还展示了一种多波长近红外等离激元纳米激光器。该器件采用了非传统的“H”形等离激元腔设计, 通过将 InGaAs/GaAs 多量子盘 (MQD) 纳米线嵌入于银纳米线对—超平滑金膜的金属法布里-珀罗腔中而制备。我们的设计实现了强光学反馈, 显著增强了激子与腔内等离激元驻波间的能量转移效率。更重要的是, “H”形腔在调谐共振波长方面表现出高度的灵活性, 成功观测到室温下单模、超

低阈值的多波长激光发射。这些研究成果为超紧凑光子集成以及高通量生物传感等领域的应用提供了新的可能性。

D43-15

亚波长铅卤钙钛矿激光特性研究

张丁可*

重庆师范大学

作为一种新型光电材料,钙钛矿因其杰出的物理特性而受到广泛关注。钙钛矿材料是理想的带边复合材料,具有低缺陷态密度、可调谐的带隙、高载流子迁移率和长扩散距离等优点,不仅在光伏领域大放异彩,在放大自发发射(Amplified spontaneous emission, ASE)和激光领域也表现出优异的性能,因此备受研究人员的青睐。在对钙钛矿激光的研究中发现,其 ASE 阈值和稳定性仍然不足。报告介绍了张丁可课题组在钙钛矿材料激光特性方面的最新研究进展,包括基于阴离子交换技术实现光谱可控调谐的钙钛矿放大自发辐射研究、多策略提升 MAPbI₃ 钙钛矿薄膜的 ASE 特性和稳定性的研究等。

D43-16

有机电致发光器件

梁宁宁、翟天瑞*

北京工业大学

与传统液晶显示技术相比,有机发光二极管(Organic light emitting diode, OLED)具有重量轻、响应快、视角广、柔性可折叠等特点,已作为显示器广泛应用于智能手机、车载显示等。然而,由于有机分子的激发态能级受振动耦合影响较严重,OLED 显示器的发光色纯度普遍较低;且基于常规薄膜器件的制备,无法实现高偏振光的出射,这严重影响了其在高端显示领域等方面的应用。基于此,我们围绕高效率、高色纯度及高偏振 OLED 展开多种光学结构的设计及器件内腔式异质集成开发:(1)提出了基于激光双光束干涉光刻和真空热蒸镀膜法的高性能双色正交偏振有机发光二极管,成功获得了 3×3 cm² 的大面积电介质/金属纳米一维光栅,通过精细的理论模拟和器件设计优化,实现了有机发光二极管高强度的天蓝光横电模波导模式和绿色横磁模波导模式的正交出射,其优异偏振消光比已满足商业化需求;实现了兼具高偏振消光比、高外量子效率和定向发射的双色正交偏振发射的有机发光二极管;(2)提出一种基于杂化等离子体增强的透明导电电极,实现了在 300-800 nm 波段内 88.3%的平均透过率和 9.7 Ω/□ 低电阻率的 ITO/4-nm-Al/5-nm-TAPC/Ag NPs 导电薄膜,基于该导电电极实现了兼具高效率、强前向发射和高点亮寿命的溶液法 OLED 制备;(3)通过将 DBR 结构与 OLED 有机集成,借助所形成的 Fabry-Perot 微腔及其腔长、DBR 禁带位置的精细调控,构筑了不同耦合强度调谐的强耦合 OLED 器件,实现了参比 OLED 的绿色出光向白色、粉色、黄色和蓝色出光的转换,其 UP 分支具有 8 nm 的半高全宽。

D43-17

二维半导体材料的磁控电致发光器件研究

秦芳璐¹, 刘一林¹, 刘海洋¹, 刘盛¹, 于霆^{1,2*}

1 武汉大学物理科学与技术学院, 武汉 430072

2 武汉量子技术研究院, 武汉 430205

*Email: yu.ting@whu.edu.cn

基于二维半导体材料的电致发光器件是突破传统材料体系限制、实现高性能片上光源的关键技术路径。通过构筑高质量量子阱微纳结构电致发光器件,可揭示并拓展过渡金属硫族化合物(TMDCs)与二维磁性半导体的新颖发光机制,并精准厘清其宏观及量子尺度的光电特性。在 TMDCs 量子阱体系中,利用电泵浦技术有效排除了光致发光光谱研究中非共振激发对能谷极化性质的差异化影响,进而系统对比了各材料

组分及同/异质结的能谷极化强度。同时，基于量子阱结构中隧穿电流的自旋保持与选择性，首次实现无磁性电极辅助条件下的磁致谷极化电致发光（EL）及其动态调控。研究表明，磁场方向反转可诱导 EL 谷极化同步翻转；在 WS_2 单层及 WS_2/WSe_2 异质结中，层间电荷转移通过调控自旋轨道耦合与暗激子基态特性决定极化方向，为二维能谷电子学提供了界面工程新范式。此外，我们还将这种界面范式拓展至二维磁性半导体，实现了二维磁性半导体的电泵浦驱动 EL 发射，结合其本征磁各向异性与磁序-激子关联特性，系统讨论了其磁场依赖特性，为自旋-光子耦合器件的磁光协同设计开辟新路径。

关键词：二维半导体材料、二维磁性材料、量子阱、电致发光、自旋、偏振

D43-18

二维光电材料与集成光源器件

陈舒拉*

湖南大学

光电集成芯片具有低功耗与高通量信息处理优势，是人工智能芯片技术未来发展趋势之一，集成光源器件作为片上“电-光”转换端口具有关键作用。在器件不断微缩以提高集成密度的同时，如何兼顾量子效率与功能耦合是关键科学问题。低维半导体拥有丰富的材料体系，能带覆盖紫外到太赫兹波段且具有众多新颖的光电物性。其独特的范德华异质集成优势能够有效避免传统半导体外延过程中的晶格失配束缚，是发展新原理与高性能片上光源的理想平台。报告人将围绕二维（TMDs&III-VI 族）体系展开讨论：（1）基于原子掺杂与缺陷钝化提升 TMDs 荧光效率与载流子极性可调；（2）通过硅基与金属微纳光子结构获得二维光源光场的高效调控；（3）利用范德华异质集成实现一维波导传输与二维光源器件在界面的功能耦合以及片上光互连应用。报告最后将展望低维光电材料与集成器件在未来光电芯片中的应用前景。

D43-19

二维半导体可调谐发光器件

王俊勇*

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

二维半导体具有原子层极限厚度、强激子效应与可调谐性能，有助于构筑低功耗、高集成度的新型片上光源器件。在这个报告中，我们基于窄带隙二维半导体在红外波段的吸收与发光特性，以其作为可饱和吸收体或发光介质，构筑新型光源器件。首先，我们利用二维半导体宽谱可饱和吸收特性，结合低面对称性带来的各向异性非线性吸收，通过偏振控制实现了常规孤子和类噪声脉冲之间的脉冲激光状态主动控制。随后，我们生长了高质量窄带隙二维半导体黑磷及其合金薄膜，并将其作为发光介质材料开发器件：基于多层黑磷/黑磷磷开发出了宽波长覆盖（ $3.42 - 4.65 \mu\text{m}$ ）的光泵浦中红外激光器件；基于少层黑磷开发出了近红外通讯波段（ 1500 nm 附近）激子发光二极管器件，发光的激子类型和波长具有电场动态可调谐性。二维半导体的激子发光和范德华集成特性为智能化和小型化的新型片上光源提供了新的材料平台和契机。

D43-20

有机微腔中虚费米弧辅助的正交偏振双激光

龙腾、廖清*

首都师范大学

微纳激光器的偏振控制是微纳光子学中的一个重要课题。到目前为止，从单个有机微激光器同时产生两种可区分的正交偏振激光模式仍然是一个关键挑战。在这里，我们展示了来自充满有机单晶的微腔的同步正交极化双激光，表现出选择性强耦合。我们表明，由于偏振依赖性损耗而导致的非厄米性导致形成具有异常点的实和虚费米弧。由于在虚费米弧处通过光子自旋轨道耦合实现的特征态混合，同步正交偏振激

光成为可能。我们的工作为开发线偏振激光器提供了一种新方法，并为拓扑光子学、非厄米特光学和其他领域的未来基础研究铺平了道路。

D43-21

低维材料表界面的超快光谱技术研究

徐春祥*, 侯飞杨, 张何

电子科学与工程学院, 东南大学, 南京市, 210096

*Email: xcxseu@seu.edu.cn

飞秒激光脉冲由于其瞬态强场和优越的时空相干性, 在研究新型光电材料和器件表界面上的载流子输运和动力学方面展现了巨大的潜力。通过超快光谱技术, 如时间分辨光致发光或泵浦-探测技术, 我们全面监测了光致发光衰减和光生载流子动力学, 揭示了表面电子转移或扩散行为, 并实现了时空分辨率宽场成像。研究过程涉及钙钛矿量子点中的缺陷分布, 以及金属表面等离子体与宽带隙半导体和二维层材料的耦合。此外, 我们开发了光学诱导的超快声脉冲, 以提高异质结界面检测的纵向分辨率。以多层 MoS₂ 为光声换能材料, 实验观察了飞秒光激发 MoS₂ 相干声学声子振荡及向不同异质界面中发射面外纵向声学声子的过程。借此我们能够实现对界面的有效识别, 并进一步推导界面的耦合质量、杨氏模量及声速等信息。这项技术为光电、生物等复杂界面系统提供了快速、准确且无损的评估手段, 对于研究超小尺寸或超薄界面的原位、快速、高穿透深度、超高时空分辨的探测与成像具有重要的意义。

D43-22

探寻一种理想的等离激元平台

李光元*

北京理工大学(珠海)

等离激元由于可以将光场束缚到亚波长尺度, 可以极大增强纳米尺度上光与物质之间的相互作用, 曾被寄予厚望, 并在纳米激光、非线性增强、荧光增强、量子光学和生化传感等领域取得了广泛的应用。然而, 由于贵金属在可见近红外波长的吸收损耗极高, 实现商用的应用只有 SPR/SERS 传感。近些年来, 表面晶格共振、连续域束缚态等新颖物理效应被提出用于抑制损耗, 虽然取得了高 Q 值的突破, 但是面临高 Q 值与小 V_{eff} 之间的矛盾、高 Q 值与大共振深度之间的矛盾、高 Q 值与均匀介电环境之间的矛盾、小 V_{eff} 与辐射方向性之间的矛盾等矛盾, 限制了其实际应用。本报告将探讨这些矛盾以及为缓解或解决这些矛盾开展的研究, 并报道最新获得的兼顾几乎所有指标(可见光波段 Q 值高达 1k、大共振深度、各种介电环境、小 V_{eff} 和准直辐射方向)的近乎理想的等离激元平台结果, 为实现基于超高 Q 值等离激元平台的准直垂直出射的荧光/激光增强, 以及生化痕量传感增强等应用奠定了基础。

D43-23

钙钛矿激光: 结构、机制、调控与低阈值的实现

邹晨*

浙江大学

钙钛矿激光凭借波长易调节、激光阈值低及衬底兼容性佳等优势, 在激光领域迅速崛起。本报告聚焦钙钛矿结构、发光机制与辐射调控等内容, 系统介绍团队近期在钙钛矿激光方向的研究成果。在结构层面, 剖析有机-无机杂化钙钛矿的结构特征, 揭示低维与三维结构对其光学性质的决定性影响。发光机制研究表明, 增益系数提升、俄歇复合抑制、光场与增益介质高效耦合及散射损耗最小化, 是实现低阈值放大自发辐射和激光的关键要素。在辐射调控方面, 团队基于钙钛矿单晶与法布里-珀罗腔构建了钙钛矿微腔体系。通过原位生长技术制备的单晶材料, 兼具厚度精准可控、缺陷密度低和荧光寿命长等多重优势。通过精确调节光学微腔失谐度, 实现了对激子极化激元物理性质的有效调控, 进而突破传统光子激光的粒子数反转

限制，成功实现连续光泵浦下的超低阈值钙钛矿激光输出。报告末尾还将探讨钙钛矿激光当前面临的技术挑战与未来发展机遇，同时展望其在光通信、生物成像、激光显示等前沿领域的应用潜力。

D43-24

高性能微纳结构钙钛矿激光

李国辉*

太原理工大学

随着通信流量的爆炸式增长，高性能半导体激光器的开发成为研究重点。本文报道了钙钛矿纳米激光器在关键性能指标上的突破性进展：通过采用原子级平滑钙钛矿纳米片，实现了高达 2600 的品质因子和低至 $18.7 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 的激射阈值；借助 Purcell 增强效应（通过将纳米片集成到超光滑 SiO_2/Ag 薄膜实现），获得了亚皮秒级脉冲特性，使表面等离激元激光衰减时间缩短至 $0.6 \pm 0.4 \text{ ps}$ ；同时，器件表现出 $36.65 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 的低激射阈值。此外，通过四方相与正交相混合策略实现了无波长漂移的激光输出，并利用数百纳米尺度的二维钙钛矿晶粒显著降低了受激辐射阈值。这些成果为开发高带宽、超小尺寸的纳米激光器提供了新途径，对集成光子学的发展具有重要意义。

D43-25

Long-range cascaded organic laser mediated by metal surface plasmon

Jinlong Zhu, Qing Liao*

Capital Normal University

Coupling organic exciton into metal surface plasmon are shown to provide effective long-range energy transfer (ET) from donor materials to acceptor ones. Although some progresses have been made in linear region, the photoemission with high ET efficiency in nonlinear region remains unexplored. In this work, we construct a donor-silver film-acceptor sandwiched structure, in which two organic crystals possessing laser gain are respectively selected as the donor and the acceptor, to achieve a long-range cascade laser. Steady-state experiments confirm the cascade laser from the acceptor across a metal film of 60 nm thickness. The femtosecond transient absorption spectroscopy measurements indicate the ultrafast ET process of approximately 1 ps supports the lasing emission of the acceptor. Our finding providing a sight for effective long-range ET and open an avenue to develop the novel cascade laser towards long-wavelength laser and on-chip integrated photonic devices.

D43-26

变形正方形微腔的模式调控及应用

黄永箴*

中国科学院半导体研究所光电子材料与器件全国重点实验室

中国科学院大学材料与光电研究中心

正方形微腔类似于圆形微腔可以支持高 Q 回音壁模式，而且正方形微腔高 Q 模式场分布为驻波型更为稳定，适于通过变形实现模式调控。我们通过弧边变形引入的类凹面镜聚焦模式光线使之远离正方形顶点从而极大地提高模式 Q 值，而高 Q 值有利于双横模激射，另一方面弧边变形还导致横模间的周期长度差。通过弧边变形，我们研制出模式间隔从 10 GHz 到接近 THz 的双模弧边正方形微腔激光器。另外，通过对正方形微腔的一组对角进行圆角化变形也可增大基横模与一阶横模的波长间隔，同样可以研制出双模激射的变形正方形微腔激光器。正方形腔中较弱的模式场分布重叠度降低了模式竞争，有利于单腔双模稳定激射，而且可以利用图形化电极通过注入调节模式间隔。进一步，当双模间隔与激光器弛豫振荡频率相近时，双模拍频引起的四波混频以及腔内模场叠加效应会引起很强非线性动力学过程，由此研制出了自发混沌微腔激光器，并应用于物理随机数生成和距离探测。而稳定双模激射的激光器作为种子源，则应用于

光生亚太赫兹波以及高非线性光纤中光频梳产生。

D43-27

基于胶体量子阱的微纳激光

高原*

山东大学

胶体量子阱 (Colloidal Quantum Wells, CQWs) 作为一种新兴的低维半导体纳米材料, 因其可调谐的量子限域效应、高量子产率、窄发射线宽和出色的可加工性, 成为实现高性能微纳激光器的重要候选材料。相比传统量子点, CQWs 在发射方向性、激发态寿命控制和增益特性方面表现出更为优越的性能。本报告系统介绍了 CQWs 的结构设计与合成方法, 重点讨论其在激光增益介质中的优势及其自组装构筑对激光性能的影响。同时, 报告还展示了我们在基于 CdSe/CdZnS 等 CQW 体系的面发射激光器、随机激光器以及高圆偏振激光器方面的研究进展, 探讨了通过 CQW 自组装增强与谐振腔的模式耦合。研究表明, CQWs 不仅为低阈值、高稳定性微纳激光提供了材料基础, 也为新型激光显示与集成光子器件的发展提供了广阔的应用前景。

D43-28

GaN 基半导体微腔激光器件研究

梅洋¹、杨涛¹、王亚超¹、马立龙¹、钟鸿坤¹、应磊莹¹、张保平^{*1,2}

1. 厦门大学

2. 南方科技大学

半导体微腔激光器以其超小尺寸、高品质因子 (Q 值)、小模式体积及低功耗等特性备受关注。为实现可见光至紫外波段的高效激射, 氮化镓 (GaN) 基材料因其宽可调的直接带隙和高发光效率成为理想选择。本研究报道了 GaN 基微腔激光器的最新进展, 包括垂直腔面发射激光器 (VCSEL)、回音壁模式 (WGM) 激光器及柔性微腔激光器。通过光学泵浦实现了 UVC/UVA 波段、电泵浦实现了绿光波段的 GaN 基 VCSELs; 在 InGaN 基微腔中观测到低阈值激子-极化激元激射及大拉比分裂现象。在 WGM 激光器方面, 研制出 Q 值超过 12000 的 GaN 微盘激光器并实现电注入激射。此外, 通过将微腔激光器转移至柔性衬底, 为生物医学与机械传感应用提供了新思路。

D43-29

有机晶体微腔中激子极化激元凝聚的自旋操控

任佳欢*

河北大学

当前, 光子偏振或自旋操纵在现代光学中具有广泛而关键的应用。在量子通信中, 光子的偏振态被用作量子比特的信息载体, 通过偏振编码实现量子密钥分发, 其显著提升了通信安全等。然而在基础研究领域, 光子在平面微腔中的严重色散不可避免地引入了对激子极化激元凝聚有效自旋操纵的限制, 尤其在精确控制其波长依赖性这一问题中显得尤为突出。鉴于此, 研究团队通过有机 DPAVB_i 晶体填充的微腔中实现了激子极化激元凝聚的伪自旋操纵。通过调节非共振泵浦激光的入射波矢量, 可以连续操纵激子极化激元凝聚的出射能量、偏振和角度, 并且单独的左旋或右旋圆偏振凝聚可以选择性的出现在特定波矢上。将有机晶体 DPAVB_i 制作成法布里-珀罗微腔结构, 利用非共振线偏振的飞秒脉冲激光对有机微腔进行泵浦, 通过调节泵浦光的入射波矢量实现了连续操控极化激元激光的波长、波矢方向和偏振态。并且实现单个左旋或右旋圆偏振极化激元激光在特定波矢方向下的出射。激子极化激元和光子自旋轨道耦合的结合为激子极化激元凝聚的多维参数调控方面提供了更大的灵活性, 包括自旋域、光谱域和空间域。这为基于自旋的逻辑器件、自旋开关和集成芯片的开发提供了一种有效的方法, 也为探索拓扑光子学和手性光学等方向发

挥了主导作用。

[1] Ren J., Long T., Gu C., Fu H., Solnyshkov D., Malpuech G., Liao Q., Optical Spin Hall Effect Pattern Switching in Polariton Condensates in Organic Single-Crystal Microbelts, *J. Am. Chem. Soc.*, 2025, 147, 8336-8342.

[2] Wang B., Ren J., Huang S., Ma X., Dang W., Gu C., An C., Zhao X., and Liao Q., Polarization manipulation of polariton condensates in organic microcavities, *Laser Photonics Rev.*, 2025, 2402217.

墙报

D43-P01

Room- temperature continuous- wave pumped exciton polariton condensation in a perovskite microcavity

Jiepeng Song, Kwok Kwan Tang, Qing Zhang*

School of Materials Science and Engineering, Peking University

Microcavity exciton polaritons (polaritons) as part- light part- matter quasiparticles garner considerable attention for Bose- Einstein condensation at elevated temperatures. Recently, halide perovskites have emerged as promising room- temperature polaritonic platforms because of their large exciton binding energies and superior optical properties. However, currently, inducing room- temperature nonequilibrium polariton condensation in perovskite microcavities requires optical pulsed excitations with high excitation densities. Here, we demonstrate continuous- wave optically pumped polariton condensation with an exceptionally low threshold of $\sim 0.53 \text{ W cm}^{-2}$ and a narrow linewidth of $\sim 0.5 \text{ meV}$. Polariton condensation is unambiguously demonstrated by characterizing the nonlinear behavior and coherence properties. We also unveil the trapping potential landscape strategy to facilitate polariton relaxation and accumulation. Our findings lay the foundation for the next- generation energy- efficient polaritonic devices operating at room temperature.

D43-P02

Exciton polariton condensation from bound states in the continuum at room temperature

Jiepeng Song, Changhai Zhu, Qing Zhang*

Peking University

Exciton-polaritons (polaritons) resulting from the strong exciton-photon interaction stimulates the development of novel low-threshold coherent light sources to circumvent the ever-increasing energy demands of optical communications. Polaritons from bound states in the continuum (BICs) are promising for Bose-Einstein condensation owing to their theoretically infinite quality factors, which provide prolonged lifetimes and benefit the polariton accumulations. However, BIC polariton condensation remains limited to cryogenic temperatures ascribed to the small exciton binding energies of conventional material platforms. Herein, we demonstrated room-temperature BIC polariton condensation in perovskite photonic crystal lattices. BIC polariton condensation was demonstrated at the vicinity of the saddle point of polariton dispersion that generates directional vortex beam emission with long-range coherence. We also explore the peculiar switching effect among the miniaturized BIC polariton modes through effective polariton-polariton scattering. Our work paves the way for the practical implementation of BIC polariton condensates for integrated photonic and topological circuits.

D43-P03**外延结构对 GaN 基 VCSEL 性能提升的影响**

王亚超 1、梅洋 1、张保平*1,2

1. 厦门大学电子科学与技术学院
2. 南方科技大学纳米科学与应用研究院

GaN 基垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 由于具有体积小、阈值电流低、单纵模式输出, 易于实现二维阵列集成等优点, 以及在照明显示、数据通信、高密度光存储等方面的巨大应用潜力, 而受到人们越来越多的关注[1]。GaN 基 VCSEL 的输出特性 (激射阈值、斜率效率等) 与有源区对载流子的限制能力密切相关[2, 3]。为了提升载流子的限制能力, 本文设计了三种不同的外延结构: 1) 渐变组分 Last-quantum barrier (LQB) 结构; 2) 渐变组分 electron blocking layer (EBL) 结构; 以及 3) 普通对照结构。基于上述三种外延结构分别制备了 GaN 基光泵 VCSEL 器件。实验结果表明, 基于普通结构的 VCSEL 阈值功率最大为 5.10 mW, 其次是渐变组分 EBL 结构的 VCSEL, 阈值功率为 2.51 mW, 最小的是渐变组分 LQB 结构的 VCSEL, 阈值功率为 1.47 mW。对三个器件的能带进行分析我们发现, 渐变组分 LQB 以及渐变组分 EBL 能够有效提升有源区对载流子的限制能力, 从而获得比普通结构更低的激射阈值和更高的斜率效率。

1. Yu, Hsin-chieh, et al. "Progress and prospects of GaN-based VCSEL from near UV to green emission." Progress in Quantum Electronics 57 (2018): 1-19.
2. Wang, Ya-chao, et al. "Simulation of performance enhancement of GaN-based VCSELs by composition gradient InGaN last-quantum barrier." Semiconductor Science and Technology 38.12 (2023): 125003.
3. Wang, Ya-Chao, et al. "Study of Ga-polar and N-polar GaN-based green VCSELs by Simulation." IEEE Photonics Journal 16.1 (2024): 1-6.

D43-P04**半极性 InGaN/GaN 基正交偏振微腔发光二极管**

贾庆霖、梅洋*、段竞峰

厦门大学电子科学与技术学院微电子与集成电路系

正交偏振光技术在可见光通信[1]、3D 显示[2]和医学成像[3]等应用领域具有巨大的潜力。本研究介绍了一种半极性(20-21)InGaN/GaN 基微腔发光二极管(MCLED), 其能够同时产生平行和垂直于[10-1-4]轴的正交偏振光。通过采用 SiO₂/TiO₂ 分布式布拉格反射镜(DBR)和 Ag 镜作为反射镜, 形成了光学谐振腔, 改善了器件的散热并实现了高偏振度(~0.89)。并且制备了 MCLED 阵列, 在保持正交偏振的同时显著提高了输出功率。这项工作推进了正交偏振光技术, 为实际应用提供了新的可能。

1. H. Kaur and N. S. Grewal, "Ultra high-speed VLC system using polarization division multiplexed QPSK, DSP, and matched filters," Opt. Quant. Electron. 54(10), 636 (2022).
2. H. J. Cornelissen, H. J. B. Jagt, D. Broer, et al., "Efficient and cost-effective polarized-light backlights for LCDs," in Eighth International Conference on Solid State Lighting, (SPIE, 2008), 187–196.
3. M. Heger, J. F. Beek, K. Stenback, et al., "Darkfield orthogonal polarized spectral imaging for studying endovascular laser-tissue interactions in vivo-a preliminary study," Opt. Express 13(3), 702–715 (2005).

D43-P05**高性能紫外谐振腔发光二极管**

王玉坤 1、安冰 1、邹志杰 1、梅洋 1、张保平*2

1. 厦门大学电子科学与技术学院
2. 南方科技大学

谐振腔发光二极管 (RCLED) 拥有窄线宽、良好方向性、相干性等特点。如今紫外光已在杀菌消毒、

材料光刻、材料固化、治疗皮肤癌和银屑病的医学治疗等方面有着众多应用。然而紫外 RCLED 存在高质量 DBR 难以生长、吸收损耗和散射损耗严重等问题,因此在制备紫外高性能 RCLED 方面需要对其结构和工艺进行优化。在本工作中,我们制备了双介质 DBR 结构的紫外 RCLED, 发光波长在 376.7nm。将透明导电层置于波节降低吸收损耗,在激光剥离后通过化学机械抛光降低散射损耗,通过引入电镀铜作为衬底改善了器件的散热能力,器件在高的热反转电流下达到了高功率密度。

本工作所制备 RCLED 基模线宽仅有 0.24 nm, 对应的腔品质因子 (Q) 高达 1570, 如此高的 Q 值可以归功于: 精确地将 ITO 置于波节处从而降低了吸收损耗, 高反射率 (>99%) DBR 降低了镜面损耗, 化学机械抛光技术降低了界面的散射损耗。同时, 通过测试功率密度随电流变化的关系, 器件拥有较高的热反转电流。这得益于电镀铜结构优秀的散热能力和 AlN 良好的电流限制能力[1], 使得器件可以在较高的热反转电流下 (28 mA) 实现较高的输出功率密度 (84.03 W/cm²)。

[1] Y. H. Chen, Y. Mei, H. Xu, R. B. Xu, L. Y. Ying, Z. W. Zheng, H. Long, and B. P. Zhang, IEEE Photon. Technol. Lett., vol 33, pp. 19-22, 2021.

D43-P06

Improved Indium Incorporation in AlInN by Atmospheric-pressure MOCVD

Shaosheng Fan^{1,2}, Masao Ikeda^{2,3}, Baoping zhang^{*1,4}, Yang Mei¹, Zongliang Liu², Ke Xu^{2,3}

1. Xiamen University

2. Jiangsu Institute of Advanced Semiconductors

3. Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics, Chinese Academy of Sciences (CAS)

4. Institute of Nanoscience and Applications, Southern University of Science and Technology

Lattice-matched AlInN to GaN has attracted significant attention for its potential applications in VCSELs, particularly as the material for distributed Bragg reflectors (DBRs) and multi-quantum well active regions. For lattice-matched AlInN growth, the growth temperature must be kept low enough to ensure the desired indium incorporation, which contradicts the higher growth temperature generally required to enhance the diffusion of adatoms, leading to improved material quality. The significant enhancement of In incorporation efficiency under atmospheric pressure offers an effective approach to overcoming the narrow growth temperature window. However, the intensified parasitic reactions under atmospheric pressure pose a critical challenge to achieving high crystalline quality. We addressed the parasitic reaction under atmospheric pressure by employing a high total gas flow rate and an optimized three-inlet gas distribution. The results demonstrate that AlInN grown under atmospheric pressure achieves significantly higher In incorporation efficiency compared to low-pressure growth, enabling the lattice-matched growth temperature to increase to 875 °C. Furthermore, an activation energy of 1.12 eV yielded by the Arrhenius plot, lower than the In-N bond energy (~2.0 eV), suggests that the temperature-induced indium composition in AlInN films under atmospheric pressure is governed by thermal desorption, which differs from the thermal decomposition dominant under low-pressure conditions.

D43-P07

激子极化激元中高阶轨道模式的全光超快调控

张宇阳¹、曾鑫¹、杜文娜¹、张青²、刘新风^{*1}

1. 国家纳米科学中心

2. 北京大学材料科学与工程学院

高阶轨道模式因其独特的空间相位结构和模式可复用性,在高速光通信、多维光编码与量子信息处理中展现出重要应用潜力。激子极化激元作为光与物质强耦合形成的准粒子,兼具轻质量与强非线性特性。在环形势场的局域下,极化激元凝聚体能够自发旋转和耦合,形成携带轨道模式的激射行为。并且强的非线性响应使其能够通过全光手段高效调控,为高维光学信息处理提供了新思路。然而,传统材料中激子结

合能较小，难以在室温下维持强耦合。同时，高阶轨道模式对材料尺寸和精度要求高，现有钙钛矿材料合成技术生长出的微米片尺寸集中在十几微米附近，制约了对高阶轨道模式生成和调控方面的深入研究。

为此，本研究开发了 PDMS 柱模板辅助的钙钛矿材料合成技术，制备出边长达百微米的 CsPbBr_3 钙钛矿单晶微米片。得益于钙钛矿材料较大的激子结合能，体系在室温条件下实现了与光场的强耦合。在此基础上，研究团队利用环形脉冲进行激发，形成了最高 33 阶的轨道模式发射。进一步地，通过引入第二束控制脉冲，并调控两束脉冲在空间和时间上的对称性，实现了对高阶轨道模式在皮秒时间尺度内的高效全光调控。该工作结合了室温激光、高阶轨道模式构建与超快调控能力，为极化激元在光通信与光学编码等领域的实际应用提供了重要参考。

D43-P08

硅基可调谐多波长微激光阵列

马立龙、钟鸿坤、应磊莹、梅洋、张保平*

厦门大学电子科学与技术学院

多波长激光阵列的片上集成是硅光子学领域的一项关键技术，对光通信和生物传感等应用具有重要意义。然而，实现高 Q 值 ($>10^4$) 有源微激光器及硅基可调谐激光器仍存在显著挑战。本研究提出了一种基于单一 InGaN 外延片和单次工艺的创新方案，成功在 $\text{Si}(100)$ 衬底上实现了多波长微盘激光器阵列的单片集成。在脉冲泵浦条件下，实现了 GaN 基微盘激光器激射，其品质因子达 13138，阈值能量密度低至 $57.85 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 。研究发现， InGaN 量子阱通过量子限制斯塔克屏蔽效应和能带填充的共同作用，展现出独特的增益可调谐特性。通过系统调控微盘几何参数（尺寸/形状）以优化腔损耗，并在不同泵浦条件下实现材料增益谱偏移，实现了对各器件激射波长的独立控制，最终获得了 455-503 nm 范围内的宽谱可调谐激光输出。这一研究成果为发展高性能硅基光电集成系统提供了新的技术途径。

D43-P09

等离激元辅助连续域束缚态激光的超快控制

张智勇、杜文娜、刘新风*

国家纳米科学中心

连续域束缚态 (BIC) 是在一个空间域中的局域态，可以作为零泄漏和线宽的共振，从而显著提升光与物质之间的相互作用。然而，完全介电结构中的 BIC 受限于大的模式体积，制约其性能调控能力。为了解决这个问题，我们通过化学气相沉积法制备了纵向生长的高质量 CsPbBr_3 钙钛矿单晶微米片。基于其表面低缺陷的特性，得到的钙钛矿单晶微米片具有较高的增益。且由于钙钛矿材料较大的激子结合能，我们在室温下金属-介电混合纳米结构中实现了较低阈值 ($3.6 \mu\text{J}/\text{cm}^2$) 的 BIC 激光。利用微区傅里叶角分辨系统的表征，在室温下实现了等离激元辅助的 BIC 激光。进一步对其相干性和涡旋特性进行了相应表征，通过调控一束激发光与另一束控制光，打破结构对称性，通过调控时序实现了不同 BIC 模式之间的动态切换。与传统的全介电激光系统相比，它具有更快的自发复合和增益开关 ($\sim 20\text{ps}$)。结合等离激元的场增强效应和 BIC 的高局域特性，为纳米光子学和量子光学提供了新的平台，其高局域性在传感、能量收集及量子信息处理中具有重要价值。

仅发表论文

D43-PO01

单线态裂分中三重态激子对的超快形成

李雨晴、卢丽娜、吴义室*

首都师范大学

单线态激子裂分 (SF) 是有机半导体材料吸收一个高能光子产生一个高能单线态激子并将其转化为两个低能三线态激子的过程。^{1,2} 基于激子裂分的光伏器件, 不仅可以有效控制高能光子热损耗的同时, 而且使得器件内光电流增倍。其有望突破肖克利-奎瑟限制, 显著提高太阳能电池转换效率而备受关注。目前报道的绝大多数 SF 都是分子间的裂分过程, 需要满足一定的能量条件, 并且分子间存在有效的电荷耦合作用, 这从而限制了其应用。在这里, 我们通过时间分辨光谱, 探究了氰基取代二吡咯并蔡啉二酮衍生物 (DPND-CN) 这一具有激发态芳香性的体系中的激子裂分与温度的依赖关系。³ 我们证明从 S_1 态到 $1(T_1-T_1)$ 态的转化源于电子自由度与自旋自由度的相干耦合, 这一过程具有时间依赖的放热特征。紧接着, $1(T_1-T_1)$ 态通过热活化过程解离, 最终产生游离的三线态激子。我们的研究为新型激子裂分材料的设计提供了参考依据, 并探索了分子内激子裂分材料的器件应用的可行性。