
中科院化学所追踪有机电泵浦激光最新进展

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16638.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

中科院化学所追踪有机电泵浦激光最新进展。有机电泵浦激光作为一种小型化的相干光源，同时具有溶液可加工性、柔性、宽波长范围可调谐性等特点，使得其有助于促进光子学器件与其他光电回路的有效集成与互联，因而在光谱成像、显示、远程通讯、医疗诊断等领域展现了巨大的应用前景。数十年来，随着有机光电子学的持续发展，相关领域的科学家们不断探索适用于有机电泵浦激光的材料与器件结构，却鲜有太多实质性的突破。近来，一些令人印象深刻的工作相继报道了发光有机半导体中关于分子设计，理论预测，器件制备等方面的研究进展。然而，由于缺乏对电泵浦激光中材料、器件以及光物理的功能角色的清晰认知，截止目前为止，仍然没有有一个工作能毫无例外的满足电泵浦有机激光的所有标准。

有鉴于此，近日，中国科学院化学研究所赵永生研究员团队从激光原理的角度出发，基于激光辐射与分子结构、器件工程、和激子动力学的之间构效关系，简要总结了几个潜在的策略来应对这一困扰了有机光电子学领域的跨世纪挑战。

2021年11月16日，该Perspective文章以Pursuing electrically pumped lasing with organic semiconductors为题，发表在Chem上。该研究不仅提供了对于有机相干光源中基本原理的一些深刻认识，而且有望吸引化学、材料、物理、工程等相关领域研究人员的兴趣来一起推动有机电泵浦激光的发展。

识别有机电泵浦激光的三大标准如图1所示，缺一不可且需同时满足。（1）足够大的电流注入来产生足够多的激子，以期实现激发态能级和基态能级之间的粒子数翻转；（2）在电流密度依赖的输出功率以及光谱半峰宽曲线中观测到明显的阈值行为；（3）同时观察到输出光的时间和空间相干性。

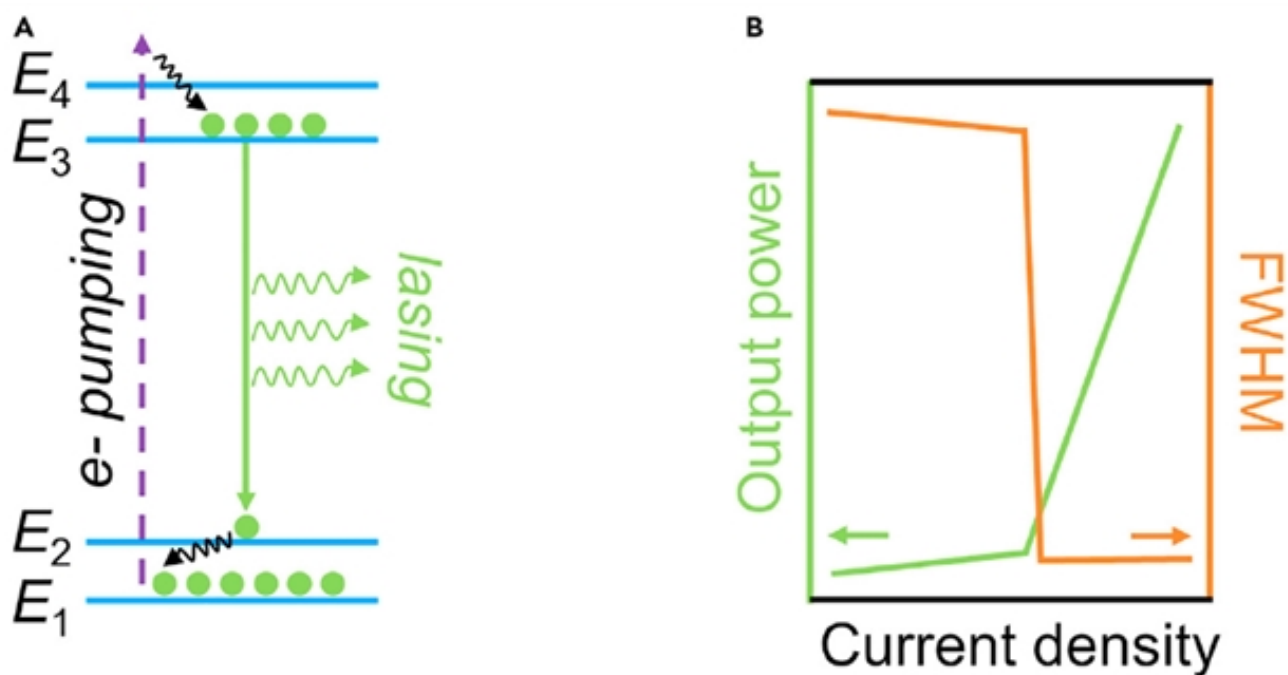


图1：识别有机电泵浦激光的标准。（A）电注入激发下，有机材料中的四能级体系激子跃迁示意图。（B）电流密度相关的输出功率和光谱半峰宽曲线图，其中拐点代表了激光阈值。

综述前人文献，有机电泵浦激光中的主要挑战可以归纳为以下三大类。（1）需要有机材料同时具有大的光学增益和高载流子迁移，而这对于有机材料来说往往是相互矛盾的要求；（2）非辐射的三线态激子诱发的光学损耗，例如三线态吸收，三线态-单线态湮灭，三线态-三线态湮灭等；（3）其他诸如电极损耗，有机材料低热导率和低稳定性等问题。基于此作者提出了以下策略来应对。

第一，可以从材料设计角度出发，基于对有机分子结构-性能关系的认识，可控设计分子骨架结构和侧链基团从而调控分子的堆积方式，从而实现同时具有高迁移率和高发光效率的有机半导体，如图2A中所示的一些典型的具有较高迁移率的有机激光材料骨架。此外，基于对有机激发态过程的认识，可以进一步通过分子设计来减小三线态能级与单线态能级的重叠积分，进而达到减小三线态损耗的目的，如图2B和C所示。

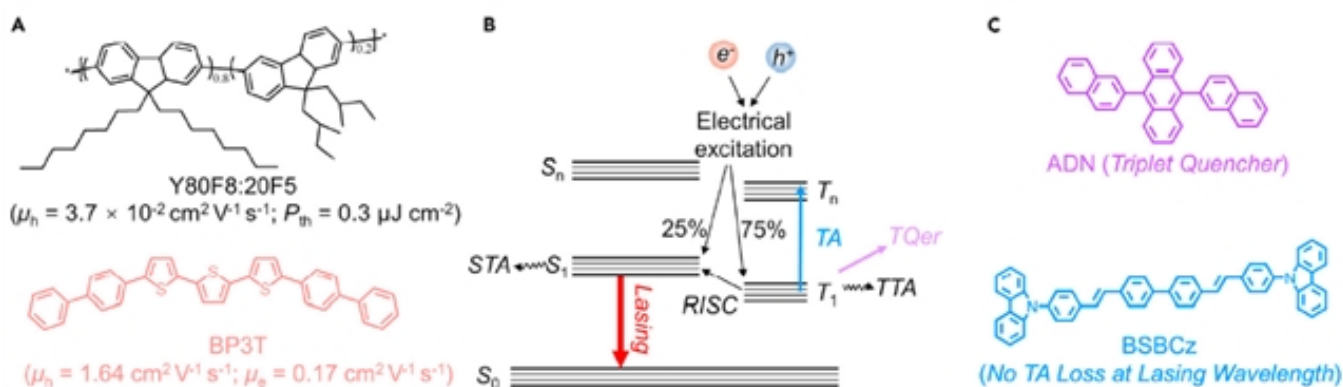


图2：基于有机电泵浦激光中光学增益，载流子迁移率和三线态问题的分子设计思想。(A) 典型的具有较高迁移率的有机激光分子材料。(B) 电注入激发下，有机材料中的三线态相关的问题。(C) 三线态调控体系，包括三线态淬灭剂 (ADN) 以及三线态吸收与激光辐射波长没有重叠的激光分子 (BSBCz)。

第二，理性选择发光器件结构，如图3A和B。有机发光二极管 (OLED) 和有机发光场效应晶体管 (OLET) 是两个最有希望的器件构型，他们各有优缺点。由于目前将有机激光分子应用到发光器件中的工作仍非常有限，因此更多工作需要围绕器件结构开展。基于无机半导体的电泵浦激光能给有机体系提供很好的参考和借鉴。此外，利用脉冲电激发能减少热效应和抑制激子湮灭，低温操作能提高有机材料发光效率和增强器件稳定性。

第三，合理设计光学谐振微腔结构，如图3C和D。分布式反馈光栅 (DFB) 和布拉格反射镜 (DBR) 是目前报道的具有高品质因子 ($\sim 10^4$) 微腔。将他们与发光器件相结合有望进一步降低电泵浦激光阈值。随着微纳加工技术的发展，制备与发光器件相兼容的高品质因子微腔也变得越来越程式化，这也为发展有机电泵浦激光打下了良好的基础。

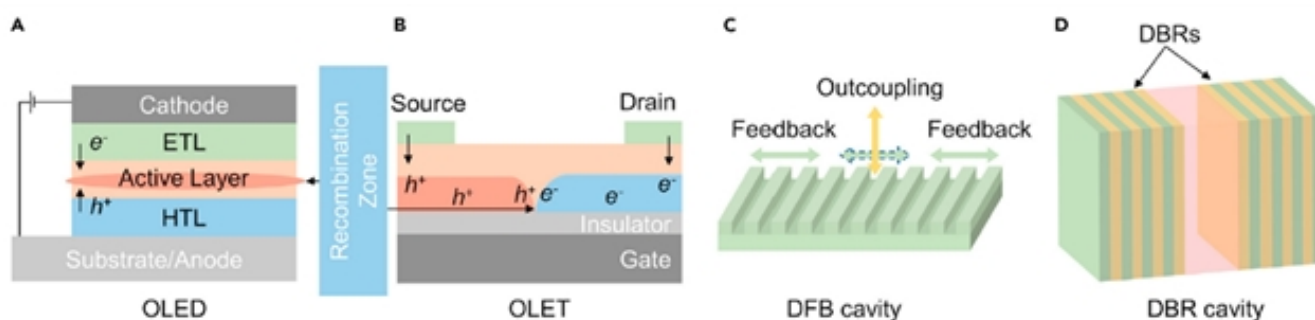


图3：实现有机电泵浦激光的器件工程。基于 (A) OLED 和 (B) OLET 的发光器件结构。代表高品质因子的谐振腔 (C) DFB 和 (D) DBR。

第四，开发新型激光机制[激子极化激元 (EP) 激光]实现有机电泵浦激光。理论上来说，激子极化激元激光不依赖于粒子数翻转，有希望在极低阈值下实现激光出射。目前，基于有机材料的激子极化激元激光的研究仍处于萌芽阶段，其中大部分激子极化激元激光都具有较高的激光阈值，甚至需要在低温下运行。作者提出，可以通过设计具有大的跃迁偶极矩、激子结合能和窄吸收线宽的有机材料来促进室温下激子和光子的耦合，以期实现室温条件下激子极化激元的凝聚。还可以通过制备高品质因子的微腔来延长极化激元的寿命，从而降低激光阈值。

总而言之，追求有机电泵浦激光是一个长期的系统工程，需要来自不同领域的研究人员的共同贡献。目前的一些研究进展代表了向有机电泵浦激光进发的有效保障。他们阐述了电泵浦激光中的材料结构、器件工程和光物理过程的重要作用，也展示了实现有机电泵浦激光中所必需具备的一些基本知识、技术、以及技能。相信随着一个个小的突破的累积，有机电泵浦激光必将很快揭开它神秘的面纱。(来源：科学网)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.chempr.2021.10.014>

作者：赵永生等 来源：《化学》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发