聚集诱导发光(AIE): 我国原创并引领的研究前沿

有机发光材料已经在有机电致发光器件、化学传感、生物探针等方面得以广泛应用;在有机激光、发光场效应晶体管等领域具有潜在的应用价值,因此备受学术界和产业界的关注。然而,传统的有机发光材料在其稀溶液中发光很强,而当聚集后或制备成薄膜时,其发光会变弱甚至完全消失,这一现象即为“聚集猝灭发光(Aggregation-Caused Quenching, ACQ)”^[1]。但在实际生活中,有机发光材料往往需要制备成聚集态或者薄膜使用,故 ACQ 问题大大降低了这类发光材料的应用效果、限制了其应用范围。为解决这一难题,科研人员采取了一系列化学、物理和工程的手段来抑制分子间的聚集。然而,大多数情况下,仅能取得有限的成功,有时候甚至会带来新的问题。因此需要另辟蹊径去解决这一难题。分子聚集是一个自发的内在过程,如果能够利用聚集诱导/增强发光,则这一问题将可迎刃而解。

2001年,我们在研究1-甲基-1,2,3,4,5-五苯基噻咯的发光行为时发现,溶解在乙腈中的这一分子不发光,但随着大量不良溶剂(水)的加入,混合体系的发光变得很强。由于该分子呈现疏水性,水的加入势必引起分子的聚集,所以,该分子发光的显著增强与聚集态形成密切相关。鉴于此,我们提出了“聚集诱导发光(Aggregation-Induced Emission, AIE)”的概念^[2]。随后,通过大量的实验和理论研究,我们提出了“分子内运动受限(Restriction of Intramolecular Motion, RIM)”的工作机理^[3,4]。

由于AIE分子独特的凝聚态高效发光特性,自AIE概念提出后就受到了国内外同行的关注,现已有数十个国家上百个课题组开展有关AIE的研究,在新AIE分子的设计和制备, AIE机理的定性和定量描述, AIE材料在光电器件、生物探针与成像、化学传感、智能材料应用等领域均取得了显著的进展并取得了原创性的成果^[5-10]。因此, AIE已经成为发光材料和光物理等领域的一个研究热点,并被中国科学院文献情报中心和汤森路透联合发布的《2015研究前沿》报告列为化学领域的10大研究前沿的第二位,并且为重点热点前沿^[11]。此外,2016年*Nature*的News Feature专栏以“The nanolight revolution is coming”(纳米光革命正在来临)为题重点介绍了AIE材料,并评价AIE材料的发现为当前常用的量子点与发光聚合物点存在的问题提供了解决方案,是新一代的纳米发光材料^[12]。

我国科学家在AIE领域做出了卓越的贡献,并在世界上持续引领这一领域的发展。为展示我国科学家

在AIE领域的研究成果,促进该领域的进一步发展和加强学术交流,我们组织了我国在AIE研究中活跃的部分专家学者出版了本期“聚集诱导发光”专辑,共收录了十二篇涵盖分子设计、理论研究和应用探索的最新AIE研究成果的研究论文。

在本专辑中,彭谦、帅志刚等利用理论计算研究了有机分子聚集体中振动分辨光谱的激子耦合效应,论证了分子内电声子耦合在AIE聚集态发光中的主导作用。谢国华、李振等开发了新型蓝色AIE分子,并制备了性能优良的、可通过溶液加工的OLED器件。张关心、张德清等开发了新型四苯基乙烯衍生物,发展了新

唐本忠

华南理工大学/香港科技大学

赵祖金

华南理工大学

秦安军

华南理工大学

型的羧酸酯酶活性分析和抑制剂筛选的 AIE 特性的荧光探针. 吴水珠等设计合成了斯托克斯位移大、细胞毒性低和光稳定性好的近红外 AIE 探针, 该探针能在酯酶的催化下, 有效清除细胞中过度表达的活性氧, 从而实现在活细胞中追踪牛磺酸的释放和活性氧的清除. 徐斌、田文晶等利用两亲性聚合物包覆两种 AIE 分子的策略制备了高效近红外发光纳米粒子, 并成功应用于 HepG₂ 细胞的高质量成像; 胡蓉蓉等开发出了具有 AIE 特性的炔酮衍生物, 并成功应用于过渡金属 Pd²⁺ 离子的检测. 孙景志等将苋苋和四苯基乙烯相结合制备具有聚集增强发光 (aggregation-enhanced emission, AEE) 的新型分子体系, 这类分子可实现苦味酸的高灵敏检测. 吕超等制备了具有 AIE 特性的谷胱甘肽包裹的金纳米簇 (GSH-AuNCs) 并与聚烯丙胺 (PAH) 通过层层组装修备了发光的薄膜, 以其为响应层, 牛血清白蛋白包裹的金纳米簇 (BSA-AuNCs)/PAH 薄膜为参比层, 实现了对 TNT 的荧光比率检测. 佟斌、董宇平等报道了具有 A-D-A 结构的并吡咯衍生物 4',4''-(2,5-二苯基吡咯并[3,2-*b*]吡咯-1,4-二基)双([1,1'-联苯]-4-膦)的制备, 所得分子具有 AIE 的特性, 可通过改变条件得到四种单晶, 并且可作为酸响应的荧光检测试剂. 董永强等报道了具有 AIE 和结晶诱导发光的富烯衍生物, 实现了三种不同发光状态间的可逆转变. 林荣业等通过炔类单体的偶联聚合合成了新型

的 AIE 聚联炔, 制备了具有高分辨率的二维和三维荧光图案. 袁望章、张永明等研究了不含普通发光单元的聚甲基丙烯酸(*N*-羟基琥珀酰亚胺)酯的发光性质, 进一步揭示了独特的簇聚诱导发光行为.

本专辑的工作体现了目前 AIE 研究的热点方向, 势必给 AIE 发展带来积极的推动作用. 在此, 衷心感谢各位作者、审稿人以及编辑部工作人员的奉献和努力.

References

- [1] Birks, J. B. *Photophysics of Aromatic Molecules*, Wiley, London, 1970.
- [2] Luo, J.; Xie, Z.; Lam, J. W. Y.; Cheng, L.; Chen, H.; Qiu, C.; Kwok, H. S.; Zhan, X.; Liu, Y.; Zhu, D.; Tang, B. Z. *Chem. Commun.* **2001**, 1740.
- [3] Zhao, Z.; He, B.; Tang, B. Z. *Chem. Sci.* **2015**, 6, 5347.
- [4] Mei, J.; Hong, Y.; Lam, J. W. Y.; Qin, A.; Tang, Y.; Tang, B. Z. *Adv. Mater.* **2014**, 26, 5429.
- [5] Mei, J.; Leung, N. L. C.; Kwok, R. T. K.; Lam, J. W. Y.; Tang, B. Z. *Chem. Rev.* **2015**, 115, 11718.
- [6] Zhao, Z.; Lam, J. W. Y.; Tang, B. Z. *J. Mater. Chem.* **2012**, 22, 23726.
- [7] Wang, H.; Zhao, E.; Lam, J. W. Y.; Tang, B. Z. *Mater. Today* **2015**, 18, 365.
- [8] Ding, D.; Li, K.; Liu, B.; Tang, B. Z. *Acc. Chem. Res.* **2013**, 46, 2441.
- [9] Zhao, Z.; Lam, J. W. Y.; Tang, B. Z. *Soft Matter* **2013**, 9, 4564.
- [10] Wang, M.; Zhang, G.; Zhang, D.; Zhu, D.; Tang, B. Z. *J. Mater. Chem.* **2010**, 20, 1858.
- [11] http://ip-science.thomsonreuters.com.cn/press/research_fronts_2015.pdf
- [12] Lim, X. Z. *Nature* **2016**, 531, 26.

Aggregation-Induced Emission (AIE): A Research Frontier Created and Led by Chinese Scientists

Tang, Ben Zhong^{a,b} Zhao, Zujin^a Qin, Anjun^a

(^a State Key Laboratory of Luminescent Materials and Devices, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(^b Department of Chemistry, The Hong Kong University of Science & Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong, China)