有机单晶闪烁体实现高效快中子探测

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/20754.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！

有机单晶闪烁体实现高效快中子探测。
2022年11月2日，天津大学的胡文平教授团队在Matter期刊上发表了一篇题为Dual discrimination of fast neutrons from strong γ noise using organic single-crystal scintillator的研究成果。

该成果报道了一种基于γ射线不敏感的四苯乙烯(TPE)有机单晶闪烁体(OSCS)的双重快中子/伽马射线甄别(FNGD)方法，极大提高了快中子的甄别能力，为中子探测材料的设计和选择提供了新的灵感。

论文通讯作者是胡文平教授;第一作者是孙启升。

快中子探测在放射性物质检测以及快中子相关的诸多应用(如无损检测、肿瘤治疗等)中有着重要的应用。当前快中子探测的两个主要挑战是：快中子只对特定元素敏感(如H、Gd)，与多数物质的反应截面极小;强的γ射线往往随快中子一并产生，作为本底对探测结果造成影响。因此需要寻找合适的材料进行有效的FNGD。

一些富氢的有机闪烁体可用于快中子探测，得益于它们与快中子高的反应截面和实现FNGD的能力。OSCSs晶体结构明确、光学性能突出、透光性好，是实现FNGD的优势候选者(如反式二苯乙烯(TSB)，9,10-二苯基蒽(9,10-DPA)等)。FNGD的基本原理是：在γ辐照下有机闪烁体仅能通过单线态退激发产生瞬时荧光(PF，图1A)，而在快中子辐照下能通过三线态-三线态湮灭(TTA)产生延迟荧光(DF，图1B)。通过脉冲形状甄别(PSD)即可区分PF和DF，进而实现FNGD。然而其不足之处在于：无法进一步区分快中子引起的PF与γ射线引起的PF;将PF信号全部归属为γ事件，导致探测结果存在误差。

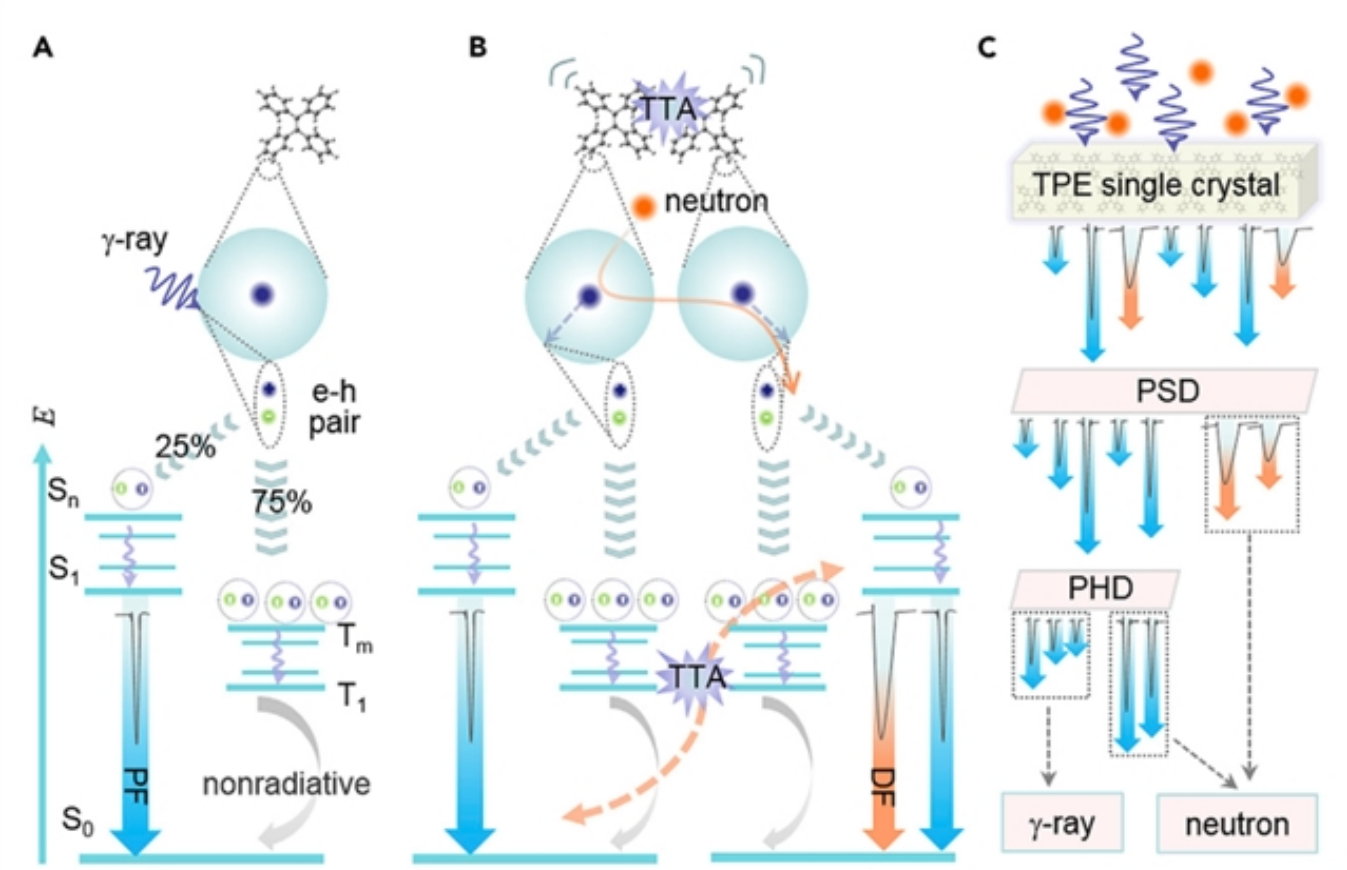


图1：γ射线(A)和快中子(B)与OSSC相互作用产生荧光的光物理过程及基于TPE的双重FNGD策略示意图(C)。

四苯乙烯(TPE)是与TSB、9,10-DPA类似的多苯环分子，其单晶也可能通过PSD进行FNGD。此外，TPE具有不错的快中子响应和弱的γ射线响应，可能会引起中子和γ射线辐照下光脉冲强度的差异。有望进一步通过脉冲高度甄别(PHD)区分中子和γ射线引起的PF(图1C)。作者选择TPE和9,10-DPA进行了对比研究。

作者先从理论和光学性能上预测了TPE的FNGD潜力。理论上，通过PSD实现FNGD需要分子具备产生TTA的能级条件，即△ST>0.8 eV且2T1>S1。计算表明TPE和9,19-DPA都满足上述条件(图2A)。由于通过闪烁体与快中子/γ射线作用所产生的荧光信号来进行FNGD，因此闪烁体的光学性能也是重要的考量(图2B-2D)。特别是TPE的荧光寿命仅有1.6 ns，意味着为了保证响应光脉冲信号被完整采集，用于信号采集的设备需要具有相当的精度。此外，X射线激发光谱表明TPE对高能光子具有弱的敏感性，这与后续的γ射线辐照实验相吻合。

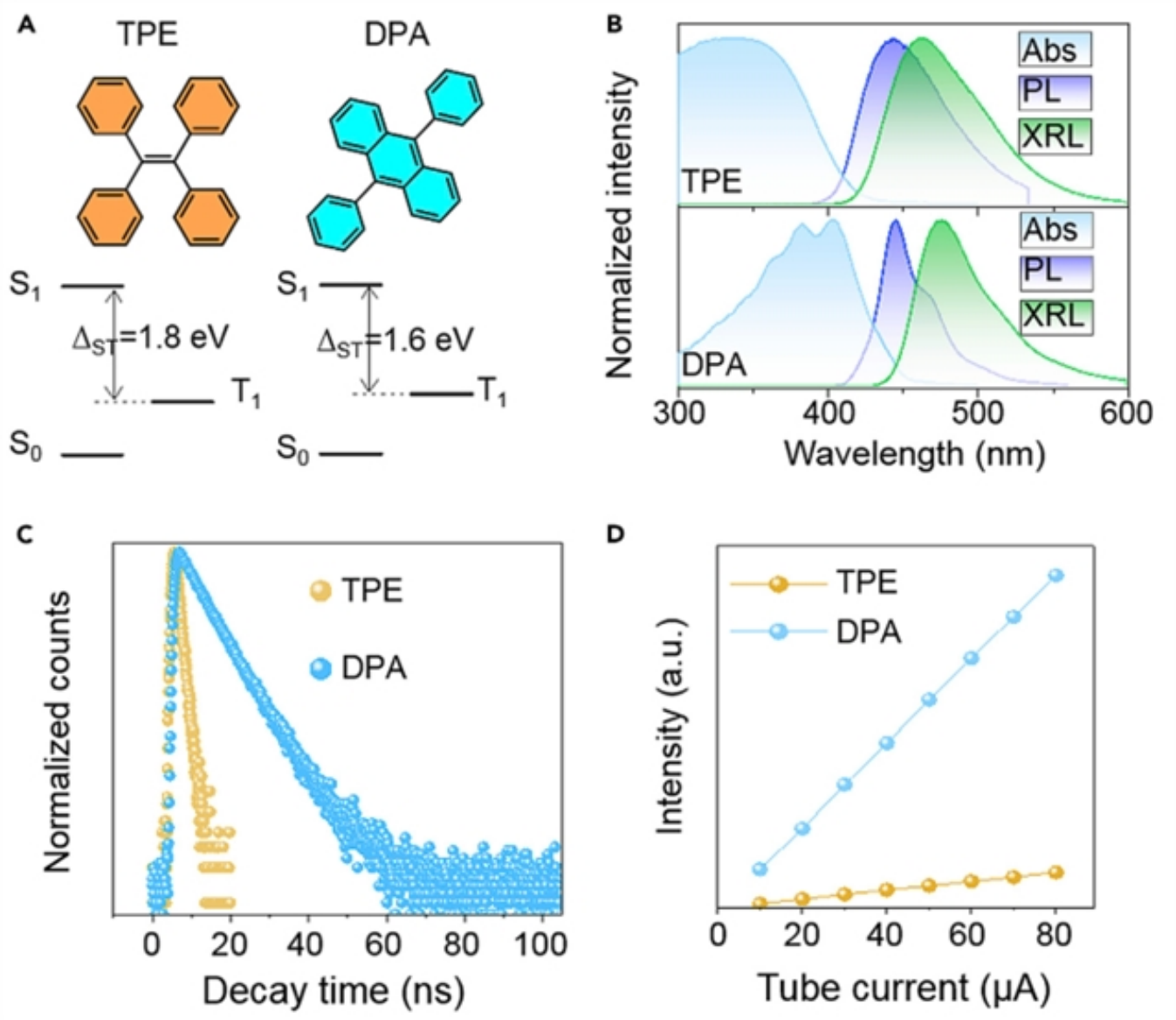


图2：TPE和DPA的能级结构和光学性能。

作者通过液面辅助策略制备了厘米级的TPE和9,10-DPA单晶(图3A, 3B)，并分析了它们在γ源Cs-137和快中子/γ混合源Cf-252辐照下的脉冲信号。结果表明它们在γ射线激发下均能产生PF(短脉冲)，在快中子激发下均能产生DF(长脉冲)，意味着具备通过PSD进行FNGD的能力(图3C)。此外，脉冲高度谱(图3D)显示TPE在γ源辐照下仅能产生强度小的脉冲，意味着可以通过PHD进行FNGD。

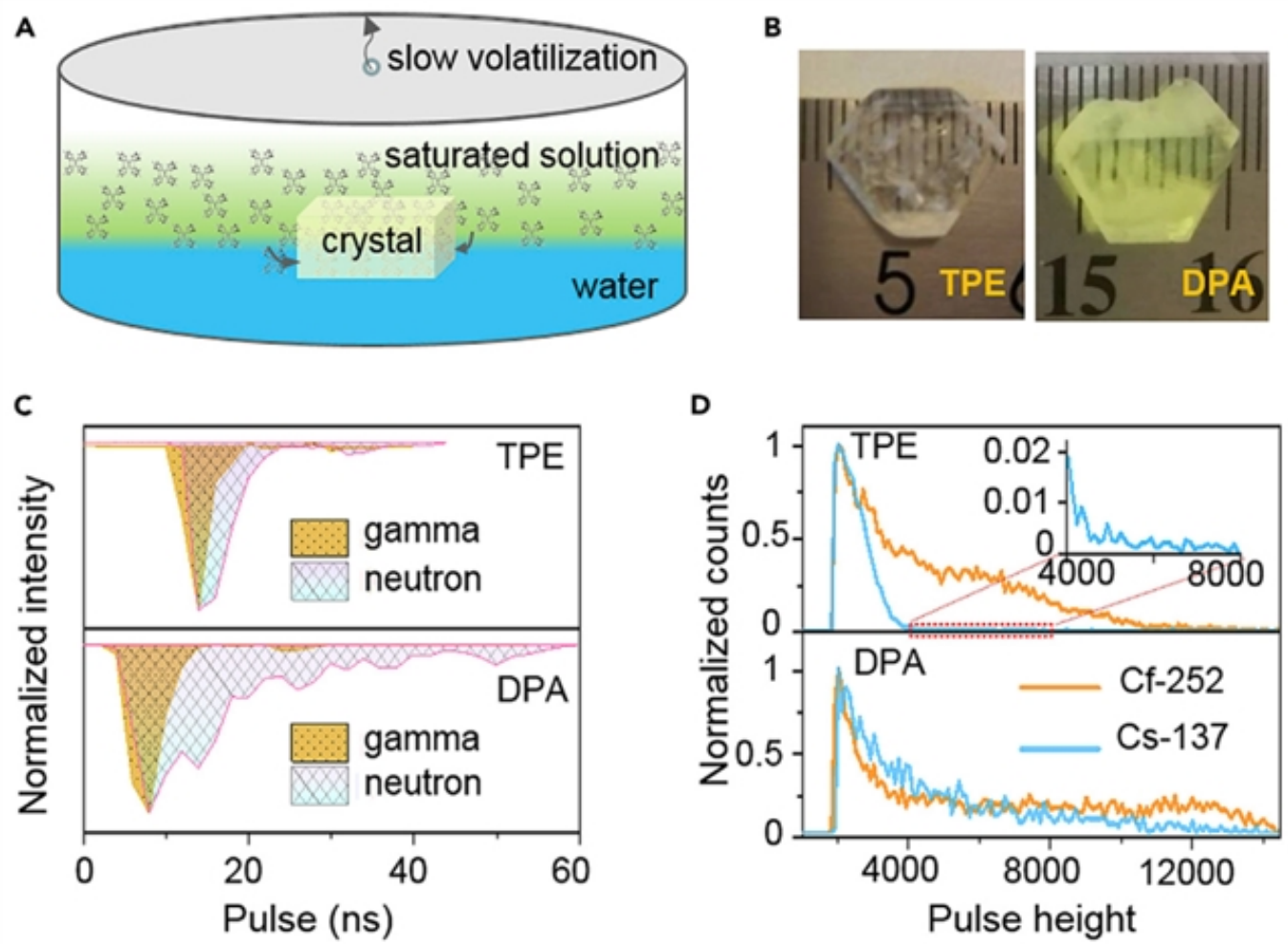


图3：OSSCs的制备及他们在辐照下的脉冲信号。

作者使用3D坐标系呈现FNGD的结果，与对照组Cs-137伽马源辐照下的结果相对比，快中子被明显区分出来。进一步的分析表明，TPE的FoM值可达2.4，得益于PSD和PHD双重的FNGD，其中子计数与总计数的占比可达35.5%。

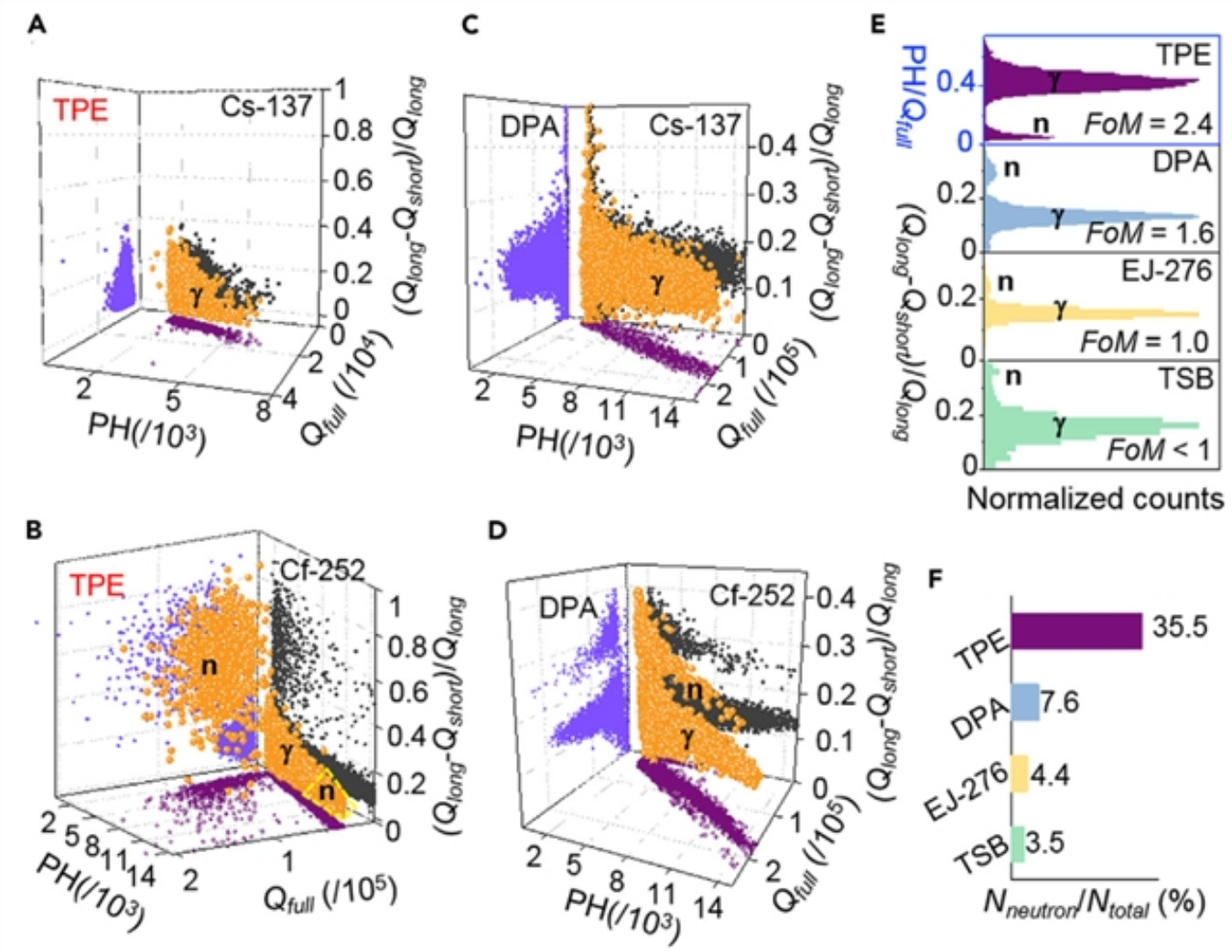


图4：OSCSs的FNGD结果。

该工作为大尺寸有机单晶的制备和开发新型中子探测材料提供了新的思路。该工作得到了科技部基金(2017YFA0204503，2018YFA0703200)，自然科学基金(52121002, 51733004, 51725304, 21875158,U21A6002)和天津市自然科学基金(20JCJQJC00300)的支持。

相关论文信息：https://doi.org/10.1016/j.matt.2022.10.010

作者：胡文平等 来源：《物质》

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转发