上海硅酸盐所在镥铝石榴石基闪烁陶瓷性能优化研究方面取得系列进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/3040.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！

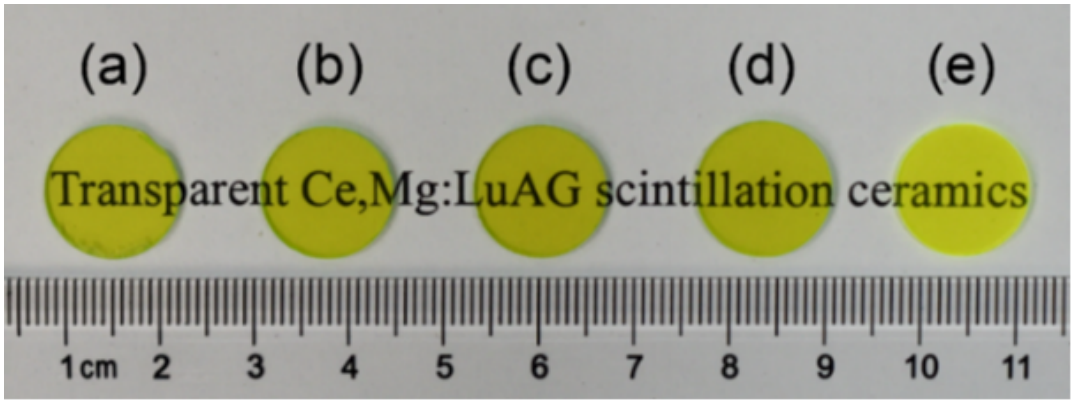
上海硅酸盐所在镥铝石榴石基闪烁陶瓷性能优化研究方面取得系列进展。闪烁体能够将高能辐射(高速粒子，X射线，γ射线)转换成可以直接探测的紫外或可见光。作为闪烁探测器中的关键部件，闪烁材料广泛应用于高能物理、医学成像、国土安全等众多领域。其中石榴石闪烁体是近年来开发的新型闪烁体，其具有较高的密度，稳定的物理化学性能。Ce掺杂的石榴石闪烁体具有高光输出以及纳秒级快衰减的特性，已成功应用于计算机断层扫描仪(CT)。而Pr掺杂石榴石闪烁体则具有比Ce离子闪烁中心更快的衰减时间(~20 ns)，被评估为实现飞行时间正电子发射断层扫描(TOF-PET)最有前景的材料之一。与单晶材料相比，闪烁陶瓷具有相对较低的制备温度，能够有效降低单晶制备过程中产生的有害缺陷的浓度，能避免分凝从而实现更均匀的掺杂，其制备成本也较低，因而具有重要研究价值。

中国科学院上海硅酸盐研究所透明与光功能陶瓷研究团队通过“能带工程”和“缺陷工程”对LuAG闪烁陶瓷中浅能级缺陷的浓度和陷阱深度进行调控，设计制备的镥铝石榴石基陶瓷的闪烁性能得到了极大的提升。近期，研究员李江领导的该团队在镥铝石榴石基闪烁陶瓷的性能优化方面取得系列进展。首先通过深度氧气氛退火LuAG:Ce,Mg闪烁陶瓷以消除氧空位缺陷，同时提升Ce3+→Ce4+的转化率，从而使该陶瓷材料的闪烁效率得以显著提升(J.Am.Ceram.Soc., 2018, doi: 10.1111/jace.16038)。随后，研究团队揭示了Ce离子掺杂浓度对LuAG:Ce,Mg闪烁陶瓷发光性能的影响，并筛选出最佳Ce离子掺杂浓度(J. Eur.Ceram.Soc., 2018, 38: 3246-3254)。Ce离子掺杂浓度的提升将促进Ce4+离子的转化，从而提升其闪烁效率。但是，过高的Ce离子掺杂浓度会引起自吸收现象，不利于LuAG:Ce,Mg陶瓷的快闪烁响应。在此基础上，研究团队结合“能带工程”思想的指导，研制出的LuGAG:Ce,Mg闪烁陶瓷实现了闪烁响应中快慢部分比例较LuAG:Ce，Mg陶瓷的显著优化。LuGAG:Ce,Mg闪烁陶瓷在0.5 μs与6 μs门宽下光产额的比值(LY0.5 μs/LY6 μs)高达92%(Opt. Mater., 2018, 85: 121-126)。该系列文章的第一作者为上海硅酸盐所博士生陈肖朴，通讯作者为李江。

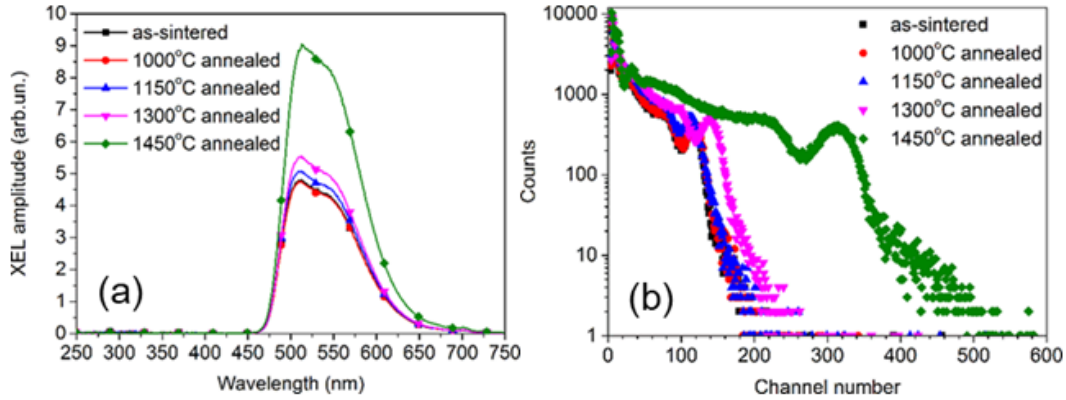
Pr3+被认为与Ce3+的闪烁发光过程类似，但Pr4+的作用并不像Ce4+清晰。研究团队设计采用Mg共掺结合退火工艺揭示了Pr4+对LuAG:Pr闪烁发光过程的影响(Opt. Mater., 2017, 72: 201-207)。由于Pr4+电荷转移带与Pr3+发射带交叠，产生的自吸收严重恶化了闪烁性能。为了避免Mg2+等烧结助剂对LuAG:Pr闪烁性能的影响，采用“非化学计量比”策略烧结LuAG:Pr闪烁陶瓷。适当过量的Lu在烧结过程中形成的第二相颗粒延缓了致密化过程，有利于气孔的最终排除。同时第二相颗粒在高温烧结过程中可以顺利固溶进入晶格而不形成光学散射中心，从而成功实现了自烧结助剂的作用(J. Eur. Ceram. Soc., 2018, 38: 4252-4259)。基于LuAG:Ce以及LuAG:Pr闪烁陶瓷的优异性能，研究团队利用陶瓷制备技术在复合结构制备上的优势，首次将复合结构透明陶瓷闪烁体的设计

思路引入深度探测器中，设计并研制了双层结构LuAG:Ce /LuAG:Pr陶瓷闪烁体。该种复合结构闪烁陶瓷适合于脉冲形状岐离以及波长岐离技术，可以区分不同层的核作用事例，因而具备了深度探测的能力(J. Am. Ceram. Soc., 2017，100:
5593-5600)。该系列文章的第一作者为上海硅酸盐所博士生胡泽望，通讯作者为李江。

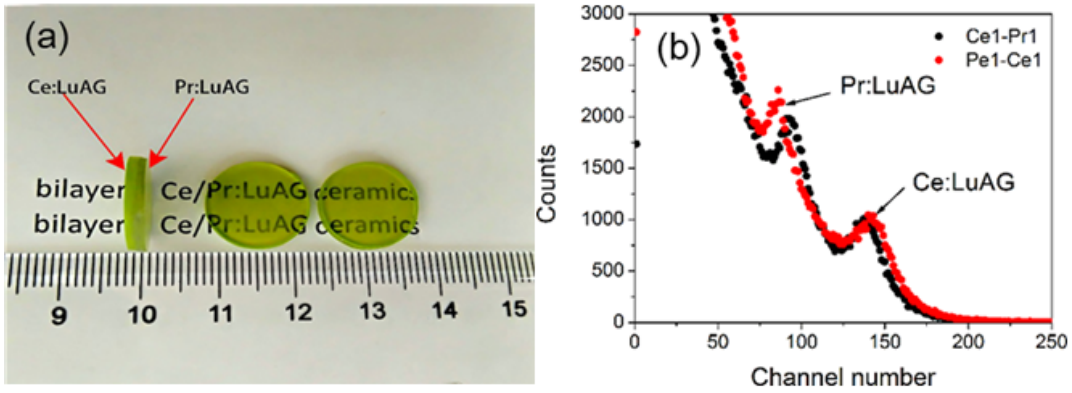
以上系列研究工作得到中科院前沿科学重点研究计划项目(院青年拔尖人才项目)、国家自然科学基金项目、国家重点研发计划项目、上海硅酸盐所透明陶瓷重点学科建设项目等资助。



不同温度退火的LuAG:Ce,Mg闪烁陶瓷实物照片：(a)未退火、(b)1000摄氏度、(c)1100摄氏度、(d)1300摄氏度、(e)1450摄氏度



同温度退火LuAG:Ce,Mg陶瓷的X射线激发谱(a)与脉冲高度谱(b)



LuAG:Ce /LuAG:Pr复合陶瓷闪烁体的实物照片(a)与脉冲高度谱(b)

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