
让颜色“长”在材料里，科学家打破“不可能三角”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41872.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！

让颜色“长”在材料里，科学家打破“不可能三角”。提到上色，很多人的第一反应是油墨油漆涂料。这类传统颜料大多依靠复杂化学分子显色，其生产过程往往伴随污染物排放，使用久了还会掉色、刮花，拉扯后色彩还容易斑驳脱落。

复旦大学教授汪长春团队与英国剑桥大学教授奥伦·谢尔曼团队合作，提出单体介导的胶体粒子组装策略，能够让颜色直接从材料的微观结构里长出来。团队同时发展出适配工业规模的组装路线，实现结构色材料。从实验室样品到千米级连续制造的跨越，为其产业化应用打开新路径。9月4日，相关研究成果发表于《科学》。



汪长春团队合影。复旦大学供图，下同

让颜色直接长在材料里

由材料微观结构产生的颜色，称作结构色。

我们使用的材料是胶体光子晶体。汪长春解释，胶体光子晶体由均匀的小球组装而成。这些小球就像一块块砖头，整齐堆叠，码成一面墙。白光照射上去，墙体便会反射出特定波长的光，反射什么颜色，则由小球大小决定。

胶体光子晶体结构原理示意图

但如何把无序分散的胶体小球组装成高度有序的结构，是一道难题。而且，在室温条件下，组装过程往往非常缓慢，难以满足快速、稳定、连续的工业化加工要求。

经过反复实验，研究团队提出了单体介导组装技术。将适量的介导单体加入胶体粒子体系后，原本杂乱分散粒子的排列仿佛被按下快进键，在剪切作用下，数十秒内就可形成高度有序的胶体光子晶体结构。

单体和小球，就像是水泥和砖块。在聚合前，单体先作为介导分子引导小球组装，同时调控小球间的作用力、体系黏弹性，使小球们保持均匀分散的状态。组装完成后，单体进一步通过光聚合形成长链或三维聚合物网络，将已经成型的有序结构固定下来，让这面砖块砌成的墙变得更结实、稳定。

苯乙烯和多种丙烯酸酯类单体均能够有效介导胶体粒子的快速组装。有机微球、无机微球、核壳微球以及有机—无机杂化微球等不同材料，都可以使用该技术在室温下快速形成光子晶体结构，表明这项技术方案具有广泛适配性。汪长春表示。

破解不可能三角

长期以来，在胶体光子晶体体系，存在一个不可能三角，即光子晶体的制备速度、光学性能、力

学性能，三者无法同时兼顾。想要快，内部小球排列质量可能下降；想要光学效果好，组装时间就拉长；想要材料结实，又会影响组装过程中小球有序排列。

在单体介导组装方法中，介导单体触发了多个节点组装性能的跃升，贯穿整个组装过程，获得了‘一石三鸟’的协同增强效果。汪长春介绍，该技术能使单分散小球在室温下数十秒内完成高质量组装，并可在光引发下快速聚合定型，还能通过单体种类调控材料最终性能，造出可刚可柔、亲水或疏水的胶体光子晶体薄膜。

为了能让实验成果产业化，汪长春团队与业界伙伴开展合作，选用聚合物核壳微球为模型，将单体与微球乳液均匀混合，并进一步开发了集涂布、干燥、剪切组装、紫外光固化和收卷于一体的卷对卷连续制造工艺。

工业化很重要的一点就是效率高，具备成本优势。汪长春说，基于该方法，团队以25米/分钟的速度，连续制备出长4000米、宽1.3米、厚15微米的胶体光子晶体薄膜。成品薄膜色彩鲜亮通透，只需更换不同粒径的胶体微球，就能批量制备出各种颜色的结构色薄膜，粉碎后就可以得到光子晶体颜料，充分证明该技术的工业潜力。

工业级胶体光子薄膜制备过程与光学性质

团队制备的胶体光子晶体薄膜，为兼顾视觉设计与功能发挥提供了新的解决方案。

彩色光伏板是一个直观例子。目前，许多光伏板外观呈现为黑色或蓝色，而这款薄膜可以实现多色彩调控，推动光伏器件与建筑幕墙、公共设施等生活场景一体化融合，让城市更美好。

在更广阔的应用中，胶体光子晶体薄膜和颜料可以用于防伪商标、炫彩车衣、低能耗显示、可视化感知、光信息传输以及柔性可穿戴器件等各种与颜色相关的领域，由终端厂家继续转化成不同的产品。

未来，我们还将围绕胶体光子晶体的功能展开探索，例如让颜色用于显示温度、湿度，作用力、或与防晒等特定功能结合，同时探索这些功能背后的科学原理问题。汪长春告诉《中国科学报》。（来源：中国科学报 郑浩威 叶鹂 袁艺菲）

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/science.aed8723>

作者：汪长春等 来源：《科学》

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](https://www.iikx.com)转发