
打印“光子织物”，像印报纸一样简单

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39410.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！

打印“光子织物”，像印报纸一样简单。4月22日，中国科学院化学研究所研究员宋延林团队联合新加坡国立大学教授仇成伟团队在《自然》上发文，提出打印多尺度光学超材料的全新范式，用低成本的纳米颗粒墨滴实现了全彩色打印。同时，团队自主研发的打印制造设备，实现了多尺度光学超材料的大规模可控制备与精准集成，让超材料生产像印报纸一样简单。

研究成果能在高水平期刊上发表，我们当然高兴，但这远不是我们的目标。宋延林告诉《中国科学报》，我们希望为行业、为国家、为世界作出贡献。

打印光子织物

自然界的五彩斑斓，大多源自天然色素分子。这类分子吸收特定波长的光线，将剩余光线反射进入人眼，由此形成的色彩被称为化学色。而另一些绚丽色彩则由物理结构产生，比如蝴蝶翅膀上变幻灵动的金属光泽，这种结构色的奥秘，就藏在微观世界中排布精巧的纳米结构里。

它本质上依靠的是肉眼不可见的、纳米尺度的周期性微观结构。宋延林介绍道。当这种结构周期与可见光波长相匹配时，对特定波长的光产生选择性反射与衍射，使这部分光无法在材料内部传播，进而形成光子带隙。与染料靠吸收部分光线显色不同，结构色正是依靠这部分无法透过的光，呈现出我们所见的色彩。

如今，科学家已不再满足于简单模仿自然，而是尝试通过人工设计，构筑出一种可任意调控光线的光子织物——光学超材料。在这种织物上，只需通过调控结构单元的几何参数与空间排布，就可以突破传统材料的物理极限，实现光的偏转、隐身、聚焦、全息成像等一系列天然材料难以实现的特殊光学功能。

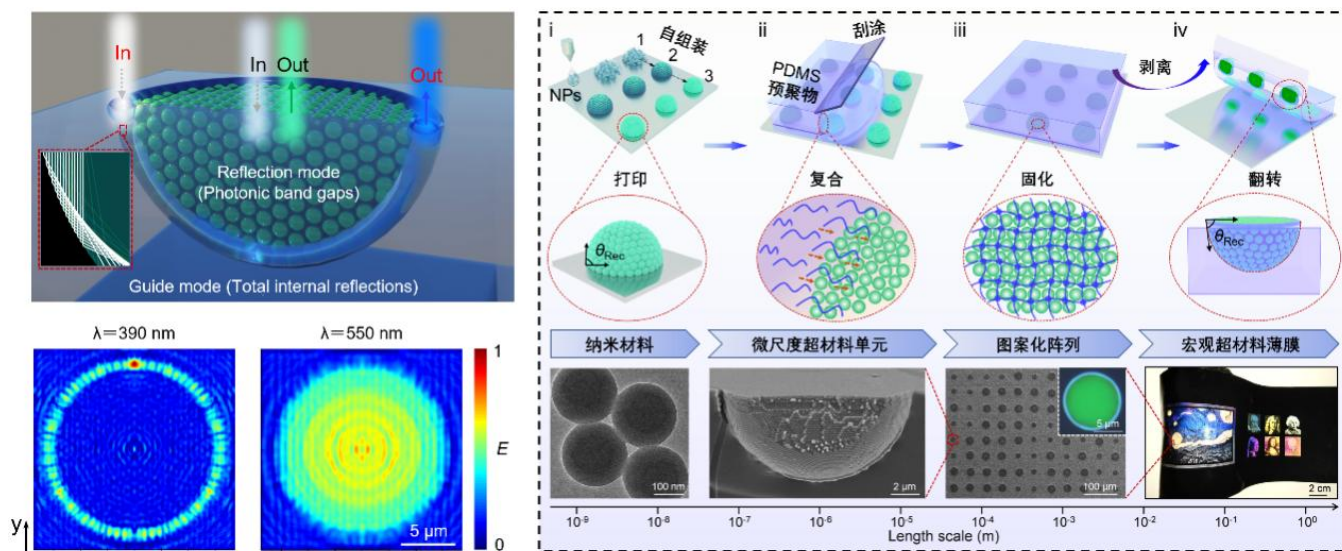
不过，光学超材料的研究和应用目前仍面临结构研究局限、制备效率低成本高的难题，阻碍其走向实际应用。

对此，宋延林团队创新性地采用打印的策略，突破上述技术瓶颈。这一过程面临着从微米到纳米尺度的精准形貌控制，以及微纳结构与光学性能之间定量构效关系确立的双重挑战。

团队以一种白色的高分子乳液材料为墨滴、聚合物膜为纸张，创制由纳米颗粒有序组装而成的三维微米穹顶结构。这让研究人员能够像设计师一样，综合调控穹顶的大小、曲率以及内部纳米颗粒的尺寸。

研究人员表示，每一个打印而成的微小墨滴都成为一个可精确显示特定颜色的像素点。无需使用任何化学染料，就能打印出全彩色图画，实现对色彩的高精度、定制化调控。

论文共同第一作者、仇成伟团队的陈剑锋博士表示，这项研究的意义远不止于对色彩的调控，更重要的是揭示了多尺度光学超材料的光场调控规律。



多尺度超材料设计架构及制备策略。研究团队供图

此外，该超材料还具备优异的本征柔性与环境稳定性，为其在柔性可穿戴光学、智能传感等领域的应用拓展了空间。

像印报纸一样简单

2024年4月前后，科研团队在实验室成功实现了小规模打印。

宋老师一直鼓励我们，科研工作中要做到最好。论文通讯作者、化学所副研究员李会增表示。因此，如何突破实验室单点制备的局限，实现米级的大面积工业化生产，成为一项新的挑战。

这要求团队必须研制出一台专用的卷对卷设备。所谓卷对卷，是一种类似于报纸印刷的连续生产工艺，能够像卷纸一样连续不断地进行材料打印与生产，是实现技术低成本、规模化应用的关键。

为了攻克这一难关，团队在两年时间内不断探索，从最初使用几十公斤重的金属板进行验证，到最终在化学所昌平基地搭建起3.7米长的卷对卷生产线。研发的过程并非一帆风顺。论文第一作者、化学所李凯旋博士回忆道：技术尚未成熟时，打印出的画面常常是一片模糊，或者杂乱无章如同下雨时凌乱的雨珠。

转机出现在两个月后，团队第一次成功打印出清晰的图案。此后，团队又对设备进行了持续的改进与优化，成功构建了首套支持微米—纳米跨尺度集成打印的卷对卷增材制造平台。

这项成果体现了材料科学、微纳光学与先进制造的深度交叉融合。团队开发的卷对卷增材纳米打印技术，让光学超材料的生产变得像印报纸、书刊一样简单高效，不仅彻底打破了高成本的技术

壁垒，大幅提升了量产效率，还能通过按需打印，为每一个超材料像素单元定制专属的光学性质，从而为定制化微纳光学研究开辟了全新思路。宋延林为此感到欣慰。



跨尺度光学集成打印。研究团队供图

20年深厚积累

在宋延林看来，团队之所以能在短时间内快速研制出这台设备，离不开他们过去20多年在纳米绿色印刷领域的深厚积淀。

宋延林介绍说：我们攻克了液滴精准成型的基础科学难题，锚定了‘万物皆为墨’的核心技术愿景。

多年来，他们通过对印刷墨滴在干燥过程中的咖啡环效应瑞利不稳定性及马拉格尼效应等科学难题的深入研究，对墨滴多种图案成形进行精确控制，实现对纳米功能材料点、线、面、体的精细图案化组装，突破了传统印刷技术的精度极限。

与此同时，团队在盲文印刷出版中率先实现了卷对卷技术的工业化量产，也积累了宝贵的连续生产与设备调试经验。

科研团队认为，正是基于这种从理论到应用设备的全链条创新，纳米绿色印刷制造的应用边界被进一步拓宽。

面向未来，他们将继续以微纳融合，印刷制造为核心理念，围绕这项新技术研发新一代高灵敏光学传感芯片，持续挖掘材料本征特性与人工结构设计协同优化的潜力。

相信这项技术在光子信息、防伪成像、精密医学传感、绿色光子能源等关键领域，将具有巨大的应用空间与产业化价值。宋延林表示。（来源：中国科学报 甘晓）

相关论文信息：<http://doi.org/10.1038/s41586-026-10408-8>

作者：宋延林等 来源：《自然》

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