

我科研团队突破光学超材料制备瓶颈

你衣橱里真能有件“隐身斗篷”吗

□ 科普时报记者 陈杰

还记得吗？2023年底的一场科学活动上，中国科学院院士褚君浩在完成“光学隐身”演示后，一句“未来，哈利·波特的隐身斗篷将成为衣柜里的日常用品”的展望，让人们充满期待。

两年多后的今天，能让人“消失不见”的光学超材料，可以一卷卷“印”出来了——中国科学院化学研究所研发出的“卷对卷纳米打印”技术，让光学超材料生产“像印报纸一样简单”。

相关研究成果，4月22日发表于国际学术期刊《自然》。

能“控光”的神奇材料

光在一定条件下，可变化出不同的色彩和波长，蕴藏着巨大的应用价值。

自然界中玻璃、水、钻石等天然材料，由于其分子结构固定，都只能被动利用光的特性。

光学超材料，则是人类专门“设计”出来的——它不靠化学成分，就像一块人类可以自行设计的“光子织物”，通过精心编织纳米尺度的结构单元，让光做出偏转、隐身、聚焦、全息成像等“违反直觉”的动作。

那么，这种神奇的材料到底能干嘛呢？

隐身只是其常见能力，它那让我们肉眼看不见的东西变得“清晰可见”的能力，更具实用价值。

比如，病毒的大小只有100纳米左右，用普通光学显微镜根本看不到。但如果把光学超材料做成一张检测芯片，病毒就能被清晰地捕捉到——这意味着，未来的疾病检测有望变得更快、更准、更便宜，普通人也能轻松享受到高精度的健康检查。

拥有极强“控光”能力的光学超材料，还是下一代通信、成像的关键核心技术，尤其对高端制造及能源领域至关重要。

长期被“困”于实验室

光学超材料如此厉害，为什么没能大规模应用呢？

原因很扎心：太难制造了。

传统制备主要依赖光刻技术，这也是生产电脑芯片的核心工艺，能把结构做到纳米级别，精度虽然高，但也有致命短板——这就好比拿着一根绣花针，去绣一幅巨型壁画，不仅速度慢、成本高，还很难做出大面积的材料。

更麻烦的是，传统的光刻方法还有一个“先天缺陷”，那就是它只能加工单一尺度的结构。换句话说，就像你手里只有一支固定粗细的画笔：要么画极细的线条，要么涂大块的颜色，很难同时画出细如发丝的纹理和大气磅礴的色块。

而光学超材料要想实现丰富多彩的功能，恰恰需要微观、介观（介于纳米和微米尺度之间）、宏观多个尺度的结构协同工作。这就像要演奏一场交响乐，指挥家却只给你一把小提琴。哪怕你琴技再好，也不可能演奏出铜管、弦乐、打击乐合奏的效果。

也正是这个制造环节的瓶颈，让光学超材料一直被“困”在实验室里，难有作为。

像“印报纸”一样量产

这一次，科研团队另辟蹊径设计出一种类似“光子织物”的多尺度微纳结构——从纳米级的细小晶格到微米级的半球形单元，再到宏观的连续薄膜，多个尺度被巧妙地统一起来。

当光穿过材料时，既呈现出丰富的变化，又能被精准控制。

科研人员造出了一个3.7米长的卷对卷连续打印设备，柔性基材通过滚筒连续输送，设备就能以纳米级精度快速“打印”出光学超材料，像极了报纸印刷。

“打印”出来的光学超材料兼具柔软性与稳定性，为柔性穿戴、智能传感、防伪成像等场景打开新空间。

想象一下，未来只需一张薄如蝉翼的“芯片”，我们就能看清体内病毒长啥样；一件日常的衣服，可以是“隐身斗篷”，也能随心情变换颜色，甚至还能监测心跳、体温等健康数据……

这些或科幻或魔幻的场景，有望随着光学超材料制备技术的突破加速走进现实。



图①：打印光学超材料的白色乳液。

新华社记者 金立旺 摄

图②：卷对卷纳米集成打印装置示意图。

图片来源：中国科学院化学研究所官网

《延伸阅读

光学超材料为何懂“隐身术”

我们之所以能看见物体，是因为光线照射物体表面，会发生反射、折射后再进入人眼，大脑就能识别出物体的轮廓与外形。

想实现隐身，改变光的传播路线即可。

天然物质分子结构固定，只能顺着固有规律反射或折射光线。而超材料内部布满了比光波长还小的人造结构，当光线遇到这些

结构时，会有折射和弯曲，甚至让折射率变成“负数”——这在自然界中是见不到的。

科学家通过精心设计这些微观结构，让超材料可以像“指挥家”一样引导光线绕着物体走。这就好比在河中放一块石头，水流会绕过它并在后方汇合。超材料正是让可见光或雷达波像河水一样，绕过被隐藏的物体而

不产生反射和阴影。这样一来，光线从正面绕到背面继续传播，人们就只看到物体背后的背景，物体本身仿佛“消失”了。

当然，光学超材料不只会“隐身”，它的控光本领能灵活调节光线聚焦、散射、波长变化——既能隐藏物体轮廓，也可以放大微观光影，帮我们看清普通设备观测不到的物质。