可大规模制造的多色光致变色纤维

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/28348.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！

可大规模制造的多色光致变色纤维。近日，南京大学陆延青教授和华中科技大学陶光明教授合作，在可穿戴、多色交互式光致变色纤维领域取得了新进展。科研团队基于可量产的多材料纤维预制棒热拉制法实现了一种高柔性、均匀发光且可在广色域范围内进行调控的光致变色纤维。

由于市面上基于波导式的发光纤维是通过引入人造结构缺陷来破坏光纤的全反射条件从而使纤维漏光，无法保证传输方向的发光均匀性。而该团队在聚合物光纤基础上引入荧光材料调控纤维对外辐射光谱，同时利用荧光材料的饱和效应，实现了纤维通体均匀发光。

该研究团队还通过对纤维结构的优化设计，实现了基于RGB三原色混色机理的单纤广色域调控。

最后，研究团队将该可控式光致变色纤维集成在多种可穿戴交互界面上，利用日常服饰实现了在情感、通讯等方面的多元化交互，为人机交互手段提供了全新的实现途径。有望在通讯、导航、医疗保健、可穿戴、物联网等领域给人类的生活方式带来全新变革。

该文章近日发表在Light: Science Applications，题为Wearable and Interactive Multicolored Photochromic Fiber Display，华中科技大学博士生李攀、硕士生王瑜伟、电子科技大学博士生贺晓娴为论文的共同第一作者，南京大学陆延青教授、华中科技大学陶光明教授为论文共同通讯作者。合作单位还包括新加坡国立大学、东华大学、北京服装学院、武汉音乐学院等。该工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、华中科技大学交叉研究支持计划等项目的支持。

纤维作为人类历史上应用最久远的可穿戴材料，由于其自身出色的透气性与柔性能够对人体的3D不规则外形实现近完美适配，是目前较为理想的可穿戴器件基材。发光纤维作为功能纤维领域的一种交互、可视化手段，打破了传统交互界面刚性、硬质的特点，有望成为一种新兴的交互界面。目前已经实现产品化的发光纤维是基于波导原理的聚合物光纤，这种光纤利用人造结构缺陷或材料缺陷来破坏光线在光纤内部的全反射条件从而造成纤维内部光线发生泄漏。受到光纤传输损耗的限制，该光纤在传输方向无法保证发光亮度的均匀性，并且由于缺陷在纤维周向上的非对称性，其无法保证纤维周向亮度的一致性，极大限制了其作为线光源应用的场合。本文受到光致变色纤维与聚合物光纤的启发，基于热拉制法对纤维结构进行并行设计，提出了一种实现批量化制备的可穿戴、多色交互式光致变色纤维。

1. 基于工业级热拉制制备方法，将多种功能材料集成在单根纤维内部进行一体化成型，克服了现有波导式发光纤维沿传输方向亮度非均匀的缺陷

为了解决波导式发光纤维在传输方向上发光不均匀的问题，研究团队通过对纤维内部波导结构的

设计，使得纤维内部紫外光进行全反射的同时，利用集成在纤维内部荧光复合材料的波长转换效应，实现了紫外波段转化为可见光波段的发光，并利用荧光复合材料的荧光饱和效应确保在传输方向上发光的均匀性。研究人员通过理论计算对纤维结构尺寸进行扫参分析，得出光源耦合效果最佳的尺寸参数及其损耗规律，并且通过光线追踪的方式定量探究了不同紫外功率下纤维沿长度方向的亮度变化趋势，证明了光致变色纤维发光亮度的均匀性。团队基于工业热拉制工艺对光致变色纤维进行数百米级别的大批量一次性制备，克服了传统发光纤维制备周期长，有效长度短，研发成本高等缺陷。

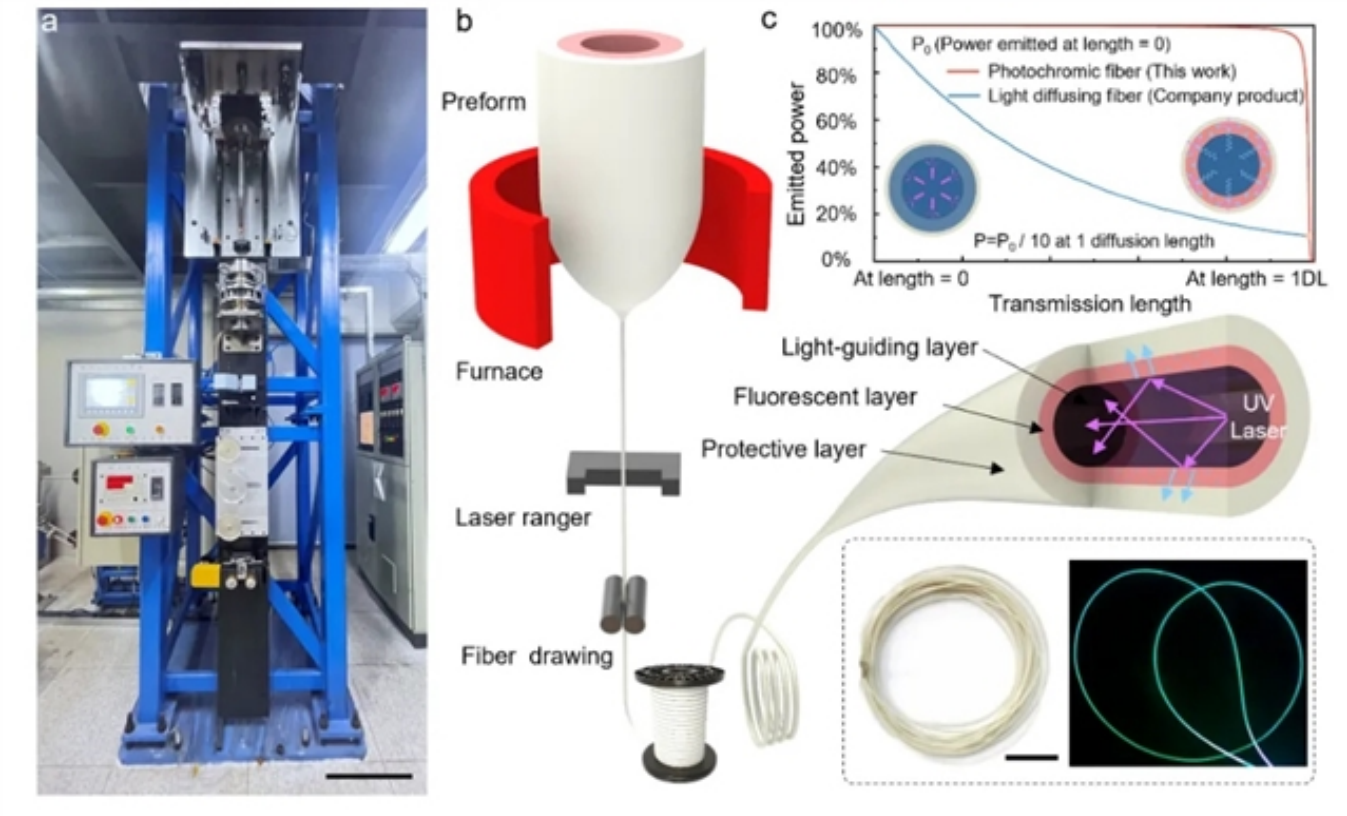


图1：光致变色纤维的制造过程。a 光致变色纤维工业规模生产线的实物图。b 光致变色纤维的制造示意图，插图显示的是光致变色纤维实物照片。c 本工作与商业产品（光扩散光纤）在传输方向上的发光衰减比较

2. 打破了传统发光纤维的色彩局限性，利用RGB的三原色混色机理实现了单纤的广色域调控

得益于热拉制工艺对纤维内部结构的可设计性调控，研究团队将多根导光芯层与不同颜色的荧光材料封装在单根纤维内部，仿照RGB三原色的混色原理实现了单根纤维的多色系调控。由于多芯纤维内部结构的非对称性，该纤维在周向不同方向上的光谱辐射强度会发生变化。针对不同的观测视角，纤维对外的整体显色情况不同。研究者基于视觉细胞的成像方式，对多芯纤维的周向辐射强度进行理论计算，通过优化多芯纤维包层尺寸及导光芯层间距来优化纤维周向观测辐射色差，使其在不同视角下观测的颜色尽量保持一致。此外，研究者利用多芯纤维内部多导光芯层可分段单独控制的特点，通过调控耦合芯层的光源亮度比使纤维显色达到了更广的色域范围。

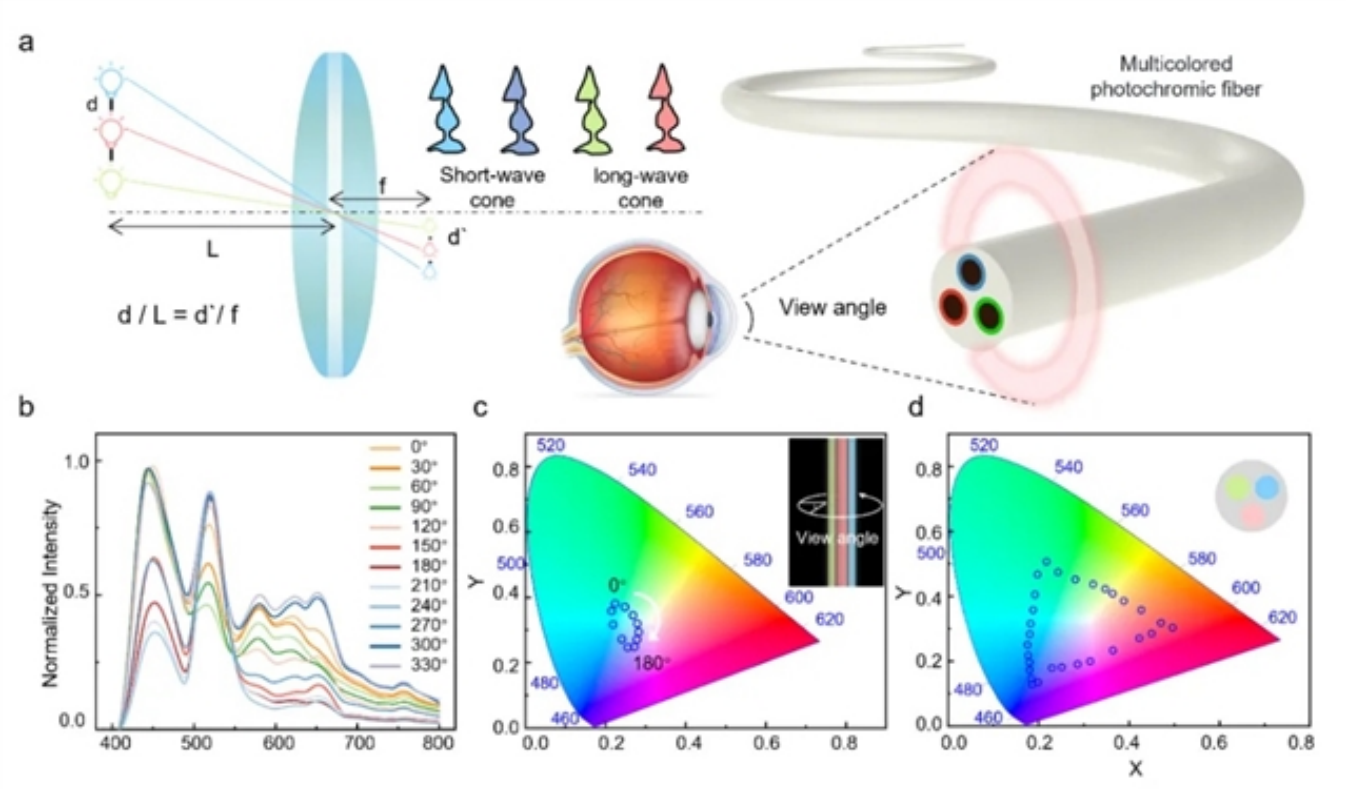


图2：多色光致变色纤维的发光性能。a 从人眼观察多芯光致变色光纤的示意图。b 从0 ° 到360 ° 以30 ° 为增量测量多色光致变色纤维的圆周光谱。c x、y色度坐标与视角的关系。d x、y色度坐标是通过调整不同导光芯的光功率来控制的。色度三角形由红芯、绿芯和蓝芯耦合光源的功率比组成，顶点坐标从上到下分别为（0.217，0.507）、（0.496，0.304）和（0.186，0.128）。通过混合不同功率比的光源，光致变色纤维可以实现三角形内的所有色度值

3. 直接集成在日常服饰上，通过调控自身编织图案与发光亮度实现动态的信息交互显示

由于光致变色纤维出色的生产效率可以很好的满足纺织品工业化生产的大批量供货需求，并且其作为一种纤维形态器件可以直接缝合编织在各种日常服饰上，为柔性可穿戴交互界面提供了一种全新的实现方式。

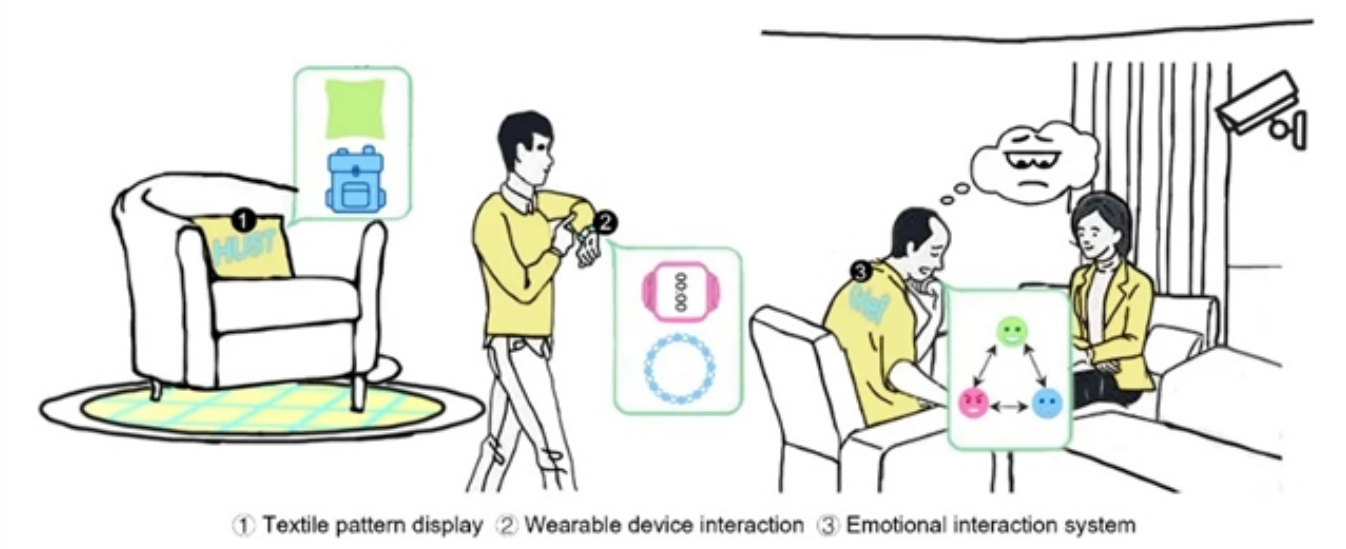


图3：光致变色纤维系统的应用场景展示

研究团队将性能稳定的电容感知纱线与导光变色纤维混编在日常服饰中，设计了一个集感知与发光交互功能结合的可穿戴应用产品，为现在智能纺织品的多模态集成提供了一种新思路。

此外，研究团队将多种色系的导光变色纤维混编在日常服饰上，搭配图像采集器件与控制芯片构建了一个简易的情绪识别交互场景，用以证明光致变色纤维作为辅助通讯技术工具的可行性。团队还利用光致变色纤维良好的耐磨性与鲁棒性将其集成在汽车内饰地毯及水下内饰物品上，证明了其应用场景的普适性。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01383-8

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：陆延青等 来源：《光：科学与应用》

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