
适用于VR显示的消色差液晶衍射透镜

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25227.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！

适用于VR显示的消色差液晶衍射透镜。 研究背景

虚拟现实（VR）设备可以更直接地提供与数字信息交互的渠道，有望彻底改变我们目前的生活娱乐方式。VR设备也可以与传统行业相结合，如教育、旅游、医疗、制造和建筑等，提供更便捷高效的交流。随着相关技术的逐渐成熟，众多科技厂商也都陆续推出了自己的VR设备，今年发布的Apple Vision Pro更是得到了广泛的关注。为了进一步提高目前VR设备的使用体验，特别是考虑到长时间佩戴的舒适性，迫切需要实现更轻薄、更小巧的外形设计。

从光学成像方面考虑，VR设备主要包括一个大小为1-2英寸的显示器，以及一个用于放大影像的透镜系统。目前的VR设备主要采用的是菲涅尔透镜系统以及Pancake透镜系统，且两者均是基于折射的透镜。菲涅尔透镜相比普通透镜更轻薄，但随之牺牲的是其成像质量。相比之下，Pancake透镜系统能提供更优秀的成像质量，并且由于光线在Pancake系统内被折叠，该成像系统中的物距会变得更小，进而使得整个光学成像系统更加紧凑。折射透镜由于不同位置的光程差不同而产生聚焦或发散，为了得到更短的焦距，往往会增加透镜的厚度。Pancake透镜系统主要由一片半透半反镜及折射透镜构成，整个系统的重量仍然需要优化。并且为了优化成像系统中的各种像差，Pancake透镜系统往往由多片透镜构成（Apple Vision Pro中包含三片，Meta Quest Pro中包含两片），进一步增加了系统的重量和功耗。

不同于折射透镜，衍射透镜能以更轻薄的厚度提供同样短的焦距，但却受限于自身严重的色差而难以实际应用。色散也存在于折射现象中，棱镜分光以及彩虹的产生也都是由于折射中的色散。当平行白光进入衍射正透镜时，不同颜色的光会被聚焦在不同的地方。在折射透镜中所引起的色差可以通过适当的设计消除。相比之下，衍射透镜的色差要远比折射透镜严重。因而，虽然衍射透镜更加轻薄，但仍无法满足VR设备中的成像要求。如果能实现消除色差的衍射透镜，就有望设计出更加轻薄的透镜系统而进一步减轻VR设备的重量和体积。

消色差液晶衍射透镜

为了得到更轻薄的透镜，来自美国中佛罗里达大学的吴诗聪教授课题组提出了基于液晶的消色差衍射透镜系统。该设计利用液晶透镜的偏振选择特性，通过调控不同颜色入射光线的偏振态，对衍射透镜产生的色差进行适当补偿，最终修正了衍射透镜的色差。整个系统的有效厚度低于1毫米，并且该原理同样适用于其他的衍射器件，有望进一步促进各种衍射器件在VR成像系统中的实际应用。

液晶衍射器件原理类似于光学实验中常用的半波片，并且通过合适的光配向过程能够实现光栅或

者透镜功能。基于此的液晶衍射器件只对圆偏振光响应，以液晶衍射透镜为例，左旋圆偏振光透过之后被转化为右旋圆偏振光，并且被会聚（正透镜），则右旋圆偏振光通过该器件之后会被转化为左旋圆偏振光，并且被发散（负透镜）。除了圆偏振响应，液晶衍射器件也有高效率（接近100%）、制造简单、可动态调节的优势。其响应光谱则由液晶层厚度以及液晶材料的双折射率决定，满足半波条件的波长处效率最高。对于工作范围在可见光波段的液晶衍射器件，其有效液晶层厚度往往为几微米，保证了液晶衍射器件轻薄的优势。

基于液晶衍射器件圆偏振响应以及响应光谱依赖于半波条件的特点，通过调控红绿蓝三种颜色的光的偏振态以及设计液晶衍射器件的响应光谱，就可以实现消色差的目的。具体来讲，提出的消色差液晶衍射透镜包含三个器件，第一个器件为宽带（对三个颜色均有响应）液晶衍射透镜，当光线穿过该宽带透镜之后，会出现严重的色差，但出射光的偏振态仍然相同并入射到第二个液晶衍射器件上。第二个器件的作用仅为翻转蓝光的偏振态，使得光线通过之后，蓝光和红光的偏振态相反（一个为左旋另一个为右旋圆偏振光）。最后一个液晶衍射透镜被设计为只对红光和蓝光响应，由于两者的偏振态相反，其中一个会被进一步会聚而另一个则被发散，最终补偿第一个宽带液晶衍射透镜引入的色差。整个消色差系统的有效厚度不到1毫米，远远低于折射透镜的厚度（图1）。

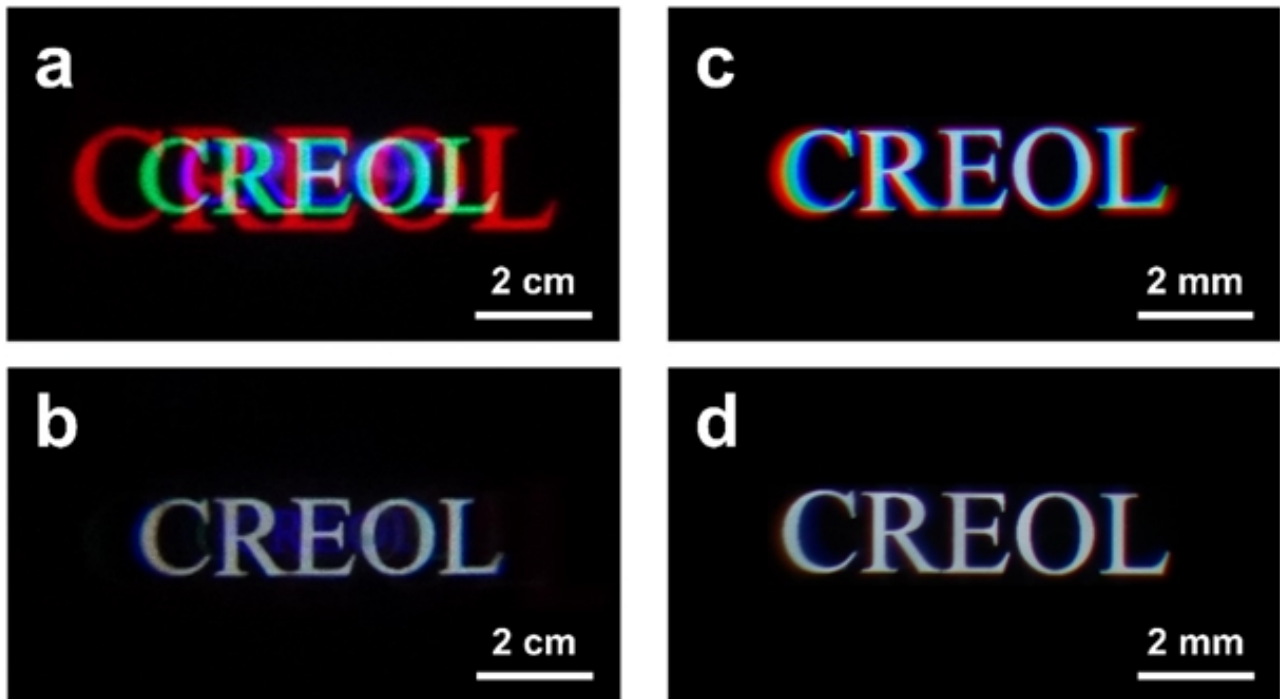


图2. 消色差效果图。a, 宽带液晶衍射透镜用于激光投影仪系统中的成像；b, 消色差液晶衍射透镜用于激光投影仪系统中的成像；c, 宽带液晶衍射透镜用于OLED系统中的成像；d, 消色差液晶衍射透镜用于OLED系统中的成像。

应用与展望

为了提高VR设备长时间佩戴的舒适性，如何设计更加轻薄紧凑的成像系统仍然是一个巨大的挑战。本文提出了一个简单可行的消除液晶衍射器件中色差的方法，该方法并不局限于消除液晶衍射器件中的色差，其他种类的衍射器件也可以和液晶衍射器件结合进而消除色差。随着该消色差液晶衍射器件的提出，有望促进各种衍射器件在VR产品以及其它多种应用的普及，为设计更加轻薄的VR设备提供了新的希望。

该研究成果以Achromatic diffractive liquid-crystal optics for virtual reality displays为题在线发表在《Light: Science Applications》期刊。美国中佛罗里达大学博士生罗桢场为本文的第一作者，吴诗聪教授为本文的通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01254-8> 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事宜，请与我们联系。

作者：吴诗聪等 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](http://iikx.com)转发