
保持自旋的手性光子晶体镜

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8621.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！

保持自旋的手性光子晶体镜。近日，来自滑铁卢大学量子计算研究所(IQC)的Behrooz Semnani等人发表了题为Spin-preserving chiral photonic crystal mirror的高水平论文。研究人员展示了一种新型的平面手性镜子，这种镜子对相反自旋态的光具有接近单位反射率的对比度。传统的镜子，如金属镜和介电镜，在反射时使光的自旋翻转。然而，所报道的手性结构具有自旋保持性，即所选择的螺旋度经反射后保持不变。

自旋保持镜可以在量子信息处理、量子光学、原子和分子物理以及光与物质相互作用的基础研究中找到潜在的应用。该文章于近期在线发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》。

光波是由电场和磁场组成的。如果光是圆偏振的，那么电磁场沿传播方向呈螺旋形。根据旋转方向，顺时针或逆时针，螺旋度是确定的。当光束是圆偏振时，它的每一个光子都带有一个确定的自旋角动量(SAM)。一般来说，手性仅仅意味着一个物体在各个方面与它的镜像不完全相同，比如左手和右手。因此，当我们观察一个手性物体时，旋向性或扭曲感就会凸显出来。同时，在光学和光子学中，手性也指对左旋和右旋圆偏振光有不同影响的结构。如果仔细阅读现有的文献，我们会发现，要创造出一种适用于光的手性结构，需要复杂的3D柱状特征，而这些特征的制作是非常精细和棘手的。此外，迄今为止所报道的手性结构似乎在一定程度上提供了光子自旋选择性，使得这种结构在精确控制光子和量子发射器之间的相互作用方面的作用有限。

一种超薄的自旋保持手性镜子，在不改变光旋向的情况下，在正常照明条件下只完全反射一种光的自旋态，这是一种特别有趣的手性结构。因为金属的、介质叠加的、甚至是法拉第镜子在反射时都会翻转光的螺旋性(即旋向)。然而，在不改变光旋向的情况下，实现在正常照明条件下只反射一种光的自旋状态的超薄手性镜子，涉及到纳米光子学的两个突出挑战。首先是固有的手性。在准二维无损结构中，对于正入射光的手性光效应已经被推测是禁止的。其次，第二个挑战是光在垂直反射后对手性的保持。对于一个普通的镜子或任何均匀的介电界面，当光从表面反射时，螺旋性会发生逆转。虽然一些研究团队已经提出了各种不同的结构来实现手性保持，但是这些方法之间都有一个共同点：所提出的镜子是由二维手性阵列排列在金属后视镜的顶部。这些设计的工作原理依赖于对照射金属手性图案上光的选择性吸收。然而，在二维阵列中，吸收基本被限制在50%。

文中展示了在一个薄的单片光子晶体镜中实现了巨大的手性光效应的实验。与传统的镜子不同，实验中的反射镜在保持其旋向性的同时，只反射一种自旋状态的光，并且具有近乎单位一的圆二色性。光子晶体镜的工作原理是利用光子晶体中导模共振(GMR)，同时激发光子晶体平板中泄漏的横向电(TE-like)和横向磁(TM-like) Bloch模式。这种模式不依赖于长程破坏性干扰对辐射损耗的抑制，甚至光子晶体的小区域也表现出鲁棒的圆二色性。

尽管这种镜子很简单，但是它的反射率比早期报道的结构要好得多，而且与主流观点相反，它证明了在二维结构中，对相反螺旋结构的反射率几乎是完全的。

由于这种二维结构在单层材料中相对容易制造，因此它具有被不同行业利用的潜力。例如，人们可以将这种结构直接打印在钞票和身份证件上，作为防伪的一种隐藏安全功能。如果你用肉眼看，你不会看到任何值得注意的东西。但是，当以设计频率用圆偏振光照射时，结构会反射光并显示其存在。

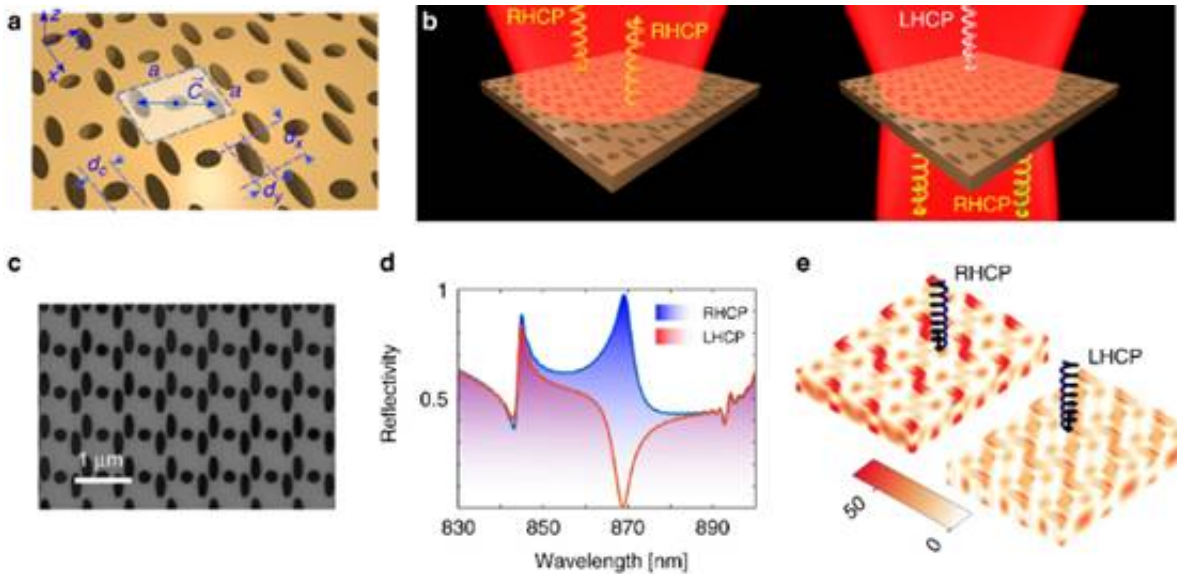


图1 原理图和仿真结果

a: 一个手性PC膜和几何定义的示意图。Bravais晶格是正方形，晶格常数为 $a=740\text{nm}$ 。晶胞（阴影区域）包括穿孔的三重结构：一个圆形孔和两个错位的椭圆形孔。该膜由折射率 $n\sim 2.26$ 厚 309nm 的氮化硅制成。b: 在设计波长 870nm 下的光学响应。该结构反射RHCP光，同时又保持其手性。相反的自旋透射，并且其旋向被反转。c: 所制设备的SEM图像。d, e: FDTD仿真结果：d入射光的两种自旋态的功率反射谱，以及e在几个晶胞上的相应强度分布。色轴显示归一化的电场强度分布。

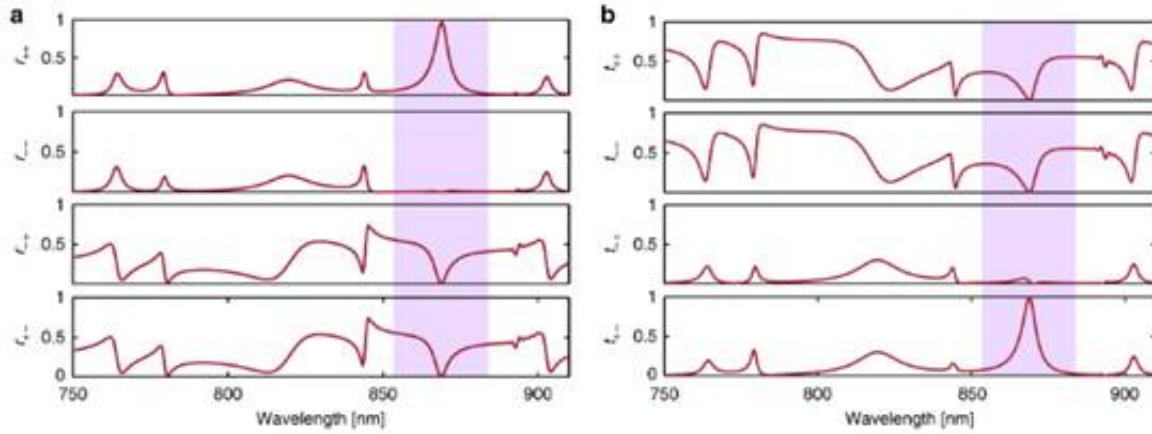


图2 琼斯矩阵的元素。a功率反射系数和b传输系数的仿真结果。下标+和-分别表示RHCP和LHCP模式。阴影表示最大手性带宽。

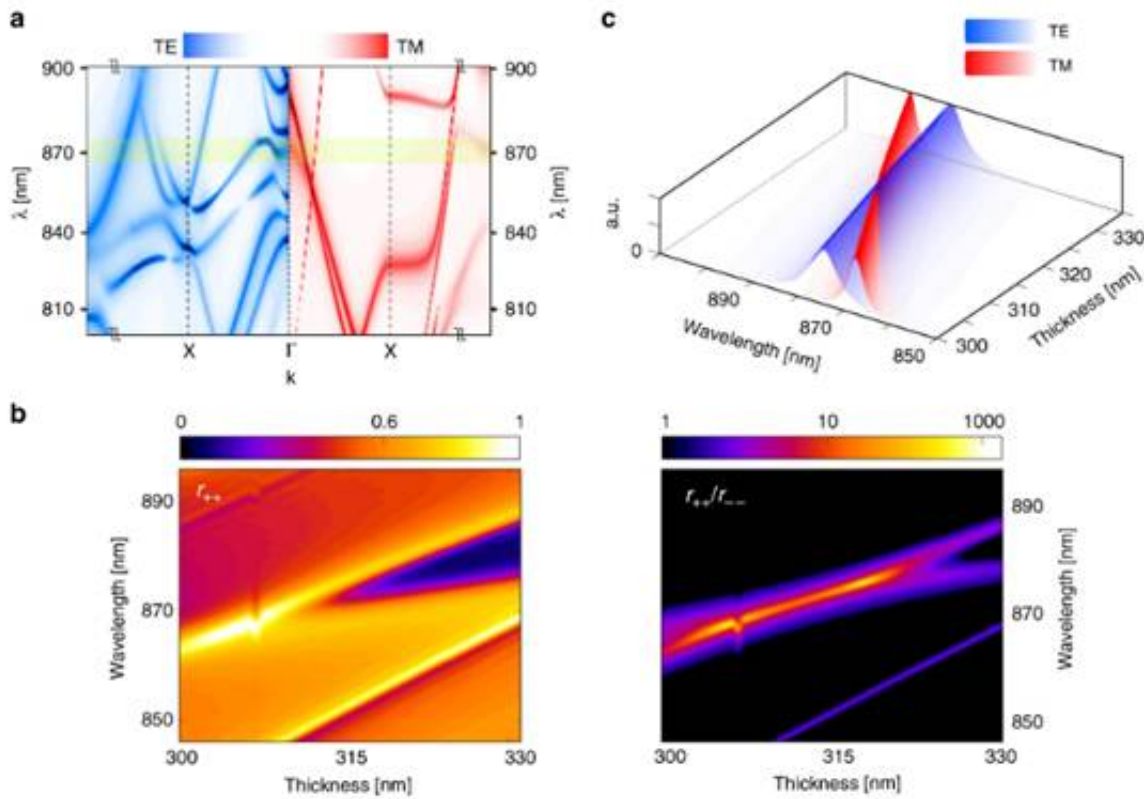


图3 能带图和模式杂化图。通过改变平板的厚度，混合了两种低Q值的TE和TM模式。a: TE(蓝色)和TM(红色)模式的相关波段图。色轴表示时域模拟得到的谱函数。高Q值 Bloch模式更亮，因为它们表现出更强的共振。显示的波段在辐射连续体内(光锥上方)，黄色阴影区域为镜面的操作波段。b: 所选螺旋度的全反射。c: TE和TM模式的光谱分布。

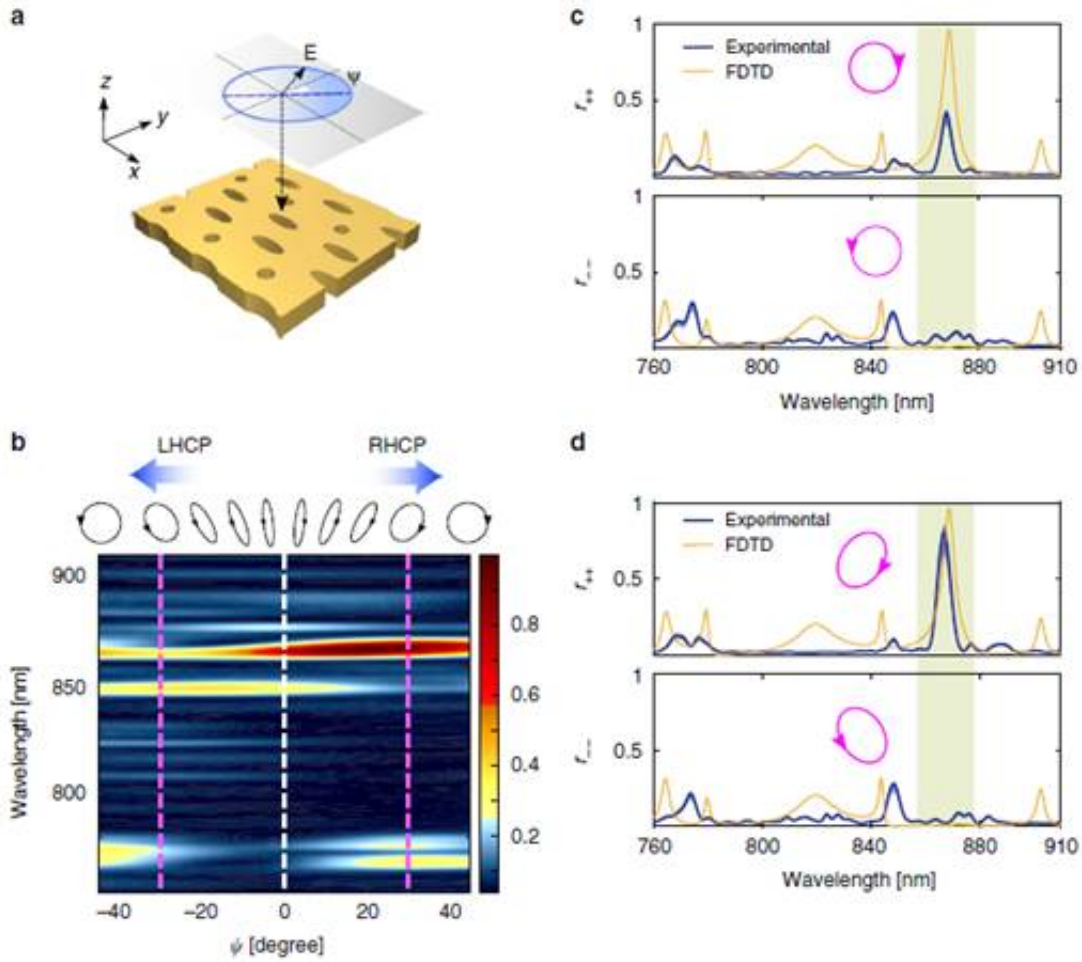


图4 实验结果。a: 由置于聚焦物镜前的四分之一波片所产生的入射波的偏振椭圆。b: 测量的不同椭圆偏振光束的归一化反射光谱的颜色图。在设计波长附近，表现出最大反射率和手性的本征极化是椭圆的。c: 圆偏振入射光的反射率与螺旋度相同。由于制造缺陷，反射测量相对较差（只有50%）。d: 椭圆偏振光的反射光谱。

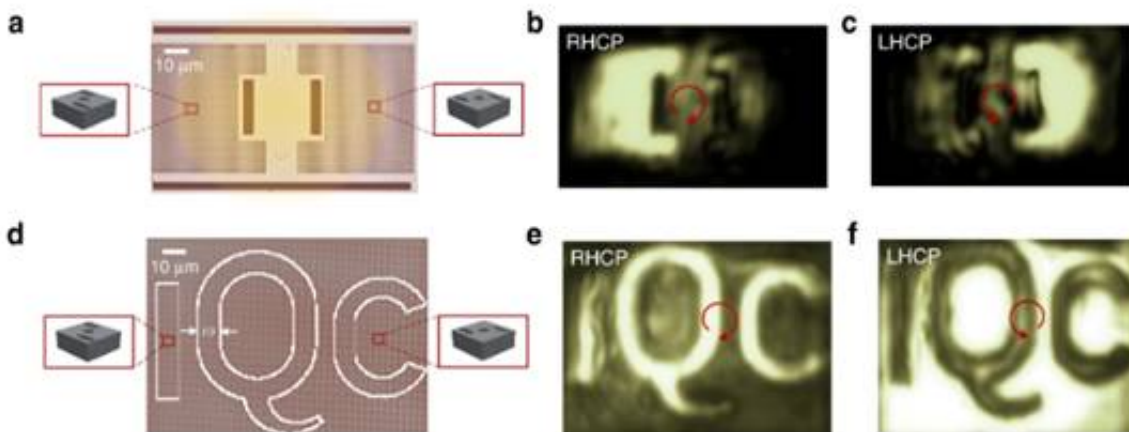


图5 圆偏振照明下相反对应体的反射

a – c使用聚焦和空间相干激光源成像。d – f使用具有加扰波前的激光束成像。字母 (IQC) 的内部和外部由具有相反手性图案的光子晶体制成。

(来源 : 科学网 OSANJU)

相关论文信息 : <https://doi.org/10.1038/s41377-020-0256-5>

作者 : Behrooz Semnani 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](https://www.iikx.com)转发