
手性朗道能级的二维系统扩展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24381.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！

手性朗道能级的二维系统扩展。手性零级朗道能级是受拓扑保护的具有单向传输特性的体态，其在高能物理与凝聚态物理中具有重要作用。该体态具有单向色散性质，能够有效实现系统的手性对称性破缺，并导致手性电流不守恒，即手性异常。

在光学系统中，手性零级朗道能级同样具有重要的研究价值，因其具有单向传输稳定性，能够很好地克服背向散射带来的能量损失。此外，该体态不同于拓扑边界态，其能量束缚于系统内部，不容易泄露到外界环境中。这些优越的性质能够为光学信息传输器件的设计提供全新的视角。

但是，以往的研究工作认为，手性零级朗道能级来源于三维外尔简并与轴向磁场相互作用产生的能量量子化，这就为该能态的实际应用设置了障碍。

这是因为，三维的外尔简并只能在三维的光子晶体系统中实现，而三维的光子晶体的设计与加工具有相当大的难度。现有的3D打印技术虽然能够一定程度实现特定样品的加工，但是加工复杂，成本极高，与实现规模量产与工业应用还有相当遥远的距离。

手性零级朗道能级的二维拓展

近日，香港科技大学陈子亭教授课题组基于二维光学蜂巢晶格系统，将等效质量作为虚拟维度，从而将二维狄拉克系统当做三维外尔系统的子系统。此外，通过将等效质量非均匀化，在该虚拟维度上实现人工规范场，从而产生了该二维系统面内的人工磁场。该人工磁场与狄拉克准粒子相互作用，导致能量量子化，并基于此系统观测到单向传输的手性零能态（如图1所示）。

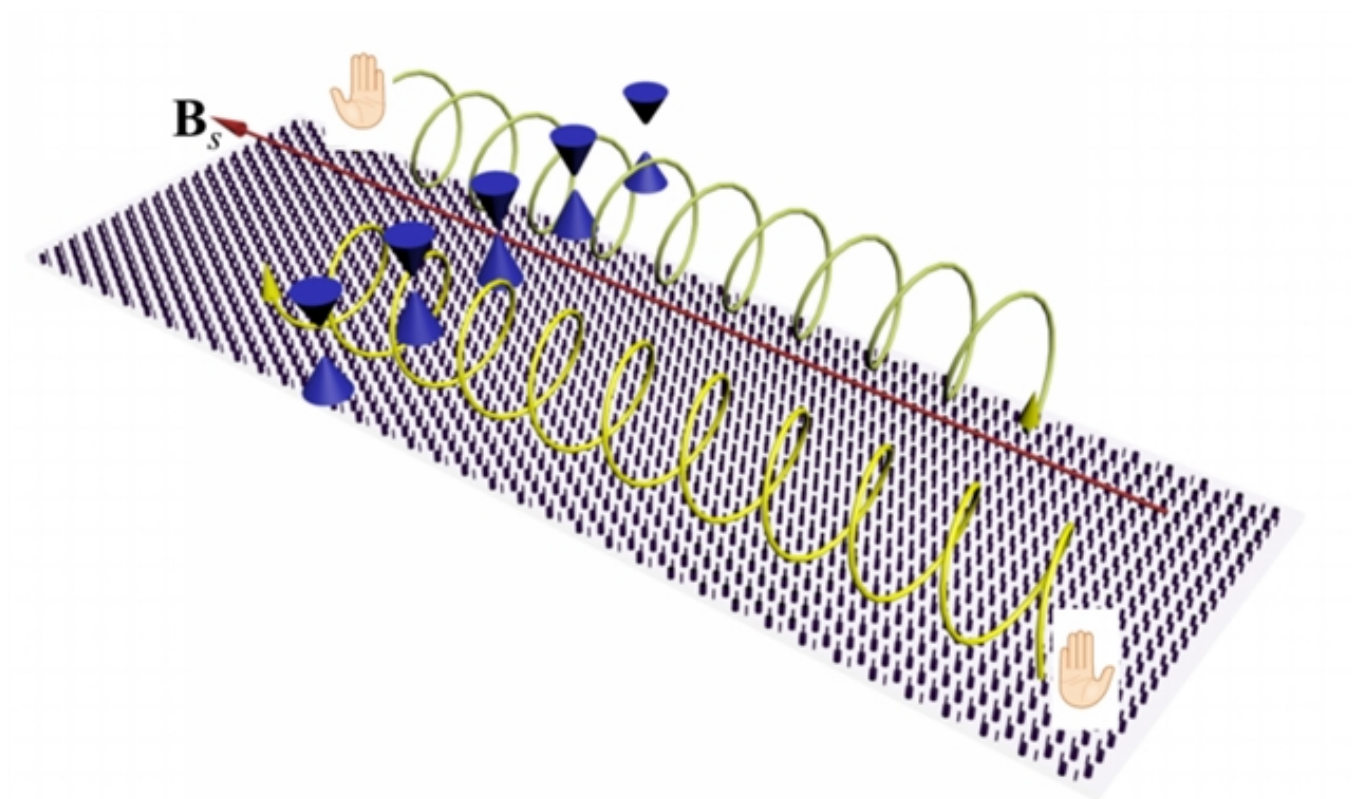


图1 非均匀狄拉克锥体系的手性零级朗道能级及其手性传输效应。

论文作者通过调节每个晶格内部的几何结构，实现局部的空间反演对称性破缺，破缺强度线性依赖于一个特定方向，等效于面内的人工磁场。该磁场导致的能量量子化效应如图2a所示，从图中可以看出，零能态的传输方向（正向或反向）与狄拉克点的手性，即一维布里渊区的K点或K'点相关，此现象被称为手性传输效应（如图2b所示）。

图2 人工磁场导致的能量量子化。(a) 人工磁场与狄拉克准粒子耦合产生的分立能级。其零能态的群速度方向依赖于狄拉克点的手性。(b) 零级朗道能级的手性传输效应。(c-d) 在不同的激发条件下，实验上观测正向与反向传输的手性零能态。

基于手性传输这一性质，文章作者将激发源放置在样品的底部和顶部，分别激发正向和反向传输的零能态。两种相反方向传输的零能态的色散曲线在实验中得到测量，如图2c-d所示。这也在实验上证实了手性零级朗道能级的手性传输以及单向传输效应。

此外，为证实该零能态的传输稳定性，论文作者在样品中心位置引入缺陷，用来测试缺陷对于能态的散射效应。实验数据表明，即便零能态的场分布的宽度几乎被缺陷覆盖，其背向散射效应及其微弱。零能态的场能够绕过缺陷并继续向前传输，如图3所示。这为手性零能态克服背向散射这一优异性能提供了重要实验依据。

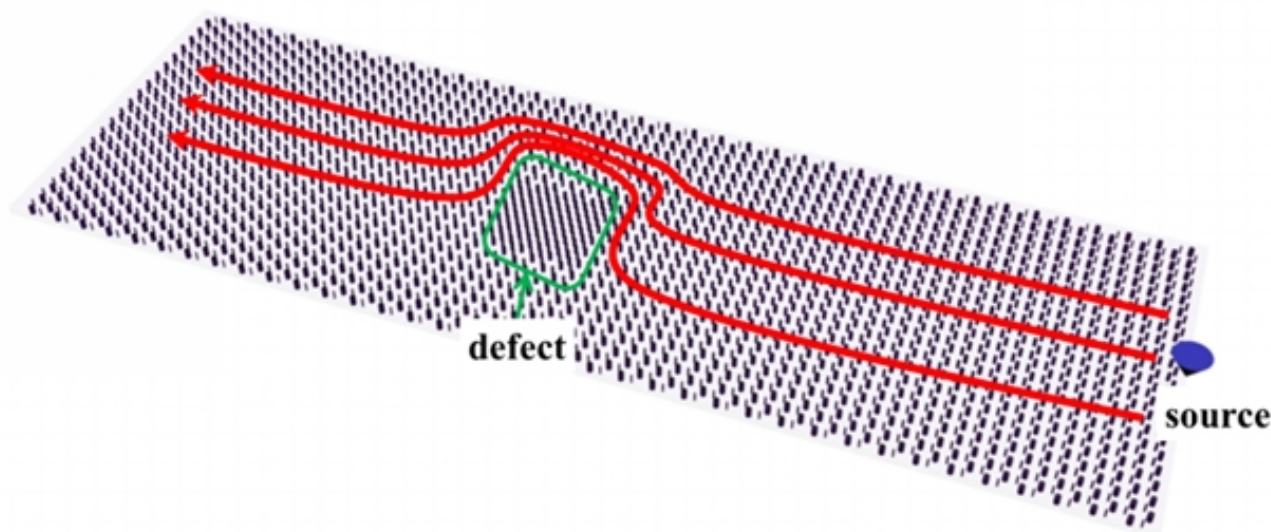


图3 将缺陷引入样品中心，其宽度覆盖手性零能态的场分布。零能态能够绕过缺陷并继续传输，其背向散射带来的能量损失可以忽略。

前景展望

与单向传输的表面态不同，单向传输的体态具有更广阔的应用前景。由于体态的能量束缚于体系内部，不容易泄露到外部空间，从而方便了对该体态的操作和控制。此外由于该系统为二维系统，且只需要调节内部的几何结构，其系统的设计和加工更加方便，为下一代光信息传输器件提供了新的设计思路。

目前的实验样品工作于微波波段，样品的元胞尺寸为毫米级别，未来可考虑将该结构尺寸调整到微米甚至纳米级别，将其工作频率调整到光学波段。那么该器件将在光学信息处理与传输、集成光学等领域施展拳脚。

该成果发表在《Light: Science Applications》，题为Experimental realization of chiral Landau levels in two-dimensional Dirac cone systems with inhomogeneous effective mass。Hongwei Jia为本文的第一作者和通讯作者，Che Ting Chan为本文的共同通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-023-01209-z>

作者：Che Ting Chan 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发