

卡三一项研究：声波对拓扑绝缘体的极限

由马德里卡洛斯三世大学（卡三）参与的一项研究分析了声波对拓扑绝缘体作用的前景，即一种声波在内部绝缘，但同时却可以作用在表面的材料。该研究方向可应用于工业超声技术或改进如B超等某些医学诊断的报告。

在这类固体材料中，声音信号保持稳固并对由材料中杂质和缺陷引起的噪声不敏感。在该研究框架下，科学家已发现拓扑隔声器作为一种极其坚固的波导，能够以非常窄的波束向远场辐射声音，并指出：这种聚焦声束对于工业超声波无损检测或医学和生物学超声波检测诊断等应用非常重要。

在近期发表于《物理通讯》Communications Physics杂志上的文章中，研究人员与来自中国南京大学和美国斯坦福大学的物理学家们一起回顾了关于量子世界中物质行为的最新研究。该研究领域处于物理科学的最前沿，并获得了2016年诺贝尔物理学奖。进行该研究的科学家们力图验证传统上量子物理理论中用于控制电信号的拓扑绝缘体现象是否会产生与声波相同的作用。

“我们的想法是通过这种非常前沿新奇特的概念，为声导、传感器和波导提供全新的可能性。此外，从更具物理意义的角度来看，这意味着某些量子物理效应在经典物理声学中具有其同等效应。”研究人员之一，卡三物理系的约翰·克里斯滕森（Johan Christensen）表示。

为此，研究人员希望模仿“谷 - 霍尔”效应，用于研究各种导体和半导体材料的导电性。该效应为：磁场总是在相反方向上将正电荷与负电荷分开，因此“谷”是结晶固体中的最大和最小电子能量；当由电荷分布产生的电场力对抗磁场力时，平衡得以恢复。由于希望模仿这种“谷 - 霍尔效应”的声学版本，研究人员创造了一种肉眼可见的人造晶体，其灵感来自于日本一种名为“kagome”的编织篮子的材料，并用环氧树脂小圆筒代替竹子。去年，该晶体的详细操作就由约翰·克里斯滕森在科学期刊《高等材料》（Advanced materials）和《物理评论信》（Physical review letters）通过多篇论文公布。

“有趣的是，“谷 - 霍尔”效应中声音拓扑状态显示出一种循环涡旋。出乎意料的是，它在声波中产生出前所未有的特性。”约翰·克里斯滕森解释：“我们研发的Kagome晶体在沿表面或晶体界面导声时表现出令人难以置信的抗缺陷、抗曲线和抗旋转能力。”

该研究方向是在一个更广泛的科学项目框架下，由欧盟科研委员会拨款的Starting Grant 2020地平线（GA 714577）项目下进行研究。该项目被命名为：“声学前沿：奇偶时间对称声子超材料”（PHONOMETA）。在此背景下，其目标是分析和设计可以优化复杂声学系统操作的新一代压电半导体。

参考书目：

Zhang, X., Xiao, M., Cheng, Y., Lu, M-H, Christensen, J. (2018). Topological sound. Communications Physics, 1:97. 21 December 2018. <http://hdl.handle.net/10016/28147>

Wang, Mudi, Ye, Liping, Christensen, J., Liu, Zhengyou. (2018) Valley Physics in Non-Hermitian Artificial Acoustic Boron Nitride. Physical review letters, 120, 246601. 12 June 2018. <http://hdl.handle.net/10016/27424>

Zhang, Zhiwang; Tian, Ye; Wang, Yihe; Gao, Shuxiang; Cheng, Ying; Liu, Xiaojun; Christensen, Johan. (2018) Directional Acoustic Antennas Based on Valley-Hall Topological Insulators. Advanced Materials. Advanced materials, vol. 30, issue 36 (1803229). 30 July 2018. <http://hdl.handle.net/10016/27425>