无磁无源光隔离：自诱导非互易

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/31926.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！

无磁无源光隔离：自诱导非互易。 导读

近日，中国科学技术大学量子信息实验室郭光灿团队在光学非互易领域取得重大突破。该团队提出了一种全新的光学非互易机制——非线性非互易，并基于此机制在实验中实现了高性能光学隔离器。该研究成果以Self-induced optical non-reciprocity为题发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》上。中国科学技术大学邹长铃教授、董春华教授与山西大学李刚教授、张鹏飞教授为论文的共同通讯作者，中国科学技术大学博士后王竹博与特任副研究员张延磊为论文的共同第一作者。

光路不可逆

中学物理教材中介绍了光的可逆性，即当光束经过反射后沿原路返回时，必定会回到光源起点。然而，在某些光学应用中，这种返回光可能引发诸多不良影响，如干扰激光器的输出稳定性，或在光纤通信系统中引入额外噪声。为解决这一问题，科研人员亟需一种能够打破光可逆性的光学器件——光学隔离器。光学隔离器能够确保信号光正向传输，同时阻断反向光的传播，这一现象称为光的非互易性。

理想的光学隔离器

目前，法拉第隔离器是最广泛使用的商用光学隔离器，依靠强磁场下介质的旋光效应实现光学非互易。然而，随着光学特别是集成光学的快速发展，科研人员开始探索无需磁场的光学非互易实现方案。这是因为在集成光学芯片上加工磁性介质存在困难，难以实现磁光效应。除了无需磁场，理想的光学隔离器还应具备无源特性，即无需外部能量输入即可工作。此外，理想隔离器对反向光的隔离效果应独立于正向光的存在与否。那么，如上所述的理想光学隔离器是否真的存在？

非线性非互易 自诱导非互易

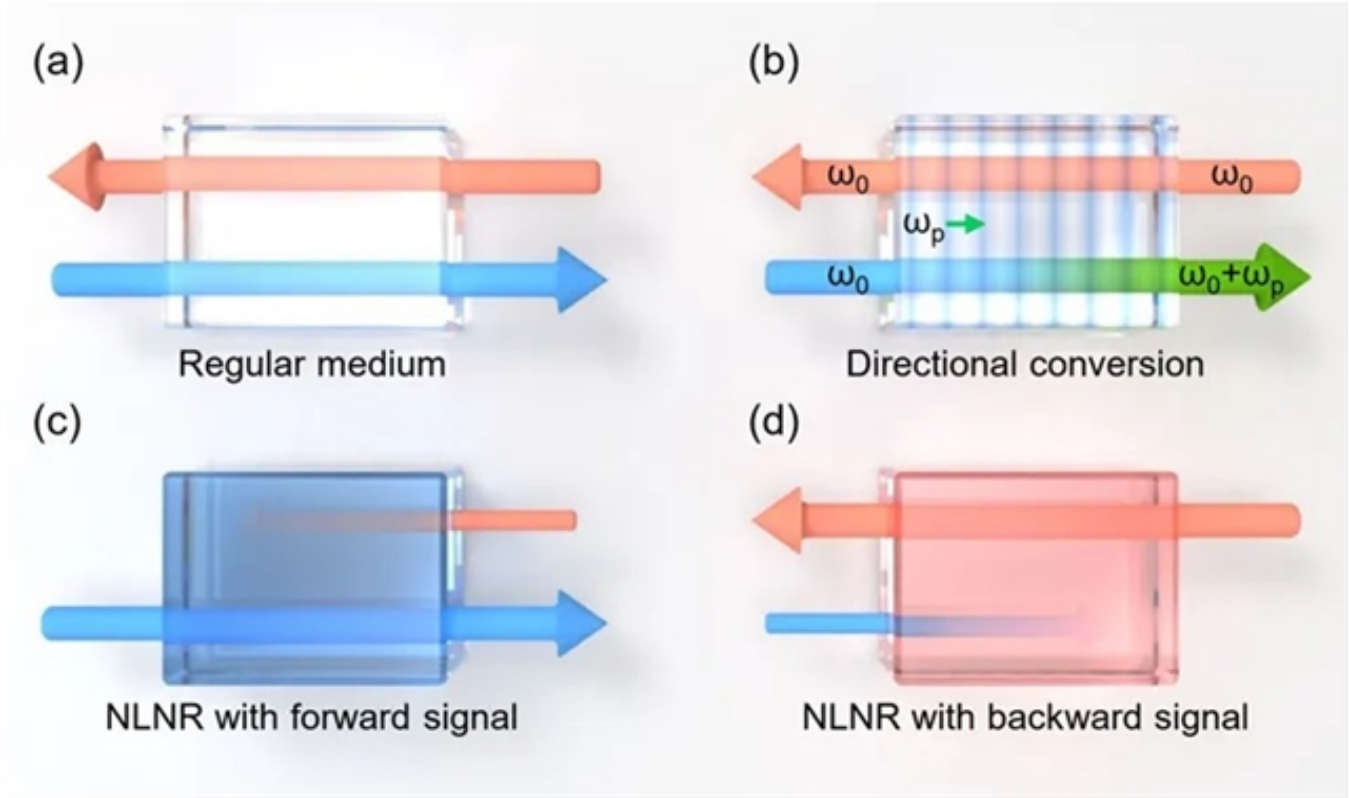


图1. 互易与非互易介质原理示意图（NLNR：非线性非互易） 图源：Light: Science Applications。

郭光灿团队提出了一种新的物理机制——非线性非互易。类比于光学介质折射率的非线性响应，非线性非互易指的是介质的非互易性与施加在介质上的光场强度相关。自诱导非互易是非线性非互易的一种特殊形式：较强的正向信号光在传播过程中改变介质特性，使其仅允许正向光通过而阻挡反向光。如图1所示，区别于互易介质（图1a）和非线性频率转换介质（图1b），非线性非互易介质（图1c、d）无需额外功率输入即可实现方向可重构的光学非互易。

基于自诱导非互易原理，团队在原子系综介质中实现的隔离器具有63.4 dB的隔离比，创造了当前世界上无磁非互易的最高记录。同时，该隔离器在12.5 GHz的带宽内实现了超过20 dB的隔离效果，带宽比以往同样基于原子系综的隔离器高出一个数量级。此外，自诱导非互易还展现出在高消光比圆偏振纯化器中的应用潜力，能够产生纯度超过60 dB的圆偏振光，并对入射光偏振状态具有较强的鲁棒性。

值得注意的是，上述自诱导非互易隔离器虽然突破性地实现了高性能无磁隔离，但仍需正向光存在才能阻断反向光。为此，研究团队进一步将自诱导非互易介质置于非对称腔中。这一改进使得即使在没有正向光的情况下，只要反向光强度低于特定阈值，就无法穿过隔离器。由于该阈值远高于实际应用中的典型反射光强度，这一设计实际上实现了无磁无源理想隔离器。

前景展望

自诱导非互易的物理机制不仅适用于铷原子系综，还可扩展到其他原子、分子体系，有望实现紫外、中红外或太赫兹波段的非互易器件。在集成光学领域，通过波导表面倏逝波与自由空间中气体原子的耦合，有望实现片上无磁非互易器件，这些应用前景令人期待。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01692-y

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：郭光灿等 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