

Kurzfassung

Das Verständnis der Lichtdynamik in einer photonischen Struktur ermöglicht die Untersuchung neuartiger lichtleitender Phänomene durch photonische topologische Isolatoren. Solche optischen Netzwerke weisen einen streufreien unidirektionalen Lichttransport an ihren Grenzen auf. Diese bemerkenswerte Robustheit dieser optischen Systeme ist auf eine spezifische Chiralität des photonischen Gitters zurückzuführen, die mit mathematischen Werkzeugen der Topologie beschrieben wird. Anomale topologische Floquet-Isolatoren weisen eine einzigartige topologische Phase auf, die den Randtransport in allen Bandlücken des Systems ermöglicht. In dieser Arbeit werden mehrere photonische Versionen solcher anomaler topologischer Isolatoren theoretisch vorgeschlagen und experimentell in Femtosekundenlaser-geschriebenen Wellenleitergittern demonstriert. Diese evaneszent gekoppelten Gitter werden verwendet, um neuartiges Lichtausbreitungsverhalten in diskreten Systemen zu beobachten.

Zunächst wird die Implementierung eines getriebenen Gitters vorgestellt, welche zum ersten Mal experimentell einen photonischen anomalen topologischen Floquet-Isolator realisierte. Die Struktur weist trotz verschwindender Chern-Zahl einen topologisch geschützten Randtransport auf. Der experimentelle Aufbau erlaubt die Untersuchung der unidirektionalen Kantenkanäle in Gegenwart verschiedener Störungen. Darüber hinaus wird der topologische Übergang des Gitters untersucht. Basierend auf diesem Prinzip wird ein photonischer topologischer \mathbb{Z}_2 -Isolator mit fermionischer Zeitumkehrsymmetrie demonstriert. Die Struktur unterstützt streuungsfreie gegenläufige Randmoden an der gleichen Gittergrenze. Schließlich werden die Konzepte der anomalen topologischen Isolatoren genutzt, um einen nichtlinearitätsinduzierten topologischen Isolator vorzuschlagen, zu implementieren und zu charakterisieren.

Abstract

Understanding the dynamics of light in a photonic structure enables the study of novel light-guiding phenomena through photonic topological insulators. These optical networks exhibit scatter-free unidirectional light transport along their boundaries. The remarkable robustness of these optical systems is rooted in a chirality inherent in the photonic lattice, which is described by the mathematical tools of topology. Anomalous Floquet topological insulators feature a unique topological phase that enables edge transport in all band gaps of the system. In this work, several photonic versions of such anomalous topological insulators are theoretically proposed and experimentally demonstrated in femtosecond laser-written waveguide lattices. These evanescently coupled arrays are harnessed to observe novel light propagation behavior in discrete systems.

Initially, the implementation of a driven lattice is presented, which represented experimentally a photonic anomalous Floquet topological insulator for the first time. The structure exhibits topologically protected edge transport despite a vanishing Chern number. The experimental setup allows the study of unidirectional edge channels in the presence of various perturbations. In addition, the topological transition of the lattice is investigated. Based on this principle, a photonic \mathbb{Z}_2 topological insulator exhibiting fermionic time reversal symmetry is demonstrated. The structure supports a pair of scattering-free counterpropagating edge modes at the same lattice boundary. Finally, the concepts of anomalous topological insulators are leveraged to propose, implement, and characterize a nonlinearity-induced topological insulator.