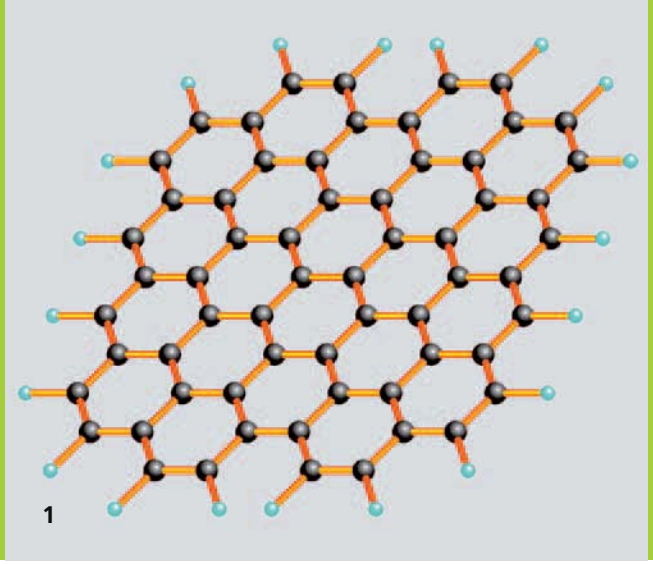
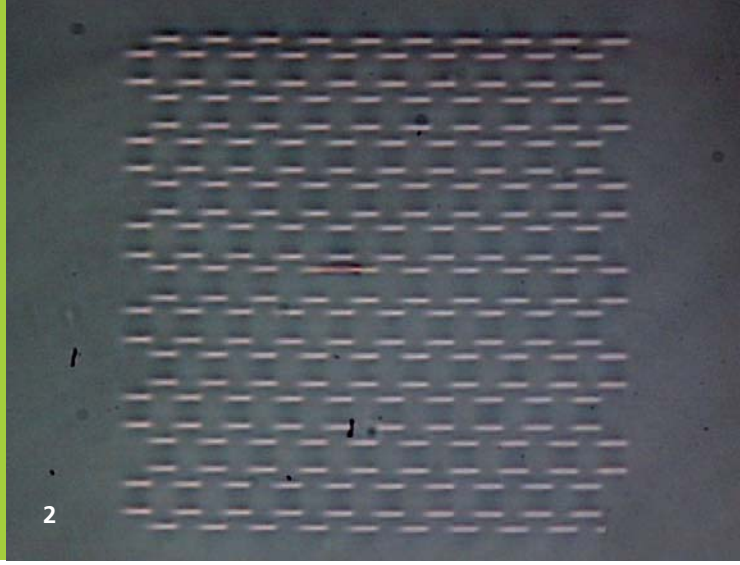


1



2

PHOTONISCHES GRAPHEN
PHOTONIC GRAPHENE

Photonische Bienenwabengitter – die optische Version des wohlbekannten Graphen /1/ (einer einzelnen Lage von Kohlenstoffatomen, die in Bienenwabenstruktur angeordnet sind) – teilen viele Gemeinsamkeiten mit diesem einzigartigen Material, wie beispielsweise die energetische Bandstruktur oder die Existenz von Oberflächenzuständen. Wenn man die Physik propagierender Teilchen in einem atomaren Potential im Festkörper auf ein analoges optisches System überträgt, profitiert man jedoch von einer räumlichen (anstelle einer zeitlichen) Evolution. Darüber hinaus kann die Wellenfunktion des Testteilchens direkt abgebildet und beobachtet werden. Interessanterweise sind in »photonischem Graphen« eine Reihe zusätzlicher Phänomene beobachtbar, die keine Entsprechung im elektronischen System haben und rein optischer Natur sind, zum Beispiel spezielle Oberflächenzustände der propagierenden Wellenfunktion /2/.

Kürzlich wurde vorgeschlagen, dass in Graphen inhomogene Deformationen »pseudomagnetische Felder« induzieren können, die sich prinzipiell wie reale Felder verhalten /3/. Wir konnten experimentell und theoretisch durch die präzise Strukturierung eines dielektrischen Gitters zeigen, dass es möglich ist, pseudomagnetische Felder bis zu 7000 Tesla bei optischen Frequenzen in photonischen Bienenwabengittern zu induzieren /4/. Dieses Feld erzeugt eine spezielle Bandstruktur, wie sie bisher noch nicht beobachtet werden konnte. Darüber hinaus ist es uns gelungen zu zeigen, dass optische Moden durch entstehende magnetische Bandlücken transversal begrenzt werden können. Deformiertes photonisches Graphen

Honeycomb photonic lattices - the optical version of the well-known graphene /1/ (a monolayer of carbon atoms arranged in a honeycomb geometry) - share many common features with that unique material, such as the band structure of the energy and the existence of edge states. However, when transferring the physics of particles in the atomic potential of a crystalline solid onto an analogous optical setting, justified by the fundamental wave-particle duality, the observer benefits from spatial (rather than temporal) evolution and from almost arbitrary scalability of the length scale of the refractive index contrast. Furthermore, the wave function can be directly imaged and monitored as it evolves. Interestingly, "photonic graphene" displays several additional phenomena that are not manifest in the original electronic system, for example, particular surface states of the propagating wave function /2/.

It has been recently suggested that, in graphene, inhomogeneous strains can induce 'pseudomagnetic fields' that behave very similarly to real fields /3/. In our work, we show experimentally and theoretically that, by properly structuring a dielectric lattice, it is possible to induce a pseudomagnetic field up to 7,000 Tesla at optical frequencies in a photonic honeycomb lattice /4/. The induced field gives rise to a particular band structure which has not been observed previously. Moreover, we demonstrate that the according formation of magnetic gaps results in a transverse confinement of the optical modes. The use of strain allows for the exploration of magnetic effects in a non-resonant way that would be otherwise inaccessible in optics. Employing inhomogeneous

1 *Die atomare Struktur von Graphen.* | *The atomic structure of graphene.*

2 *Ein Mikroskopbild einer Glasprobe mit einem Bienenwabengitter – photonischem Graphen.* |
A microscope view on a glass sample with a honeycomb lattice – photonic graphene.

erlaubt uns die Erforschung magnetischer Effekte in nicht-resonanter Weise, was bisher in optischen Systemen nicht durchführbar war. Der Einsatz inhomogener Deformationen zur Erzeugung eines Pseudomagnetismus bietet die Möglichkeit, in aperiodischen photonischen Kristallstrukturen höchste Feldverstärkungen und »Slow-light« Effekte zu erzeugen, die wesentlich über die in periodischen Strukturen hinausgehen. Die Verallgemeinerung dieser Konzepte zu Systemen jenseits der Optik, z.B. Materiewellen in optischen Potentialen, führt zu neuen Phänomenen, die sich grundlegend von denen in rein periodischen Strukturen unterscheiden.

Literatur / References

/1/ Guinea et al.: Nature Physics 6, 30–33 (2010).
/2/ Rechtsman et al.: arXiv:1210.5361 (2012).
/3/ Novoselov et al.: Science 306, 666-669 (2004).
/4/ Rechtsman, Zeuner et al.: Nature Photonics 7, 153-158 (2013).

strain to induce pseudomagnetism suggests the possibility that aperiodic photonic crystal structures can achieve greater field-enhancement and slow-light effects than periodic structures. Generalizing these concepts to other systems beyond optics, for example with matter waves in optical potentials, offers intriguing new phenomena that are fundamentally different to those in purely periodic structures.

AUTHORS

Alexander Szameit[1]

Stefan Nolte[1]

[1] Institut für Angewandte Physik, Friedrich-Schiller-Universität Jena

CONTACT

Jun.-Prof. Dr. Alexander Szameit

Phone +49 3641 947-985

alexander.szameit@uni-jena.de