PRESSE-MITTEILUNG

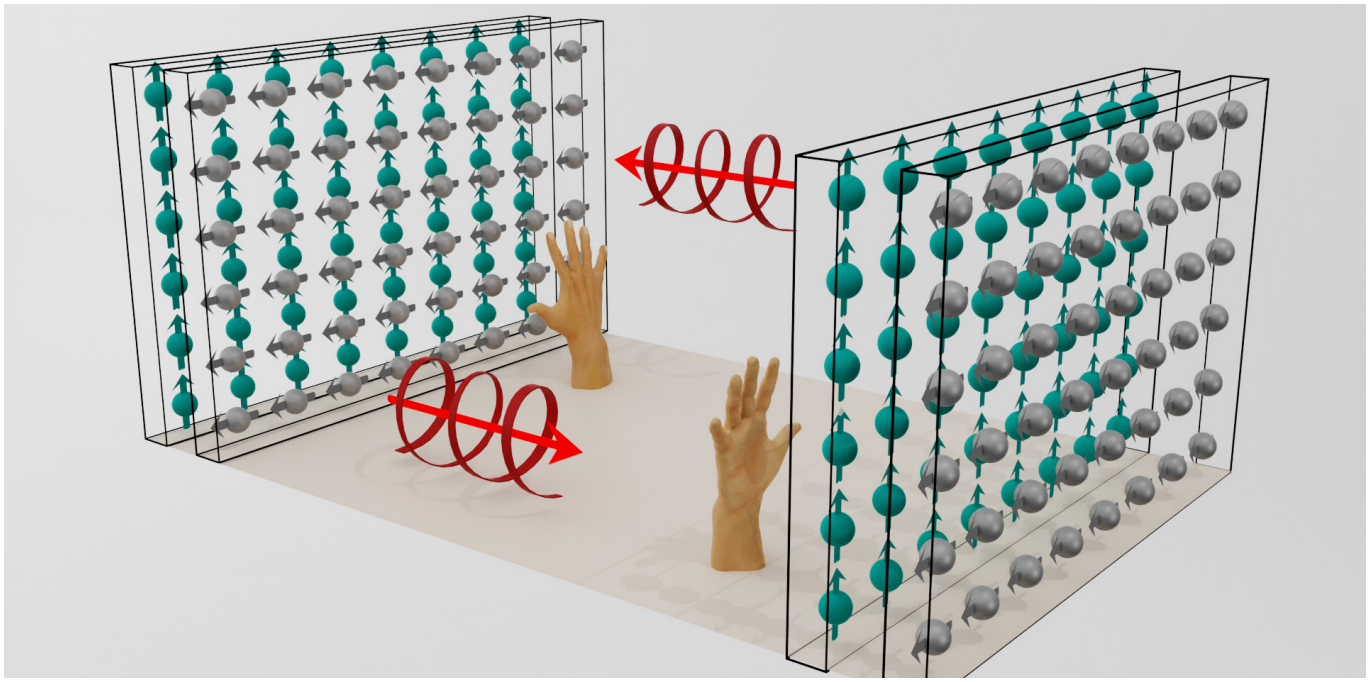
MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR DIE PHYSIK DES LICHTS

Reflektieren ohne zu spiegeln: Neuartiges Konzept zur Detektion chiraler Moleküle

ERLANGEN, 31. JANUAR 2024

Anders als an herkömmlichen Spiegeln kann Licht an sogenannten Metaoberflächen reflektiert werden, ohne seine Polarisation zu ändern. Das haben Physiker der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und des Max-Planck-Instituts für die Physik des Lichts (MPL) nachgewiesen. Damit kann zirkulierendes Licht genutzt werden, um chirale Moleküle zuverlässig zu detektieren. Ihre Entdeckung haben die Forscher im renommierten Fachjournal Physical Review Letters veröffentlicht.

In der Natur treten Moleküle häufig chiral auf. Diese sogenannten Enantiomere sind spiegelbildliche Zwillinge – so wie die linke und die rechte Hand des Menschen. „Meistens haben Enantiomere dieselbe Funktionalität“, sagt Dr. Michael Reitz, der 2023 in der von Dr. Claudiu Genes am MPL geleiteten Forschungsgruppe promovierte. „Allerdings können sie auch völlig unterschiedlich wirken, insbesondere wenn sie auf andere chirale Moleküle treffen.“ Das hat beispielsweise gravierende Auswirkungen in der Pharmakologie: Während ein Zwilling eine Krankheit heilen kann, schädigt der andere unter Umständen den Organismus.



© Alexandra Genes, Genes Design

Chiraler optischer Resonator: Bei der Reflexion behält rechtspolarisiertes Licht seinen Polarisationszustand bei, genau wie die rechte Hand im Bild eine rechte Hand bleibt.

Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts Staudtstraße 2 91058 Erlangen
Kontakt: Edda Fischer E-Mail: MPLpresse@mpl.mpg.de Tel: +49 9131 7133 805
mpl.mpg.de /PhysikDesLichts @MPI_Light @physik_des_lichts @MPI_PhysikDesLichts

© Stephan Spangenberg

Dr. Claudiu Genes, Leiter der Forschungsgruppe Kooperative Quantenphänomene am Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts

Nicht nur in der pharmakologischen Forschung ist es daher von großem Interesse, chirale Moleküle sehr genau nachzuweisen und zu unterscheiden. Ein idealer Kandidat dafür ist Licht, weil Photonen selbst chiral sein können. „Man kann Licht als Spirale in Korkenzieherform erzeugen", erklärt Nico Bassler, gemeinsamer Doktorand von Claudiu Genes, Leiter der unabhängigen Forschungsgruppe „Cooperative Quantum Phenomena" am MPL und Prof. Dr. Kai Phillip Schmidt, Inhaber des Lehrstuhls für Theoretische Physik V an der FAU. „Je nachdem, welche Drehrichtung die Spirale besitzt, interagiert sie entweder mit dem links- oder mit dem rechtshändigen Enantiomer." Um diese Interaktion zu maximieren, muss das Lichtfeld jedoch räumlich begrenzt werden, indem es zum Beispiel zwischen zwei Spiegeln zirkuliert. Das Problem dabei: Wird Licht an einem herkömmlichen Spiegel reflektiert, ändert es seine Polarisation – die Spirale windet sich dann in die entgegengesetzte Richtung und würde mit dem „falschen" Enantiomer wechselwirken.

Doppelte Atomlagen wirken als Spiegel

Die Physiker der FAU und des MPL haben dieses Problem mit einem neuartigen Konzept gelöst: Statt herkömmlicher Spiegel verwenden sie sogenannte Metaoberflächen, die aus atomaren Doppelschichten bestehen. „Wir kombinieren zwei einlagige Atomgitter, die jeweils elektrische Dipolmomente besitzen", erklärt Claudiu Genes. „Dipolmomente kann man als Ladungsrichtung entlang einer Achse verstehen." Entscheidend für die Funktionalität der Metaoberflächen ist nun, die Ladungsrichtung der Atomgitter um 90 Grad versetzt, also orthogonal zueinander, auszurichten. Schmidt: „Durch diesen quantenphysikalischen Kniff werden die Photonen zwar reflektiert, behalten jedoch ihre Polarisation."

Das ermöglicht eine völlig neuartige chirale Sensorik: Eingeschlossen zwischen zwei Metaoberflächen auf engstem Raum, kann zirkulierendes Licht chirale Moleküle zuverlässig und mit extrem hoher Sensitivität detektieren. Die Forscher erwarten, dass Stoffe mit relevanten Funktionalitäten insbesondere in der Biochemie und Pharmazie bald deutlich schneller entwickelt werden können als bisher.

Projekt vereint Festkörperphysik und Quantenoptik

Die Arbeit entstand im Rahmen des Sonderforschungsbereichs TRR306 QuCoLiMa (Quantum Cooperativity of Light and Matter). Dabei handelt sich um eine Kooperation zwischen den Forschungsteams von Prof. Dr. Kai Phillip Schmidt an der FAU und Dr. Claudiu Genes am MPL, in der die Expertise aus der Festkörperphysik und der Quantenoptik erfolgreich zusammengebracht wurde. Das Projekt wurde von dem gemeinsamen Doktoranden Nico Bassler durchgeführt und von Dr. Michael Reitz betreut, der

Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts Staudtstraße 2 91058 Erlangen
Kontakt: Edda Fischer E-Mail: MPLpresse@mpl.mpg.de Tel: +49 9131 7133 805
mpl.mpg.de /PhysikDesLichts @MPI_Light @physik_des_lichts @MPI_PhysikDesLichts

2023 in der Genes-Forschungsgruppe promovierte und derzeit ein Postdoc-Stipendium an der University of California San Diego wahrnimmt. Maßgeblich beteiligt war auch Dr. Andrea Aiello, Experte für die Chiralität des Lichts am MPL.

@ Anna Thiessen

Prof. Dr. Kai Phillip Schmidt, Lehrstuhl für Theoretische Physik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

FAU
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), gegründet 1743, ist mit fast 40.000 Studierenden, über 600 Professorinnen und Professoren und etwa 16.00 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine der größten Universitäten in Deutschland. Derzeit werden federführend oder in Beteiligung der FAU mehr als 100 Programme von der DFG gefördert. Die FAU bietet rund 270 Studiengänge an, darunter neun Bayerische Elite-Master-Studiengänge und etwa 50 mit dezidiert internationaler Ausrichtung. Keine andere Universität in Deutschland kann auf ein derart breit gefächertes und interdisziplinäres Studienangebot auf allen Qualifikationsstufen verweisen. Durch Hochschulpartnerschaften rund um den Globus steht den Studierenden der FAU schon während des Studiums die ganze Welt offen.

MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR DIE PHYSIK DES LICHTS

Das Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL) deckt ein breites Forschungsspektrum ab, darunter nichtlineare Optik, Quantenoptik, Nanophotonik, photonische Kristallfasern, Optomechanik, Quantentechnologien, Biophysik und – in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Zentrum für Physik und Medizin – Verbindungen zwischen Physik und Medizin. Das MPL wurde im Januar 2009 gegründet und ist eines der über 80 Institute der Max-Planck-Gesellschaft, die Grundlagenforschung in den Natur-, Bio-, Geistes- und Sozialwissenschaften im Dienste der Allgemeinheit betreiben.

Originalpublikation in Physical Review Letters:
Nico S. Baßler, Andrea Aiello, Kai P. Schmidt, Claudiu Genes, and Michael Reitz (2024). “Metasurface-Based Hybrid Optical Cavities for Chiral Sensing”. Phys. Rev. Lett. 132, 043602 (2024)

DOI: https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.132.043602

Wissenschaftlicher Kontakt:
Dr. Claudiu Genes
Leiter der Forschungsgruppe ›Kooperative Quantenphänomene‹
Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts.
www.mpl.mpg.de / claudiu.genes@mpl.mpg.de

Wissenschaftlicher Kontakt
Prof. Dr. Kai Phillip Schmidt
Lehrstuhl für Theoretische Physik an der FAU
www.fau.de / kai.phillip.schmidt@fau.de

Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts Staudtstraße 2 91058 Erlangen
Kontakt: Edda Fischer E-Mail: MPLpresse@mpl.mpg.de Tel: +49 9131 7133 805
mpl.mpg.de /PhysikDesLichts @MPI_Light @physik_des_lichts @MPI_PhysikDesLichts