

Pressemitteilung

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Dr. Christina Hoppenbrock

11.05.2022

<http://idw-online.de/de/news793518>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Physik / Astronomie
überregional



Physiker untersuchen optisch erzeugte Quantendynamik in Einzelphotonenemitter

Physiker haben erstmals die ultraschnelle Kontrolle von Einzelphotonenemittern durch Laserimpulse in hexagonalem Bornitrid genau untersucht. Die Erkenntnisse sind wichtig für mögliche Anwendungen in Quantentechnologien.

Quantentechnologien gelten als zukunftssträchtiges Forschungsgebiet, beispielsweise im Hinblick auf Anwendungen in den Bereichen Kommunikation und Computer. Ein wichtiger Baustein für solche Anwendungen sind sogenannte Einzelphotonenemitter – Materialien, die in schneller Folge einzelne Photonen, also Lichtteilchen, aussenden. Photonen sind hervorragend geeignet, um Daten schnell und sicher zu übermitteln. Ein genaues physikalisches Verständnis, wie Einzelphotonenemitter aufgebaut sind und wie sie sich kontrollieren lassen, ist für deren möglichen Einsatz in zukünftigen Anwendungen nötig. Ein Team von Physikern der Westfälischen Wilhelms-Universität (WWU) Münster und der Technischen Universität Breslau (Polen) hat nun erstmals die ultraschnelle Kontrolle von Einzelphotonenemittern durch Laserimpulse in dem zweidimensionalen Material „hexagonales Bornitrid“ systematisch untersucht. „Ultraschnell“ bedeutet hier schneller als eine Pikosekunde, also eine billionstel Sekunde. Die Studie ist in der Fachzeitschrift „Optica“ veröffentlicht.

Zweidimensionale Materialien sind im Fokus vieler wissenschaftlicher Arbeiten. Ein bekanntes Beispiel ist Graphen, für dessen Herstellung und Untersuchung der Physiknobelpreis 2010 vergeben wurde. „Hexagonales Bornitrid – kurz hBN – ist ein 2D-Material mit besonders interessanten Eigenschaften“, erläutert Dr. Daniel Wigger vom Institut für Theoretische Physik der TU Breslau. „Unter anderem existieren in hBN-Kristallen Einzelphotonenemitter, die im Gegensatz zu vielen anderen Systemen, bei denen extrem niedrige Temperaturen benötigt werden, auch bei Raumtemperatur funktionieren.“ Experten sind sich sicher, dass diese Einzelphotonenemitter dadurch entstehen, dass sich Fremdatome im hBN-Kristall befinden, was als atomarer Defekt oder Farbzentrum bezeichnet wird. Diese Farbzentren, deren genaue atomare Struktur noch nicht bekannt ist, nahmen die Forscher in ihrer aktuellen Arbeit unter die Lupe.

Sie gewannen ein umfassendes Verständnis der Dynamik innerhalb der Farbzentren im hBN-Kristall, indem sie ihre Experimente mit theoretischer Modellierung kombinierten. Ein Augenmerk lag dabei auf dem Störfaktor Umgebung. Mikroskopische Systeme werden durch verschiedene Wechselwirkungen mit der Umgebung beeinflusst, die sich als externes Rauschen auf verschiedenen Zeitskalen darstellen, beispielsweise als leichtes Schwanken der Farbe der ausgesendeten Photonen. Insbesondere die Quanteneigenschaften solcher Systeme reagieren darauf sehr empfindlich. Es kann zu sogenannter Dekohärenz, einem Verlust der im System gespeicherten Quanteninformation, kommen.

Das Team nutzte ultraschnelle Laserimpulse, um den Quantenzustand des atomaren Defekts zu präparieren und auszulesen. „Vereinfacht gesagt funktioniert die angewandte Technik wie ein Stroboskop“, sagt der Physiker Dr. Steffen Michaelis de Vasconcellos vom Physikalischen Institut und Center for Nanotechnology der WWU. „Ein erster Impuls erzeugt einen Quantenzustand, der nach einer Wartezeit von einem zweiten Impuls ausgelesen wird. Ändert man den zeitlichen Abstand zwischen den beiden Laserimpulsen, kann man die zeitliche Änderung des Quantenzustands und

damit den Verlust der Kohärenz messen.“

Neben diesem zentralen Experiment untersuchten die Physiker sehr genau das Spektrum des Emitters, das heißt, welches Licht – also welche „Farben“ – der Emitter aussendet. Die Experimente ergänzten sie um Computersimulationen, die dieselben Parameter untersuchten. Besonderes Augenmerk galt dabei den Phononen – Schallwellen im Kristall –, die ein wesentlicher Störfaktor sein können. „Experiment und Theorie haben in unserer Studie ein konsistentes Bild ergeben“, unterstreicht Daniel Wigger.

Die Forscher betrachteten damit erstmals sowohl den dynamischen Charakter des Emittersystems als auch dessen Lichtspektrum, um die Bedeutung externer Einflüsse auf verschiedenen Zeitskalen zu verstehen. Einerseits können Störungen so in potenziellen Anwendungen vermieden werden und andererseits können Phononen als quantenmechanische Anregungen mit in technologische Anwendungen einbezogen werden.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. Daniel Wigger
Wrocław University of Science and Technology
Department of Theoretical Physics
E-Mail: d.wigger@wwu.de

Dr. Steffen Michaelis de Vasconcellos
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Physikalisches Institut
E-Mail: michaelis@uni-muenster.de

Originalpublikation:

Johann A. Preuss, Daniel Groll, Robert Schmidt, Thilo Hahn, Paweł Machnikowski, Rudolf Bratschitsch, Tilmann Kuhn, Steffen Michaelis de Vasconcellos, and Daniel Wigger, "Resonant and phonon-assisted ultrafast coherent control of a single hBN color center," *Optica* 9, 522-531 (2022); <https://doi.org/10.1364/OPTICA.448124>