Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin

Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung

Band: 23 (2011)

Heft: 88

Artikel: Objekt mit irritierenden Eigenschaften

Autor: Saraga, Daniel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-551066

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Objekt mit irritierenden Eigenschaften

Polaritonen sind gleichzeitig Licht und Materie. Sie wecken die Hoffnung auf die Entwicklung neuer Laser, die wenig Energie verbrauchen und daher auch in der Medizin eingesetzt werden könnten.

VON DANIEL SARAGA

In seinem Labor an der ETH Lausanne untersucht Nicolas Grandjean eigenartige Teilchen an der Grenze zwischen Materie und Licht: die Polaritonen. Das Ziel des Physikers? Die Entwicklung von Halbleitern mit neuen optischen und elektronischen Eigenschaften, welche die Herstellung winziger und weniger energiehungriger Laser revolutionieren könnten. Das Geheimnis der Polaritonen gründet in den merkwürdigen Eigenheiten der Quantenphysik (siehe Kasten). Der Forscher arbeitet mit Galliumnitrid, einem Stoff, der heute für die weissen Leuchtdioden und die blauen Laser verwendet wird, die Blu-Ray-Discs abtasten. (Durch die Verschiebung von rotem zu blauem Licht werden die Laserstrahlen präziser und können auf den optischen Speichermedien mehr Informationen untergebracht werden.) Der französische Forscher möchte eine neue Art von blauen Lasern entwickeln, die auf der Erzeugung von Polaritonen beruhen und so gleichzeitig kleiner – etwa so gross wie eine menschliche Zelle – und effizienter sind. «Im Gegensatz zu Elektronen, die bei traditionellen Lasern verwendet werden, sind Polaritonen gerne nahe beieinander», sagt der Wissenschaftler. «Dadurch lässt sich ein Laserstrahl mit viel weniger Strom erzeugen.» Der Polaritonen-Laser könnte ausserdem zehnmal stärker als herkömmliche Laser werden.

Geheimnisvoller Lichtstrahl: Mit dem Polaritonen-Laser hält die Quantenphysik Einzug in die Medizin. Bild: Luca Sulmoni, LASPE EPFL

«Für einen Blu-Ray-Player ist der Stromverbrauch des Lasers nicht entscheidend, da die übrigen Komponenten stromhungriger sind», erklärt der Physiker. «Das gilt jedoch nicht für die Medizin. Dort arbeitet man an der Entwicklung von Lasern, die ins Körperinnere gebracht werden können. Dabei ist entscheidend, dass neben der Grösse auch der Energiekonsum reduziert wird und keine Abwärme entsteht, die das Gewebe schädigt. Solche Geräte liessen sich zum Beispiel zum Aufspüren von Krebszellen einsetzen, die mit Fluoreszenzmarkern gekennzeichnet wurden.»

Einsteins Vorhersage wird Wirklichkeit

Der neue Laser ist nicht mehr fern. 2007 brachte die Lausanner Gruppe den Laser mit der Starthilfe eines weiteren Lasers dazu, bei Raumtemperatur zu arbeiten – was für viele Anwendungen Voraussetzung ist. Nun muss er noch mit Strom zum Laufen gebracht werden. Der entscheidende Durchbruch gelang dem Team um Nicolas Grandjean mit der Herstellung nahezu perfekter mikroskopischer Spiegel, die bis zu 99,99 Prozent des Lichts reflektieren. Diese für die Emission des Laserlichts grundlegende Eigenschaft wurde durch die Entwicklung einer neuen Halbleiterlegierung erreicht.

Die Polaritonen dienen aber nicht nur zur Herstellung von Lasern. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Teilchen haben diese Objekte selbst bei Raumtemperatur robuste Quanteneigenschaften. Seit einigen Jahren werden sie von Forschenden zur Untersuchung von quantenmechanischen Systemen eingesetzt. Dazu gehört das Bose-Einstein-Kondensat, ein neuer, bereits 1924 von Albert Einstein und Satyendra Nath Bose vorhergesagter Aggregatszustand bei extrem tiefen Temperaturen. Alle Teilchen befinden sich bei diesem System im gleichen Quantenzustand, verlieren dadurch ihre Individualität und bewirken ganz besondere Eigenschaften: Suprafluidität und Supraleitung. Innere Reibung und elektrischer Widerstand fehlen vollständig.

Es sollten jedoch 70 Jahre vergehen, bevor 1995 durch das Kühlen von Atomen auf 0,0000002 Grad über dem absoluten Nullpunkt (der damalige Kälterekord) das erste richtige Kondensat erzeugt werden konnte. Die Arbeiten von Benoît Deveaud-Plédran von der ETH Lausanne schafften es 2006 auf die Titelseite von «Nature». Seiner Gruppe gelang mit Hilfe von Polaritonen in einem Halbleiter die Erzeugung eines Bose-Einstein-Kondensats bei einer hundert Millionen Mal höheren Temperatur (rund 10 Kelvin). Nicolas Grandjean setzt diese Forschung in der Hoffnung fort, einen weiteren Meilenstein in der Geschichte der Physik zu setzen: ein Bose-Einstein-Kondensat bei Raumtemperatur. Die ersten Zeichen eines Kondensats wurden 2008 nachgewiesen. Die Geheimnisse der Quantenmechanik erobern vielleicht schon bald unseren Alltag. ■

Von Lasern zu Schaltern

Die von der Gruppe um Nicolas Grandjean für die Spiegel des Polaritonen-Lasers entwickelte Legierung könnte in einem anderen Bereich eine unerwartete Anwendung finden: bei ultraschnellen Transistoren. In Zusammenarbeit mit der ETH Zürich haben die Lausanner Physiker im September 2010 mit einer Betriebsfrequenz von 205 Gigahertz den bisherigen Weltrekord geschlagen. «Diese Entdeckung öffnet die Tür zur Erzeugung von Millimeterwellen», sagt Nicolas Grandjean. «Daraus ergäben sich interessante Anwendungen in der medizinischen Bildgebung. Auch für Schalter in Hochspannungsnetzen könnte sich die Legierung als nützlich erweisen, weil sich die Verluste beim Einschalten des Stroms um rund 20 Prozent vermindern liessen.»

Wie Polaritonen entstehen

Polaritonen sind quantenmechanische Objekte mit irritierenden Eigenschaften: Sie sind gleichzeitig Lichtteilchen (Photonen) und Materieteilchen. Das Materieteilchen selbst, das so genannte Exziton, ist ebenfalls ein Paar: ein Elektron-Loch-Paar. Im Normalzustand leitet ein Halbleiter Elektrizität nur schlecht. Die Elektronen müssen zuerst ausreichend Energie erhalten, bevor sie mobil werden und Strom fliessen kann. Die Elektronen hinterlassen dabei eine Spur: Es bleibt ein so genanntes Ladungsloch zurück. Genau wie ein Atom kann auch ein Exziton Lichtteilchen – Photonen – aussenden.

Wenn man um den Halbleiter einen winzigen, aus zwei parallelen Spiegeln bestehenden Spalt konstruiert, die mehr als 99 Prozent des Lichts reflektieren, mischen sich die gefangenen Photonen mit den Exzitonen: Es entstehen Polaritonen. Gemäss der Quantenphysik verbindet sich das Materieteilchen (das Exziton) untrennbar mit dem Lichtteilchen (dem Photon). Das klar definierte Objekt, halb Licht, halb Materie, verhält sich wie ein echtes Teilchen.