

Lichtspeicher in Metall

Oldenburger Physiker erforschen Wechselwirkung zwischen Licht und Elektronen in Nanostrukturen

Von Robert Meyer

Der Wunsch nach optischen Computern ist alt. Anders als die Elektronenströme in herkömmlichen Computern können Lichtstrahlen sich kreuzen oder überlagern, ohne dass es zu Informationsverlusten kommt. Was bisher dazu auf die Beine gestellt wurde, erwies sich meist als zu ineffizient, auch deshalb weil die Geräte zu viel Wärme erzeugten. Neue Lösungen für praxistaugliche optische Computer könnten aus dem noch recht jungen Forschungsgebiet der Nano-Optik kommen.

So untersucht eine internationale Forschergruppe um den Physiker Christoph Lienau von der Universität Oldenburg, ob es möglich ist, Licht für längere Zeiten in metallischen Strukturen zu speichern und ob sich so gar rechnen lässt. Dazu hatten die Forscher erstmals analysiert, wie Licht und Elektronen in Nanostrukturen aus Metallen und Halbleitern miteinander wechselwirken (»Physical Review Letters«, Bd. 101, e116801).

Mit Blick auf die Anwendung solcher Nanostrukturen ist allerdings eine nennenswerte Hürde zu überwinden: Der Zeitraum, für den das Licht im Metall verbleibt, ist extrem kurz, liegt im Bereich der Femtosekunden (eine Femtosekunde ist der milliardstel Teil einer Sekunde). Üblicherweise wird Licht von Metalloberflächen nach

10 bis 100 Femtosekunden wieder abgestrahlt. Allerdings, so der Oldenburger Physiker, »kann man mit speziellen Tricks diese Zeit auf etwa 500 Femtosekunden strecken. Durch Nutzung von Metall-Halbleiter-Nanostrukturen könnte sie vielleicht noch mal um einen Faktor 100 bis 1000 ausgedehnt werden.« Das Licht, so Lienau, lasse sich in extrem kleine Fleckengrößen einsperren, um diese Flecken ein- und auszuschalten bräuchte man nur noch geeignetes schnelles Schaltmaterial.

Bis es soweit ist, müssen noch einige Fragen geklärt werden. So verstehen die Physiker bislang die Wechselwirkung des Lichts mit Metall-Nanostrukturen und entsprechenden Halbleitermaterialien noch nicht gut genug. Um diese Wechselbeziehung besser zu erfassen, ließen die Oldenburger Licht mit einer bestimmten Wellenlänge auf ein superfeines Metallgitter (Gitterabstand etwa 500 Nanometer) fallen und brachten damit die Elektronen an der Oberfläche des Metalls zum Schwingen. Da die feinen Goldstreifen des Nanogitters auf einer Unterlage aus dem Halbleitermaterial Galliumarsenid angebracht waren, kam es zwischen den schwingenden Elektronen im Metall und jenen im Halbleitermaterial zu einem periodischen Energieaustausch – »allerdings nur, wenn die Elektronen im Metall und im Halb-

leiter bei der gleichen Wellenlänge schwingen«, ergänzt Lienau. Der Oldenburger Physikprofessor bezeichnet dieses Verfahren als Elektronenschaukel, weil die Herangehensweise an zwei gekoppelte Pendel oder Schaukeln gleicher Bauart erinnert, die über eine Stange miteinander verbunden sind.

Da sich diese Vorgänge in winzigsten Raum- und Zeitmaßstäben vollziehen, brauchten die Physiker ein Verfahren, um diesen periodischen Energieaustausch auch beobachten zu können. Auch da haben sich die Oldenburger etwas Originelles einfallen lassen. Ganz vereinfacht: Durch Abstimmung der Schwingungsfrequenz der Elektronen im Halbleiter und im Metall auf die gleiche Resonanz, lässt sich der periodische Energieaustausch an einer bestimmten Veränderung des Lichtspektrums ablesen. Lienau: »Wir konnten in diesem ersten Experiment zeigen, dass die Elektronen an der Metalloberfläche und im Halbleiter unter bestimmten Bedingungen miteinander sprechen und Energie austauschen.« Jetzt sind die Forscher dabei, mit kurzen Lichtimpulsen die Elektronen im Halbleiter zu manipulieren, um so das in der Metalloberfläche gespeicherte Licht zu schalten.

Nach Ansicht des niederländischen Physikers Kobus Kuipers vom FOM Institut für Atom- und Molekularphysik in Amsterdam können die Forschungsergebnisse zu den verschiedenartigen Elektronenschwingungen in Metallen und Halbleitern auch einen Beitrag zur Entwicklung neuartiger Laser leisten.