

Medieninformation der Universität Innsbruck

13.11.2012

Laserlicht aus Wärme

Wärme bereitet in der Mikroelektronik nicht selten Probleme. Ingenieure kühlen Mikrochips und andere Bauteile mit großem technischem Aufwand, um die im Betrieb entstehende Hitze abzuführen. Innsbrucker Physiker stellen nun ein Konzept für einen Laser vor, der nur durch Wärme angetrieben wird. Diese Idee könnte einen völlig neuen Weg zur Kühlung von Mikrochips eröffnen.

Seit der Erfindung vor 50 Jahren hat das Laserlicht unseren Alltag erobert. In allen Lebensbereichen werden heute Laser unterschiedlichster Wellenlänge und Leistung eingesetzt, von der Unterhaltungselektronik über die Telekommunikation bis zur Medizin. Es sind jedoch nicht alle Wellenlängen gleich gut erschlossen. Für den Bereich der fernen Infrarot- und der Terahertz-Strahlung stellen sogenannte Quanten-Kaskadenlaser die technisch bedeutendste Quelle dar. Die Lichtverstärkung in einem solchen Kaskadenlaser wird durch eine wiederholte Abfolge aus präzise konstruierten Halbleiterschichten unterschiedlicher Dotierung erzielt, durch die elektrischer Strom geleitet wird. "Die Elektronen durchlaufen diese Struktur durch eine genau bestimmte Abfolge von Tunnelprozessen und Quantensprüngen und senden dabei kohärente Lichtteilchen aus", erklärt Helmut Ritsch vom Institut für Theoretische Physik an der Universität Innsbruck das Funktionsprinzip. "Zwischen den einzelnen Schichten stoßen die Elektronen allerdings mit anderen Teilchen und erwärmen auf diese Weise den Laser." Quanten-Kaskadenlaser funktionieren deshalb nur, solange sie stark gekühlt werden. Erhitzt sich ein Bauteil zu stark, erlischt das Laserlicht.

Revolutionäre Idee

Auf der Suche nach Möglichkeiten, die Wärmeerzeugung in Lasern zu begrenzen, hat die Doktorandin Kathrin Sandner gemeinsam mit Helmut Ritsch nun eine revolutionäre Idee hervorgebracht: Die Theoretiker wollen Temperaturunterschiede für den Betrieb des Lasers nutzen. In einer vor kurzem in der renommierten Zeitschrift *Physical Review Letters* veröffentlichten Arbeit sagen die beiden theoretisch vorher, dass sich der Heizeffekt von Quanten-Kaskadenlaser durch trickreiche Veränderung der Dicke der Halbleiterschichten nicht nur vermeiden, sondern sogar umkehren lässt. "Ein entscheidender Trick dabei ist es, warme und kalte Bereiche im Laser räumlich voneinander zu trennen", erklärt Kathrin Sandner. "In einem sogenannten Temperaturgradienten-Laser werden die Elektronen im heißen Bereich thermisch angeregt und tunneln dann in den kühleren Bereich, wo Photonen emittiert werden." So entsteht ein Kreislauf, in dem Lichtteilchen ausgesandt und gleichzeitig Wärmeenergie aus dem System entzogen wird. "Zwischen den

Rückfragehinweis:

Univ.-Prof. Mag.Dr. Helmut Ritsch
Institut für Theoretische Physik
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507-52213
E-Mail: helmut.ritsch@uibk.ac.at

Dipl.-Phys. Kathrin Sandner
Institut für Theoretische Physik
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507-52224
E-Mail: kathrin.sandner@uibk.ac.at

Dr. Christian Flatz
Büro für Öffentlichkeitsarbeit
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507-32022
Mobil: +43 676 872532022
E-Mail: christian.flatz@uibk.ac.at



Emissionsschritten wird jeweils ein Gitterschwingungsquant absorbiert und dabei der Laser gekühlt. Entwickelt man diese Idee weiter, sieht man, dass die Präsenz thermischer Quanten, sogenannter Phononen ausreichen kann, die gesamte Energie für die Laserverstärkung bereitzustellen", so Theoretikerin Sandner. Ein solcher Laser könnte dann ohne elektrischen Strom betrieben werden, solange der Temperaturunterschied aufrechterhalten wird.

"Es ist sicher sehr herausfordernd, diese Idee im Experiment umzusetzen", sagt Helmut Ritsch. "Wenn es aber gelingen sollte, wäre das eine echte technische Innovation." Das Prinzip kann aber auch bereits auf bestehende Quanten-Kaskadenlaser angewendet werden und dort für eine interne Kühlung sorgen. Dieses eingeschränkte Konzept scheint relativ einfach umsetzbar und wird von Experimentalphysikern bereits geprüft.

Elegant und mit technischem Potential

"Neben der konzeptuellen Eleganz dieser Idee, könnte sich hier ein völlig neuer Weg eröffnen, die Abwärme in Mikrochips nutzbringend zu verwenden, anstatt sie mittels aufwändiger Kühlung abführen zu müssen", zeigt sich Helmut Ritsch über die Arbeit seiner Doktorandin begeistert. Kathrin Sandner hat in Freiburg im Breisgau Physik studiert und forscht seit 2009 am Institut für Theoretische Physik der Universität Innsbruck. "Wenn man in Europa Quantenoptik machen will, dann ist Innsbruck die erste Adresse", so Sandner über ihre Motivation, in Innsbruck zu arbeiten. Die Forscherin erhielt von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften ein DOC-fORTE-Stipendium und wird von der Universität Innsbruck mit einem Doktoratsstipendium unterstützt. Sandner schließt in Kürze ihr Doktoratsstudium in Innsbruck ab.

Publikation: Temperature Gradient Driven Lasing and Stimulated Cooling. K. Sandner, H. Ritsch. Phys. Rev. Lett. 109, 193601 (2012)
DOI:10.1103/PhysRevLett.109.193601

Eine Medieninformation des Büros für Öffentlichkeitsarbeit der Universität Innsbruck (Anschrift: Christoph-Probst-Platz, Innrain 52, A-6020 Innsbruck, Tel.: +43 512 507 32000, E-Mail: presse@uibk.ac.at)