

Rekordtemperatur für Quantenkaskadenlaser

Rekordtemperatur für Quantenkaskadenlaser Die Wellenlängen von Terahertzstrahlung liegen im Bereich zwischen Mikrowellen und Infrarotstrahlung. Sie durchdringt zahlreiche Materialien wie Kunststoff und Kleidung, gleichzeitig ist sie aufgrund ihrer geringen Energie nicht ionisierend, und für den Menschen ungefährlich. Somit ist sie gut geeignet zur zerstörungsfreien Materialprüfung oder für Sicherheitschecks an Flughäfen. Es gibt jedoch eine Reihe weiterer Anwendungen. In der Astronomie liefert Terahertzstrahlung neue Erkenntnisse, wenn es sich um sogenannte kalte Materie handelt. Diese emittiert kein sichtbares Licht wie die Sterne, sondern Strahlen im Infrarot- bis in den Mikrowellen-Bereich. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) misst innerhalb des SOFIA-Projekts diese Emissionslinien mit hoher Präzision. Aufgrund der Dopplerverschiebung der Frequenzen können die Forscher bestimmen, mit welcher Geschwindigkeit sich die kalte Materie in der Galaxie bewegt. Um die Absorption durch Wasser in der Erdatmosphäre möglichst gering zu halten, werden die Messungen vom Flugzeug aus durchgeführt. Ein wesentliches Element des Messgerätes sind am PDI entwickelte Quantenkaskadenlaser, die im Terahertz-Bereich strahlen. In einem von der Investitionsbank Berlin geförderten Projekt haben die Forscher einen kompakten Quantenkaskadenlaser entwickelt. Partner des Projekts waren neben dem PDI das Ferdinand-Braun-Institut, die Humboldt-Universität, das DLR und die Adlershofer Firma Eagleyard. Ein Problem der Laser ist, dass sie nur bei sehr niedrigen Temperaturen betrieben werden können, im Dauerstrichbetrieb - also im kontinuierlichen Betrieb - in der Regel sogar nur unterhalb der Temperatur von flüssigem Stickstoff, erklärt Dr. Martin Wienold vom PDI - das entspricht 77 Kelvin bzw. -196 Grad Celsius. "Wir haben einen neuen Rekord aufgestellt: Unser Laser funktioniert bis zu einer Höchsttemperatur von 129 Kelvin (-144 Grad Celsius), wobei der bisherige Rekord um mehr als 10 Grad übertroffen wird." Das ist zwar immer noch ziemlich kalt, "aber wir können jetzt deutlich kleinere mechanische Kühlsysteme einsetzen, auch dank einer wesentlich reduzierten Verlustleistung. Damit können Systeme auf Basis von Terahertz-Quantenkaskadenlasern in Zukunft noch kompakter ausgelegt werden - ein wichtiger Punkt für Flugmissionen wie SOFIA", betont Wienold. Die Physiker des PDI haben die hohe Betriebstemperatur erreicht, indem sie ein Schichtdesign entwickelt haben, das nur eine sehr geringe Verlustleistung hat. Der Laserstreifen ist nur 10 bis 15 Mikrometer hoch und 15 Mikrometer breit, bei einer Wellenlänge von etwa 100 µm. Eingeschlossen ist das aktive Gebiet von zwei Metallschichten, die nahezu perfekte Spiegel für Terahertzstrahlung sind. So ergibt sich durch die Konstruktion eine geringe Verlustleistung und gleichzeitig ein Betrieb bei geringer Stromdichte und -spannung. Es ergab sich aber noch ein ganz anderes Problem, schildert Martin Wienold: "Wir konnten damit zwar eine relativ hohe Betriebstemperatur erreichen, die starke räumliche Beschränkung führte aber zu einem extrem divergenten Strahlprofil." Lösen konnten die Physiker es mit einem Konzept aus den Anfangszeiten des Rundfunks, bei dem es um das Ausrichten von Antennenleistung ging. Ein auf den Laser aufprägtes Gitter - ein sogenanntes Gitter dritter Ordnung - wirkt wie eine Richtantenne und bündelt die Laserstrahlung. "Wir arbeiten daran, noch höhere Temperaturen zu erreichen", berichtet Martin Wienold, und ergänzt: "Zimmertemperatur zu erreichen wird aber schwierig - da gibt es physikalische Grenzen." Quantenkaskadenlaser: Quantenkaskadenlaser unterscheiden sich von herkömmlichen Diodenlasern durch ihren Aufbau und die physikalischen Vorgänge, die sich in ihnen abspielen. Normale Diodenlaser senden Licht aus, wenn sich ein Elektron aus dem Leitungsband mit einem Loch im Valenzband wiedervereint. Bei der Rekombination sendet das Elektron ein Photon mit genau der Energie der Bandlücke aus. Da die Bandlücke durch das verwendete Halbleitermaterial bestimmt wird, wird die Wellenlänge des Lichtes, die ein Diodenlaser abstrahlt, durch das Material festgelegt. Bei Quantenkaskadenlasern verlässt das Elektron nicht das Leitungsband, sondern der Laserübergang findet zwischen zwei Subbändern innerhalb des Leitungsbandes statt. Dieses Verhalten wird durch sich abwechselnde sehr dünne Halbleiterschichten erreicht, wodurch sich im Leitungsband sogenannte Potentialtöpfe ausbilden. Das Elektron bewegt sich nun im angelegten elektrischen Feld von einem energetisch höher gelegenen Potentialtopf zu einem energetisch niedriger gelegenen Potentialtopf innerhalb des Leitungsbandes, und zwar durch den quantenmechanischen Tunneleffekt. Das Elektron purzelt also von Potentialtopf zu Potentialtopf, so als würde es die Treppe herunter fallen. Originalveröffentlichung: Optics Express, DOI: 10.1364/OE.22.003334 Kontakt: Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI) Prof. Dr. Holger Grahn Tel.: (030) 20377 318 htgrahn@pdi-berlin.de Das Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI) gehört zum Forschungsverbund Berlin e.V. (FVB), einem Zusammenschluss von acht natur-, lebens- und umweltwissenschaftlichen Instituten in Berlin. In ihnen arbeiten mehr als 1.500 Mitarbeiter. Die vielfach ausgezeichneten Einrichtungen sind Mitglieder der Leibniz-Gemeinschaft. Entstanden ist der Forschungsverbund 1992 in einer einzigartigen historischen Situation aus der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR. 

Pressekontakt

Forschungsverbund Berlin e.V.

12489 Berlin

Firmenkontakt

Forschungsverbund Berlin e.V.

12489 Berlin

Der Forschungsverbund Berlin e.V. (FVB) ist Träger von insgesamt acht natur-, lebens- und umweltwissenschaftlichen Forschungsinstituten in Berlin, die unter Wahrung ihrer wissenschaftlichen Eigenständigkeit im Rahmen einer einheitlichen Rechtspersönlichkeit gemeinsame Interessen wahrnehmen. Als Forschungseinrichtungen von überregionaler Bedeutung und gesamtstaatlichem wissenschaftspolitischen Interesse werden die Institute im Rahmen der gemeinsamen Forschungsförderung von Bund und Ländern nach Art. 91b GG finanziert. Die Institute verfügen über eine gemeinsame administrative Infrastruktur ("Verbundverwaltung") und sind Mitglieder der Leibniz-Gemeinschaft. Die Institute des Forschungsverbundes sind: Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie (FMP) Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW)

Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI) Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI) Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik, Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e. V. (WIAS) Im Forschungsverbund arbeiten rund 1.400 Mitarbeiter, Diplomanden, Doktoranden und Gastwissenschaftler. Die Direktoren der Institute und weitere leitende Wissenschaftler sind Professoren an den Universitäten in Berlin/Brandenburg und sichern so eine enge Verbindung zu Lehre und Forschung in den Hochschulen. Seit Januar 2010 übt der Forschungsverbund auch Verwaltungsdienstleistungen im Bereich Personal und Finanzen für das Museum für Naturkunde Berlin aus.