

Pressemitteilung

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Dr. Christine Bohnet

17.12.2020

<http://idw-online.de/de/news760282>

Forschungsergebnisse
Chemie, Energie, Informationstechnik, Physik / Astronomie
überregional



Forschungsteam entwickelt neues Materialsystem zur Umwandlung und Erzeugung von Terahertz-Wellen

Terahertz-Licht bietet enorme Potenziale für die Technik von Morgen: Unter anderem könnte es extrem schnelle Mobilfunk-Verbindungen und WLAN-Netze Wirklichkeit werden lassen, etwa als möglicher Nachfolger des 5G-Mobilfunkstandards. Um den dafür nötigen Übergang vom Gigahertz- in den Terahertz-Frequenzbereich vollziehen zu können, mangelt es bislang an effizienten Quellen und Konvertern. Ein deutsch-spanisches Forschungsteam mit Beteiligung des HZDR hat nun ein Materialsystem entwickelt, mit dem sich Terahertz-Pulse deutlich effektiver erzeugen lassen als bisher. Es basiert auf Graphen, das mit einer metallischen Lamellenstruktur beschichtet ist.

Schon vor einiger Zeit konnten Fachleute am HZDR-Beschleuniger ELBE zeigen, dass Graphen als eine Art Frequenzvervielfacher fungieren kann: Bestrahlt man den zweidimensionalen Kohlenstoff mit Lichtpulsen im niedrigen Terahertz-Frequenzbereich, werden diese zu höheren Frequenzen konvertiert. Das Problem: Bislang waren für eine effiziente Umwandlung extrem intensive Eingangssignale notwendig, für deren Erzeugung es eines ausgewachsenen Teilchenbeschleunigers bedurfte. „Für künftige technische Anwendungen ist das natürlich unpraktisch“, erklärt der Erstautor der Studie, Jan-Christoph Deinert vom Institut für Strahlenphysik am HZDR. „Also suchten wir nach einem Materialsystem, das auch dann funktioniert, wenn wir es weniger heftig bestrahlen, also mit geringeren Feldstärken.“

Dafür haben die HZDR-Wissenschaftler*innen gemeinsam mit ihren Kolleg*innen vom Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology (ICN²), dem Institute of Photonic Sciences (ICFO), der Universität Bielefeld, der Technischen Universität Berlin und dem Mainzer Max-Planck-Institut für Polymerforschung eine neue Idee entwickelt: Würde man das Graphen mit winzigen Goldstreifen beschichten, könnte das die Frequenzkonversion enorm verstärken. Denn die Goldlamellen besitzen eine faszinierende Eigenschaft: „Sie wirken wie Antennen, die die ankommende Terahertz-Strahlung im Graphen deutlich verstärken“, erläutert Klaas-Jan Tielrooij vom ICN², der letztendlich für das Projekt verantwortlich war. „Dadurch treten dort, wo das Graphen zwischen den Lamellen herausguckt, sehr starke Felder auf, und damit wird die Frequenzwandlung schließlich sehr effizient.“

Überraschend effektive Frequenzvervielfachung

Um die Idee zu überprüfen, stellten Teammitglieder vom ICN² in Barcelona die Proben her: Zunächst brachten sie eine einzelne Graphen-Schicht auf einen Glaträger auf. Darauf dampften sie eine hauchdünne Isolationsschicht aus Aluminiumoxid und anschließend ein Gitter aus Goldstreifen auf. Dann wurden die Proben nach Dresden-Rossendorf gebracht, um sie dort an der Terahertz-Anlage TELBE mit Lichtpulsen im niedrigen Terahertz-Bereich (0.3 bis 0.7 THz) zu bestrahlen. Dabei analysierten die Fachleute mit Hilfe von Spezialdetektoren, wie effektiv das mit Goldlamellen beschichtete Graphen die Frequenz der einfallenden Strahlung vervielfachen kann.

„Das hat sehr gut funktioniert“, freut sich Sergey Kovalev, der am HZDR für die TELBE-Anlage verantwortlich ist. „Im Vergleich zu unbehandeltem Graphen genügten deutlich schwächere Eingangssignale, um ein starkes frequenzvervielfachtes Signal zu erzeugen.“ In Zahlen: Bereits ein Zehntel der ursprünglich benötigten Feldstärke reichte aus, um eine Verdreifachung der Frequenz zu beobachten, und bei technisch relevanten kleinen Feldstärken ist

die Leistung der konvertierten Terahertz-Pulse dank des neuen Materialsystems mehr als tausendmal höher. Je breiter dabei die einzelnen Lamellen und je kleiner die freibleibenden Graphen-Flächen waren, umso ausgeprägter zeigte sich das Phänomen. Zunächst konnten die Fachleute die eingehenden Frequenzen verdreifachen. Später gelangen auch größere Sprünge – die Verfünfachung, Versiebenfachung und sogar Verneunfachung der Eingangsfrequenz.

Verträglich mit der Chip-Technologie

Das verspricht eine verlockende Perspektive, denn bislang brauchen die Wissenschaftler*innen große komplexe Geräte wie Beschleuniger oder größere Laser für die Erzeugung von Terahertz-Wellen. Mit Hilfe des neuen Materialsystems könnte es in Zukunft möglich sein, den Sprung vom Gigahertz- in den Terahertzbereich auch mit rein elektrischen Eingangssignalen zu schaffen, also mit deutlich weniger Aufwand. „Unser Graphen-basiertes Metamaterial wäre durchaus kompatibel mit der gängigen Halbleiter-Technologie“, betont Deinert. „Im Prinzip ließe es sich auf gewöhnlichen Chips integrieren.“ Er und sein Team haben die Machbarkeit des neuen Verfahrens belegt – jetzt ist eine Umsetzung in konkrete Baugruppen möglich.

Die möglichen Anwendungen wären weitgefasst: Da Terahertz-Wellen höhere Frequenzen haben als die heute verwendeten Gigahertz-Mobilfunkfrequenzen, ließen sich damit deutlich mehr Daten drahtlos übertragen – aus 5G würde 6G. Aber auch für andere Felder ist der Terahertz-Bereich interessant – von der Qualitätskontrolle in der Industrie über Sicherheits-Scanner an Flughäfen bis hin zu vielfältigen wissenschaftlichen Anwendungen etwa in der Materialforschung.

Publikation:

J.-C. Deinert, D. Alcaraz Iranzo, R. Perez, X. Jia, H. Hafez, I. Ilyakov, N. Awari, M. Chen, M. Bawatna, A. Ponomaryov, S. Germanskiy, M. Bonn, F.H.L. Koppens, D. Turchinovich, M. Gensch, S. Kovalev, K.J. Tielrooij: Grating-Graphene Metamaterial as a Platform for Terahertz Nonlinear Photonics, in ACS Nano, 2020 (DOI: 10.1021/acsnano.0c08106)

Weitere Informationen:

Jan-Christoph Deinert
Institut für Strahlenphysik am HZDR
Tel. +49 351 260 3626 | E-Mail: j.deinert@hzdr.de

Klaas-Jan Tielrooij
Catalan Institute for Nanoscience and Nanotechnology (ICN2)
Tel. +34 937 371 601 | E-Mail: klaas.tielrooij@icn2.cat

Medienkontakt:

Simon Schmitt | Wissenschaftsredakteur
Tel.: +49 351 260 3400 | Mobil: +49 175 874 2865 | E-Mail: s.schmitt@hzdr.de
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)
Bautzner Landstr. 400, 01328 Dresden | www.hzdr.de

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) forscht auf den Gebieten Energie, Gesundheit und Materie. Folgende Fragestellungen stehen hierbei im Fokus:

- Wie nutzt man Energie und Ressourcen effizient, sicher und nachhaltig?
- Wie können Krebserkrankungen besser visualisiert, charakterisiert und wirksam behandelt werden?
- Wie verhalten sich Materie und Materialien unter dem Einfluss hoher Felder und in kleinsten Dimensionen?

Das HZDR entwickelt und betreibt große Infrastrukturen, die auch von externen Messgästen genutzt werden: Ionenstrahlzentrum, Hochfeld-Magnetlabor Dresden und ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen.

Es ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, hat sechs Standorte (Dresden, Freiberg, Görlitz, Grenoble, Leipzig, Schenefeld bei Hamburg) und beschäftigt knapp 1.200 Mitarbeiter – davon etwa 500 Wissenschaftler inklusive 170

Doktoranden.

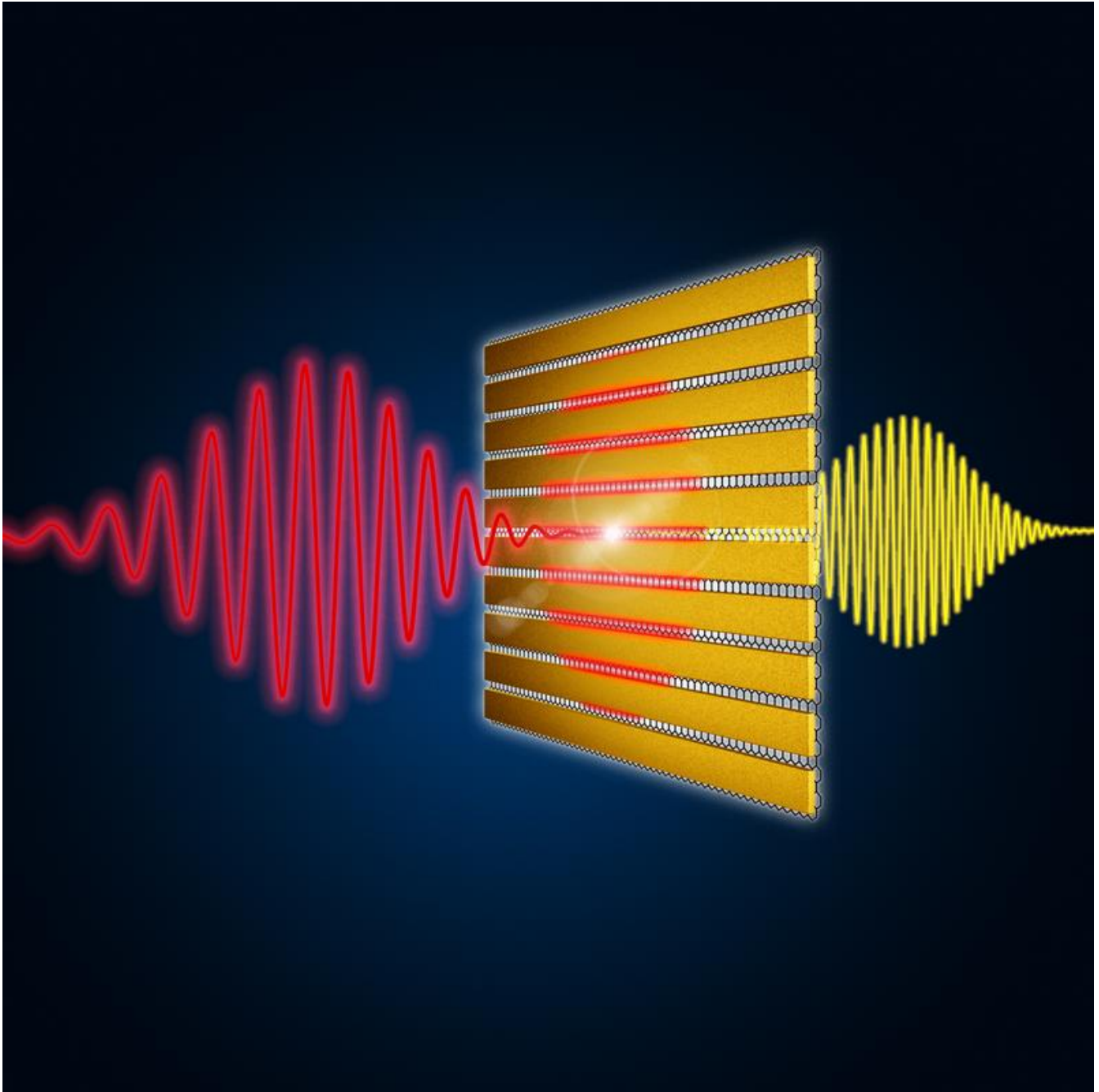
wissenschaftliche Ansprechpartner:

Jan-Christoph Deinert
Institut für Strahlenphysik am HZDR
Tel. +49 351 260 3626 | E-Mail: j.deinert@hzdr.de

Originalpublikation:

J.-C. Deinert, D. Alcaraz Iranzo, R. Perez, X. Jia, H. Hafez, I. Ilyakov, N. Awari, M. Chen, M. Bawatna, A. Ponomaryov, S. Germanskiy, M. Bonn, F.H.L. Koppens, D. Turchinovich, M. Gensch, S. Kovalev, K.J. Tielrooij: Grating-Graphene Metamaterial as a Platform for Terahertz Nonlinear Photonics, in ACS Nano, 2020 (DOI: [10.1021/acsnano.0c08106](https://doi.org/10.1021/acsnano.0c08106))

URL zur Pressemitteilung: https://www.hzdr.de/presse/coated_graphene_terahertz_waves



Hauchdünne Goldlamellen sorgen für eine drastische Verstärkung der eintreffenden Terahertz-Pulse (rot) in der darunterliegenden Graphenschicht und ermöglichen so eine effiziente Frequenzvervielfachung.

Werkstatt X

HZDR/Werkstatt X