idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Press release

Technische Universität Berlin
Stefanie Terp
12/20/2022
http://idw-online.de/en/news806975

Personnel announcements, Research projects
Electrical engineering, Energy, Information technology, Physics / astronomy
transregional, national

Terahertz-Strahlung: Forscher der TU Berlin arbeitet an einem Chip für den blinden Fleck im elektromagnetischen Spektrum

Maurizio Burla ist neuer Professor an der TU Berlin und bringt einen ERC-Grant mit. Damit will er einen Chip mit optischem Kern bauen, der erstmals Terahertz-Strahlung empfangen, verarbeiten und senden kann – mit Anwendungen in der Medizin und der 6G-Mobilkommunikation

Zwischen Radiowellen und Mikrowellen auf der einen und Infrarot- und Lichtstrahlen auf der anderen Seite des elektromagnetischen Spektrums klafft eine Lücke: die Terahertz-Strahlung. Anders als bei elektromagnetischen Wellen mit kleineren oder größeren Frequenzen gibt es noch keine Chiptechnologie, die diese Strahlung effizient und damit kostengünstig verarbeiten kann. Dies wäre aber wichtig, denn Terahertz-Strahlung bildet die Grundlage für die nächste Mobilfunkgeneration 6G, für neue bildgebende Verfahren in der Medizin sowie für neuartige Sensoren. Nicht zuletzt bietet das Terahertz-Spektrum in der Astronomie die Möglichkeit, Atome und Moleküle im Weltraum aufzuspüren. Prof. Dr. Maurizio Burla, der neue Leiter des Lehrstuhls für Hochfrequenztechnik-Photonik an der Technischen Universität Berlin, arbeitet nun an einer Terahertz-Chiptechnologie, die auf einer Symbiose von elektrischen und lichtleitenden Komponenten basiert. Er wird mit einem Starting Grant des Europäischen Forschungsrats (ERC) in Höhe von 1,89 Millionen Euro gefördert.

Terahertz-Strahlen wurden vor allem durch die Körperscanner bekannt, die heute in einigen Flughäfen bei den Sicherheitskontrollen als Alternative zum Abtasten von Reisenden eingesetzt werden. In der Medizin könnten die Strahlen beispielsweise die Heilung komplizierter Brandwunden unter dem Verband erkennen, ohne diesen häufig wechseln zu müssen und dabei das Gewebe zu beschädigen. Terahertz-Strahlung würde auch die Unterscheidung von Tumoren und gesundem Gewebe bei Operationen oder der Krebsfrüherkennung erleichtern [1]. „Solche Anwendungen erfordern jedoch eine viel höhere Auflösung als Körperscanner“, erklärt Maurizio Burla. Darüber hinaus sei eine kompakte und kostengünstige Bauweise entscheidend für eine gute Handhabbarkeit und große Verbreitung.

Die neue Mobilfunkgeneration 6G basiert auf Terahertz-Strahlen

„Das gilt insbesondere auch für die Anwendung von Terahertz-Strahlen im Mobilfunk“, sagt Burla. Die neue 6G-Mobilfunkgeneration wird auf Terahertz- oder Subterahertz-Strahlen im Bereich von 100 bis 300 Gigahertz basieren. Aufgrund dieser hohen Zahlenwerte gibt es in dem Bereich eine große Spanne von Einzelfrequenzen, die genutzt werden können. Indem die Informationen über viele Frequenzen gleichzeitig übertragen werden, ist es mit dieser großen „Bandbreite“ möglich, Hunderte von Gigabit pro Sekunde zu senden. Die große Frequenzspanne ermöglicht es zudem, viele Anbieter und unterschiedliche Anwendungen in das System zu integrieren.

Die Wellen müssen gebändigt werden

Es ist jedoch ein physikalisches Gesetz, dass hochfrequente Wellen, die häufig zwischen ihren Wellenbergen und -tälern wechseln, bei der Übertragung viel stärker abgeschwächt werden als niederfrequente. Diese Verluste führen dazu, dass man die Wellen stärker auf ihre Zielobjekte fokussieren muss. „Die Antennen müssen gezielt senden und die Objekte verfolgen, wenn sie sich bewegen. Auch die korrekte Verstärkung von schwachen Eingangssignalen hat hier eine besondere Bedeutung“, so Burla. „All dies erfordert eine integrierte, analoge Verarbeitung von Terahertz-Wellen. Genau

dafür ist unser neuer Chip gedacht."

Analoge und digitale Elektronik stoßen an ihre Grenzen
Mit den heute verfügbaren Komponenten kommt es dabei aber zu großen Schwierigkeiten: In der Elektronik geht der Verstärkungseffekt von Transistoren mit zunehmender Frequenz gegen Null. Außerdem wirken einfache elektrische Widerstände bei hohen Frequenzen plötzlich wie Kondensatoren, was den Energieverlust der von den Antennen kommenden Signale drastisch erhöht. „Analoge Elektronik stößt bei diesen hohen Frequenzen einfach an ihre physikalischen Grenzen", sagt Maurizio Burla. „Leider gilt das auch für die digitale Elektronik, und zwar aus praktisch denselben Gründen. Die Umwandlung von Terahertz-Wellen in Nullen und Einsen und die anschließende digitale Verarbeitung der Signale ist aufgrund der begrenzten Geschwindigkeit und des hohen Stromverbrauchs der Wandler sehr schwierig, wenn die Frequenzen zu hoch werden." All dies führe zu einer äußerst begrenzten Fähigkeit, Wellen bei diesen hohen Frequenzen zu verarbeiten.

Photonischer Chip als Lösung
Maurizio Burla sieht die Lösung für diese Probleme in einer Technologie, die eigentlich für viel höhere Frequenzen entwickelt wurde: der Photonik. Dabei leiten winzige, mikro- und nanometergroße Strukturen in Halbleitern oder Gläsern Lichtwellen, die meist von Lasern stammen. Auf diese Weise lassen sie sich – ähnlich wie der Strom in der Elektronik – verstärken und in logischen Schaltkreisen flexibel verarbeiten. Burla will nun die Laserstrahlen mit den Terahertz-Signalen „modulieren", um diese Modulationen mit Hilfe der etablierten photonischen Elemente verarbeiten zu können. „Für die Modulation braucht man aber Wandler, die etwa um den Faktor zehn schneller sein müssen als das, was heute auf dem Markt ist", erklärt er.

Der Trick mit der Modulation
In Burlas Konzept fängt zum Beispiel eine Antenne Terahertz-Wellen ein und leitet sie an einen Wandler weiter. Auch ein Laserstrahl durchläuft den Wandler. Dort beeinflussen dann die Terahertz-Wellen die Laserwellen. Je nach den Eigenschaften der Terahertz-Wellen ändern auch die Laserwellen ihre Eigenschaften. Dies kann sich auf die Höhe der Wellenberge, deren Abstände oder auch auf die Verschiebung einzelner Wellenzüge gegeneinander beziehen. Wichtig ist, dass diese Änderungen der Laserwellen quasi im Takt der Terahertz-Wellen erfolgen – sie werden von ihnen „moduliert". Spezielle Kristalle oder „Resonanz-Kammern", in denen die beiden Wellenarten miteinander wechselwirken können, lassen sich bei sorgfältiger Konstruktion als Wandler einsetzen.

Erhebliche Entwicklungsarbeit ist erforderlich
„Durch die Modulation können wir nun alle Informationen aus den Terahertz-Wellen mit Hilfe der Laserstrahlen in den bekannten photonischen Bauelementen verarbeiten", sagt Burla. Das ist ein großer Vorteil, denn in der Photonik werden bereits hochintegrierte, das heißt sehr kompakte Bauweisen eingesetzt. Dennoch gibt es noch viel Entwicklungsarbeit zu leisten, betont Burla. So müssten die Wandler aufgrund der großen Bandbreite der Terahertz-Wellen gleichmäßig (linear) über einen sehr großen Frequenzbereich arbeiten. Außerdem sollten sie alle Eigenschaften der Terahertz-Wellen exakt umwandeln, ohne Bereiche abzuschneiden und gleichzeitig ohne zu viel Rauschen hinzuzufügen. „Die Informationsverarbeitung eines Terahertz-modulierten Signals stellt auch extreme Anforderungen an die Qualität der photonischen Schaltkreise", sagt Maurizio Burla. „Nicht zuletzt müssen sie so schnell sein, dass sie Terahertz-Signale überhaupt verarbeiten können."

Ideales Forschungsumfeld in Berlin
Durch seine Forschungstätigkeit an der Universität Twente in den Niederlanden, der University of Québec in Kanada und der ETH Zürich ist Burla mit der Welt der Mikrowellen- und Terahertz-Strahlung sowie der klassischen Photonik bestens vertraut. Darüber hinaus profitiert er vom wissenschaftlichen Umfeld in der TU Berlin mit Fachgebieten, die über synergetische Kompetenzen in der Kommunikationstheorie, im Entwurf integrierter Schaltungen, in der Mikrowellen- sowie Hochfrequenztechnik verfügen. Auch die räumliche Nähe zu den Fraunhofer-Instituten HHI und IZM in Berlin und dem Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP) in Frankfurt/Oder sei ein großer Standortvorteil, so Burla. Als Nachfolger von Prof. Dr.-Ing. Klaus Petermann profitiert er zudem von der vorhandenen Reinraum- und Technikinfrastruktur, die er nun entsprechend den neuen Erfordernissen weiter ausbauen wird. Maurizio

Burla ist daher zuversichtlich, dass er am Ende der fünfjährigen Projektlaufzeit seines ERC Starting Grants im Jahr 2027 den ersten Demonstrationschip für Terahertz-Strahlen präsentieren kann.

Weitere Informationen:

Link zum ERC Starting Grant von Prof. Dr. Maurizio Burla:

https://cordis.europa.eu/project/id/948624

Zitierte Quellen:

[1] https://www.empa.ch/de/web/s604/terahertz-eq66

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:

Prof. Dr. Maurizio Burla
Technische Universität Berlin
Lehrstuhl für Phonetik der Hochfrequenztechnik
Tel.: +49 (30) 314-70823
E-Mail: burla@tu-berlin.de