

Von Gigahertz zu Terahertz

Tausendfach schnellere Nanoelektronik mit Graphen statt Silizium

Erstmals sind elektronische Signale mit bis zu tausendfach höheren Taktraten erzeugt worden, als es heute auf Siliziumbasis möglich ist - und zwar in Kristallgittern der Kohlenstoff-Modifikation Graphen. Damit ist ein vielversprechendes Material für die Terahertz-Technik der Zukunft gefunden.

Seit seiner Entdeckung 2004 hat Graphen die Fantasie der Materialforscher angeheizt. "Wunderkohle" und "Wunderfolie" sind Attribute, die dieser Modifikation elementaren Kohlenstoffs zugeschrieben werden. Die Molekülstruktur ist in einem bienenwabernartigen Raster zweidimensional angeordnet, sodass Graphen-Gitter aus nur einer einzigen Atomlage bestehen. Trotzdem erweisen sich Graphen-Flächenkristalle als außerordentlich steif und fest, die Zugfestigkeit des Materials ist rekordverdächtig und sogar hundertfach höher als die von Stahl. Es ist extrem leicht und leitet Strom und Wärme sehr gut.

Billionen Takte pro Sekunde

Schon lange sagten Forscher theoretisch voraus, dass Graphen als elektronisches Material in der Lage sein könnte, ein angelegtes elektromagnetisches Wechselfeld effizient in Felder mit wesentlich höherer Frequenz umzuwandeln. Das konnte bislang aber trotz einiger Bemühungen nicht experimentell nachgewiesen werden.

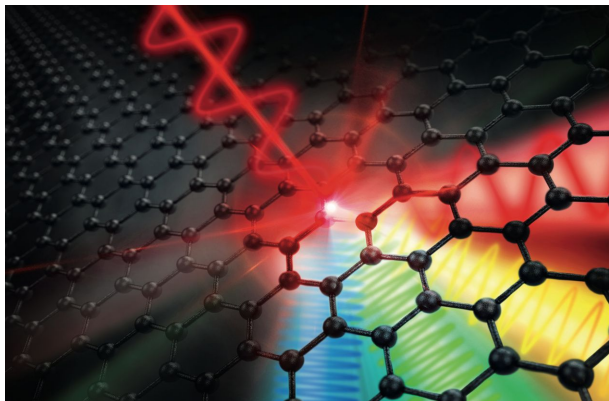
Ein solcher Nachweis ist aber notwendig, wenn elektronische Komponenten in der Zukunft statt einige Milliarden Mal pro Sekunde zu schalten noch hundert- oder

sogar tausendfach schnellere Taktzeiten meistern sollen. Diese Hürde haben Wissenschaftler vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und von der Universität Duisburg-Essen in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Polymerforschung nun genommen. "Wir konnten erstmals den direkten Nachweis für eine Frequenzvervielfachung vom Giga- in den Terahertz-Bereich in einer Graphen-Monolage erbringen", berichtet Dr. Michael Gensch. Er betreibt mit seinem Team die Terahertz-Strahlungsquelle im Elbe-Zentrum des HZDR (TELBE). Die Forscher verwendeten eine Graphenschicht auf einem Substrat, auf dem der Kohlenstoff besonders viele freie Elektronen aufweist. Der erhoffte Effekt trat ein, sogar bei Raumtemperatur: Werden die freien Elektronen durch ein Wechselfeld angeregt, so teilen sie ihre Energie sehr schnell mit anderen Elektronen in Graphen. Dieser Übertragungsvorgang geschah im Versuch innerhalb von billionstel Sekunden und verursachte mehrere besonders starke Änderungen der Leitfähigkeit - die Grundlage für eine Multiplikation der elektromagnetisch eingebrachten Frequenz.

Ganz konkret verwendeten die Wissenschaftler elektromagnetische Pulse mit Frequenzen zwischen 300 und 680 Gigahertz,

was einer Wärmestrahlung im Infrarotbereich entspricht. Die Stärke der Strahlungspulse und ihre hohe Wiederholgenauigkeit stellen eine Besonderheit des TELBE dar. Einem zweiten Team um Prof. Dmitry Turchinovich, Experimentalphysiker der Uni Duisburg-Essen, gelangen quantitative Messungen der Frequenzvervielfachung. Die elektromagnetischen Pulse wurden im Graphen in Pulse mit der dreifachen, fünffachen und sogar siebenfachen Frequenz umgewandelt. "Graphen ist damit womöglich das elektronische Material mit der höchsten Nichtlinearität, das bisher bekannt ist", betont Turchinovich und umschreibt damit das beobachtete Verhalten der Frequenzvervielfachung.

Zudem stimmten die gemessenen Werte mit den thermodynamischen Modellen der Wissenschaftler überein, sodass diese nun hoffen, damit auch die Eigenschaften nanoelektrischer Bauelemente gut vorhersagen zu können. Auf jeden Fall ist der Beweis erbracht, dass Elektronik auf Basis von Graphen mit ultraschnellen Taktraten effizient operieren kann. Zudem sehen die Forscher eine Möglichkeit für ultraschnelle Hybridelemente bestehend aus Graphen und traditionellen Halbleitern. (agr@ct.de)



Ein Graphen-Gitter moduliert elektromagnetische Strahlungspulse im Gigahertz-Bereich in Signale einer vielfach höheren Frequenz. Foto: Juniks, HZDR

Artikellayout (Format) wurde nachträglich verändert

elektronikpraxis.de vom 01.10.2018



Der Masterplan – „made in China 2025“

Zollstrafen, Handelskrieg, Technologie-Ausverkauf und der Verlust von Know-how: Wer ängstlicher Natur ist, mag sich aktuell große Sorgen, um die wirtschaftliche Zukunft Europas und Deutschlands machen. China-Experte Prof. Markus Taube ist der Meinung Abschottung ist auch keine Lösung.

ELEKTRONIKPRAXIS hat sich mit dem China-Experten Prof. Markus Taube über die aktuelle Situation und den chinesischen Masterplan 2025 unterhalten und ihn um eine Einschätzung gebeten. Er ist seit 2009 Kodirektor des Konfuzius-Instituts Metropole Ruhr mit Sitz in Duisburg und verantwortlich für den Programmbereich „Wirtschaft China“.

ELEKTRONIKPRAXIS: Herr Prof. Taube, was ist der Masterplan 2025?

Prof. Markus Taube: Das ist im Endeffekt das große industriepolitische Programm – die große industriepolitische Vision Chinas für die nächsten Jahrzehnte – made in China 2025. Es ist nur der erste Teil eines faktisch 30-jährigen Plans, der bis '45 gehen soll, indem Chinas Industrie neu aufgesetzt werden kann, die gesamte Industrie in höhere Wertschöpfungsstufen hochgeführt werden soll, die Innovationsleistung gestärkt werden soll, etc. Anzeigekostenlos: TI's umfassendes "Cookbook" E-Book mit vielen guten Ideen für ADC und OP-Amps

Das heißt, es handelt sich in Wirklichkeit um einen Transformationsplan – nicht im Sinne von Marktplan – sondern im Sinne von geringerer Wertschöpfung zu höherer Wertschöpfung und höherer eigenständiger Innovati-

onsleistung. Das ist das zentrale industriepolitische Dokument, an dem alle Entscheidungsträger sich in China momentan ausrichten müssen. Es ist entwickelt worden von der Zentralregierung in Kooperation mit den Industrieverbänden und den großen Unternehmen – den staatlichen und privaten bzw. semiprivaten. Der Plan wird sehr konsequent umgesetzt, auf allen politischen Ebenen – Lokalregionen, Staatsunternehmen etc. Alle müssen sich darauf berufen. Banken sind gehalten, ihre Kreditvergaben nach Maßgabe dieses Planes auszurichten. Patentbehörden, Außenhandelsagenturen etc. – alle sind danach ausgerichtet.

Und der Big Fund, der die Halbleiterindustrie stärken soll, ist ein Teil dieses Masterplan?

Genau. China ist keine Marktwirtschaft – das müssen wir mal festhalten. China ist eine ganz eigenartige Mischung aus kollusivem Verhalten von Unternehmensführern, Unternehmenslenkern und der Partei bzw. der Regierung – und die Partei ist immer die entscheidende Größe – und wir haben hier eine ganz komische Mischung aus Wettbewerb und staatlicher Steuerung. Im Grunde genommen kann man sagen, dass China ein einziges riesiges, großes Kartell ist. Wo der

Wettbewerb der Unternehmen sehr gering ist. Ganz einfach, weil alle geeint sind von einer zentralen Zielsetzung. Und das ist momentan „China 2025“. Und daran hängen diverse Programme, die aufgesetzt werden von den verschiedenen Agenturen. Davon ist eines der Big Fund mit dem die Halbleiterindustrie in China gestärkt werden soll.

Wie realistisch ist dieser Masterplan? Können die Chinesen den Plan verwirklichen?

Chinesische Pläne, grundsätzlich, sind nicht in Stahl gegossen, sondern werden während der Implementierungszeit permanent überarbeitet. Das heißt, auch der Masterplan „made in China 2025“ ist jetzt bereits in der Anpassung sozusagen. Die Pläne werden im Lauf der Laufzeit permanent an sich verändernde Rahmenbedingungen angepasst. Grundsätzlich glaube ich, dass das, was da vorgesehen ist, durchaus machbar ist, mit den Verschiebungen, die wir jetzt bereits beobachten. Wir haben ja momentan als großen Destructor die Trump-Administration und unter anderem die verhängten Zölle, die da mit rein spielen. Das verändert natürlich die Rahmenbedingungen und verändert auch die Umsetzbarkeit von „made in China 2025“. Allerdings muss man auch feststellen – das konnte man bei der gesam-