idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Press release

Forschungszentrum Jülich
Dipl.-Biologin Annette Stettien

04/27/2023
http://idw-online.de/en/news813376

Research results, Scientific Publications
Electrical engineering, Information technology, Materials sciences, Physics / astronomy
transregional, national

Jülicher Forschende entwickeln neuen Germanium-Zinn-Transistor als Alternative zu Silizium

Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich haben einen neuartigen Transistor aus einer Germanium-Zinn-Legierung gefertigt, der gegenüber herkömmlichen Schaltelementen einige Vorteile aufweist. Ladungsträger können sich in dem Material schneller bewegen als in Silizium oder Germanium, was niedrigere Spannungen im Betrieb möglich macht. Der Transistor ist damit ein vielversprechender Kandidat für künftige Low-Power- und High-Performance-Chips und könnte sich als nützlich für die Entwicklung von Quantencomputern erweisen.

Etwa alle zwei Jahre verdoppelte sich in den letzten 70 Jahren die Anzahl der Transistoren auf einem Chip – so besagt es das bis heute gültige Mooresche Gesetz. Entsprechend kleiner wurden die Schaltkreise, doch ein Ende der Entwicklung scheint absehbar. „Inzwischen ist man bei Strukturen angekommen, die nur noch 2 bis 3 Nanometer groß sind. Das entspricht etwa zehn Atomdurchmessern. Damit bewegt man sich an den Grenzen des Machbaren, viel kleiner geht es nicht“, erklärt Prof. Qing-Tai Zhao vom Peter Grünberg Institut (PGI-9) des Forschungszentrums Jülich.

Schon länger suchen Forschende daher nach einem Ersatz für Silizium, dem Grundstoff der Halbleiterindustrie. „Die Idee ist, ein Material zu finden, das günstigere elektronische Eigenschaften aufweist und mit dem man die gleiche Performance bei größeren Strukturen erzielen kann“, so Qing-Tai Zhao.

Im Fokus der Forschung steht unter anderem ein Material, das bereits in den Anfängen der Computerära zum Einsatz kam: Germanium. Elektronen können sich darin deutlich schneller bewegen als in Silizium, zumindest in der Theorie. Qing-Tai Zhao und seine Kollegen gingen jetzt noch einen Schritt weiter. Um die elektronischen Eigenschaften weiter zu optimieren, bauten sie Zinn-Atome in das Germanium-Kristallgitter ein. Das Verfahren wurde vor einigen Jahren am Peter Grünberg Institut (PGI-9) des Forschungszentrums Jülich entwickelt.

„Das Germanium-Zinn-System, das wir erprobt haben, macht es möglich, die physikalischen Grenzen der Siliziumtechnologie zu überwinden“, erklärt Qing-Tai Zhao. Der Transistor aus Germanium-Zinn zeigt in Experimenten eine 2,5-fach höhere Elektronenbeweglichkeit als ein vergleichbarer Transistor aus reinem Germanium.

Ein weiterer Vorteil: Das neue Material ist mit dem bestehenden CMOS-Prozess zur Chip-Herstellung kompatibel. Germanium und Zinn stammen aus der gleichen Hauptgruppe im Periodensystem wie Silizium. Die Germanium-Zinn-Transistoren ließen sich daher mit bestehenden Produktionslinien direkt in konventionelle Siliziumchips integrieren.

Viel Potenzial für die Computer der Zukunft

Neben klassischen Digitalrechnern könnten auch Quantencomputer von dem Germanium-Zinn-Transistor profitieren. Schon länger gibt es Bestrebungen, Teile der Steuerelektronik direkt auf dem Quantenchip anzubringen, der im Innern

eines Quantencomputers bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt betrieben wird. Messungen legen nahe, dass Germanium-Zinn-Transistoren unter diesen Bedingungen deutlich besser funktionieren als solche aus Silizium.

„Die Herausforderung besteht darin, einen Halbleiter zu finden, der auch bei tiefsten Temperaturen noch mit geringen Spannungen schaltbar ist“, erklärt Qing-Tai Zhao. Für Silizium flacht diese Schaltkurve unterhalb von 50 Kelvin ab. Die Transistoren benötigen dann eine hohe Spannung und viel Energie. Die entstehende Wärme führt letztlich zu Störungen der empfindlichen Quantenbits. „Germanium-Zinn schneidet bei Messungen bis zu 12 Kelvin besser ab und es besteht die Hoffnung, das Material auch bei noch niedrigeren Temperaturen einzusetzen“, so Qing-Tai Zhao.

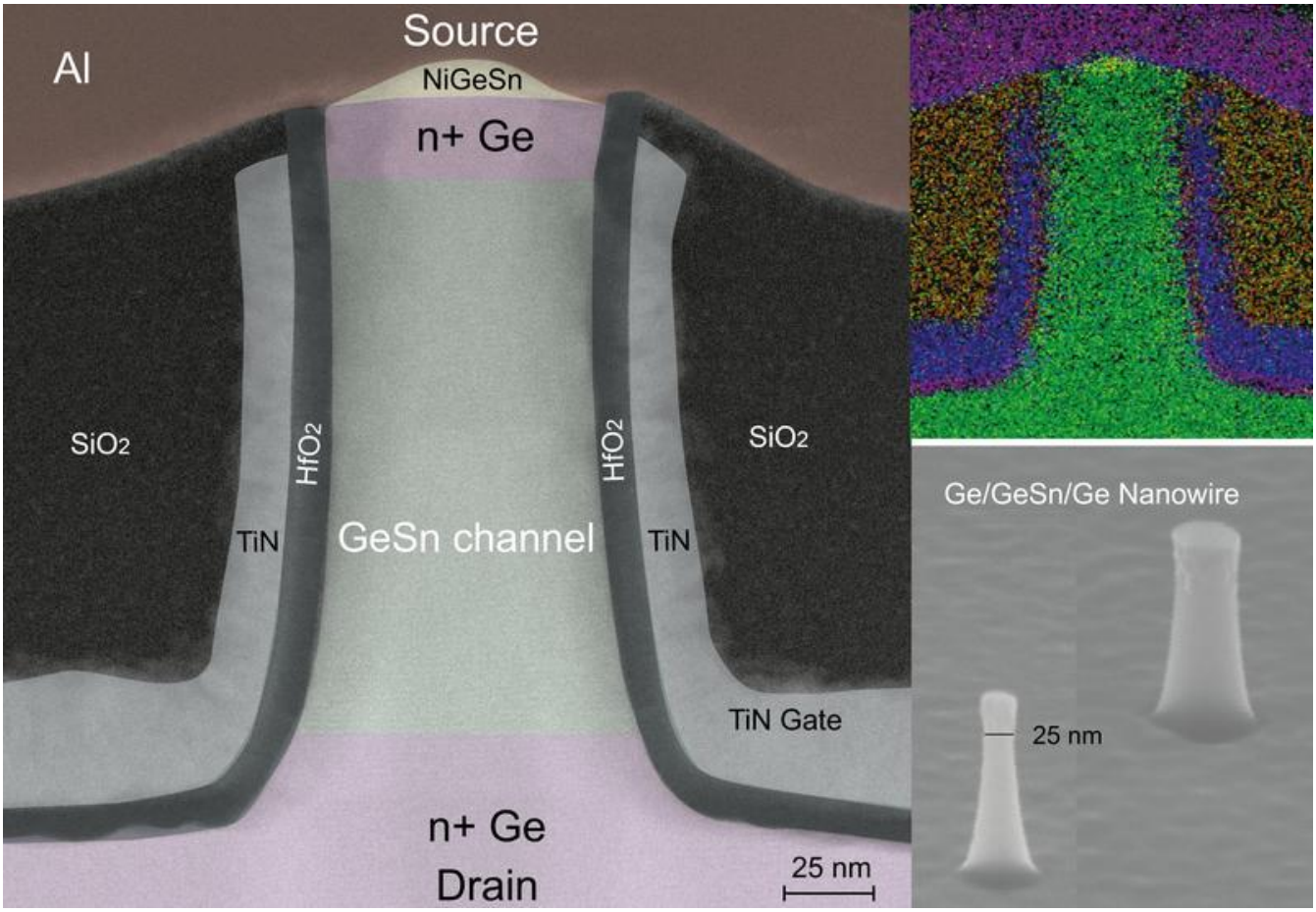
Der Germanium-Zinn-Transistor könnte sich zudem als nützlicher Baustein für die optische On-Chip-Datenübertragung erweisen. Die Übermittlung von Informationen mit Lichtsignalen ist bereits in vielen Datennetzen Standard, weil sie erheblich schneller und energiesparender ist als der Transfer über elektrische Leiterbahnen. Im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik werden Daten dagegen meist noch elektrisch übertragen. Institutskollegen der Jülicher Arbeitsgruppe von Dr. Dan Buca haben in der Vergangenheit bereits einen Germanium-Zinn-Laser entwickelt, der die Möglichkeit schafft, Daten direkt auf einem Siliziumchip optisch zu übertragen. Der Germanium-Zinn-Transistor ist nun ein weiterer Baustein, um die optische und elektrische Datenübertragung zu vereinen.

Original publication:

Mingshan Liu, Yannik Junk, Yi Han, Dong Yang, Jin Hee Bae, Marvin Frauenrath, Jean-Michel Hartmann, Zoran Ikonic, Florian Bärwolf, Andreas Mai, Detlev Grützmacher, Joachim Knoch, Dan Buca, Qing-Tai Zhao
Vertical GeSn nanowire MOSFETs for CMOS beyond silicon
Communications Engineering (25 February 2023), DOI: 10.1038/s44172-023-00059-2

URL for press release: https://www.fz-juelich.de/de/aktuelles/news/pressemitteilungen/2023/juelicher-forschende-entwickeln-neuen-germanium-zinn-transistor-als-alternative-zu-silizium Pressemitteilung des Forschungszentrums Jülich

Der Germanium-Zinn-Prozessor wurde in der Helmholtz Nano Facility hergestellt, der zentralen Technologieplattform für die Herstellung von Nanostrukturen und Schaltungen in der Helmholtz-Gemeinschaft.
Sascha Kreklau
Forschungszentrum Jülich / Sascha Kreklau



Elektronenmikroskopische Aufnahmen des Germanium-Zinn-Transistors: Der Aufbau folgt einer 3D-Nanodrahtgeometrie, ein Design, das auch für die neueste Generation von Computerprozessoren verwendet wird.
Forschungszentrum Jülich
Forschungszentrum Jülich