

Weltkleinster Transistor macht IT energieeffizienter

Quantenelektronisches Bauelement schaltet Strom mit einzelnerm Atom in festem Elektrolyten

Die Digitalisierung bedingt einen enormen Energiebedarf. Ob in Rechenzentren, PCs, Smartphones oder in eingebetteten Systemen für Anwendungen von der Waschmaschine bis zum Flugzeug – zentrales Element der digitalen Datenverarbeitung ist der Transistor. Auf einem für wenige Euro erhältlichen USB-Speicherstick befinden sich bereits mehrere Milliarden Transistoren. Ein am Institut für Angewandte Physik (APH) des KIT entwickelter Einzelatom-Transistor könnte künftig erheblich zur Energieeffizienz in der Informationstechnologie beitragen: Mit diesem quantenelektronischen Element sind Schaltenergien möglich, die um einen Faktor 10 000 unter denen herkömmlicher Siliziumtechnologien liegen.

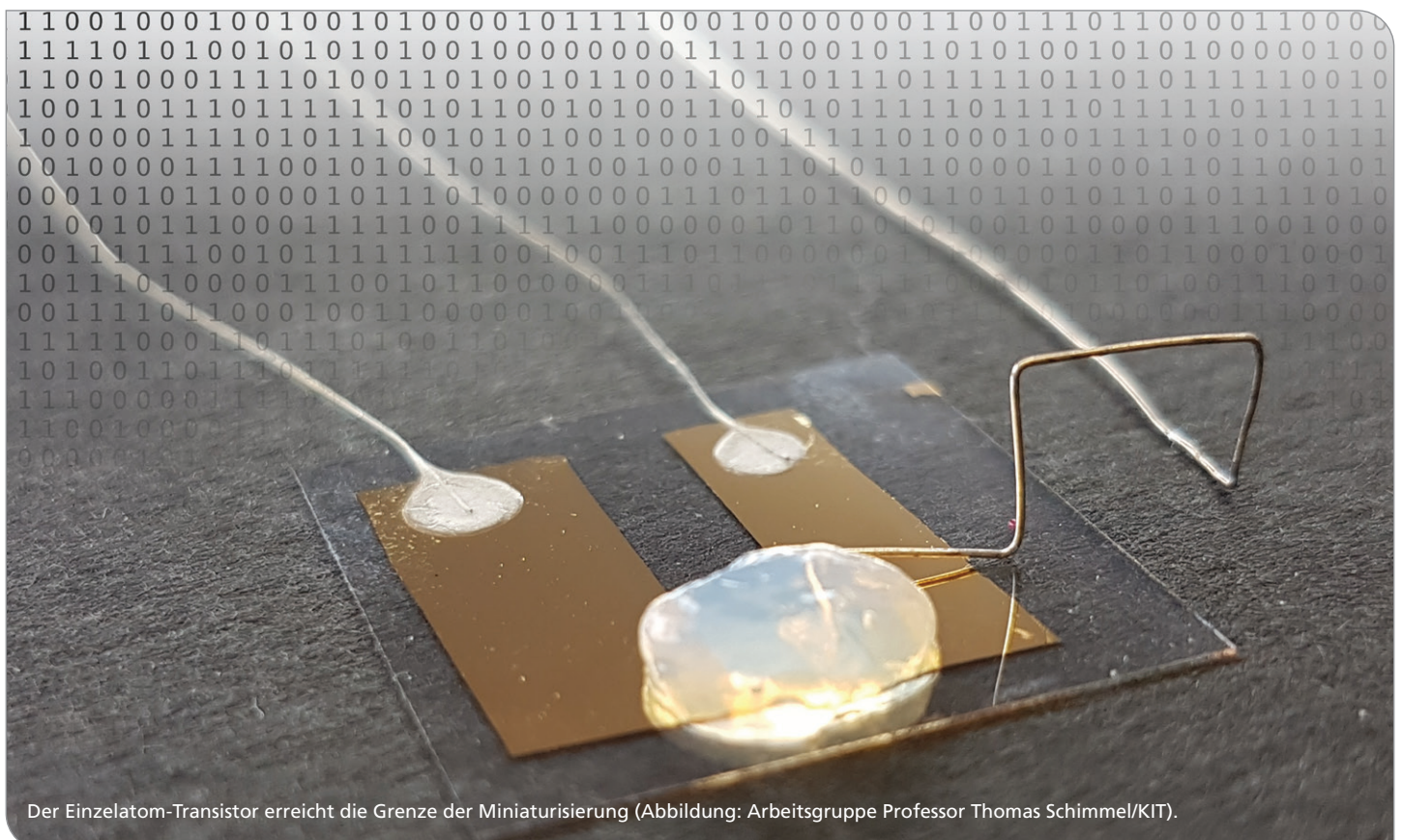
Einzelatom-Transistor arbeitet bei Raumtemperatur

Für den Transistor, der die Grenze der Miniaturisierung erreicht, haben die Karlsruher Forscher zwei winzige Metallkontakte gefertigt, zwischen denen eine Lücke in der Breite eines einzigen Metallatoms besteht. Über einen elektrischen Steuerimpuls wird ein Silberatom

in diese Lücke geschoben – der Stromkreis ist geschlossen. Wird das Silberatom wieder herausgeschoben, ist der Stromkreis unterbrochen. Der kleinste Transistor der Welt schaltet Strom somit über die kontrollierte reversible Bewegung eines einzigen Atoms. Anders als konventionelle quantenelektronische Bauteile funktioniert der Einzelatom-Transistor allerdings nicht erst bei extrem tiefen Temperaturen nahe dem absoluten Temperaturnullpunkt von minus 273 Grad Celsius. Er arbeitet bereits bei Raumtemperatur, was einen entscheidenden Vorteil für zukünftige Anwendungen darstellt.

Gel-Elektrolyt verbessert Sicherheit und Handhabung

Der welt kleinste Transistor besteht ausschließlich aus Metall und kommt ohne Halbleiter aus. Dies bedingt extrem niedrige elektrische Spannungen und damit einen extrem niedrigen Energieverbrauch. Zunächst war der Karlsruher Einzelatom-Transistor auf einen flüssigen Elektrolyten angewiesen. Inzwischen haben die Forscher



Der Einzelatom-Transistor erreicht die Grenze der Miniaturisierung (Abbildung: Arbeitsgruppe Professor Thomas Schimmel/KIT).

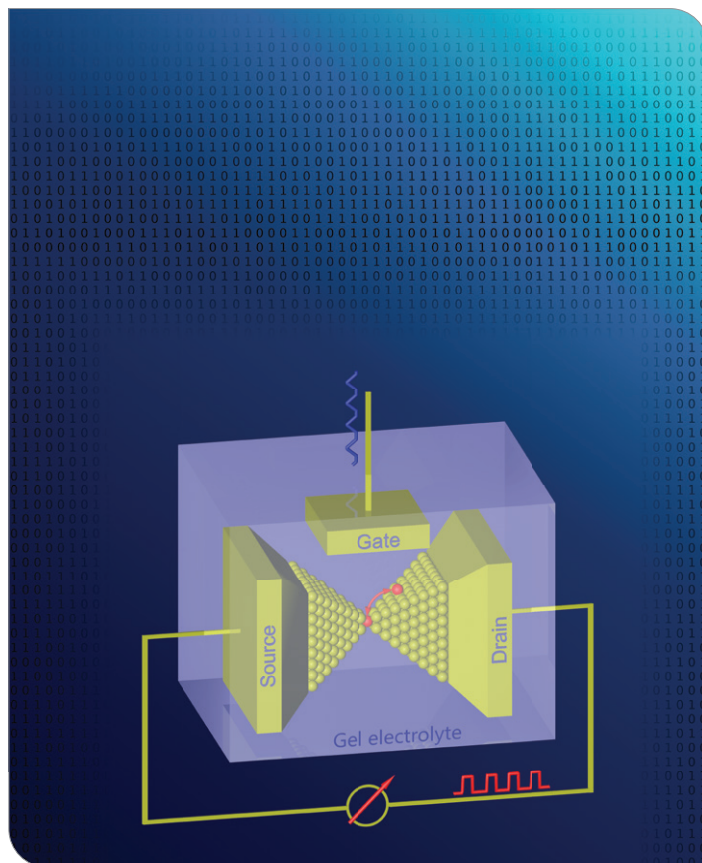
erstmals einen Transistor hergestellt, der in einem festen Elektrolyten funktioniert: Der durch Gelieren eines wässrigen Silberelektrolyten mit pyrogenem Siliziumdioxid entstandene Gel-Elektrolyt verbindet die Vorteile eines Feststoffs mit den elektrochemischen Eigenschaften einer Flüssigkeit und verbessert damit sowohl die Sicherheit als auch die Handhabung des Einzelatom-Transistors.

Konzept eröffnet Perspektiven für ultrahohe Frequenzen

Neben der Senkung des Energieverbrauchs eröffnen quantenelektronische Systeme auf der Basis atomarer Transistoren neue Perspektiven: Sie könnten künftig logische Bauelemente bei ultrahohen Frequenzen ermöglichen – Frequenzen, wie sie mit konventionellen Konzepten nicht erreichbar sind. Da es sich um echte Quantenbauelemente handelt, sind die Leitwerte für die logische „Null“ und „Eins“ eindeutig festgelegt. Die Gefahr unerwünschter Zwischenwerte besteht dank der Quantisierung grundsätzlich nicht.

Dieses Projekt wird derzeit im Rahmen einer Kooperation mit der ETH Zürich durch die Werner Siemens-Stiftung gefördert. Die Forschungsarbeiten am KIT erfolgen am neu eingerichteten Center for Single-Atom Technologies (C.SAT), dessen Direktor Professor Dr. Thomas Schimmel vom KIT ist.

Ferner erfolgte bei der Entwicklung des weltweit ersten Einzelatom-Transistors am KIT bereits zuvor eine Förderung mit Mitteln der Volkswagen Stiftung, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Baden-Württemberg Stiftung.



Schematische Darstellung der Funktionsweise: Beim Einzelatom-Transistor wird durch eine winzige Steuerspannung an der Gate-Elektrode ein einzelnes Atom kontrolliert bewegt und damit ein elektrischer Stromkreis durch dieses eine Metallatom geschlossen oder wieder unterbrochen (Abbildung: Arbeitsgruppe Professor Thomas Schimmel/KIT).

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Institut für Angewandte Physik
 Prof. Dr. Thomas Schimmel
 Telefon: +49 721 608-43570
 E-Mail: thomas.schimmel@kit.edu
 www.schimmel-group.de

WSS
 WERNER SIEMENS-STIFTUNG

C.SAT

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) · Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka · Kaiserstraße 12 · 76131 Karlsruhe · www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2020