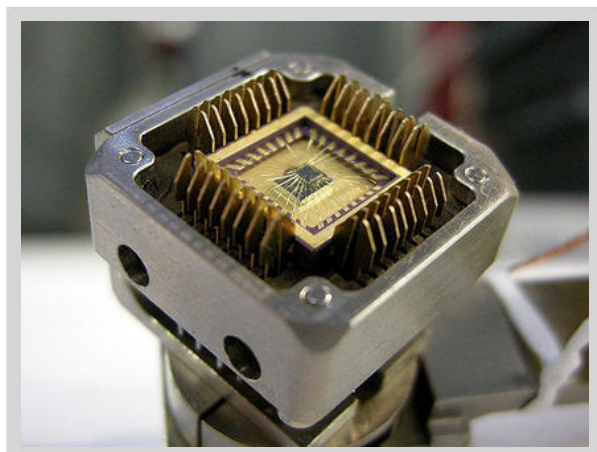




>> <http://www.chemie.de/news/1157098/>

## Neuer Mechanismus der Elektronenspinrelaxation nachgewiesen

**28.08.2018** - Physiker der Universität Basel möchten den Spin von einzelnen Elektronen als Informationseinheit für potenzielle Quantencomputer nutzen. Nun konnten sie erstmals einen vor 15 Jahren vorhergesagten Mechanismus beim Kippen des Elektronenspins experimentell nachweisen. Gleichzeitig gelang es den Wissenschaftlern, die Richtung des Elektronenspins für fast eine Minute konstant zu halten – ein neuer Weltrekord.



Der Eigendrehimpuls von Elektronen (Spin) lässt sich in einem zukünftigen Quantencomputer zur Speicherung von Informationen nutzen. Dieses Konzept hat Professor Daniel Loss vom Department Physik und Swiss Nanoscience Institute der Universität Basel zusammen mit Professor David DiVincenzo (RWTH Aachen) bereits vor 20 Jahren

entwickelt und vorgeschlagen, den Elektronenspin in Quantenpunkten als kleinste Informationseinheit (Qubit) zu verwenden.

Der Elektronenspin erfüllt die dafür notwendigen Anforderungen: Wird ein Magnetfeld angelegt, kann der Spin in den beiden Zuständen «Spin-up» und «Spin-down» auftreten, die sich schnell hin und her schalten lassen.

Zudem unterliegt der Elektronenspin den besonderen Gesetzen der Quantenphysik. Die beiden Zustände können nämlich für einen bestimmten Zeitraum, der sogenannten Kohärenzzeit, gleichzeitig existieren. Spins lassen sich ausserdem miteinander koppeln. Wird der Zustand des einen Spins manipuliert, ändert sich sofort auch der Zustand des verschränkten Spins. Ein spin-basierter Quantencomputer könnte damit Millionen von Rechenoperationen gleichzeitig ausführen und Aufgaben erledigen, die für heutige Supercomputer undenkbar sind.

Schwierig ist jedoch die experimentelle Umsetzung der Theorie, unter anderem auch, weil die untersuchten Elektronen sowie ihr Spin winzig klein sind. Messungen und Manipulationen des Spins sind daher nur mit grossem technischen Aufwand möglich.

Eine Grundvoraussetzung, um die Richtung eines Spins zu messen, ist dessen Richtungsstabilität über einen möglichst langen Zeitraum. Unbeein-



>> <http://www.chemie.de/news/1157098/>

flusst tendiert der Spin dazu, relativ schnell auf den energetisch tieferen Zustand Spin-up zu kippen.

Diesen Kippvorgang, Relaxation genannt, untersucht die Gruppe von Professor Dominik Zumbühl vom Departement Physik und Swiss Nanoscience Institut der Universität Basel bereits seit einigen Jahren, da die so wichtige Kohärenzzeit immer auch durch die Relaxationszeit limitiert ist.

Erstmals konnten die Physiker nun einen neuen Mechanismus der Spinrelaxation experimentell nachweisen, der vor etwa 15 Jahren vorausgesagt worden war. Beim Kippen des Elektronenspins kippt dabei gleichzeitig ein Kernspin in die entgegengesetzte Richtung. Die überschüssige Energie wird dabei in Form einer Gitterschwingung abgegeben.

Dank der technischen Neuerungen, welche diesen experimentellen Nachweis möglich machte, halten die Basler Wissenschaftler auch den Weltrekord in der Elektronenspinstabilität. Im Mittel konnten sie den Elektronenspin für 57 Sekunden auf dem energetisch hohen Spin-down Zustand halten.

Sie erreichten diesen Rekord, indem sie ihre Experimente mit hohem technischem Aufwand bei Temperaturen ganz knapp über dem absoluten Nullpunkt von -273,15 °C durchführten und einen piezoelektrischen Rotator verwendeten, mit dem sie die Richtung des Magnetfeldes genau steuern konnten.

Für die Experimente entwarfen die Basler Forscher einen etwa 2 mal 2 Millimeter grossen Chip aus dem Halbleitermaterial Galliumarsenid, auf dem sie in einem Quantenpunkt mithilfe von nanofabrizierten Metallelektroden ein einzelnes Elektron einfin-

gen. Gekühlt auf extrem tiefe 60 Millikelvin konnten die Wissenschaftler den Zeitraum von Tausenden der Kippvorgänge messen und erhielten für eine optimale Konfiguration mit dem kleinsten Magnetfeld den Durchschnittswert von 57 Sekunden.

«Mit dem experimentellen Nachweis des neuen Relaxationsmechanismus haben wir unser Verständnis über die Physik der Elektronenspins in Nanostrukturen, die als Qubits eingesetzt werden sollen, wesentlich erweitert», erläutert Dominik Zumbühl. «Diese Fortschritte, den Spin besser zu kontrollieren und zu messen, sind wichtige Zwischenschritte auf dem Weg zu einem Quantencomputer», ergänzt er.

#### **Originalveröffentlichung:**

*Leon C. Camenzind, Liuqi Yu, Peter Stano, Jeremy D. Zimmerman, Arthur C. Gossard, Daniel Loss, and Dominik M. Zumbühl; "Hyperfine-phonon spin relaxation in a single-electron GaAs quantum dot"; Nature Communications; 2018*