

Pressemitteilung

Universität des Saarlandes

Thorsten Mohr

08.01.2015

<http://idw-online.de/de/news619674>

Forschungsergebnisse, Kooperationen
Informationstechnik, Physik / Astronomie
regional



Physiker aus Saarbrücken und Cambridge gelingt Fortschritt auf dem Weg zum Diamant-Quantencomputer

Saarbrücker Physiker ist zusammen mit Kollegen aus Cambridge (Großbritannien) ein weiterer wichtiger Schritt bei der Quanteninformationsverarbeitung gelungen. Die Physiker konnten in einem Experiment zwei Energieniveaus eines sogenannten Farbzentrens in einem Diamanten in einem quantenmechanischen Überlagerungszustand präparieren. Die Erkenntnisse könnten die Grundlage für zukünftige Technologien im Bereich Quantencomputer bilden. Der Aufsatz wurde am 22. Dezember 2014 im Fachmagazin „Physical Review Letters“ veröffentlicht. Die American Physical Society hat die Ergebnisse in ihrer Top-10-Liste der herausragenden „Highlights des Jahres 2014“ platziert.

Ein konventionelles Bit in heutigen Computern kann entweder den Zustand 0 oder 1 annehmen. Ein Quantenbit, kurz Qubit, hingegen kann auch Überlagerungs- oder Superpositionszustände annehmen, in denen beide Zustände 0 und 1 zur gleichen Zeit enthalten sind. Ein Quantencomputer, der aus solchen Qubits aufgebaut ist, kann bestimmte mathematische Probleme erheblich effizienter lösen als heutige Rechner und so z.B. für Simulationen im Bereich der Wirkstoffentwicklung oder Materialforschung von unschätzbarem Wert sein.

Als Qubit geeignet ist prinzipiell jedes einzelne Quantensystem (z.B. ein einzelnes Atom) mit mindestens zwei verschiedenen Energiezuständen, so auch einzelne Farbzentren in Diamant. Bei einem Farbzentrum handelt es sich um Fremdatome, die zum Beispiel durch Beschuss mit einem Teilchenbeschleuniger in ansonsten hochreine, synthetische Diamanten eingebracht werden. Aufgrund seiner sehr vorteilhaften optischen Eigenschaften steht hierbei das Silizium-Fehlstellen-Farbzentrum (SiV) im Fokus der Wissenschaftler. Erst vor kurzem gelang es beiden Kooperationspartnern, die elektronische Struktur des Zentrums zu entschlüsseln (<http://www.uni-saarland.de/nc/aktuelles/artikel/nr/10155.html>).

Bestrahlt man ein solches Farbzentrum mit Laserlicht, so sendet es Informationen über seinen inneren Zustand in Form von Fluoreszenzlicht aus. Umgekehrt lässt sich der innere Zustand des Farbzentrens auch durch das Laserlicht beeinflussen. Diese beiden Eigenschaften machen das Farbzentrum zu einem idealen Träger von Information. Man kann sie zuverlässig speichern und auch wieder auslesen, indem man das Farbzentrum mit Laserlicht manipuliert.

Den beiden Doktoranden Jonas Becker aus Saarbrücken und Benjamin Pingault aus Cambridge (gemeinsame Erstautoren des Artikels) gelang es nun, durch gezielte Kontrolle der Frequenzen und der Intensitäten verschiedener Laser sowie durch Anlegen von magnetischen Feldern den Spin eines einzelnen Elektrons, eine Art innerer Drehimpuls, in einem SiV-Zentrum in einen sogenannten Dunkelzustand zu versetzen, der eine Überlagerung beider möglicher Spin-Zustände des Elektrons darstellt. Der Spin eines Elektrons kann in zwei verschiedenen Basiszuständen, „spin up“ und „spin down“, vorliegen oder aber beliebige Überlagerungen dieser Zustände annehmen.

„Das ist ein toller Fortschritt und ein wichtiger Schritt auf dem Weg, das SiV-Zentrum als Quantenbit nutzbar zu machen, denn in einem solchen Superpositionszustand kann quantenmechanische Information gespeichert und

manipuliert werden. Wichtig für die Anwendung als Qubit ist auch die Lebensdauer des Überlagerungszustands, da diese definiert, wie lange quantenmechanische Information im System erhalten bleibt und verarbeitet werden kann“, erklärt Jonas Becker, Doktorand in der Arbeitsgruppe von Christoph Becher. Diese sogenannte Kohärenzzeit haben die Physiker in ihren Experimenten nun messen können. Sie beträgt 45 Nanosekunden, das entspricht 45 Milliardstel Sekunden. „Dies erscheint zunächst extrem kurz, reicht jedoch aus, um theoretisch tausende quantenmechanische Rechenoperationen durchführen zu können“, so Becker.

In zukünftigen Arbeiten soll nun geklärt werden, ob diese Kohärenzzeit durch verschiedene Techniken noch weiter verlängert werden kann. Auch die gezielte Manipulation des Spin-Superpositionszustands mit Laserpulsen soll in nachfolgenden Arbeiten untersucht werden – dies ist eine weitere Voraussetzung zum quantenmechanischen Rechnen mit solchen Farbzentren.

Ihre Ergebnisse haben die Physiker in einem Artikel in der renommierten Fachzeitschrift Physical Review Letters publiziert und eine „Editors' Suggestion“ erhalten:
<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.113.263601>

Die Ergebnisse der Wissenschaftler wurden außerdem in einem Viewpoint der Zeitschrift Physics besonders hervorgehoben (<http://physics.aps.org/articles/v7/131>) und in die Liste der „Highlights of the Year 2014“ (<http://physics.aps.org/articles/v7/132>) der Zeitschrift aufgenommen.

Weitere Informationen:

Prof. Dr. Christoph Becher

Tel.: (0681) 302 2466

E-Mail: christoph.becher@physik.uni-saarland.de

Jonas Becker

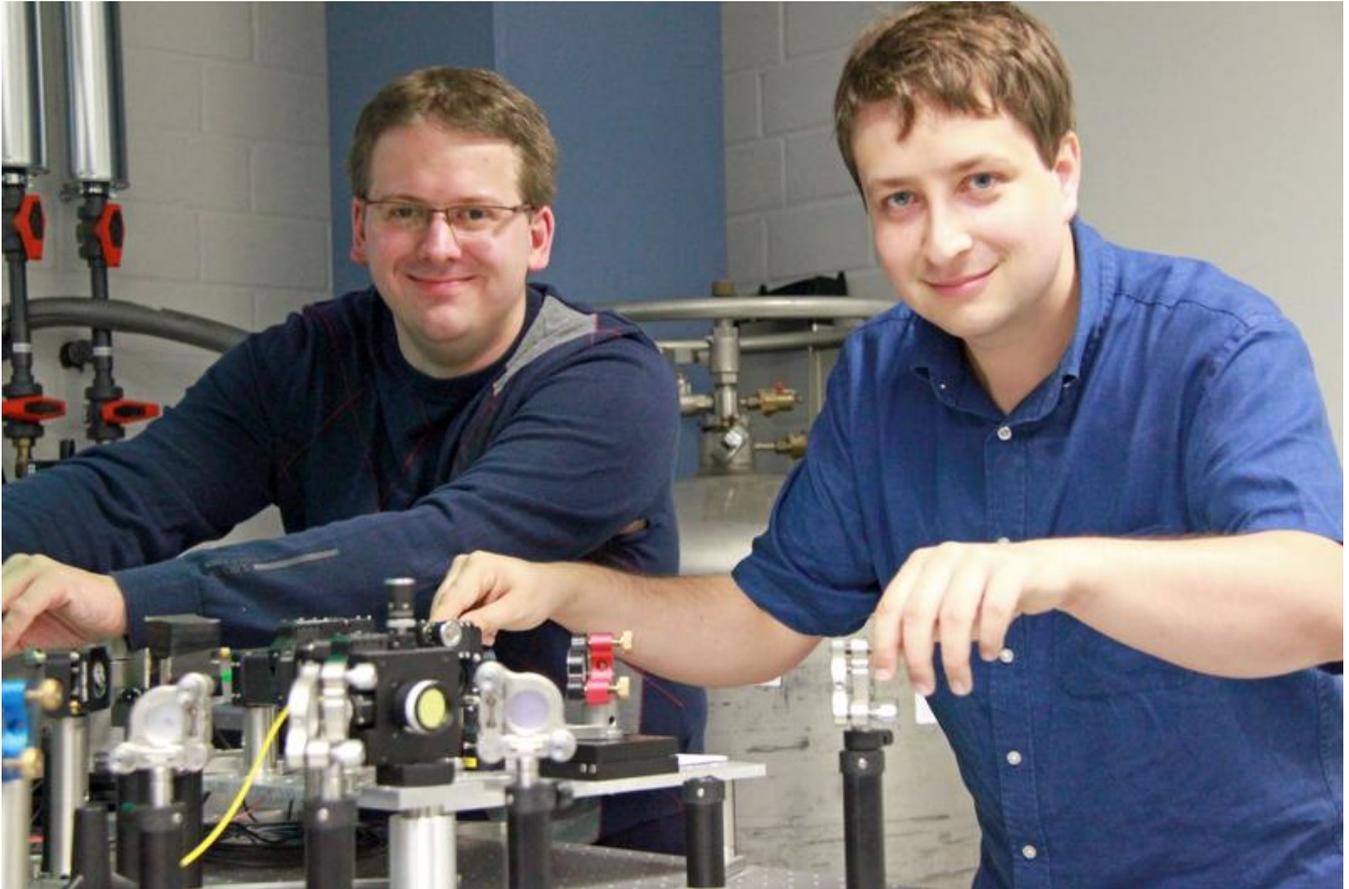
Tel.: (0681) 302 3216

E-mail: j.becker@physik.uni-saarland.de

URL zur Pressemitteilung: <http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.113.263601>

URL zur Pressemitteilung: <http://physics.aps.org/articles/v7/131>

URL zur Pressemitteilung: <http://physics.aps.org/articles/v7/132>



Carsten Arend und Erstautor Jonas Becker (v.l.) sind gemeinsam mit Physikern aus Cambridge an dem Experiment beteiligt, das einen Fortschritt auf dem Weg zum Quantencomputer bedeutet.
Foto: Universität des Saarlandes



Professor Christoph Becher ist Leiter der Saarbrücker Arbeitsgruppe, die das deutsch-englische Experiment ausgeführt hat.
Foto: Oliver Dietze