

19-125 vom 08.07.2019

Einsatzmöglichkeiten für Quantencomputer und Mini-Sensoren **UA-Ruhr-Physiker betreiben Grundlagenforschung mit Diamanten**

Wissenschaftler der TU Dortmund, Ruhr-Universität Bochum und Universität Duisburg-Essen platzieren absichtlich Fehlstellen in hochreinen Diamanten und untersuchen diese. Damit schaffen sie Grundlagen für Quantencomputertechnik und winzige Sensoren. Die Ergebnisse wurden nun im renommierten Fachmagazin „Physical Review Materials“ veröffentlicht.

„Diamonds are a girl's best friend“: Die wertvollen Edelsteine sind in Ringen oder Ohrsteckern äußerst beliebt. Doch auch für die Wissenschaft sind die Kristalle von Interesse, wenngleich diese Diamanten den geschliffenen Schmucksteinen wenig ähneln. Ein Team von Physikern der TU Dortmund, Ruhr-Universität Bochum und Universität Duisburg-Essen platziert kleine Verunreinigungen in den Kristallstrukturen und untersucht, wie diese in Quantencomputern oder als mikroskopisch kleine Sensoren verwendet werden können. Ihre Ergebnisse wurden nun in der „Physical Review Materials“ vorgestellt, einer der angesehensten Fachzeitschriften in der Physik.

Das atomare Gitter, aus dem ein Diamant besteht, ist gar nicht so perfekt, wie man es erwarten würde. Oft sind Verunreinigungen und Fehler in der Struktur zu finden. Gerade diese Fehler sind für eine Forschungsgruppe der UA Ruhr interessant, und zwar eine bestimmte Art, nämlich die sogenannten NV-Zentren. Dabei steht das N für Stickstoff und das V für „vacancy“, also „Leerstelle“. NV-Zentren gibt es auch in der Natur. Man kann sie jedoch auch künstlich erzeugen, indem ein Stickstoffatom in ein Diamant-Kristallgitter geschossen wird, das üblicherweise aus Kohlenstoff besteht. Dadurch werden zwei Kohlenstoffatome herausgestoßen, das Stickstoffatom setzt sich an eine Stelle, die Nachbarstelle bleibt leer.

Die Forschung ist ein vom Mercator Research Center Ruhr (MERCUR) gefördertes Kooperationsprojekt der drei Universitäten der Universitätsallianz Ruhr: Die Kollegen an der Universität Duisburg-Essen stellen die Diamanten her, indem sie ein ionisiertes Molekülgemisch auf einem Substrat abscheiden. Auf dieser Unterlage wächst der Diamant also Schicht um Schicht. Die Forscher haben dabei gelernt, wie die Diamantschichten am besten aufgebaut werden und welche Wachstumsparameter dafür optimal sind.

Dann gehen die Diamanten an die Ruhr-Universität Bochum. Dort haben die Wissenschaftler herausgefunden, wie sie die Stickstoff-Ionen am besten in die Kristalle schießen, um die NV-Zentren zu kreieren. Das hat zu Beginn Probleme gegeben, weil ein Diamant ein sehr schlechter elektrischer Leiter ist.

Kontakt:
Adriane Palka
Telefon: (0231) 755-6473
Fax: (0231) 755-4664
adriane.palka@tu-dortmund.de

Anschließend werden die Kristalle an der TU Dortmund untersucht. Die Forscher um Tanmoy Chakraborty, Fabian Lehmann und Jingfu Zhang aus der Arbeitsgruppe von Prof. Dieter Suter haben dafür mehrere Experimente aufgebaut, mit denen sie die Kristalle sehr gezielt untersuchen können. So können sie erkennen, ob sich an der gewünschten Stelle ein NV-Zentrum mit Elektron, ohne Elektron oder etwas ganz anderes befindet.

Die Ergebnisse können zur weiteren Erforschung der NV-Zentren verwendet werden und damit die Entwicklung von Quantencomputern voranbringen. Denn jedes NV-Zentrum enthält einen oder mehrere Spins, die man verwenden kann, um Quanteninformation zu speichern. Bei einer klassischen Festplatte sind Spins in die eine oder andere Richtung orientiert. Der Zustand 0 würde zum Beispiel dafür stehen, dass der Spin nach oben zeigt. 1 heißt dementsprechend, dass der Spin nach unten weist. Der Unterschied zu einem klassischen Rechner ist, dass ein Quantencomputer, der z.B. mit diesen NV-Zentren arbeiten würde, nicht nur den Zustand „0“ oder „1“ haben kann, sondern auch einen so genannten Überlagerungszustand. Der Spin kann also sowohl im Zustand 0 als auch im Zustand 1 sein. Das erlaubt einem, Rechnungen mit beiden Anfangszuständen gleichzeitig durchzuführen. Bei 1000 Bits lassen sich dann 2^{1000} Rechnungen durchführen – was enorm viel ist.

Gleichzeitig können auf Basis von NV-Zentren winzig kleine Sensoren entwickelt werden. Beispielsweise wird daran geforscht, sehr kleine Diamanten in Zellen einzuschleusen und damit im Inneren der Zellen die Temperatur zu messen.

Veröffentlichung: T. Chakraborty, F. Lehmann, J. Zhang, S. Borgsdorf, N. Wöhrle, R. Remfort, V. Buck, U. Köhler, and D. Suter: CVD growth of ultrapure diamond, generation of NV centers by ion implantation, and their spectroscopic characterization for quantum technological applications. Phys. Rev. Materials 3, 065205.

<https://journals.aps.org/prmaterials/abstract/10.1103/PhysRevMaterials.3.065205>

Bildhinweis: (1): Prof. Dieter Suter ist Professor für Experimentelle Physik – Kernspinresonanz an der Fakultät Physik der TU Dortmund.

(2): Die Wissenschaftler an der TU Dortmund haben ein neues Experiment aufgebaut, mit dem sie Fehlstellen in Diamanten untersuchen können.

(Fotos: TU Dortmund/Nikolas Golsch)

Ansprechpartner für Rückfragen:

Prof. Dieter Suter

Fakultät Physik

Tel. 0231- 755 3512

E-Mail: dieter.suter@tu-dortmund.de

Die Technische Universität Dortmund hat seit ihrer Gründung vor 51 Jahren ein besonderes Profil gewonnen, mit 16 Fakultäten in Natur- und Ingenieurwissenschaften, Gesellschafts- und Kulturwissenschaften. Die Universität zählt rund 34.500 Studierende und 6.300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter etwa 300 Professorinnen und Professoren. Das Lehrangebot umfasst rund 80 Studiengänge. In der Forschung ist die TU Dortmund in vier Profildbereichen besonders stark aufgestellt: (1) Material, Produktionstechnologie und Logistik, (2) Chemische Biologie, Wirkstoffe und Verfahrenstechnik, (3) Datenanalyse, Modellbildung und Simulation sowie (4) Bildung, Schule und Inklusion. Bis zu ihrem 50. Geburtstag belegte die TU Dortmund beim QS-Ranking „Top 50 under 50“ Rang drei der bundesdeutschen Neugründungen.