

Press release

Forschungszentrum Jülich

Dipl.-Biologin Annette Stettien

07/25/2024

<http://idw-online.de/en/news837437>

Research results, Transfer of Science or Research
Information technology, Materials sciences, Physics / astronomy
transregional, national



Quantensensor für die Welt der Atome

Forschende des Forschungszentrums Jülich und des koreanischen IBS Center for Quantum Nanoscience (QNS) haben einen wissenschaftlichen Durchbruch erzielt. Gemeinsam haben sie einen Quantensensor entwickelt, der winzige magnetische Felder auf atomarer Skala vermessen kann. In internationaler Zusammenarbeit konnten sie so einen lang gehegten Traum der Wissenschaft erfüllen: ein MRT-ähnliches Werkzeug zur Untersuchung von Quantenmaterialien.

Das Forschungsteam nutzte das Fachwissen der Jülicher Gruppe im Bereich der Fabrikation und Manipulation einzelner Moleküle sowie die Instrumente und das methodische Know-how des koreanischen Teams am QNS, um zu diesem Zweck den weltweit ersten Quantensensor für die Welt der Atome zu konstruieren.

Der Durchmesser eines Atoms ist eine Million Mal kleiner als ein menschliches Haar. Dies macht es extrem schwierig, physikalische Größen wie elektrische und magnetische Felder, die von einzelnen Atomen ausgehen, exakt zu vermessen. Nur wenn das Beobachtungswerkzeug äußerst empfindlich und selbst ähnlich klein ist wie ein Atom, kann es die schwachen Felder einzelner Atome auflösen.

Ein Quantensensor nutzt quantenmechanische Phänomene wie den Spin eines Elektrons oder die Verschränkung von Quantenzuständen, um präzise Messungen zu ermöglichen. In den letzten Jahren wurden verschiedene Arten dieser Sensoren entwickelt. Viele davon reagieren äußerst empfindlich auf elektrische und magnetische Felder. Bisher war man jedoch davon ausgegangen, dass die räumliche Auflösung nicht gleichzeitig bis auf die atomare Ebene erhöht werden kann.

Neuer Ansatz für bessere Auflösung

Der neue Quantensensor macht dies nun möglich durch Verwendung eines einzelnen Moleküls. Der Erfolg beruht auf einem konzeptionell neuen Ansatz. Denn die Funktion der meisten bekannten Sensoren geht auf Fehlstellen im Kristallgitter zurück. Die Defekte reagieren auf elektrische und magnetische Felder und entfalten ihre Eigenschaften nur dann, wenn sie tief in das Material eingebettet sind. Aus diesem Grund sind sie stets in einem gewissen Abstand zum vermessenden Objekt. So sind sie typischerweise zu weit entfernt, um ein Objekt von der Größe eines einzelnen Atoms zu erfassen.

Das deutsch-koreanische Forschungsteam wählte hingegen einen anderen Ansatz: Es entwickelte ein Instrument, das ein einzelnes Molekül an der Spitze eines Rastertunnelmikroskops als Sensor verwendet. Dieser neuartige Ansatz ermöglicht es, den Sensor bis auf wenige Atomabstände an Objekte heranzuführen und deren elektrische und magnetische Eigenschaften aufzuspüren.

„Dieser Quantensensor ist ein Wendepunkt, da er Bilder von Materialien liefert, die so detailreich sind wie ein MRT, und gleichzeitig einen neuen Standard für die räumliche Auflösung von Quantensensoren setzt. Dies wird es uns

ermöglichen, Materialien auf ihrer fundamentalsten Ebene zu erforschen und zu verstehen“, zeigt sich Dr. Taner Esat begeistert über die potenziellen Anwendungen.

Der Hauptautor des Jülicher Teams war es auch, der die langjährige Zusammenarbeit zwischen dem Forschungszentrum Jülich und dem QNS initiierte, wo er zuvor bereits als Postdoc tätig gewesen war. Nachdem er nach Jülich zurückgekehrt war, und dort dieses Sensor-Molekül konzipierte, entschied er sich für einen Forschungsaufenthalt am QNS, um mit den speziellen Instrumenten in Korea einen Beweis für das Funktionieren der Technik zu erbringen.

Der Sensor hat eine Energieauflösung, die es ermöglicht, Veränderungen in magnetischen und elektrischen Feldern mit einer räumlichen Auflösung im Bereich eines Zehntel Ångström zu erkennen, wobei 1 Ångström typischerweise einem Atomdurchmesser entspricht. Darüber hinaus kann der Quantensensor in bestehenden Laboren weltweit konstruiert und implementiert werden.

„Was diese Errungenschaft so bemerkenswert macht, ist, dass wir ein exquisit konstruiertes Quantenobjekt verwenden, um fundamentale atomare Eigenschaften von Grund auf zu untersuchen. Frühere Techniken nutzen dagegen große, sperrige Sonden, um winzige atomare Merkmale zu analysieren“, betont Dr. Dimitry Borodin. „Man muss klein sein, um das Kleine zu sehen“, so der Hauptautor des QNS.

Der bahnbrechende Quantensensor eröffnet so völlig neue Möglichkeiten für die Entwicklung von Quantenmaterialien, die Entwicklung neuer Katalysatoren und die Erforschung des grundlegenden Quantenverhaltens molekularer Systeme, beispielsweise in der Biochemie.

Bahnbrechendes Potenzial

„Die Revolution des Instrumentariums zur Beobachtung und Untersuchung der Materie geht zurück auf die gesammelten Grundlagenwissenschaften“, bemerkt Yujeong Bae, Leiterin des Projekts am QNS. „Oder wie Richard Feynman es ausdrückte: ‘Es ist noch viel Platz nach unten.’ Das technologische Potenzial für Manipulationen auf atomarer Ebene ist unendlich.“ Und Professor Temirov, Forschungsgruppenleiter in Jülich, ergänzt: „Es begeistert mich zu sehen, wie unsere langjährige Arbeit im Bereich der molekularen Manipulation zum Bau eines rekordträchtigen Quantenbauelements geführt hat.“

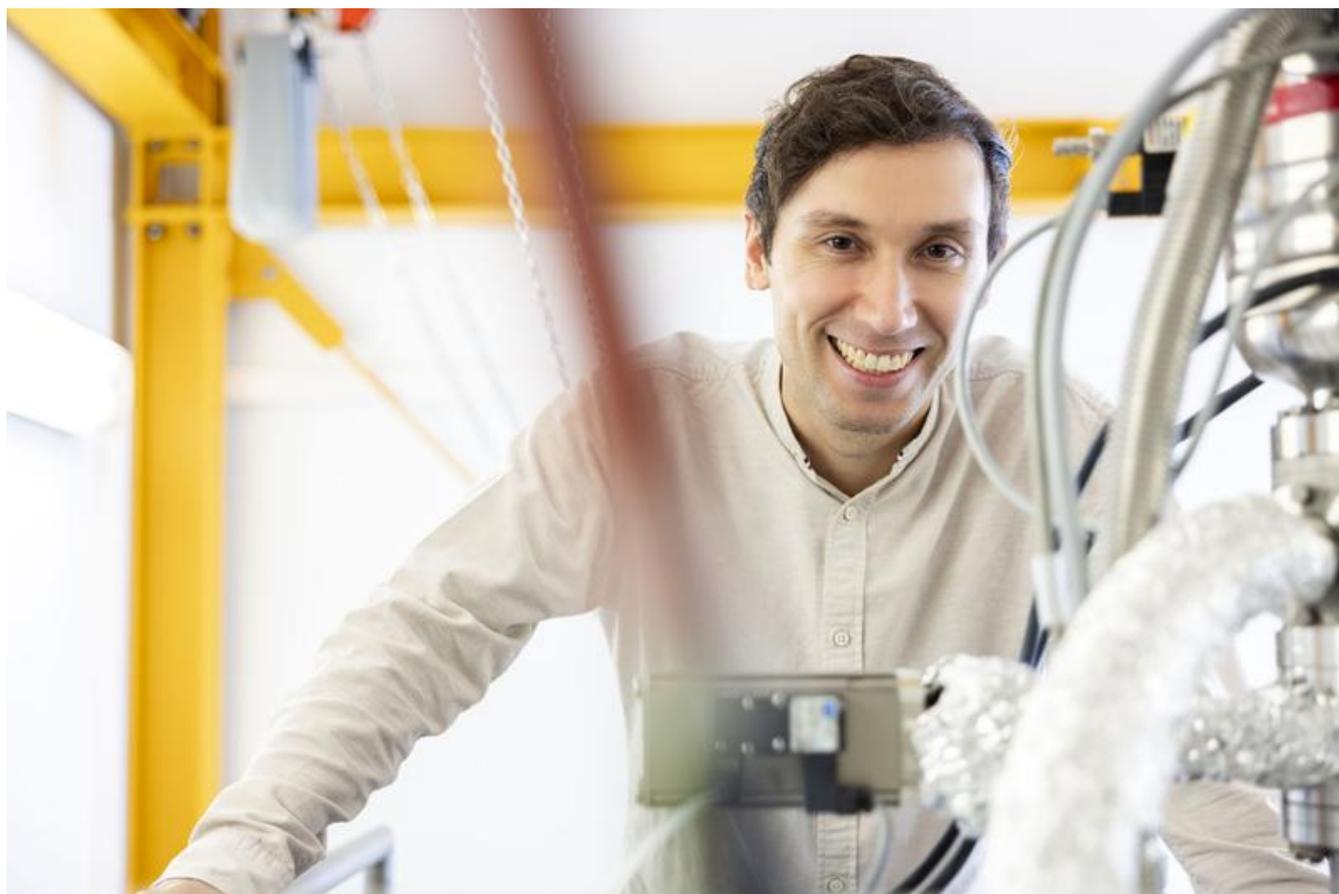
Die Forschungsergebnisse wurden in Nature Nanotechnology veröffentlicht. Die Entwicklung des Quantensensors auf atomarer Ebene stellt einen bedeutenden Meilenstein auf dem Gebiet der Quantentechnologie dar und wird voraussichtlich weitreichende Auswirkungen auf verschiedene wissenschaftliche Disziplinen haben.

Original publication:

Taner Esat, Dimitry Borodin, Jeongmin Oh, Andreas J. Heinrich, F. Stefan Tautz, Yujeong Bae, Ruslan Temirov
A quantum sensor for atomic-scale electric and magnetic fields
Nature Nanotechnology (25 July 2024), DOI: <https://doi.org/10.1038/s41565-024-01724-z>

URL for press release:

<https://www.fz-juelich.de/de/aktuelles/news/pressemitteilungen/2024/quantensensor-fuer-die-welt-der-atome>
Pressemitteilung des Forschungszentrums Jülich



Dr. Taner Esat
Sascha Kreklau
Forschungszentrum Jülich / Sascha Kreklau