

Link

www.ch.nat.tum.de/en/qsens/home

Quantensensoren für Kernspintomografie

Ein Forschungsteam unter Leitung der TUM hat Diamant-Quantensensoren entwickelt, die als hochauflösende Kernspintomografen eingesetzt werden könnten.

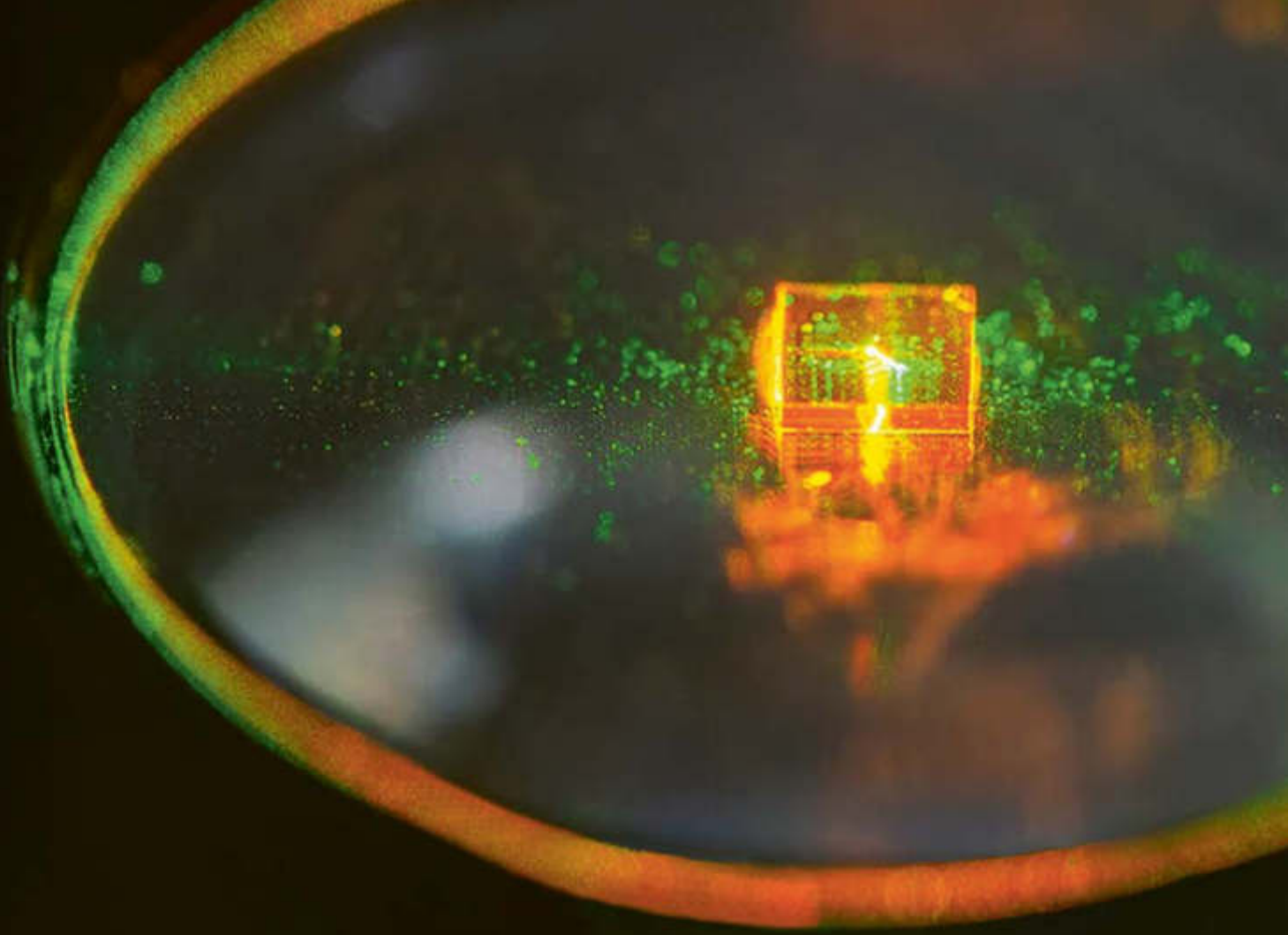
In der Forschung ist die Kernspinresonanz oder kurz NMR (vom englischen nuclear magnetic resonance) eine wichtige bildgebende Methode. Mit dem Verfahren können Gewebe und Strukturen visualisiert werden, ohne diese zu schädigen. Breiter bekannt ist das Verfahren in der Medizin als Magnetresonanztomografie (MRT), bei der ein Patient oder eine Patientin auf einer Liege in eine große Röhre gefahren werden. Das MRT-Gerät erzeugt ein sehr starkes Magnetfeld, das mit den winzig schwachen Magnetfeldern der Wasserstoff-Kerne im Körper interagiert. Da sich die Wasserstoffatome in unterschiedlichen Geweben jeweils auf eine bestimmte Art und Weise verteilen, können Organe, Gelenke, Muskeln oder Blutgefäße unterschieden werden.

Mit den NMR-Methoden kann auch die Beweglichkeit von Wasser und anderer Elemente sichtbar gemacht werden. Für die Forschung wird zum Beispiel das Verhalten von

Kohlenstoff oder auch Lithium beobachtet, um Strukturen von Enzymen oder Vorgänge in Batterien aufzuklären. „Die bisherigen NMR-Verfahren liefern gute Ergebnisse, um etwa auffällige Prozesse in Zellverbänden zu erkennen“, erklärt Dominik Bucher, Professor für Quantensensorik an der TUM. „Wenn wir aber zum Beispiel die Mikrostrukturen innerhalb der Zellen aufklären wollen, brauchen wir neue Ansätze.“

Sensoren aus Diamant

Das Forschungsteam stellte dafür einen Quantensensor aus synthetischem Diamant her. „Wir reichern die Diamantschicht, die wir für die neue NMR-Methode zur Verfügung stellen, schon beim Wachstum mit besonderen Stickstoff- und Kohlenstoffatomen an“, erklärt Dr. Peter Knittel vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik (IAF). Nach dem Wachstum löst eine Elektronenbestrahlung



Das Forschungsteam erzeugt Defekte in einem künstlichen Diamanten. Dadurch entstehen besondere quantenmechanische Eigenschaften, die für die Sensorik genutzt werden können.

einzelne Kohlenstoffatome aus dem perfekten Kristallgitter des Diamanten heraus. Die entstandenen Fehlstellen ordnen sich neben den Stickstoffatomen an – ein sogenanntes Stickstofffehlstellenzentrum ist entstanden. Dieses hat spezielle quantenmechanische Eigenschaften, welche für die Sensorik wichtig sind. „Unsere Bearbeitung des Materials optimiert die Dauer der Quantenzustände, wodurch die Sensoren länger messen können“, ergänzt Knittel.

Quantensensoren bestehen ersten Test

Der Quantenzustand des Stickstofffehlstellenzentrums interagiert mit Magnetfeldern. „Das MRT Signal der Probe wird dabei in ein optisches Signal umgewandelt, welches wir dann mit hoher räumlicher Auflösung detektieren“, erklärt Bucher.

Um das Verfahren zu testen, setzte das Team der TUM einen

Mikrochip mit wassergefüllten feinen Kanälen auf den Diamantquantensensor. „Damit konnten wir die Mikrostruktur in einer Zelle nachbilden“, sagt Bucher. Die Forschenden konnten die Beweglichkeit von Wassermolekülen in der Mikrostruktur erfolgreich analysieren.

In einem nächsten Schritt wollen die Forschenden die Methode weiterentwickeln, um Mikrostrukturen in einzelnen lebenden Zellen, Gewebeschnitten oder die Ionendiffusion von Batteriematerialien in Dünnschichtfilmen zu untersuchen. „Die Fähigkeit der NMR und MRT, die Beweglichkeit der Atome und Moleküle direkt zu erfassen, macht sie absolut einzigartig im Vergleich zu anderen bildgebenden Methoden“, sagt Prof. Maxim Zaitsev von der Universität Freiburg. „Nun haben wir eine Möglichkeit gefunden, ihre Auflösung, die bisher unzureichend war, in Zukunft erheblich zu verbessern.“ ■

Stefanie Reiffert