

Projekt

Standardisierungen in der Herstellung und Verarbeitung von Quantenmaterialien am Beispiel von NV-Farbzentren in Diamant zur Realisierung eines hochpräzisen auf Quanteneffekten beruhenden Amperemeters (DiaQuantFab)

Koordinator:

Mario Bähr
CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH
Konrad-Zuse-Str. 14
99099 Erfurt
Tel: +49 361 6631-214
E-Mail: mbaehr@cismst.de

Projektvolumen:

2,5 Mio. € (Förderquote 74%)

Projektlaufzeit:

15.05.2019 – 30.11.2022

Projektpartner:

- CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH, Erfurt
- Diamond Materials GmbH, Freiburg
- Ecodiamond GmbH, Dummerstorf
- nano analytik GmbH, Ilmenau
- Universität Leipzig
- Universität Stuttgart
- Universität Ulm
- Balluff GmbH, Neuhausen auf den Fildern

Die technische Grundlage für die Erschließung quantenphysikalischer Anwendungen

Die Erforschung neuer Quantentechnologien erfährt derzeit weltweit einen beträchtlichen Aufschwung. Dieser wird vor allem von den Erwartungen an die Leistungsfähigkeit des Quantencomputers gestützt. Doch auch andere Quantentechnologien versprechen erhebliche Fortschritte in den Bereichen Messtechnik, Sensorik, Medizintechnik oder Biotechnologie.

Die vielversprechendsten Anwendungen der Quantentechnologien sind jedoch kurzfristig nicht praktisch umzusetzen. Es fehlt hierfür die erforderliche Gerätetechnik, die in großen Teilen erst entwickelt werden muss. Die genutzten Quantenphänomene reagieren sehr empfindlich auf äußere Einflüsse und sind daher sehr kurzlebig. Ihre Bereitstellung und Kontrolle ist mit einem beträchtlichen apparativen Aufwand verbunden. Selbst dort, wo man bereits grundlegende Funktionen nachweisen konnte, ist die technische Beherrschung der Quantensysteme noch viel zu kostspielig und zu wenig robust für eine praktische Nutzung. Es gilt daher, in enger Zusammenarbeit zwischen den Herstellern der technischen Ausrüstungen und den Forschern in den Labors neue Geräte für den Einsatz in den Quantentechnologien zu entwickeln. Stabile und kostengünstige Systeme sollen die Aussichten auf eine erfolgreiche wirtschaftliche Nutzung der Quanteneffekte erheblich verbessern. Eine wesentliche Zielstellung der geförderten Projekte liegt darin, einheimische Unternehmen dabei zu unterstützen, sich als weltweit führende Ausrüster für Forschung und Entwicklung zu etablieren.



Bild 1: Die apparative Beherrschung von Quantenphänomenen für neue Anwendungen ist derzeit noch sehr kostenintensiv und benötigt hochqualifiziertes Personal. (Quelle: iStock.com/Maartje van Caspel)

Standardisierung für Quantentechnologie-basierte Sensorik

Die Eigenschaften von Quantensystemen lassen sich dazu nutzen, Größen wie Druck, Temperatur, Position, Zeit, Geschwindigkeit, und Bewegung bzw. Beschleunigung, Lage, Gravitation oder elektrische und magnetische Felder mit bislang unerreichter Genauigkeit nachzuweisen. Quantensensoren werden in solchen Bauteilen und Ausführungen realisiert, die jeweils spezifische Stärken in Bezug auf die Messaufgabe aufweisen. Quantendefekte in Isolatoren und Halbleitern, wie beispielsweise Farbzentren in Diamant, erlauben vielfältige Anwendungen in der Quantensensorik. Sie erhalten auch unter Umgebungsbedingungen die empfindlichen Quantenzustände über vergleichsweise lange Zeiträume aufrecht. Bisher gelingt es nur in universitärem Maßstab mit solchen Quantensystemen zu arbeiten. Um die vielfach erprobten Ansätze auf eine industrierelevante Stufe zu heben, gilt es neue mikrosystemtechnische Schritte zu erarbeiten bzw. bekannte Halbleitertechnologien anzuwenden. Diese erfordern einen interdisziplinären Ansatz, da optische, elektronische und materialwissenschaftliche Komponenten und Kompetenzen zusammengeführt werden müssen. Damit geht die Notwendigkeit einher, die industrielle Herstellung entsprechender Quantenmaterialien in Deutschland weiter zu etablieren. Das Fehlen dieser Basis in Deutschland ist ein Grund dafür, dass eine industrielle Umsetzung für einen großen Teil des technisch bereits Demonstrierten noch nicht oder nur in ersten Ansätzen gelungen ist. Im Verbundvorhaben wird entlang der Prozesskette von der Synthese der Diamanten bis zur industrierelevanten Applikation an einem einheitlichen Verständnis von Messgrößen gearbeitet, aus denen fehlende Qualitätsstandards ableitbar sind. So kann ein wichtiger Schritt für die Umsetzung der Quantentechnologien gelingen.

Demonstratoren mit Diamant-basierten mikrooptischen Sensoren

Auf Basis von NV-Farbzentren in synthetischem Diamant werden ein industriell einsetzbarer hochempfindlicher Magnetfeldsensor und ein kalibrationsfreies Amperemeter entwickelt. Möglich wird dies durch die Quanteneigenschaften dieser NV-Zentren in Diamant, deren Messgrößen sich auf fundamentale Größen (g-Faktor, Bohrsches Magnetron) zurückführen lassen. Für die Baugruppen sollen potenziell kostengünstige Herstellverfahren für die Komponenten erarbeitet werden. Diese sollen weitgehend den Anforderungen industrialisierter Prozesse genügen können. Wichtig ist für sämtliche Herstellungsschritte ausgehend von der Diamantsynthese über die Diamantbearbeitung und den Aufbau der optischen Komponenten bis hin zur Systemmontage immer die Skalierbarkeit der Technologien hin zu einem Massenprodukt. Um dies nach einer Umsetzung kostengünstig anbieten zu können, suchen die Partner entlang der gesamten Prozesskette nach kosteneffizienten Technologien, vornehmlich auch in der Diamantsynthese und -bearbeitung. Die zu entwickelnden Demonstratoren stehen dabei als Beispiel für eine Reihe von Sensorbauteilen, Messgeräten und Quantenstandards und sollen eine breite Nutzung quantenoptischer Technologien ermöglichen.

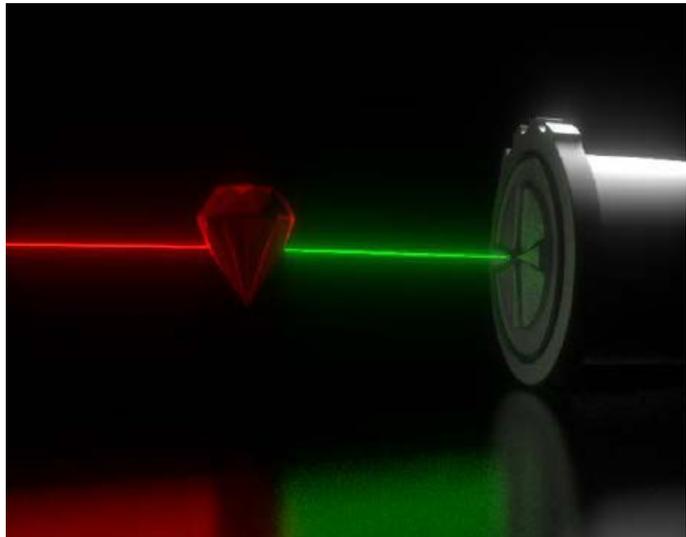


Bild 2: Schematische Darstellung der optischen Anregung der NV-Zentren in Diamant (Mitte) durch einen grünen Laserstrahl (von rechts). (Quelle: Universität Stuttgart)