

Projekt

Scalable Electrically Read Diamond Spin Qubit Technology for Single Molecule Quantum Imagers (Q-Magine)

| | |
|------------------|---|
| Koordinator: | Prof. Dr. Fedor Jelezko Universität Ulm Albert-Einstein-Allee 11 89081 Ulm Tel.: +49 731 50-23750 E-Mail: Fedor.jelezko@uni-ulm.de |
| Projektvolumen: | 276.000 € (BMBF-Förderquote 100%) – deutsche Partner |
| Projektlaufzeit: | 01.04.2018 – 31.03.2021 – deutsche Partner |
| Projektpartner: | ➔ Universität Ulm Internationale Partner: ➔ Universität Hasselt (Belgien) ➔ Wigner Forschungszentrum (Ungarn) ➔ IMEC (Belgien) ➔ Universität Wien (Österreich) |

QuantERA – Transnationale Förderung für die Quantentechnologien

Quantentechnologien bringen zahlreiche Chancen für neue Anwendungen in Industrie und Gesellschaft mit sich – in der Informationsübertragung und -verarbeitung, für höchstpräzise Mess- und Abbildungsverfahren oder für die Simulation komplexer Systeme. Szenarien sprechen davon, die Magnetfelder des Gehirns zu vermessen und Alzheimer oder Parkinson besser zu verstehen, den Verkehrsfluss zu optimieren und Staus zu vermeiden oder neue Werkstoffe und Katalysatoren allein auf der Grundlage von Simulationen zu entwickeln. Quantentechnologien schaffen dafür die Basis und haben das Potenzial, heute vorhandene technische Lösungen etwa in der Sensorik oder beim Computing deutlich zu übertreffen.

Die Quantentechnologien besitzen an vielen Stellen das Potenzial, in Anwendungsfeldern und Märkten eine dominante Rolle zu spielen. Allerdings steht das Feld noch am Anfang der Technologieentwicklung. Um Anwendungen zu erschließen bedarf es noch erheblicher Forschungsanstrengungen. Mit der transnationalen ERA-NET Maßnahme QuantERA unterstützt das BMBF zusammen mit Akteuren der anderen Teilnehmerländer und der Europäischen Kommission die Forschung im Bereich der Quantentechnologien.

Perspektivisch betrachtet sind ERA-NET Instrumente für eine bedarfsgerechte und flexible transnationale Förderung als Ergänzung zur rein nationalen Förderung einerseits und zu den europäischen EU-Forschungsrahmenprogrammen andererseits.

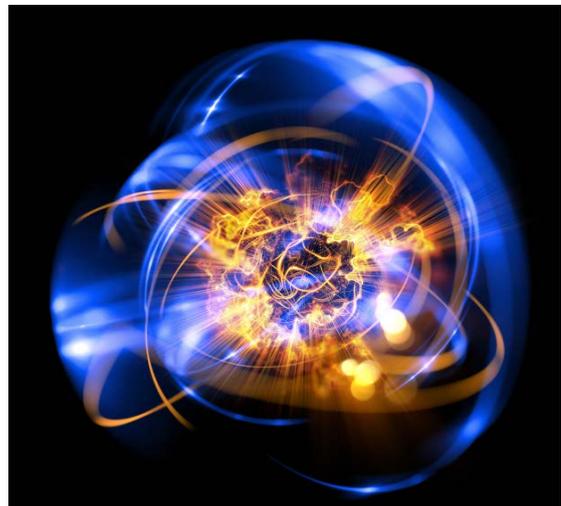


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: fotolia ©rybindmitriy)

Quantensensoren für die hochpräzise Messung schwacher Magnetfelder

Die Forschung an optisch aktiven Farbzentren in Festkörpern hat sich in der vergangenen Dekade rasant entwickelt. Vielfältige Untersuchungen zur optisch detektierten Magnetresonanz (ODMR) in Festkörpern in den 1970er bis 1990er Jahren haben die Grundlage für die Entwicklung von Diamantquantensensoren geschaffen.

Diamant-Magnetfeldsensoren basieren auf dem optischen Nachweis der Elektronenspinresonanz von Stickstoff-Leerstellen-Kombinationen in einem hochreinen Diamant-Kristallgitter. Die Energieaufspaltung zwischen zwei Elektronenniveaus dieser Störstellen ist proportional zum zu messenden Magnetfeld.

Die zentrale Eigenschaft von solchen NV-Zentren (NV=Nitrogen/Vacancy) ist die lange Lebensdauer der erzeugten Quantenzustände. NV-Zentren bieten bedingt durch die effiziente Abschirmung innerhalb der Diamantmatrix – soweit bekannt – von allen Elektronenspin-Systemen die längsten Kohärenzzeiten im Festkörper bei Raumtemperatur. Mit Blick auf die Anwendung des Systems als Sensor ermöglicht diese Eigenschaft die genaue Bestimmung der Resonanzfrequenz. Durch Messung der Resonanzfrequenz kann somit insbesondere das Magnetfeld exakt und mit höchster Präzision bestimmt werden.

Diamant-Quantensensoren für die Einzelmolekül-Kernspinresonanz

Das vorliegende internationale Verbundprojekt verfolgt eine wesentliche Präzisionssteigerung durch Verwendung eines neuen Detektionsverfahrens für das Magnetresonanzsignal eines NV-Zentrums. An Stelle der bisher überwiegend genutzten optischen Detektion soll ein photoelektrisches Verfahren zur Anwendung kommen. Dieses hat den Vorteil einer um den Faktor 1000 höheren Detektionsrate. Somit können auch Signale gemessen werden, die bislang viel zu schwach für einen Nachweis waren. Durch diese enorme Verbesserung lassen sich für die NV-Sensoren ganz neue Anwendungsbereiche erschließen.

Ziel des Konsortiums ist es insbesondere, für das neue Gebiet der Proteomforschung (Proteom = Gesamtheit der Proteine eines Lebewesens) eine innovative, kosteneffiziente Analysemethode zu entwickeln und damit die bisherigen, sehr teuren Verfahren, wie etwa die Massenspektroskopie, zu ergänzen oder sogar zu ersetzen.

Es müssen einzelne Moleküle direkt anhand ihres jeweiligen charakteristischen Elektronenspin-Signals identifiziert werden, ohne dass hierfür irgendwelche Marker-Molekülgruppen verwendet würden. Auf diese Weise soll in Form einer 3D-tomographischen Kartierung die chemische Struktur eines Biomoleküls (eines Proteins oder Peptids) exakt vermessen werden können.

Als Detektionseinheit sollen im Vorhaben ein 2D-Sensor bestehend aus 50nm großen NV-Pixeln entstehen, sowie das photoelektrische Detektionsverfahren und die erforderlichen Techniken für die Kontrolle des Quanten-Spinzustandes der NV-Zentren entwickelt werden.

Weitere Anwendungen des hochempfindlichen Quantensensors liegen in den Bereichen der medizinischen und biologischen Kernspinresonanz (NMR) sowie der Magneto-Kardiographie und -Enzephalographie.

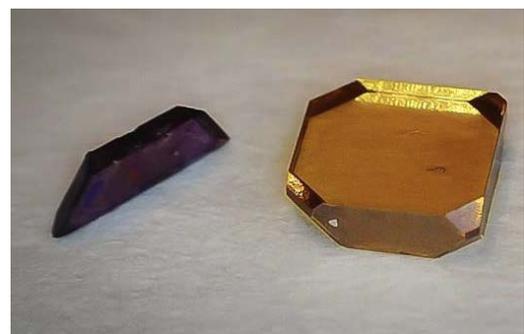


Bild 2: Synthetische Diamanten mit Farbzentren
(Quelle: Universität Ulm)