

QSense4Life

Raumtemperatur Festkörper Quantensensorik zur Moleküldetektion für Life Science und Consumer-Anwendungen

Programm / Ausschreibung	Quantenforschung (QFTE), Quantenforschung und -technologie (QFTE), QFTE 2018 national	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2019	Projektende	30.06.2021
Zeitraum	2019 - 2021	Projektlaufzeit	30 Monate
Keywords	Raumtemperatur Festkörper Quantensensoren, Consumer und Life Science, Stickstoff-Fehlstellen-Zentren		

Projektbeschreibung

Mit dem Potential der Realisierung kleinerer und präziserer Systeme sind Quantentechnologien im Begriff eine technologische Revolution im Bereich der Sensorik einzuleiten. Für zukünftige Anwendungen von besonderem Interesse sind Festkörpersysteme bei denen Quantenzustände einzelner Atome bzw. Gittervakanten bei Raum-temperatur gezielt manipuliert werden können. Besonderes Potential zeigen hier Diamant-kristalle mit gezielt eingebrachten Stickstoff-Fehlstellen (NV-Zentren), die in ersten Ansätzen bereits als hochempfindliche Magnetometer verwendet werden. Ausgehend von Visionen der Industrie-partner ist das Fernziel, bis ca. 2025 völlig neue, auf Quanteneffekten basierende Produkte anzubieten und mit Markt-führenden Technologien die Zukunft aktiv zu gestalten.

Kernziele des Projekts QSense4Life sind i) die Grundlagen für eine Systemintegration NV-basierter Messanordnungen in einen kompakten Sensoraufbau zu schaffen und ii) die Möglich-keit der Nutzung von NV-Zentren als Transducerelemente in Chemo- bzw. Bio-Sensoren für ausgewählte Beispieldaten zu erforschen. Anhand eines ersten Labordemonstrators eines komplett integrierten Quantensensors soll eine Ent-wicklungs-perspektive hin zu massenmarktauglichen innovativen Quanten-Biosensoren mit einem Zeithorizont von 7-9 Jahren entwickelt werden. Beispieldaten zur Demonstration der Machbarkeit solchen Quantensensorsystem sind i) Nährstoffanalysen in Fruchtsäften und ii) eine Bestimmung individueller Erfordernisse für personalisierte Ernährungslösungen.

Dies erfordert gezielte Forschung an i) der Systemintegration von NV-Zentren-basierten Quantensensoren und ii) der Kopplung derartiger, magnetfeld-sensitiver Transducer an relevante Analyten, durch direkte Kopplung zwischen Quantenzustand und elektronischen Spinzuständen oder mit Hilfe entsprechender Marker-Substanzen. Ziel ist ein funktionierender Aufbau, inklusive Anregungs- und Auslesesystem und anwendungsspezifischer Komponenten, das für weitergehende Untersuchungen und Validierungen unter Laborbedingungen verwendet werden kann (TRL4). Der Systemintegrationsaspekt reicht dabei von der Weiter-entwicklung des Sensorprinzips, z.B. des Einflusses der Eigen-schaften der Diamant-oberfächen oder Anregungs-bedingungen im optischen und/oder Mikrowellen-Bereich auf die NV-Zentren über neue Ansätze zur elektro-magnetischen An-regung bzw. Auslesung der Quantenzustände bis hin zur photonischen System-integration, inklusive Fluoreszenz-Lebensdauermessungen an NV-Zentren unter Ver-wendung unterschiedlicher messtechnischer Ansätze. Der Forschungsfokus auf NV-Zentren - Molekül - Kopplungen befasst sich parallel dazu mit der Erforschung derartiger Wechselwirkungen. Das Forschungsprogramm umfasst gleichermaßen Studien

zu Interaktionen mit Elektronenspins freier Radikale, mit Kernspins in den Zielanalyten selbst, und mit Label-Substanzen mit magnetischer Funktionalität.

Abstract

The potential to realise smaller and more precise systems puts quantum technologies on the brink of initiating a technological revolution in sensor technologies. Of particular interest for future applications are solid-state systems enabling a selective manipulation of quantum states of single atoms or lattice vacancies at room temperature. A particular potential is exhibited by diamond crystals with controllably implanted nitrogen-vacancy point defects (NV centres), first embodiments of which are already being used as highly sensitive magnetometers. Based on visions of the industrial partners, the long-term vision of this research is to provide and offer entirely new products based on such quantum effects until ca. 2025, and actively shape the future with market-leading technologies.

Core objectives of the QSense4Life project are to i) research and establish the fundamentals for the systems integration of NV centre-based metrological setups in a compact sensor and ii) investigate the possibility of using NV centres as transducer elements for chemo- and bio-sensors for selected example applications. Based on a first laboratory demonstrator of a fully integrated quantum sensor a development perspective and 7-9 year RD&I roadmap towards an innovative quantum bio-sensor for mass market applications will be developed. Example applications for the demonstration of the feasibility of such quantum sensor systems are i) nutrient analyses in fruit juices and ii) approaches for the determination of individual needs and requirements for personalised dietary concepts.

This requires targeted research into i) the systems integration of NV centre-based quantum sensors and ii) the coupling of such, magnetic field-sensitive transducers to relevant analytes, either by direct coupling of the quantum state to electronic spins or by aid of suitable markers. The overall systems integration objective is realising a functional TRL 4 setup, comprising excitation and read-out sub-systems as well as application-specific elements, for further research and validation under laboratory conditions. The underlying systems integration aspect include a further development of the sensing principle, e.g. the impact of the diamond crystal surface properties of the excitation conditions in the optical and/or microwave domain on the NV centres, novel approaches for electromagnetic excitation respectively read-out of quantum states, and photonic systems integration, including fluorescence lifetime detection using one of several different metrological approaches. In parallel, the focus on NV centre – molecule – couplings deals with research into such interactions. The research programme comprises studies of interactions with electron spins of free radicals, with nuclear spins in the analytes themselves, and with labels containing magnetic functionalities.

Projektkoordinator

- Silicon Austria Labs GmbH

Projektpartner

- Infineon Technologies Austria AG
- Philips Austria GmbH
- Universität Wien