

QuaSeRT

Optomechanical quantum sensors at room temperature

Programm / Ausschreibung	Quant ERA, Quant ERA.NET, Quant ERA 2017	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.06.2018	Projektende	31.12.2021
Zeitraum	2018 - 2021	Projektlaufzeit	43 Monate
Keywords	Optomechanics, Sensor, Levitation		

Projektbeschreibung

In Forschungsbereich der Cavity-Optomechanik wurde kürzlich ein großer Durchbruch erzielt: die erste Beobachtung von Quantenphänomenen mit kryogenen, optisch gekühlten Resonatoren (i.e. tatsächlich makroskopischen Objekten) einerseits und mit elektromagnetischen Feldern die mit diesen Resonatoren wechselwirken andererseits. Diese Ergebnisse ebnen den Weg für die Nutzung optomechanischer Systeme als Quantensensoren. Das Hauptziel dieses Projekts ist die tatsächliche Umsetzung von empfindlichen optomechanischen Sensoren die am Quantenlimit messen und die ungewöhnlichen Eigenschaften von Quantensystemen nutzen um die Effizienz von Messungen zu verbessern und die Integration der gewonnenen Information in Quantenkommunikationssysteme zu nutzen, sowohl auf der Ebene der mechanischen Resonatoren, als auch auf der Ebene der elektromagnetischen Felder.

Wir werden drei verschiedene Plattformen weiterentwickeln, die nach dem aktuellen Stand der Forschung besonders geeignet erscheinen dieses Ziel zu erreichen: (i) dielektrische Membranen unter Stress, (ii) optisch gefangene Nanoteilchen, (iii) Halbleiter-Mikroscheiben. Die Auswahl erlaubt es die Erfolgswahrscheinlichkeit des Projekts zu maximieren, den Bereich erreichbarer Meßfrequenzen zu verbessern und durch erhöhte Diversität eine höhere Versatilität zu erreichen.

Darüberhinaus werden wir, um verschiedene Quantenprotokolle zu testen Nanoelektromechanische Systeme nutzen, die als sehr erfolgreiche Testbank für diesen Zweck gezeigt wurden dank ihrer langen Kohärenzzeiten selbst bei Raumtemperatur und ihrer sonst unerreichten Kontrolmöglichkeiten.

Wir werden die Verbesserung mechanischer und optischer Eigenschaften der verschiedenen Systeme hinsichtlich ihrer kohärenten Kopplungsrate und der Minimierung von Dekohärenzzeiten durch innovative Ansätze über den State-of-the-art hinaus vorantreiben um letztlich deren Betrieb im Quantenregime bei Raumtemperatur zu erreichen. Dies stellt eine grundlegende Voraussetzung für den realistischen Betrieb dieser Systeme als Sensoren dar. Wir werden tragbare Sensorsysteme bauen, die Leistungsfähigkeit der vier verschiedenen Plattformen als Beschleunigungssensoren evaluieren und vergleichen, und die Möglichkeiten von Systemintegration und zukünftige Funktionalisierung für erweiterte Sensoranwendungen testen. Das herstellen und manipulieren von Quantenzuständen eines Sensors stellt in der zweiten Quantenrevolution eine wichtige Entwicklung dar, zum Beispiel für die Realisierung eines Quantennetzwerks das Informationen über die Umgebung sammelt und über Quantenkommunikationskanäle übermittelt.

Abstract

The research in cavity optomechanics has recently achieved a major breakthrough: the first observation of quantum phenomena in cryogenic, optically cooled mechanical resonators (i.e., actually in macroscopic objects), as well as in the electromagnetic field interacting with such resonators. These results open the way to the exploitation of optomechanical systems as quantum sensors. The main target of this project is indeed the creation of optomechanical sensing devices achieving the quantum limit in the measurement process, and exploiting peculiar quantum properties, of both the mechanical oscillator and the interacting radiation field, to enhance the efficiency of the measurement and to integrate the extracted information in quantum communication systems. We will develop three different platforms that, according to the present state of the art, are the most suitable to achieve our goal: (i) tensioned dielectric membranes (ii) trapped nanoparticles (iii) semiconductor micro-disks. This parallel approach allows to increase the success probability, to extend the operating frequency range and diversify the systems for a larger versatility. Moreover, in order to study specific quantum protocols, we will exploit nano-electro-mechanical systems which have been shown to be the most suitable test-bench for this purpose thanks to their long coherence even at room temperature and their unprecedented control. Mechanical and optical properties of the different resonators will be improved, choosing innovative paths to advance the state of the art, in order to increase the coherent coupling rate and reduce the decoherence rate, eventually achieving quantum performance of the devices at room temperature, a crucial requirement for a realistic application scenario as sensors. We will produce portable sensing systems, evaluate and compare the performance of the different platforms as acceleration sensors, study the possibilities of system integration and of functionalization for future extended sensing capability. Producing and manipulating quantum states of a sensor is an important pre-requisite for the quantum revolution, e.g., for implementing a quantum network that collects information from the environment and transfers it into quantum communication channels.

Projektpartner

- Universität Wien