

Quantum control of spin centers in silicon carbide with microcavities

Microcavities are ideal interfaces between photons as flying qubits and electron spins as stationary qubits, as they strongly enhance the interaction between light and matter. They are therefore among the foremost tools in the study and manipulation of the quantum mechanical nature of light, matter and their interactions. Silicon carbide (SiC) is a very promising material platform for wafer-scale spintronics and quantum information processing. First, this is because SiC is a material compatible with CMOS (complementary metal-oxide- semiconductor) technology, allowing construction of integrated circuits on a SiC wafer, just as silicon. Second and most importantly, spin centers in this material, particularly silicon vacancies, demonstrate an exceptionally long spin coherence time already in commercial wafers and they can be optically controlled even at the single-spin level. However, the main obstacles against applications of these centers are a low count rate from single centers and a low spin readout contrast. In this project, we will couple a single spin color center to a high quality resonator formed by a SiC chip and a silicon micromirror. This type of micromirror offers excellent surface quality, small radii of curvature and a direct path to scalability. Using resonant excitation and detection schemes, we plan to increase the spin readout contrast to above 50%. Finally, we plan to demonstrate spin-photon entanglement with a silicon vacancy in SiC, which is an important step towards implementation of quantum repeaters and networks.

Quantenkontrolle von Spins in Siliziumkarbid mit Mikroresonatoren

Optische Mikroresonatoren sind die ideale Verknüpfung zwischen Photonen als fliegende Quantenbits und Elektronen als stationäre Quantenbits, da sie die Wechselwirkung zwischen Licht und Materie um Größenordnungen verstärken können. Mikroresonatoren sind daher unter den wichtigsten Werkzeugen für die Untersuchung von quantenmechanischen Licht-Materie Wechselwirkungen. Siliziumkarbid (SiC) ist ein vielversprechendes Material für skalierbare Spintronik und Quanteninformation auf Halbleiterbasis: Erstens ist SiC kompatibel mit CMOS (complementary metal-oxide- semiconductor) Technologie, und ermöglicht daher die Erzeugung von integrierten Schaltkreisen, ähnlich wie Silizium. Zweitens weisen Spin-Zentren in diesem Material, insbesondere die Silizium-Fehlstelle, herausragende Spinkohärenzzeiten auf, sogar in handelsüblichen Materialien, und die Spin-Zentren können optisch manipuliert werden, bishin zu einzelnen Defekten. Deren optische Eigenschaften sind für viele Anwendungen allerdings nicht ideal, da sie niedrige Photonenemissionsraten und eine schwache Spin-Abhängigkeit der Fluoreszenz aufweisen. In diesem Projekt werden wir ein einzelnes Spin-Farbzentrum an einen optischen Resonator koppeln, welcher aus einem SiC Chip und einem Silizium Mikrospiegel besteht. Solche Mikrospiegel bieten hochqualitative Oberflächen, kleine Krümmungsradien und leichte Skalierbarkeit. Mittels resonanter Anregung und Auslese beabsichtigen wir, den Spin-Kontrast auf bis zu 50% zu erhöhen. Ziel des Projektes ist es, Spin-Photonen- Verschränkung mit einer einzelnen Silizium-Fehlstelle zu erreichen. Dies ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu Quanteninformationsübertragung und Quantennetzwerken.