

กฤษณะ แซ่โก : การศึกษาอันตรกิริยาของควอนตัมบิตสองตัวในระบบควอนตัมรีจิสเตอร์ที่ประกอบด้วยอิเล็กตรอนและนิวเคลียร์สปินในเพชร (STUDY OF TWO-QUBIT INTERACTIONS IN AN ELECTRON-NUCLEAR SPIN QUANTUM REGISTER IN DIAMOND) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สรวิศ แสงทวีสิน, 49 หน้า.

คำสำคัญ : ตำแหน่งไนโตรเจนที่ว่างในโครงสร้างของเพชร/ กระบวนการอ่านค่าการสั่นพ้องของสนามแม่เหล็กด้วยเทคนิคเชิงแสง/ ควอนตัม/ คิวบิต/ คาร์บอนไอโซโทป 13

ตำแหน่งไนโตรเจนที่ว่าง (NV center) ในโครงสร้างของเพชรเป็นระบบสปินในสถานะของแข็งที่สามารถนำมาควบคุมให้เป็นควอนตัมบิตสำหรับการคำนวณเชิงควอนตัมได้ อย่างไรก็ตามการขยายขนาดของระบบที่มีควอนตัมบิตมากกว่าหนึ่งตัวขึ้นไปเพื่อทำเป็นควอนตัมรีจิสเตอร์นั้นยังคงเป็นปัญหาที่ท้าทายเนื่องจากตำแหน่งไนโตรเจนที่ว่างสองตำแหน่งส่วนมากมีอันตรกิริยาต่อกันไม่เพียงพอ แต่ในระบบนี้ยังมีนิวเคลียร์สปินของคาร์บอนไอโซโทป 13 ที่มีปฏิกิริยาไฮเปอร์ไฟน์กับ NV center ใกล้เคียง ซึ่งมีขนาดเพียงพอที่จะนำมาใช้เพื่อเพิ่มจำนวนของควอนตัมบิตในระบบได้นอกจากนี้ข้อดีของการนำนิวเคลียร์สปินมาใช้ทำควอนตัมบิตคือมีระยะเวลาในการทำงานที่ยาวนานกว่าระบบของ NV ที่มาจากอิเล็กตรอนเป็นผลมาจากการมีค่าอัตราของการหมุนในสนามแม่เหล็กที่ต่ำกว่า แต่การที่นิวเคลียร์สปินมีค่าอัตราการหมุนในสนามแม่เหล็กที่ต่ำทำให้ยากต่อการควบคุมโดยตรงในงานวิจัยนี้ได้สาธิตการควบคุมและสังเกตพฤติกรรมของนิวเคลียร์สปินของคาร์บอนไอโซโทป 13 ที่ปฏิกิริยาไฮเปอร์ไฟน์ ขนาด 6.5 เมกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งอาศัยเพียงการควบคุมผ่านอิเล็กตรอนโดยที่ไม่มีการใส่คลื่นวิทยุเข้าไปควบคุมนิวเคลียร์สปินโดยตรง จากผลการทดลอง เราได้ค่าอัตราการหมุนในสนามแม่เหล็กของนิวเคลียร์สปินเท่ากับ 6.9 ± 0.1 กิโลเฮิร์ตซ์ต่อเกาส์ พร้อมทั้งแสดงการลดทอนของสัญญาณที่ถูกรบกวนจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบ นอกจากนี้เรายังรายงานข้อมูลเฟสของนิวเคลียร์สปินที่ถูกสะสมในชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนสปิน $m_s = -1$ และประยุกต์นำผลตรงนี้มาใช้ในการควบคุมเฟสของนิวเคลียร์สปิน ในส่วนสุดท้ายเรายังแสดงให้เห็นถึงความไม่สมบูรณ์ของการถ่ายโอนประชากรของสปินที่จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบให้ดีขึ้นในอนาคตอีกด้วย

KRITSANA SAEGO : STUDY OF TWO-QUBIT INTERACTIONS IN AN ELECTRON-NUCLEAR SPIN QUANTUM REGISTER IN DIAMOND. THESIS ADVISOR : SORAWIS SANGTAWESIN, Ph.D. 49 PP.

Keyword: NV center in diamond/optically detected magnetic resonance (ODMR)/quantum/ qubit/ ^{13}C nuclear spins

The nitrogen vacancy (NV) center in diamond is one of the solid-state spin systems that can be manipulated as a qubit for quantum computing. However, scaling up the system to perform as a quantum register is challenging due to the weak dipole interaction between two NV centers. On the other hand, ^{13}C nuclear spins that reside within the diamond lattice can be used as additional qubits for scaling up the system, as they have hyperfine interactions with the NV center electronic spin. In general, nuclear spins exhibit a longer coherence time compared to the electron spin due to the lower gyromagnetic ratio. Nevertheless, this weak interaction also makes it difficult to directly control the nuclear spin. In this work, we demonstrated a scheme to control and observe the dynamics of nuclear spin with a hyperfine splitting of 6.5 MHz using an indirect pulse sequence that operated only the electron spin in absence of any RF signal. Our results reveal a nuclear spin free precession with a gyromagnetic ratio of 6.9 ± 0.1 kHz/Gauss and signal decay from the environment noise. Furthermore, one can observe the nuclear spin phase accumulation in electronic spin $m_s = -1$ manifold and apply it to control their phase. Finally show the reduced contrast results from incomplete population transfer during the operation that can be improved in the future.

School of Physics
Academic Year 2024

Student's signature นางสาว: วนิดา
Advisor's signature ศาสตราจารย์: สรวิศ