

LV 704103, SS 2015

Seminar mit Bachelorarbeit: Experimentalphysik

Themenauswahl aus dem Forschungsgebiet
Supraleitende Qubits und Resonatoren

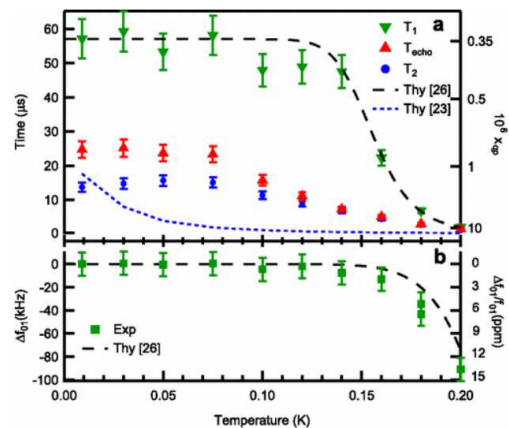
Betreuung: Gerhard Kirchmair

Themenauswahl

1. 3D Supraleitende Qubits
2. Die Quantenzustandsentwicklung eines Supraleitenden Qubits während einer Messung
3. Photon Wechselwirkung zwischen zwei künstlichen Atomen zur Erzeugung nicht klassischer Zustände

1. 3D Supraleitende Qubits

In jüngster Zeit wurden enorme Fortschritte in der Manipulation von Quanteninformation mit Supraleitenden Qubits gemacht, angefangen von der Demonstration von Quantengattern über die Erzeugung von Verschränkten Zuständen bis zur Demonstration von Quantenfehlerkorrektur. Eine der größten offenen Fragen zur Skalierbarkeit dieser Systeme für einen Quantencomputer war, wie man die Speicherzeit für Quanteninformation in diesen Schaltkreis erhöhen kann. Eine vor kurzem entwickelte neue Architektur – 3D Supraleitende Qubits – ermöglicht eine bisher unerreichte Speicherzeit für Quanteninformation. Diese verbesserten Speicherzeiten versprechen die Implementierung von komplizierteren Quantenalgorithmien in zukünftigen Experimenten.



PRL 107, 240501 (2013)

Die Bachelorarbeit soll die Grundlagen von Supraleitenden Quantenbits (Josephson Effekt, Charge Qubit, Transmon) erläutern und das Funktionsprinzip dieser neuen Architektur zur Verbesserung der Speicherzeiten veranschaulichen.

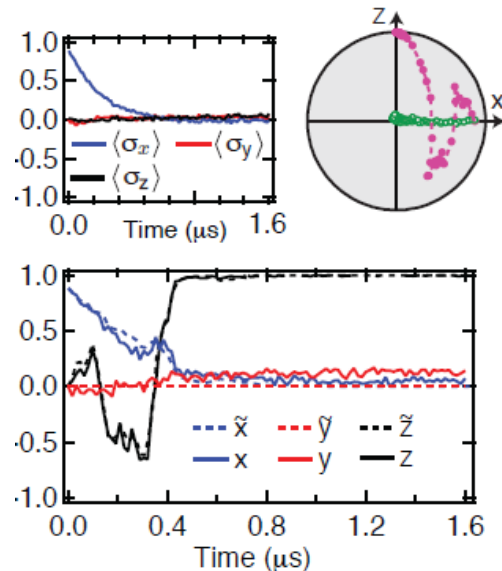
Literatur:

- Observation of High Coherence in Josephson Junction Qubits Measured in a Three-Dimensional Circuit QED Architecture
Hanhee Paik et.al. Phys. Rev. Lett. 107, 240501 (2011)
<http://prl.aps.org/abstract/PRL/v107/i24/e240501>
- Steve Girvin – Les Houces Lecture Notes – Superconducting Qubits and Circuits
- Thesis by Adam Sears
- Ten Milliseconds for Aluminum Cavities in the Quantum Regime
M. Reagor et.al.
<http://arxiv.org/abs/1302.4408>

2. Die Quantenzustandsentwicklung eines Supraleitenden Qubits während einer Messung

Der Messprozess in der Quantenmechanik ist intrinsisch zufällig. Durch die Rückwirkung der Messung auf das Quantensystem wird diese in seiner natürlichen Evolution gestört. Wenn man mehr darüber erfahren will wie der quantenmechanische Messprozess funktioniert muss man es schaffen die komplette Trajektorie der Messung aufzuzeichnen. Dies kann mit Hilfe von schwachen Messungen erfolgen die es erlauben die stochastische Entwicklung nachzuverfolgen.

Supraleitende Qubits in Kombination mit supraleitenden quantenlimitierten Verstärkern sind das perfekte System um schwache Messungen zu realisieren und zu untersuchen. Diese Messungen veranschaulichen den Zusammenhang zwischen unitärer Evolution und Kollaps der Wellenfunktion.



Nature 502, 211 (2013)

Die Bachelorarbeit soll die Grundprinzipien der Schwachen und Projektiven Zustands-Messung in Supraleitenden Qubits erklären. Um diese Messungen verstehen zu können müssen Grundlagen zu quantenlimitierten Verstärkern erarbeitet werden.

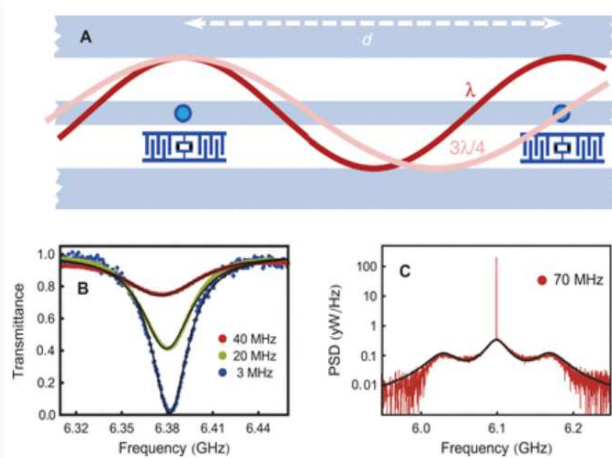
Literatur:

- Quantum Trajectories of a Superconducting Qubit
Dissertation by S. J. Weber, 2014.
http://research.physics.berkeley.edu/siddiqi/docs/Weber_thesis_final.pdf
- Observing single quantum trajectories of a superconducting qubit
K. W. Murch, S. J. Weber, C. Macklin, I. Siddiqi. Nature 502, 211 (2013).
[Nature](#)
- Observation of Quantum Jumps in a Superconducting Artificial Atom
R. Vijay, D. H. Slichter, and I. Siddiqi. Phys. Rev. Lett. 106, 110502 (2011).
[PRL](#)

3. Photon Wechselwirkung zwischen zwei künstlichen Atomen über eine Entfernung von 2 cm.

Die Wechselwirkung von Atomen durch Austausch von Photonen ist ein fundamentaler Effekt in der Quanten Optik, Quanten Simulation und in der Quanten Informationsverarbeitung. Die Wechselwirkung von echten und virtuellen Photonen zwischen Atomen führt zu nicht trivialen Wechselwirkungen die im freien Raum typischerweise sehr schnell mit der Distanz an Stärke abnehmen.

Mit Hilfe von Supraleitenden Quanten Bits und Mikrowellenleitern ist es möglich diese Wechselwirkung zu verstärken und über große Distanzen zu transportieren. Durch die hohe Flexibilität im Design supraleitender Schaltkreise lassen sich mit Hilfe dieser Wechselwirkung nicht-klassische Zustände präparieren. Diese sogenannten „Super-radiant“ bzw. „Sub-radiant states“ sind sehr gut für Quantenkommunikation und andere Anwendungen Quanteninformationsverarbeitung geeignet.



Science 342, 1494 (2013)

Die Bachelorarbeit soll die Grundlagen der Atom-Photon Wechselwirkung bei Supraleitenden Quantenbits erläutern und die Methoden zur Erzeugung nicht klassischer Zustände mit dieser Wechselwirkung erklären.

Literatur:

- Photon-Mediated Interactions Between Distant Artificial Atoms
A. F. van Loo, A. Fedorov, K. Lalumière, B. C. Sanders, A. Blais, A. Wallraff,
Science, 2013
<http://www.sciencemag.org/content/early/2013/11/13/science.1244324.abstract>
- Observation of Dicke superradiance for two artificial atoms in a cavity with high decay rate
<http://www.nature.com/ncomms/2014/141104/ncomms6186/full/ncomms6186.html>
- Lalumiere et. al., Phys Rev A **88**, 043806, 2013
- [Interactions in waveguide quantum electrodynamics](#) (PhD thesis)
A.F. van Loo, ETH Zurich, 2014