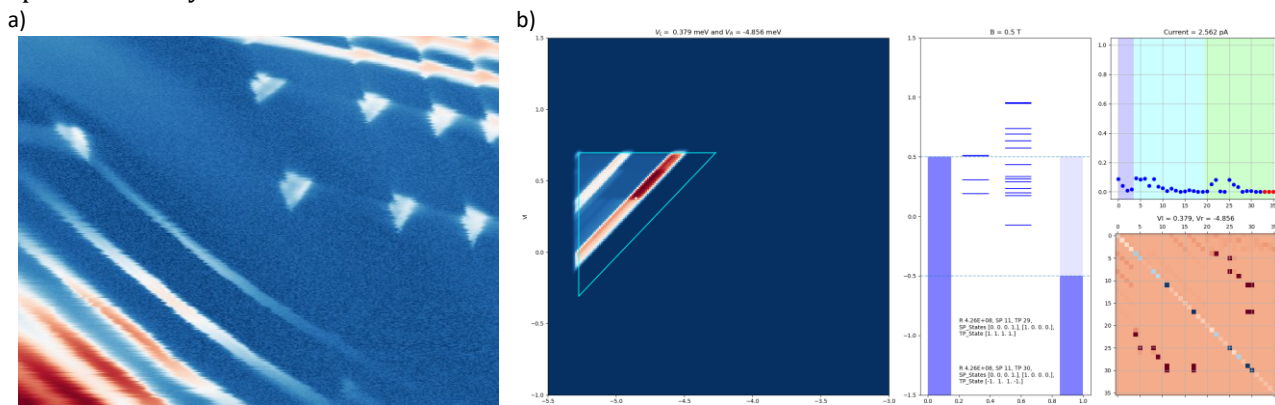


Januar 2023

Bachelorarbeit:

Simulation von Ladungstransport und Pauli-Blockade in gekoppelten Quantenpunkten in Graphen

Motivation: Die Erforschung von zweidimensionalen (2D) Materialien, wie z.B. Graphen oder hexagonalem Bornitride (hBN) zählt zurzeit sicherlich zu den spannendsten und sich am schnellsten entwickelnden Gebieten der modernen Festkörperphysik. Besonders zweilagiges Graphen (*bilayer graphene* (BLG)) ist wegen seiner steuerbaren Bandlücke von Interesse. Fortschritte in der Fabrikation ermöglichen die Herstellung von gekoppelten Quantenpunkten (*quantum dots*), vielversprechende Kandidaten um *Spin-* und *Valley Qubits* zu implementieren. Um dies zu erreichen, müssen (a) die Zustände in den QDs verstanden sein, (b) ein Blockademechanismus existieren, der eine Spin- oder Valley Information in Ladungstransport umwandeln kann, und (c) die Spin- und Valley Zustände manipuliert werden können. Wir haben bereits ein gutes Verständnis von den Zuständen in BLG QDs [Möller et. al. *Phys. Rev. Lett.* **127**, 256802 (2021)]. Dieses soll nun in einer Simulation angewendet werden, um geeignete Regime zu finden, in denen eine Blockade existiert, die Spin- und Valley selektiv ist.



(a) Transportmessung an zwei gekoppelten Quantenpunkten; in der Triple-Punkt Struktur findet Elektrontransport statt, die diagonalen Linien zeigen Lochtransport. (b) Prototyp einer interaktiven Simulation des Transports durch die Elektron-Elektron Triplepunkte, die Blockade Effekte sichtbar macht. Durch Klicken in den Triple-Punkt kann die energetische Anordnung der beteiligten Zustände und deren Besetzungswahrscheinlichkeit sichtbar gemacht werden.

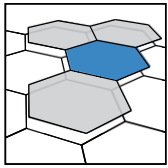
Ziel der Arbeit: Ziel dieser Arbeit ist die Weiterentwicklung einer Simulation, die den Transport durch gekoppelte Quantenpunkte beschreibt. Bisher kann lediglich der Transport durch Elektron-Elektron Quantenpunkte mit einem oder zwei beteiligten Elektronen beschrieben werden, dies soll auf den bipolaren Transport (Elektron-Loch Transport) mit bis zu vier beteiligten Ladungsträgern erweitert werden. Außerdem sollen Messdaten ausgewertet und mit der Simulation verglichen werden.

Im Rahmen der Arbeit werden Sie Erfahrungen in den folgenden Bereichen sammeln:

- elektronische Bandstrukturen, Quantenpunktphysik
- 2D Materialien und Quantenbauteile
- Simulation physikalischer Systeme mithilfe der Ratengleichung in Python.
- Mitarbeit an einem sich schnell entwickelnden Forschungsgebiet und die Möglichkeit, zu publizieren
- Fabrikation und Charakterisierung von Nanostrukturen (falls gewünscht)

Sie werden außerdem an Gruppen Seminaren und Journal Clubs teilnehmen, wo aktuelle Publikationen und laufende Experimente diskutiert und erläutert werden.

Kontakt: Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte Samuel Möller (samuel.moeller@rwth-aachen.de), Christian Volk (volk@physik.rwth-aachen.de) oder Christoph Stampfer (stampfer@physik.rwth-aachen.de).

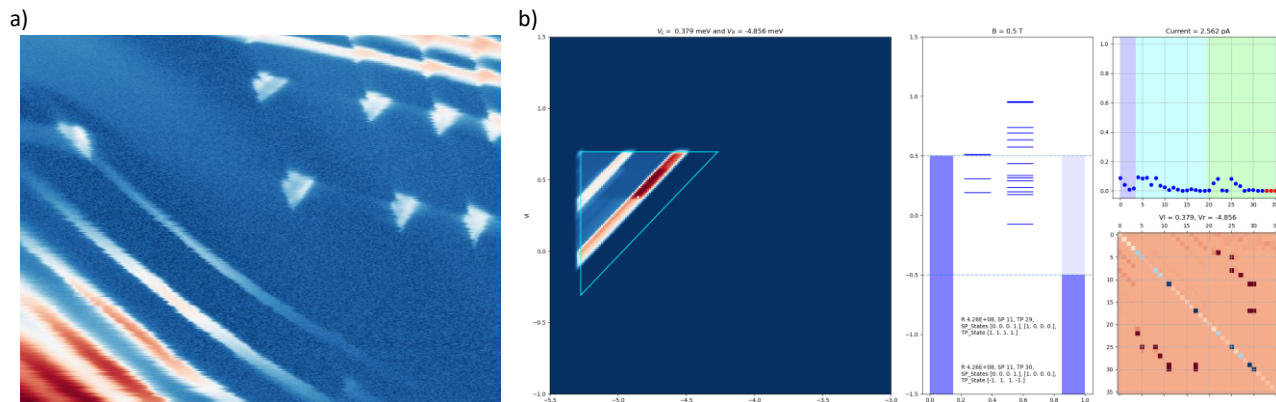


Januar 2022

Bachelor Thesis: Simulating charge transport and Pauli-Blockade in coupled bilayer graphene quantum dots

Motivation: Research in the field of two-dimensional (2D) materials such as graphene and hexagonal boron nitride (hBN) is among the most exciting and fastest growing fields in modern solid state physics. Bilayer graphene (BLG) is especially attractive as it offers an electric field tunable band gap.

Today's technology allows the fabrication of single and multi-quantum dot (QD) devices in BLG. These devices are promising for implementing spin- and valley qubits. To achieve this, one has to (a) understand the states in BLG QDs, (b) find a blockade mechanism that transforms spin- or valley information to charge transport, and (c) be able to manipulate spin- and valley states. Already, we have a good understanding of the states in BLG QDs [Möller et. al. *Phys. Rev. Lett.* **127**, 256802 (2021)]. This knowledge is now to be applied in a simulation of coupled BLG QDs in order to find a suitable regime where a spin- and valley selective blockade exists.



(a) Transport measurement of two coupled quantum dots. The triple point structure shows electron transport, the diagonal lines show hole transport. (b) Prototype of an interactive simulation of transport through an electron-electron triple point. Clicking in the triple point shows the energetic ordering of the involved states and their occupation probability.

Aim of the thesis: The main aim of your thesis is the improvement and extension of a simulation describing the transport through electron-electron double quantum dots. This simulation is to be extended to the ambipolar case (electron-hole transport) with up to four involved charge carriers. Additionally, you will evaluate experimental data and compare them to the simulation.

You will gain experience in the following areas:

- Electronic bandstructures, quantum dot physics
- 2D materials and quantum devices
- Simulation of physical systems in Python using the rate equation
- Research in a fast developing field and the possibility to contribute to publications
- Fabrication and characterization of quantum devices (if desired)

Furthermore, you take part in group seminars and journal clubs where you follow current developments in this field of research and discuss recent experiments.

Contact us: For further information, please contact Samuel Möller (samuel.moeller@rwth-aachen.de), Christian Volk (volk@physik.rwth-aachen.de) or Christoph Stampfer (stampfer@physik.rwth-aachen.de). More information about our work you can find at www.stampferlab.org and www.graphene.ac.