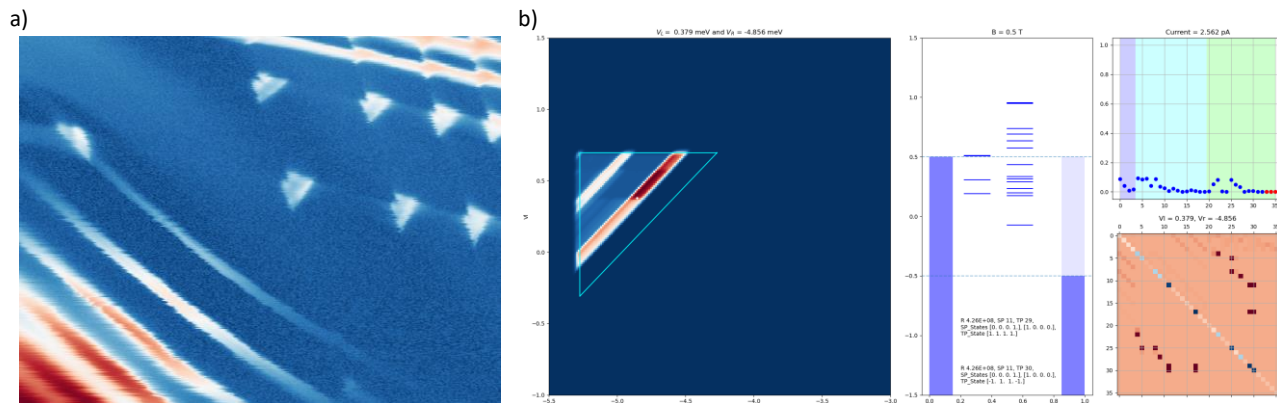


Januar 2022

Bachelorarbeit:

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

Motivation: Die Erforschung von zweidimensionalen (2D) Materialien, wie z.B. Graphen oder hexagonales Bornitrid (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*). Diese sind vielversprechende Kandidaten für die Quanteninformationstechnologie, bei denen Quantenbits (*spin qubit*, *valley qubit*) in BLG Quantenpunkte implementiert werden. Dazu wird ein Blockade-Prozess benötigt, der den Transport durch die Quantenpunkte abhängig vom besetzten elektronischen Zustand verbietet oder nicht. Die Zustände in BLG Quantenpunkten zeigen eine reichhaltige Magnetfeldabhängigkeit, weshalb es potentiell unterschiedliche Regime gibt, in denen eine Blockade stattfinden kann. Mithilfe einer Simulation sollen diese Blockadezustände gefunden und verstanden werden.



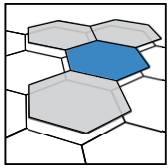
(a) Transportmessung an zwei gekoppelten Quantenpunkten; in der Triple-Punkt-Struktur findet Elektrontransport statt, die diagonalen Linien zeigen Lochtransport. (b) Prototyp einer interaktiven Simulation des Transports durch die Elektron-Elektron Triplepunkte, die Blockade Effekte sichtbar macht. Durch 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) erweitert und mit experimentellen Daten verglichen werden.

Ihre Aufgabe: Der Fokus ihrer Arbeit liegt auf der Weiterentwicklung der Simulation in **Python**. Zusätzlich soll die Berry Krümmung in der BLG Bandstruktur numerisch berechnet werden, um das magnetische Moment der Zustände abzuschätzen. Dabei werden Sie Ihr Wissen über diese Themen erweitern:

- Simulation physikalischer Systeme mithilfe der Ratengleichung
- Quantenphysik, elektronische Bandstrukturen
- 2D Materialien und Quantenbauteile

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). Mehr Information zu unserer Arbeit können Sie auch unter www.stampferlab.org und www.graphene.ac finden.



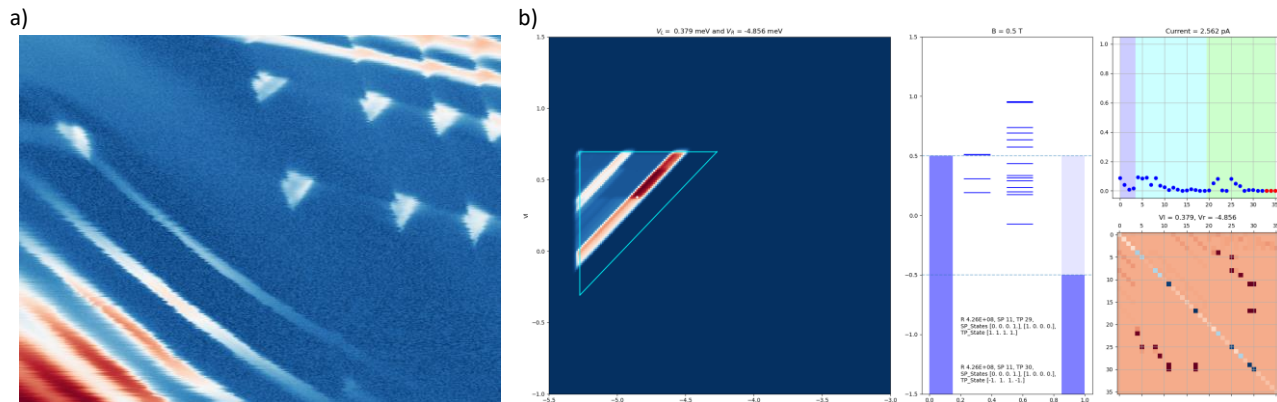
Januar 2022

Bachelor Thesis:

Simulating charge transport and Pauli-Blockade in ambipolar 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 devices in BLG. These devices are promising for quantum computation: Quantum bits such as spin or valley qubits might be implemented in BLG quantum dots. They require a blockade process which forbids or allows transport through the quantum dots depending on the occupied state. The states in BLG quantum dots show a rich magnetic field dependence with different regimes where blockade can occur. These regimes are to be found and explained by means of a simulation.



(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) and then compared to experimental data.

Your tasks: The focus of your work is the progression of the simulation in **Python**. Additionally, the Berry curvature of the BLG band structure should be calculated numerically in order to estimate the magnetic moment of the BLG quantum dot states. You will gain experience in the following topics:

- Simulation of physical systems using the rate equation
- Quantum physics, electronic band structures
- 2D materials and quantum devices

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.