

Circuit type simulations of the quantum electron transport

The quantum nature of electrons is one important aspect of nano structures research. In order to move on from basic research towards a realization of quantum devices, a much better understanding of quantum electron transport is required. In addition, flexible tools for modelling of realistically shaped device structures are needed. The so-called quantum Hall effect is a very prominent example, where some of the major aspects of quantum physics in electron transport are involved. Hence, some of the major aspects of quantum electron transport can be studied on a very fundamental level in the context with the quantum Hall effect. The importance of this effect for basic physics is evident from the fact, that two Nobel prizes have been awarded for research in this field. But still there are controversial discussions about various aspects of this effect, which further more underlines the importance of research in this field. We have successfully developed a model for quantum electron transport in the quantum Hall effect regime on the basis of a network approach. This model is the first and presently the only one in the world, which is able to simulate realistically shaped sample structures in almost perfect agreement with the experimental data. On the one hand we see our model as a new tool for addressing still unresolved questions of quantum Hall physics; on the other hand we see the big potential for applying our model also to other related research fields concerning current transport, including the classical transport regime. Since in quantum devices both, quantum electron transport and classical current transport will be important, we see the chance that our approach might provide a basis for an all-in-one model for device simulation.

Schaltkreisartige Simulationen des Quanten Elektron Transportes

Die Quantennatur und die quantenphysikalischen Eigenschaften von Elektronen gehören zu den wichtigsten Gesichtspunkten bei der Erforschung von elektronischen Nanostrukturen. Um von der Grundlagenforschung zu einer Umsetzung in Quanten-Bauelementen (Stichwort: Quanten-Computer) zu kommen, ist aber noch ein viel tieferes Verständnis der elektrischen Quantentransportphänomene notwendig. Zusätzlich sind dafür auch flexibel einsetzbare Simulationsmodelle für Bauteile mit realistischen Strukturen notwendig. Der Quanten Hall Effekt ist einer der bekanntesten Effekte, in den viele Aspekte der Quantenphysik involviert sind. Daher können wichtige Aspekte des Quanten Elektronen Transportes anhand des Quanten Halleffektes auf sehr fundamentalem Niveau untersucht werden. Die Bedeutung dieses Effektes in der physikalischen Grundlagenforschung kann auch daran ermessen werden, dass zwei Nobelpreise für Physik in Zusammenhang mit der Erforschung dieses Effektes vergeben wurden. Aber selbst heute, mehr als 20 Jahre nach dessen Entdeckung, gibt es immer noch kontroverse Diskussionen über dessen Ursachen, was einmal mehr die Wichtigkeit der Erforschung dieses Effektes unterstreicht. Bereits in der näheren Vergangenheit ist es uns gelungen, ein Model auf Basis eines Netzwerkes zur Simulation von Quanten Hall Effekt Experimenten zu entwickeln. Es ist zurzeit das weltweit erste und einzige Modell dieser Art, welches es ermöglicht, Simulationsergebnisse für realistische Probenstrukturen zu erhalten, die nahezu perfekt mit den experimentellen Daten übereinstimmen. Einerseits betrachten wir unser Modell als ein Werkzeug für einen alternativen Zugang zu noch offenen Fragen des Quanten Hall Effektes, andererseits sehen wir auch eine große Chance, unseren Modellansatz auch für andere Forschungszweige betreffend elektrischen Transport, inklusive klassischer Stromtransport, anzuwenden. Da bei künftigen, auf Quanteneffekten aufbauenden Bauelementgenerationen immer auch der klassische Elektronentransport eine Rolle spielen wird, sehen wir unser Modell als mögliche Grundlage für eine allumfassende Bauteilsimulation, die den klassischen und den Quantentransport mit einschließt.