

Kurzfassung zur Dissertation

Ballistischer Transport und thermoelektrische Effekte in asymmetrischen Si/SiGe-Nanokreuzen

ehemals Lehrstuhl für Werkstoffe und Nanoelektronik

von M.Sc. Gang Qiao

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden quantenballistische und thermoelektrische Effekte in eindimensionalen (1D) Si/SiGe-Heterofeldeffektstrukturen im linearen und nichtlinearen Regime untersucht.

Durch *bandstructure engineering* und Modulationsdotierung entsteht in pseudomorph verspannten Si/SiGe-Heterostrukturen am Heteroübergang ein Quantenfilm mit einer hohen Elektronenbeweglichkeit. Ausgehend von diesen Schichten können 1D-Systeme durch laterale Strukturierung mittels Elektronenstrahl-Lithographie (EBL) und schädigungsarmes reaktives Ionenätzen realisiert werden. Der Prozess kombiniert die nahezu proximityfreie Niederenergie-EBL mit Standard-Fotolithografie. Für die hochauflösende EBL dient Calixaren als Negativresist. Zur elektrischen Charakterisierung der Bauelemente bei der Temperatur von flüssigem Helium wird sowohl die *Lock-In*-Technik als auch ein *Semiconductor Parameter Analyzer* verwendet.

Der stufenförmige Quantenleitwert lässt sich bei Vielfachen von $4e^2/h$ nach der Korrektur des Serienwiderstandes beobachten. Die Ursache für die sogenannte 0.7-Anomalie in Si/SiGe ist vermutlich eine Spin- oder Valleyaufspaltung. Um den Energieabstand zwischen benachbarten Subbändern zu bestimmen werden zwei verschiedene Methoden der Transport-Spektroskopie eingesetzt. Im Vergleich zu GaAs/AlGaAs treten bei Si/SiGe zusätzliche Strukturen in der Graustufendarstellung auf. Ein maximaler Subbandabstand $\Delta E_{1,2} = 4.0$ meV wird bei einer Ätztiefe von 63 nm und einer Drahtbreite von 40 nm erreicht.

Die Strom-Spannungs-Charakteristik zeigt den auf Phononemission basierenden negativen differentiellen Leitwert in Bauelementen mit lokaler Engstelle. In nichtlokaler Vierpunkt-Messkonfiguration wird ein negativer *Bend Resistance* nur bei kleinen Strömen ausgebildet. Für höhere Ströme führt die Ladungsträgeraufheizung durch Phononemission zum Übergang vom ballistischen ins diffusive Transportregime, und der *Bend Resistance* wird dann positiv.

Zur Untersuchung der Thermospannung heißer Elektronen wurden orthogonale Kreuze aus 100 nm breiten Wellenleitern geformt, bei denen in eine der vier Zuleitungen ein 40 nm breiter Quantendraht implementiert wurde. Das Elektronensystem wurde über einen Strom durch das breitere Wellenleiterpaar geheizt und über das andere Wellenleiterpaar die Thermospannung am Quantendraht abgegriffen. Die Oszillation der Thermospannung spiegelt die Besetzung von 1D-Subbändern mit steigender Gatespannung wider. Deutlichere Oszillationen werden im Thermostrom anstelle der Thermospannung beobachtet. Durch eine zusätzlich angelegte Gleichspannung über dem Quantendraht wird als neue spektroskopische Technik die Thermostromspektroskopie begründet und mit der Transportspektroskopie verglichen. Da das Thermospannungssignal zur elektrischen Heizleistung proportional ist, wirkt das Nanokreuz als ballistischer Gleichrichter. Der Quantendraht geringster Breite (40 nm) liefert das höchste Ausgangssignal von 3.1 mV bei 7 μ A Heizstrom. Der maximale Transferwiderstand (Thermospannung / Heizstrom) von 630 Ω bei 1.2 μ A wird bei der Temperatur von $T = 4.2$ K erreicht und fällt bis $T = 100$ K auf 90 Ω ab.