



Zusammenfassung

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden durch die Integration von quasi eindimensionalen Nanodrähten enorme Fortschritte bei der Miniaturisierung von opto-elektronischen Bauelementen und sensorbasierten nano-elektromechanischen Systemen erzielt. Für die Entwicklung von Nanodraht basierten Bauelementen der nächsten Generation ist es unerlässlich, die zugrundeliegenden Deformationsmechanismen und deren Mechanik zu untersuchen.

Die vorliegende Arbeit demonstriert die Analyse des mechanischen Verhaltens von Halbleiter Nanodrähten aus Galliumarsenid (GaAs), die mittels Molekularstrahlepitaxie auf Siliziumsubstrat gewachsen sind. Das mechanische Verhalten der Nanodrähte wurde durch in-situ Biegeversuche im Rasterelektronenmikroskop und in Kombination mit Röntgenbeugung untersucht. Infolge der rasanten Entwicklung von Röntgenfokussieroptiken stehen inzwischen an verschiedenen Synchrotronanlagen nanometergroße Röntgenstrahlen zur Verfügung, die es ermöglichen, einen einzelnen Nanodraht zu untersuchen

Das erste Ziel dieses Manuskripts war es, die Auswirkung einer systematischen dynamischen Belastung, d.h. elektromechanisch induzierter Vibrationen, auf einzelne Nanodrähte mit Hilfe der Bragg Beugungsabbildung zu untersuchen. Die parametrische Studie wurde entweder durch die Variation der Amplitude der Resonanz oder der Verweilzeit durchgeführt. Das ex-situ-Experiment, das die kristalline Struktur und die Phasen dieser vibrierenden NWs untersuchen sollte, war für März 2020 geplant, aber aufgrund der Ausbreitung der COVID-19-Pandemie wurde das Experiment von der Synchrotronanlage abgesagt.

Das zweite Ziel dieser Arbeit war es, die anelastische Dehnungsrelaxation der Nanodrähte zu identifizieren, die als direkte Folge von Cantilever-Biegeversuchen und Knickversuchen an freistehenden Be-dotierten GaAs-Nanodrähten beobachtet wurde. Die anelastische Dehnung wurde mit Hilfe eines digitalen Bildkorrelationsalgorithmus abgeleitet. Die Ergebnisse wurden mit FEM-Simulationen unter Berücksichtigung eines Systems von hochgradig gekoppelten nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen verglichen. Die Übereinstimmung zwischen FEM-Simulationen und gemessenen Daten bringen die anelastische Relaxation schlüssig mit dem Gorsky-Effekt in Nanodrähten in Verbindung.

Be-dotierte GaAs-Nanodrähte wurden weiter in der lateralen Dreipunkt-Biegekonfiguration mit Hilfe des Rasterkraftmikroskops für in-situ nanofokussierte Röntgenbeugung an der Beamline P23 untersucht. Die Biegung der Nanodrähte wurde durch die laterale Bewegung des Rasterkraftmikroskops induziert und in-situ mittels nanofokussierte Röntgenbeugung detektiert. Die Nanodrähte zeigten elastische Deformation, plastische Deformation und eine zeitabhängige anelastische Relaxation. Die anelastische Relaxation hat einen Diffusionskoeffizienten von $2.71 \times 10^{-13} \text{ cm}^2/\text{s}$, was mit dem FEM Modell übereinstimmt und auf das Vorhandensein eines durch den Gorsky-Effekt angetriebenen Mechanismus hinweist.