

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die atomare Oberflächenstruktur von Si(100)- und Ge(100)-Oberflächen untersucht, die mittels metallorganischer chemischer Gasphasenabscheidung (MOCVD) für anschließende Heteroepitaxie von III-V-Halbleitern präpariert wurden. An der Grenzfläche des Gruppe-IV-Substrates zur III-V-Schicht führen atomare Einfachstufen auf der Substratoberfläche zu Antiphasenunordnung in der epitaktisch gewachsenen Schicht. Dies kann jedoch durch Erzeugung von atomaren Doppelstufen auf dem Substrat vermieden werden. Die MOCVD-Prozessgasumgebung hat einen starken Einfluss auf die Domänen- und Stufenbildung der Si(100)- und Ge(100)-Oberfläche. Deswegen wurden in situ Reflexions-Anisotropie-Spektroskopie (RAS) und verschiedene Ultrahochvakuum-(UHV)-basierte oberflächensensitive Messmethoden verwendet, um die verschiedenen Oberflächen in Abhängigkeit von der Präparation zu charakterisieren. In situ RAS ermöglicht die Identifizierung der Oberflächenstruktur sowie Zuordnung der entscheidenden Prozessschritte und somit auch Kontrolle über die Oberflächenpräparation, insbesondere der Domänenbildung auf Si(100)- und Ge(100)-Oberflächen. Sowohl Si(100) als auch Ge(100) zeigen eine starke Wechselwirkung mit dem Prozessgas H_2 , die letztlich zur Bildung einer Monohydrid-Bedeckung der Oberflächen während der Präparation führt. Detaillierte Analyse verschiedener Si(100)-Oberflächen und Einflüsse der Hauptprozessparameter weisen auf Si-Abtrag während der Präparation unter hohem H_2 -Druck hin. Die Erzeugung von Leerstellen auf den Terrassen bewirkt eine kinetisch bedingte Oberflächenstruktur, basierend auf Diffusion von Si-Leerstellen und Atomen. Entsprechend unserer in situ RAS- und Rastertunnelmikroskopie-(STM)-Messungen führt dies auf verkippten Si(100)-Substraten zur Bildung von ungewöhnlichen D_A -Doppelstufen, bei denen die Dimere auf den Terrassen senkrecht zur Stufenkante orientiert sind, während auf exakten Si(100)-Substraten ein schichtweiser Abtragsprozess stattfindet. Präparation unter niedrigem H_2 -Druck hingegen führt zu einer Domänen- und Stufenstruktur, die energetisch bedingt ist. Im Gegensatz zur Si(100)-Oberfläche zeigen verkippte Ge(100)-Oberflächen keinen direkten Einfluss der H_2 -Prozessgasumgebung auf die Stufenstruktur. Bei der Ge(100)-Oberfläche ist der Einfluss von Gruppe-V-Elemente auf die Stufen- und Domänenbildung sowie auf die nachfolgende III-V-Nukleation entscheidend. In dieser Arbeit wurde der Einfluss von As- und P-Angebot auf die Ge(100)-Oberfläche untersucht. Detaillierte Untersuchungen der As-terminierten Ge(100)-Oberflächen zeigen die Ausbildung von eindomänigen Oberflächen unterschiedlicher Dimerorientierung und deutlich unterschiedlicher Stufenstruktur in Abhängigkeit von Temperatur und As-Quelle. Angebot von P an Ge(100)-Oberflächen durch Heizen in Tertiarybutylphosphin führt zu einer ungeordneten, P-terminierten Ge(100)-Oberfläche, wie Beugung niederenergetischer Elektronen (LEED) zeigt. Den in situ RAS-Messungen zu Folge ist die Ge(100):P-Oberfläche instabiler als die Ge(100):As-Oberfläche. Die nachfolgende III-V-Heteroepitaxie auf Gruppe-IV(100)-Substraten hängt empfindlich von der Domänenausbildung der Si(100) und Ge(100)-Oberflächen ab. Hier wurde RAS als in situ Messmethode zur Kontrolle aller Prozessschritte während der Präparation von Si(100) und Ge(100) in MOCVD-Umgebung etabliert.