

# Kapitel 6

## Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Deposition der dreidimensional (3D) kristallisierenden II-VI Halbleiter ZnSe und CdTe auf den van der Waals-Oberflächen der zweidimensional (2D) aufgebauten III-VI-Schichtgitterchalkogenide GaSe und InSe sowie des ebenfalls schichtgitterartig kristallisierenden HOPG („highly oriented pyrolytic graphite“). Die systematische Untersuchung dieser so genannten „Quasi-van der Waals“-Epitaxiesysteme (QvdW-Epitaxie: 3D/2D) durch Variation der zugänglichen Depositionsparameter (Substrattemperatur, Depositionsrate) stellt eine Weiterführung des ursprünglichen Ansatzes der van der Waals-Epitaxie (vdW-Epitaxie: 2D/2D) von zweidimensional aufgebauten Stoffen auf schichtgitterartigen Substraten dar. Dabei erfolgt die Auswahl der untersuchten QvdW-Systeme vor dem Hintergrund, grundlegende Aussagen über die Besonderheiten QvdW-epitaktischer Systeme zu gewinnen. Neben der Epitaxie der genannten II-VI Halbleiter auf den angegebenen Schichtgittersubstraten wurde zusätzlich versucht, gezielt durch Modifikation der van der Waals-Oberflächen Einfluss zu nehmen auf das Nukleations- bzw. Wachstumsverhalten der Deponate.

Die Ergebnisse für die QvdW-Systeme II-VI/III-VI zeigen, dass es trotz Variation der Depositionsparameter und Modifikation der Substratoberflächen nicht gelingt, lagenartiges Wachstum (Frank-van der Merwe-Modus) der abgeschiedenen II-VI Halbleiter zu erzielen. Für alle untersuchten Systeme zeigt sich unter optimierten Wachstumsbedingungen die Ausbildung dreidimensionaler epitaktischer Inseln auf den van der Waals-Oberflächen. Die II-VI-Inseln wachsen (111)-orientiert auf und zeigen ebenfalls eine azimuthale Epitaxierelation zum III-VI-Substrat. Nachgewiesen wurde zudem die Möglichkeit, die van der Waals-Oberflächen in Se-Atmosphäre unter den üblichen Depositionsbedingungen reaktiv zu verändern, so dass für die Systeme ZnSe/III-VI eine Reaktions-Zwischenschicht an der Grenzfläche angenommen wird. Im Rahmen der elektronischen Bandanpassung zeigen die untersuchten Systeme einen systematischen Unterschied zu den ähnlichen QvdW-Systemen II-VI/TMDC.

Mit der Ausweitung der Untersuchungen auf die Verwendung einer van der Waals-artigen GaSe-Halblagen-Pufferschicht im QvdW-System ZnSe/GaSe/Si(111) (3D/2D/3D) folgt die Arbeit dem technisch anwendungsrelevanten Ansatz der Heteroepitaxie gitterfehlangepasster Halbleiterstrukturen.

Die Ergebnisse hierzu ergeben wie im System II-VI/III-VI die nicht überwindbare Eigenschaft der II-VI Halbleiter auf der van der Waals-Fläche der GaSe-Halblage in Form dreidimensionaler, epitaktischer Inseln aufzuwachsen. Allerdings zeigt sich dabei ein im Vergleich zum System ZnSe/GaSe unterschiedliches Nukleationsverhalten. Mittels Röntgen-Photoelektronen-Beugung (XPD) konnte die Epitaxierelation im Quasi-van der Waals-System ZnSe/GaSe-HL:Si(111) weiter aufgeklärt werden. Hierbei zeigt sich das (111)-orientierte Wachstum von ZnSe auf der GaSe-HL(111)-Fläche mit einer azimuthalen Ausrichtung von ZnSe[11 $\bar{2}$ ] entlang GaSe-HL:Si[11 $\bar{2}$ ].