

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Institut für Physik

Fachgebiet: *Experimentalphysik*

Betreuer: Prof. Dr. Tobias Korn

Annika Bergmann-Iwe

(Email: annika.bergmann@uni-rostock.de)

Optische Untersuchung von Grenzflächeneffekten in Van-der-Waals-Heterostrukturen

Deutsche Zusammenfassung

Atomar dünne Schichten halbleitender Übergangsmetalldichalkogenide (engl. TMDCs) lassen sich zu Heterostrukturen zusammensetzen. Dabei sind eine saubere Grenzfläche und ein guter Interlagenkontakt zwischen beiden Materialien unabdingbar, um Vorgänge wie unter anderem Ladungstransfer, der zur Ausbildung von Interlagenexzitonen führt, zu beobachten. Diese Arbeit betrachtet verschiedene an der Van-der-Waals-Lücke ablaufende Prozesse, die über eine rein elektronische Betrachtung hinaus gehen. Untersucht werden an der Grenzfläche auftretende Effekte zwischen (i) zwei TMDC-Materialien, wobei die Auswirkung guter Interlagenkopplung auf die Phonon-Moden im Vordergrund steht. Mittels Ramanspektroskopie wird eine selektive Verstärkung der WS_2 A_{1g} -Mode in MoS_2/WS_2 -Heterostrukturen charakterisiert. Bei den verwandten $\text{MoSe}_2/\text{WSe}_2$ -Heterostrukturen zeigt sich unter resonanten Anregungsbedingungen eine Interlagenresonanz, die aus der Kopplung des MoSe_2 A_{1g} -Phonons an das WSe_2 A-Exziton resultiert. Darüber hinaus werden Heterostrukturen betrachtet, die (ii) aus einer TMDC-Monolage und einem geschichteten ferromagnetischen Material bestehen. Letzteres hat über seine Magnetisierungsrichtung das Potential, die TMDC-Materialeigenschaften spinabhängig zu beeinflussen, was der Heterostruktur zusätzliche Komplexität und Funktionalität verleiht. Verwendet werden in dieser Arbeit die ferromagnetischen Materialien $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ (CGT) und Fe_3GeTe_2 (FGT). Über helizitätsaufgelöste Photolumineszenzmessungen wird sowohl in MoSe_2/CGT - als auch in MoSe_2/FGT -Heterostrukturen spinabhängiges Tunneln nachgewiesen, das in Abhängigkeit von der CGT- oder FGT-Magnetisierungsrichtung die Exziton- und Trionintensitäten moduliert.

Englische Zusammenfassung

Combining atomically thin layers of various semiconducting transition metal dichalcogenides (TMDCs) yields heterostructures in which interlayer charge transfer and interlayer excitons are observed. However, for these phenomena to occur, a clean interface and a good contact between the constituent layers are crucial. This thesis considers different interfacial mechanisms at the van der Waals gap beyond a pure electronic investigation. It examines processes emerging at the interface between (i) two TMDC materials, focusing on the impact of good interlayer coupling on their phonon modes. Via Raman measurements, a selective enhancement of the WS_2 A_{1g} mode in MoS_2/WS_2 heterostructures is characterized. Moreover, under resonant excitation, an interlayer resonance originating from a coupling of the MoSe_2 A_{1g} phonon to the WSe_2 A exciton is observed in $\text{MoSe}_2/\text{WSe}_2$ heterostructures. Furthermore, heterostructures consisting of (ii) a TMDC monolayer and a two-dimensional ferromagnetic material are investigated. Since the magnetization of the ferromagnetic layer enables a spin-dependent manipulation of the TMDC's intrinsic properties, these heterostructures gain further complexity and functionality. In this work, ferromagnetic $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ (CGT) and Fe_3GeTe_2 (FGT) films are integrated into heterostructures. Using helicity-dependent photoluminescence spectroscopy, spin-dependent tunneling is observed in both MoSe_2/CGT and MoSe_2/FGT heterostructures that modifies exciton and trion intensities depending on the ferromagnet's magnetization direction.