

September 2020

Master thesis:

Induced functionality in 2D semiconductors via dielectric screening

Motivation: The investigation of the properties of two-dimensional (2D) semiconductors certainly is one of the most exciting fields of contemporary solid-state physics. Due to their thicknesses of one or few atoms, these materials on one hand possess properties of classical (three-dimensional) solids, such as an in-plane periodicity and band structures, on the other hand show characteristic that resemble those of molecules. For example, electron-hole interactions particularly strong, such that excitons with large binding energies exist. Furthermore, their band structure is influenced by their immediate dielectric surrounding – such as by substrates and capping layers. We recently demonstrated that the bandgap of a single layer of WS_2 can be tuned by more than 100 meV through the right choice of substrate. This points towards the possibility of constructing electronic elements simply by the right choices and design of the substrate materials. In combination with more established methods of tuning material properties (such as electric and magnetic fields, strain etc.), this will possibly lead to novel applications based on 2D semiconductors in the future.

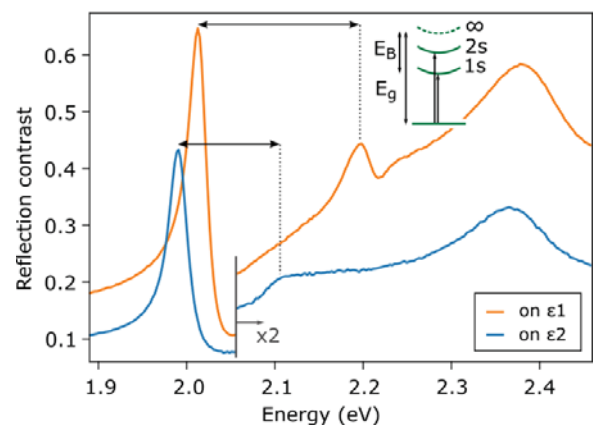
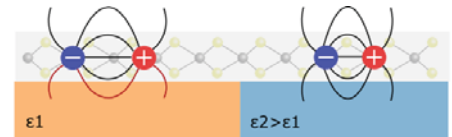


Figure 1: Sketch (top) and measured reflection spectra (bottom) of a 2D semiconductor on two different substrates, which show a change of the bandgap of more than 1

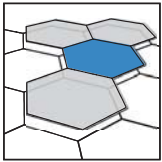
Aim of the thesis: The aim of this master thesis is to conceive and realize dielectric structures in substrates and to characterize the optical and electronic properties of 2D semiconductors in their vicinity.

Your tasks: Your tasks will include the preparation of samples based on 2D semiconductors on various substrates as well as optical spectroscopic measurements. The production of your samples will be performed in our laboratories, including our clean room facility. For the optical experiments, you will have access to our laser laboratory, equipped with various light sources, spectrometers and cryostats. Furthermore, you will be able to expand your knowledge in following topics:

- Working with state-of-the-art semiconductor manufacturing technologies in cleanroom research facilities
- Optical spectroscopic techniques
- Operation and understanding of vacuum and low-temperature (~10K) setups
- Consolidation of your knowledge about the fundamental physics of electronic bandstructures, 2D materials, physics of excitons and simple electronic components

You will also take part in group seminars and journal clubs to discuss current developments in this field of research.

Contact: For further information and interest please contact Lutz Waldecker (waldecker@physik.rwth-aachen.de) or Christoph Stampfer (stampfer@physik.rwth-aachen.de). You can also find information on our work at www.stampferlab.org and www.graphene.ac.



September 2020

Masterarbeit: Funktionalität zweidimensionaler Halbleiter mittels dielektrischer Abschirmung

Motivation: Die Erforschung der Eigenschaften zweidimensionaler (2D) Halbleiter zählt derzeit sicher zu den spannendsten Gebieten der modernen Festkörperphysik. Aufgrund ihrer Dicke von einem oder wenigen Atomen besitzen diese Materialien einerseits Eigenschaften klassischer (dreidimensionaler) Festkörper, wie z.B. Bandstrukturen, andererseits weisen sie Eigenschaften auf die denen von Molekülen ähneln. So sind zum Beispiel Elektron-Loch-Wechselwirkungen besonders stark, sodass Exzitonen mit sehr großen Bindungsenergien auftreten. Außerdem können ihre elektronischen Eigenschaften durch die direkte dielektrische Umgebung - also durch Substrate und Decklagen - beeinflusst werden. Wie wir kürzlich zeigen konnten lässt sich z.B. die Bandlücke einer einzelnen Lage von WS₂ um mehr als 100 meV durch geeignete Wahl des Substrates ändern. Dies deutet daraufhin, dass sich Bauelemente aus 2D Halbleitern auf neuartige Weise dadurch realisieren lassen, dass man deren Substrate geeignet wählt und strukturiert. In Kombination mit etablierten Arten Materialeigenschaften zu verändern (elektrische und magnetische Felder, Verspannung etc.) lassen sich möglicherweise komplett neuartige Anwendungen realisieren.

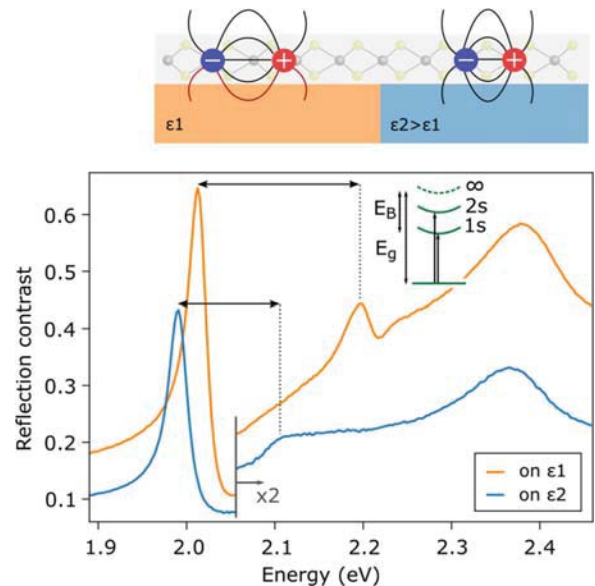


Abbildung 1: Skizze (oben) und gemessene Reflektionsspektren (unten) eines 2D Halbleiters auf verschiedenen Substraten, die eine Änderung der Bandlücke von mehr als 100 meV zeigt.

Ziel der Arbeit: Ziel dieser Masterarbeit ist es Strukturen in Substraten zu realisieren und die Eigenschaften von 2D Materialien mithilfe optischer Spektroskopie zu charakterisieren.

Ihre Aufgabe: Ihre Aufgabe umfasst die Herstellung von Proben basierend auf 2D Halbleitern und verschiedenen Substraten sowie optischen spektroskopischen Messungen. Die Fertigung der Proben werden in unseren Laboren, inklusive eines Reinraumlabor, vorgenommen werden. Für die optischen Messungen steht ein Laserlabor mit verschiedenen Lichtquellen, Spektrometern und Kryostaten zur Verfügung. In diesem Projekt können Sie außerdem Ihre Kenntnisse in folgenden Themen erweitern

- Arbeiten mit modernsten Halbleiterfertigungstechnologien in Reinraumforschungseinrichtungen
- Verständnis verschiedener optischer Spektroskopischer Messtechniken
- Betrieb und Verständnis von Vakuum- und Niedrigtemperaturaufbauten (~10 K)
- Vertiefung des Verständnisses der grundlegenden Physik elektronischer Bandstrukturen, 2D Materialien, Physik von Exzitonen und einfachen elektronischen Bauteilen

Darüber hinaus nehmen Sie an Gruppenseminaren und Journal-Clubs teil, um aktuelle Entwicklungen in diesem Forschungsgebiet zu diskutieren.

Kontakt: Für weitere Informationen und Interesse am Projekt kontaktieren Sie bitte Lutz Waldecker (waldecker@physik.rwth-aachen.de) oder Christoph Stampfer (stampfer@physik.rwth-aachen.de). Mehr Information zu unserer Arbeit können Sie auch unter www.stampferlab.org und www.graphene.ac finden.