

Juli 2023

## Masterarbeit: Optische Messungen eines Metall-Isolator Überganges

**Motivation:** Zweidimensionale Materialien besitzen eine Fülle einzigartiger Eigenschaften. Hierzu gehört, dass man verschiedene Materialien zu Heterostrukturen stapeln kann, unabhängig der jeweiligen Gitterkonstanten. In der Masterarbeit sollen Heterostrukturen aus zwei Lagen gebaut werden, wobei das Ziel ist die elektronischen Zustände der einen Lage ( $\text{TaS}_2$ ) mithilfe einer Sensorschicht aus dem Halbleiter  $\text{WS}_2$  optisch zu untersuchen.

$\text{TaS}_2$  ist ein zweidimensionales Material, welches einen Metall-Isolator Übergang bei etwa 150 K zeigt. Solche Übergänge werden traditionell mit Transportmessungen untersucht, die allerdings keine Ortsauflösung besitzen, oder mit Tunnelspektroskopie, für welche man wiederum nach oben offene Proben benötigt. Da  $\text{TaS}_2$  reaktiv ist, sind solche Messungen allerdings problematisch.

$\text{WS}_2$  ist ein 2D Halbleiter, welcher starke optisch aktive Signaturen zeigt. Diese stammen von Exzitonen (Elektron-Loch-Paare). Da diese durch Coulombwechselwirkungen zusammengehalten werden, verändern sich ihre Bindungsenergie stark, wenn sich  $\text{WS}_2$  in unterschiedlichen Umgebungen befindet, die die Wechselwirkungen abschirmen können (siehe Fig. 1a). Diese Tatsache soll hier genutzt werden, um den Phasenübergang in  $\text{TaS}_2$  zu detektieren (Fig. 1c). Die Methode verspricht also, Veränderungen in der niederenergetischen Struktur am Metall-Isolator-Übergang mit optischen Methoden und räumlicher Auflösung untersuchen zu können.

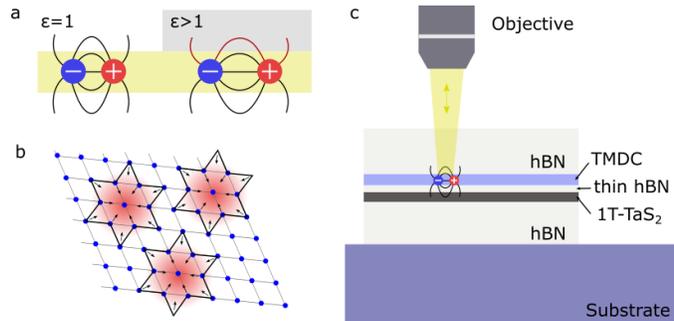
**Ziel der Arbeit:** Ziel dieser Masterarbeit ist es, den Metall-Isolator Übergang des zweidimensionalen korrelierten Materials  $1\text{T-TaS}_2$  über optische Methoden zu vermessen.

**Ihre Aufgabe:** Ihre Aufgabe umfasst die Herstellung von Proben durch Exfoliation von 2D Kristallen sowie optischen Messungen der so hergestellten Strukturen. Die Fertigung der Proben wird in einer Glovebox in unseren Laboren vorgenommen werden, wobei Sie Zugriff auf ein Transfersystem sowie auf ein automatisiertes System zur Flockensuche haben. Für die optischen Messungen steht ein voll ausgestattetes Laserlabor zur Verfügung. Sie können außerdem Ihre Kenntnisse in folgenden Themen erweitern:

- Optische spektroskopische Messtechniken
- Betrieb und Verständnis von Vakuum- und Niedrigtemperaturaufbauten ( $\sim 10$  K)
- Physik elektronischer Bandstrukturen, Phasenübergänge, exzitonischer Zustände und 2D Materialien

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](mailto:waldecker@physik.rwth-aachen.de)) oder Bernd Beschoten ([bernd.beschoten@physik.rwth-aachen.de](mailto:bernd.beschoten@physik.rwth-aachen.de)). Mehr Information zu unserer Arbeit können Sie auch unter [www.stampferlab.org](http://www.stampferlab.org) finden.



**Abbildung 1:** a) In einer Umgebung mit höherer dielektrischer Funktion werden die Coulomb-Wechselwirkungen von Exzitonen (Elektron-Loch-Paaren) stärker abgeschirmt, was zu niedrigeren Bindungsenergien führt. b)  $1\text{T-TaS}_2$  bildet bei verschiedenen Temperaturen eine periodische Gitterverformung und eine damit verbundene Ladungsdichtewelle aus. Verbunden mit den verschiedenen Phasen sind metallische oder isolierende Eigenschaften. c) Probenstruktur aus einem 2D Halbleiter (TMDC), mithilfe dessen Exzitonen der elektronische Zustand von  $\text{TaS}_2$  vermessen werden soll.