

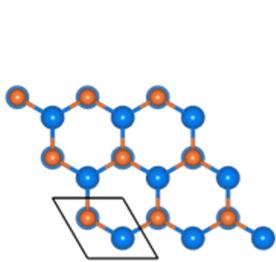


V5 – Raman-Spektroskopie an 2D-Materialien

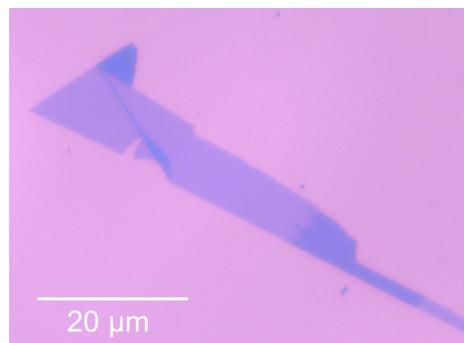
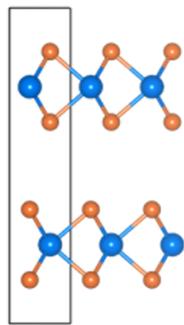
Ort: Labor C60.120 (Professur Halbleiterphysik)

Betreuer: M. Sc. Yang Pan

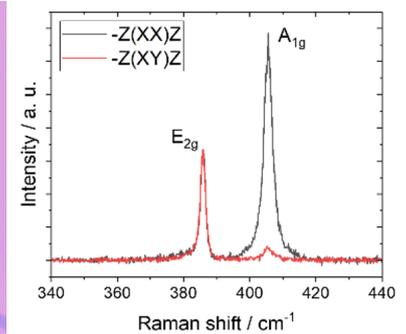
Beim Raman-Effekt stehen Licht und Materie miteinander in Wechselwirkung. Die auf die Probe eingestrahlenen Photonen können in einem Feststoff (z.B. einem Halbleiterkristall) oder in einem Molekül an Schwingungen inelastisch gestreut werden. Die dafür erforderliche Energie geht dem Photon verloren (Stokes-Verschiebung) bzw. wird dem Photon hinzugefügt (Anti-Stokes-Verschiebung). Mit einem hochauflösenden Spektrometer kann die Änderung der Photonenenergie detektiert und einer bestimmten Schwingungsmode zugeordnet werden. Jede Schwingungsmode gehorcht bestimmten Raman-Auswahlregeln, die von ihren Kristallsymmetrieelementen und der Streugeometrie abhängen. Die polarisationsabhängige Raman-Spektroskopie wird eingesetzt, um die Raman-Auswahlregeln von 2D-Halbleitern zu untersuchen.



(a) Kristallstruktur der 2H-Phase von MoS_2



(b) Lichtmikroskopische Aufnahme einer MoS_2 Monolage



(c) Raman-Spektren einer MoS_2 Monolage in parallel- und gekreuzte-Polarisation-Konfiguration

Herstellung von Monolagen aus 2D-Materialien und Charakterisierung der Anzahl der Lagen mit optischer Spektroskopie (Photolumineszenz und Raman). Untersuchung der Raman-Auswahlregeln von MoS_2 durch polarisationsabhängige Raman-Spektroskopie.

Raman-Spektroskopie, polarisationsabhängiges Raman, Schwingungsmoden, Photolumineszenzspektroskopie, 2D-Materialien, Übergangsmetall-Dichalcogenide (TMDCs)



- [1] Saito, R.; Tatsumi, Y.; Huang, S.; Ling, X.; Dresselhaus, M. S. Raman Spectroscopy of Transition Metal Dichalcogenides. *J. Phys.: Condens. Matter* 2016, 28 (35), 353002. <https://doi.org/10.1088/0953-8984/28/35/353002>.
- [2] Lee, C.; Yan, H.; Brus, L. E.; Heinz, T. F.; Hone, J.; Ryu, S. Anomalous Lattice Vibrations of Single- and Few-Layer MoS₂. *ACS Nano* 2010, 4 (5), 2695–2700. <https://doi.org/10.1021/nn1003937>
- [3] Ding, Y.; Zheng, W.; Jin, M.; Zhu, Y.; Zhu, R.; Lin, Z.; Huang, F. Raman Tensor of Layered MoS₂. *Opt. Lett.* 2020, 45 (6), 1313. <https://doi.org/10.1364/OL.384524>.
- [4] Castellanos-Gomez, A.; Buscema, M.; Molenaar, R.; Singh, V.; Janssen, L.; van der Zant, H. S. J.; Steele, G. A. Deterministic Transfer of Two-Dimensional Materials by All-Dry Viscoelastic Stamping. *2D Mater.* 2014, 1 (1), 011002. <https://doi.org/10.1088/2053-1583/1/1/011002>.
- [5] Splendiani, A.; Sun, L.; Zhang, Y.; Li, T.; Kim, J.; Chim, C.-Y.; Galli, G.; Wang, F. Emerging Photoluminescence in Monolayer MoS₂. *Nano Lett.* 2010, 10 (4), 1271–1275. <https://doi.org/10.1021/nl903868w>.

Sowie jede weitere Literatur zu Raman-Spektroskopie und 2D Materialien.

Das Versuchsprogramm umfasst die Bereiche Probenvorbereitung, Raman- und Photolumineszenz-Spektroskopie-Messungen sowie Interpretation der Ergebnisse. Dazu gehören die Arbeitsschritte:

1. Mechanische Exfoliation von Monolagen und Multilagen von MoS₂ auf Polydimethylsiloxan (PDMS).
2. Charakterisierung der Anzahl der Lagen mittels Raman- und Photolumineszenzspektroskopie.
3. Transfer von MoS₂ vom PDMS auf das Si/SiO₂ Substrat.
4. Durchführung von polarisationsabhängigen Raman-Spektroskopie-Messungen an MoS₂ Monolagen.
5. Graphische Darstellung des polaren Diagramms des MoS₂ E_{2g}- und A_{1g}-Intensitätsverhältnisses und Vergleich mit den berechneten Ergebnissen des Raman-Tensors.

Der Schwerpunkt des ersten Versuchstags liegt bei der Herstellung von Monolagen aus 2D-Materialien. Am zweiten Versuchstag werden polarisationsabhängige Raman- sowie Photolumineszenz-Spektroskopie-Messungen durchgeführt. Die Bedienung der Anlagen für die Probenherstellung sowie des Raman-Spektrometers wird Ihnen vor Ort vom Betreuer erläutert. Die einzelnen Arbeitsschritte erfolgen weitgehend eigenständig.

In diesem Versuch werden Laser der Klasse 4 verwendet. Laserstrahlung stellt eine Gefahr für das Auge dar. Der dem Versuch vorausgehenden Belehrung ist daher unbedingt Folge zu leisten.