

金テープ法と PDMS スタンプ法を組み合わせた 転写プロセスの検討



Development of a 2D Material Transfer Process Combining Gold-Assisted Mechanical Exfoliation and PDMS Stamping

筑波大数理¹ ○小久保 大地¹, 青柳 上¹, 中山 紫稀¹, 茂木 裕幸¹,
嵐田 雄介¹, 吉田 昭二¹, 武内 修¹, 重川 秀実¹

Univ. of Tsukuba¹ ○Daichi Kokubo¹, Kou Aoyagi¹, Shiki Nakayama¹, Hiroyuki Mogi¹,
Yusuke Arashida¹, Shoji Yoshida¹, Osamu Takeuchi¹, Hidemi Shigekawa¹

E-mail: mogi.hiroyuki.fp@u.tsukuba.ac.jp, <https://dora.bk.tsukuba.ac.jp/>

二次元材料を基板上に積層させ、デバイスなどの構造を構築する過程では、転写技術が必須となり、その工程は研究全体の再現性やデバイス性能を決定づける重要な操作である。特に金テープ法[Heyl, *M. Appl. Phys. A* 129, 16 (2023).]による転写は、バルク結晶から単結晶・単層の二次元材料を大面積(cm スケール)で簡便に剥離できる手法として注目されている。また、二次元材料を PDMS 等のポリマーを用いて転写する手法も一般的であり、透明なポリマーを介して対象を観察し転写位置決めを行えることが利点である。一方で、金テープ法と PDMS 法を組み合わせた方法は事例が少ない。実現へ向けた課題としては、得られた材料を PDMS 上に転写する際、エッチング溶剤によるポリマー変質や、洗浄条件が PDMS や転写後の清浄性への影響に大きく関わること等が挙げられる。

本研究では金テープ法と PDMS スタンプ法を組み合わせた転写方法の確立を目指し、金テープ法により作製した単層材料を PDMS や基板へ転写するプロセスにおいて、洗浄条件の最適化を試みた。転写後のサンプル評価方法として、ラマン計測と AFM 観察等を行った。

通常、金のエッチングには KI/I₂ 溶液が用いられるが、PDMS を支持体とした転写においては、PDMS 自体が着色してしまい、転写時の観察に悪影響を与えることが確認された。そこで、本研究では KI/I₂ の使用を避け、市販の金エッチング溶液である AURUM-302(関東化学株式会社)を用いて金膜の除去を行うことで PDMS の着色を防ぐことに成功した。SiO₂ 基板上に転写された単層 MoS₂ を観察した結果、材料表裏に微細な残留物が見られたが、転写前にアセトンや NMP 等を用いた適切な溶媒洗浄を行うことで比較的清浄な状態を得たことをラマン計測と AFM 観察によって確かめた。Fig 1. には、純水洗浄後に転写した MoS₂ (赤) と、有機溶媒洗浄後に転写した MoS₂ (青) のラマンスペクトルを示す。Fig 2. は、有機溶媒洗浄後に転写した MoS₂ のトポグラフィ像である。いずれも SiO₂ 基板上に転写された。

結果として、PDMS への着色や残留物といった課題を抑えつつ、金テープ法で得られた単結晶材料をポリマーを介した観察により位置選択を行いながら転写する手法を構築することができた。

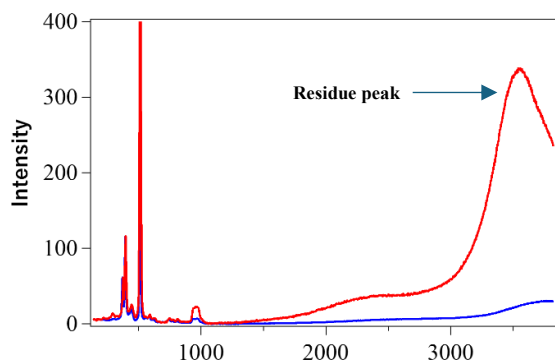


Figure 1. Raman spectra of monolayer MoS₂ transferred onto SiO₂ substrates cleaned by immersion in distilled water (red) and organic solvent (blue).

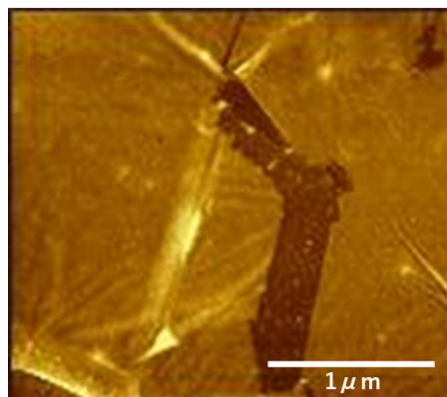


Figure 2. AFM topographic image of Monolayer MoS₂ transferred onto a SiO₂ substrate after organic solvent cleaning.