

プラズマ処理した単層MoS₂の欠陥と結晶性に対するラジカルの影響
Effect of Radical on Defect and Crystallinity of Monolayer MoS₂
by Plasma Treatment

浅田 柊哉, 荻野 明久
ASADA Shuya, OGINO Akihisa

静岡大学大学院総合科学技術研究科
Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

1. 背景と目的

二硫化モリブデン(MoS₂)は二次元層状半導体材料で、次世代の電子デバイスへの応用が期待されている。MoS₂に硫黄欠陥形成や元素ドーピングを行う上で、低温プラズマ処理は制御性や選択性に優れており、有効な手法と考えられる。しかし、イオンはスパッタリングによる分子構造の乱れを引き起こし、MoS₂膜の特性劣化に繋がる。本研究ではイオンH⁺による影響を排除した、ラジカルH^{*}のみによるプラズマ処理を行い、単層MoS₂の硫黄欠陥形成への影響を調べた。

2. 実験方法

CVD合成した単層MoS₂にマイクロ波励起水素プラズマ(ガス圧:15 Pa)を照射し、XPS、ラマン分光法により膜構造を解析した。このプラズマ処理では直接照射(H^{*}+H⁺処理)とイオンの影響を排除するためサンプルを裏返して処理したもの(H^{*}処理)を同時に処理し、処理高さ z を調節しプラズマ密度を変化させ、硫黄欠陥形成への影響を比較、評価した。

3. 結果と考察

図1は水素プラズマ処理した単層MoS₂の処理高さ z を変えた時のS/Mo原子組成比を示している。 z はプラズマ源とサンプル間の距離を示しており、 z が小さいほどプラズマ密度が高い。 z を小さくしていくと、両者ともS/Mo比が低下している。これはプラズマ密度が高くなるにつれ、硫黄欠陥が形成されているためだと考えられる。また、H^{*}処理の方がS/Mo比の低下が小さくなっている。これは、イオンによる硫黄脱離への影響が無く、ラジカルのみで処理されているためだと考えられる。

図2は水素プラズマ処理した単層MoS₂の z を変えた時のラマンスペクトルとA_{1g}モードのFWHMを示している。H^{*}処理のとき、 z を小さくすると、波数差(A_{1g} - E_{12g})が増加している。

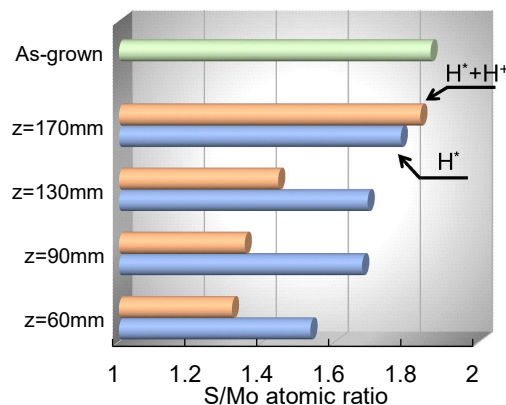


Fig.1. S/Mo atomic ratio of H₂ plasma treated monolayer MoS₂.

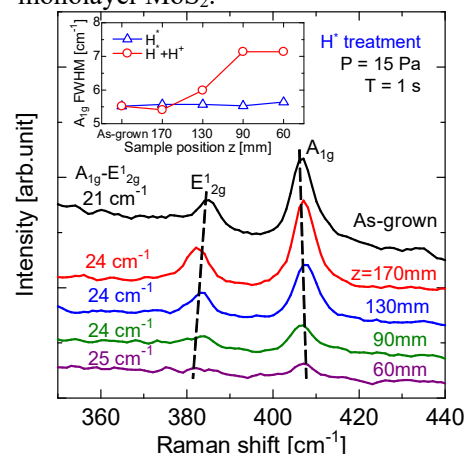


Fig.2. Raman spectra and A_{1g} FWHM of H₂ plasma treated monolayer MoS₂.

これは、硫黄原子の脱離により、A_{1g}, E_{12g}モードの復元力が低下したためと考えられる^[1]。また、H^{*}+H⁺処理のとき、 z が小さくなるにつれ、FWHMは増加している。これは、イオン衝撃により、硫黄欠陥形成と同時にMoS₂の結晶性が低下しているためと考えられる。一方でH^{*}処理のとき、FWHMはほぼ一定になった。このことから、ラジカルにより単層MoS₂の結晶性を損なわず、硫黄欠陥を形成できたことがわかる。

参考文献 :

- [1] W. M. Parkin, *et. al.*, ACS Nano. **10**, 4, 4134 (2016)