

マイクロ波プラズマを用いたMoS₂の硫黄欠陥形成と窒素ドーピング Sulfur Defect Formation and Nitrogen Doping of MoS₂ Using Microwave Plasma

都築 聖親, 荻野 明久
TSUZUKI Masachika, 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、可変バンドギャップ、高移動度、二次元構造等の優れた特徴を持ち、次世代の電子及び光電子デバイスへの応用が期待されている。しかし、応用する際に理想的なデバイス特性を得るためにはドーパタイプとドーピング濃度を制御する必要がある。そのため様々な手法やドーパントが研究されているが、その中でも窒素はP型ドーパントとして作用すると報告があり^[1]、理論的にMo-N結合はMo-S結合よりも安定している^[2]。そこで本研究では熱CVD法で合成したMoS₂に窒素プラズマを照射することで、窒素ドーピングを試みた。

2. 実験方法

アルゴンガス(ガス圧:1 kPa)で満たした反応炉内で酸化モリブデン(VI) MoO₃と硫黄Sをそれぞれ気化させ、700 °Cに加熱したSiO₂/Si基板の上にMoS₂を合成した。作成したMoS₂薄膜基板にマイクロ波励起窒素プラズマ(ガス圧:10 Pa、マイクロ波電力:500 W)を照射し、X線光電分光(XPS)、ラマン分光法、フォトルミネセンス(PL)法等により評価した。

3. 結果及び考察

図1は窒素プラズマを照射したMoS₂薄膜のXPSスペクトルの時間変化を示す。Mo 3dスペクトルにおいて、プラズマ照射時間の増加と共にMo-N結合ピークが大きくなっていくことが分かる。対照的にS-Moピーク強度の減少が見られることから、MoS₂のSが窒素と置換され結合したことが分かる。また窒素の結合量が増加するにつれて、照射時間が10 sで0.3 eV、20 sで0.5 eV低エネルギー側にシフトした。これはプラズマ処理によって結合した窒素がアクセプターとして作用し電荷移動が生じたため、フェルミレベルが価電子帯に近づき、P型化したためで

あると考えられる。

次にN1sスペクトルを解析すると、Mo-S結合、Mo-N結合とN-O結合ピークに分離でき、Mo 3dスペクトルと同様に、処理時間が増加するにつれ、Mo-S結合ピークは小さくなり、Mo-N結合ピークが大きくなる。このときN-O結合はプラズマ処理後のMoS₂に吸着した酸素に由来すると思われる。加えてS 2p, C 1sスペクトルにおいて、追加のピークが検出されないことから、MoS₂のSが優先的に脱離され、窒素がMoS₂のMoと共有結合したと考えられる。本稿では水素プラズマを照射することで硫黄欠陥を形成した場合と比較し、窒素結合の影響について考察する。

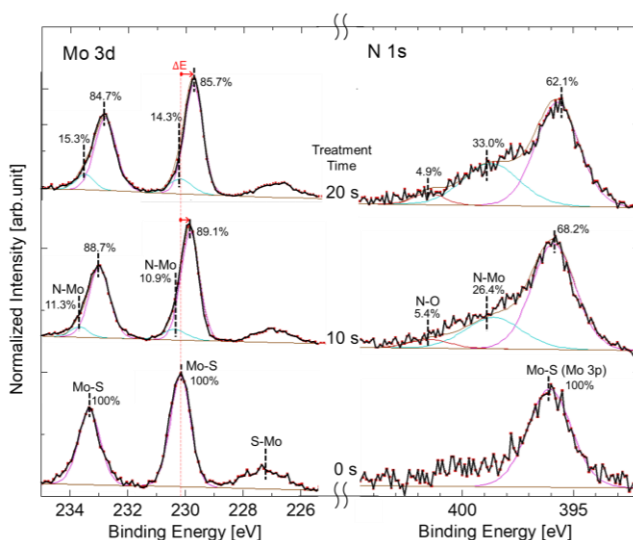


Fig.1. XPS spectra in Mo 3d and N 1s region of N₂ plasma treated MoS₂ films.

参考文献

- [1] Kapildeb Dolui, *et al.*, Phys. Rev. B 88, 075420 (2013).
- [2] H. Wu, *et al.*, Phys. Lett. A 380, 768–772 (2016).