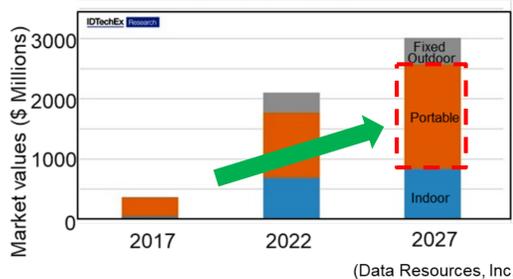


グラフェンと二硫化モリブデンのファンデルワールスヘテロ接合

研究背景

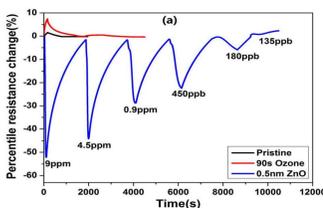
市場において、今後ポータブル型的气体センサの需要が高まる事が予想され、現在、多くのガスセンサ開発が行われている。大気汚染検知や人の呼気に含まれるガスを検知するため、感度がppbオーダーであり、応答速度の速いガスセンサが求められる。

グラフェンは2次元材料であるため、**表面全体**で周囲のガスを吸着し、高感度の検出が期待される。



グラフェン上へのガスの吸着

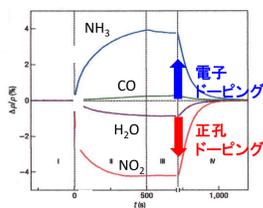
グラフェン上に様々なガスを吸着



H. Mu, et al. APL 105 033107 (2014)

グラフェン+ZnOのALD膜0.5nm

135ppbのホルムアルデヒドガスを検知した。グラフェンのみの場合と比べて、大きく感度が上昇している。

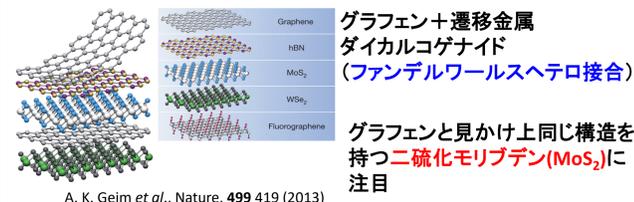


F. Schedin et al., Nature Materials 6 652 (2007)

ガスの吸着により、電子、または、正孔がドーピングされ、抵抗の変化を検知する。

ファンデルワールスヘテロ接合

新しい機能を付加したデバイスへの展開

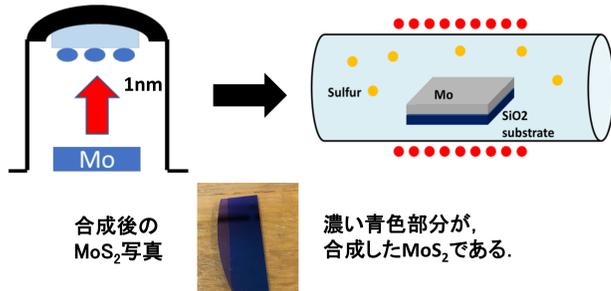


研究目的

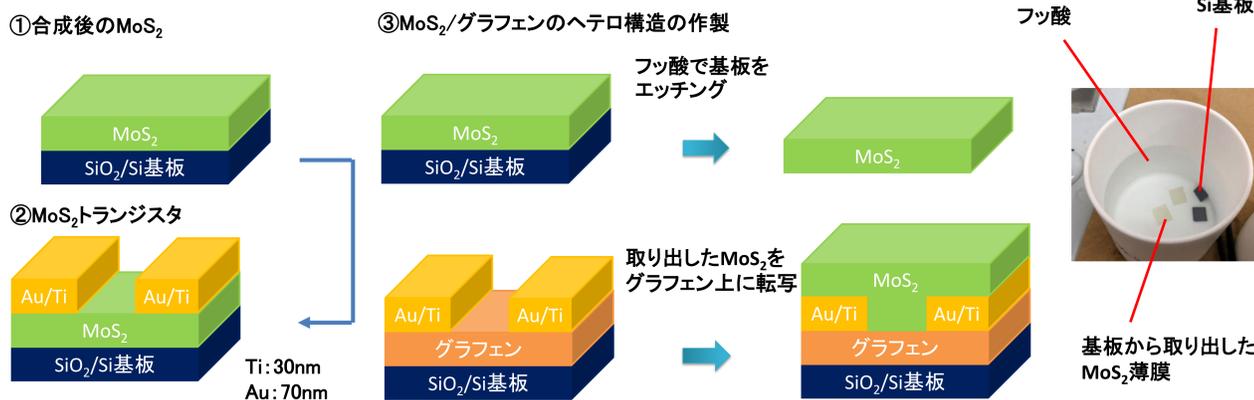
MoS₂とグラフェンを組み合わせることで、ガスの吸着により、その界面でガス分子がトラップされ、キャリア数や移動度を制御することにより、高感度ガスセンサへの応用を狙う。そこで、ガスセンサの応用へ向けて、Si基板上に大面積のMoS₂を合成し、この試料を用いてトランジスタ作製とその電気特性の評価を行う。また、MoS₂とグラフェンの組み合わせによってガス検知特性の向上を目指す。

MoS₂の合成プロセス

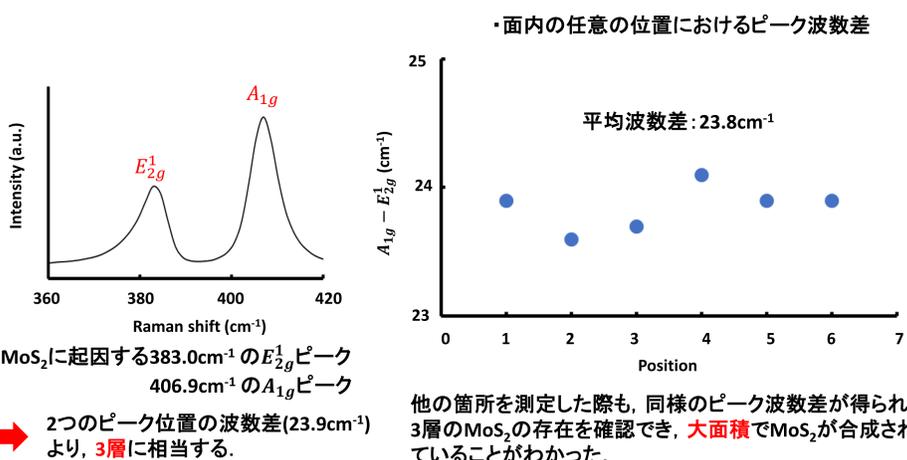
- 290nmのSiO₂/Si基板上にモリブデン(Mo)を電子ビーム蒸着装置で1nm堆積させる。
- 蒸着させたMoをFurnace内で硫化させる。条件: Ar/S雰囲気中で900°Cで1時間加熱する。



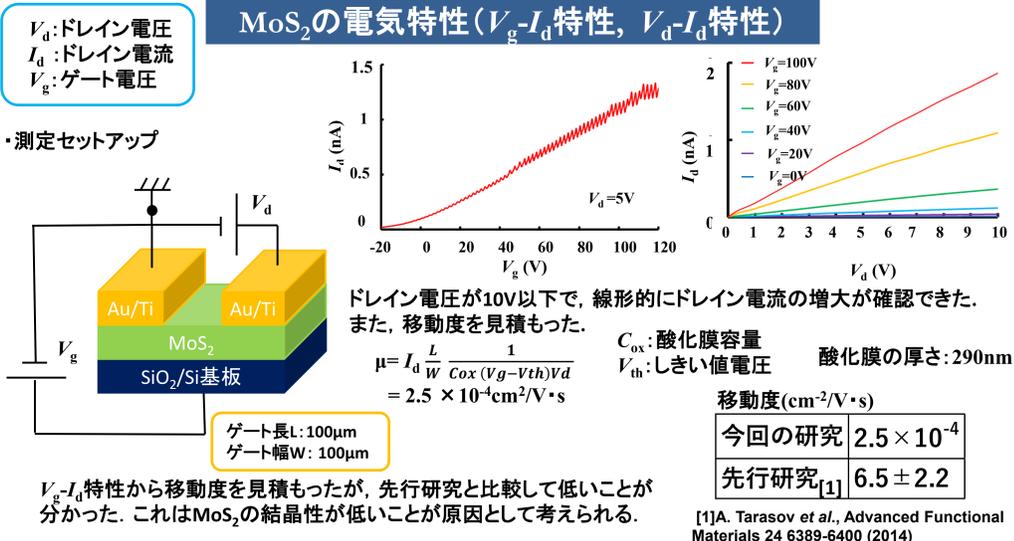
デバイス作製、及び、デバイス構造



Raman散乱のE_{2g}¹とA_{1g}ピークの関係



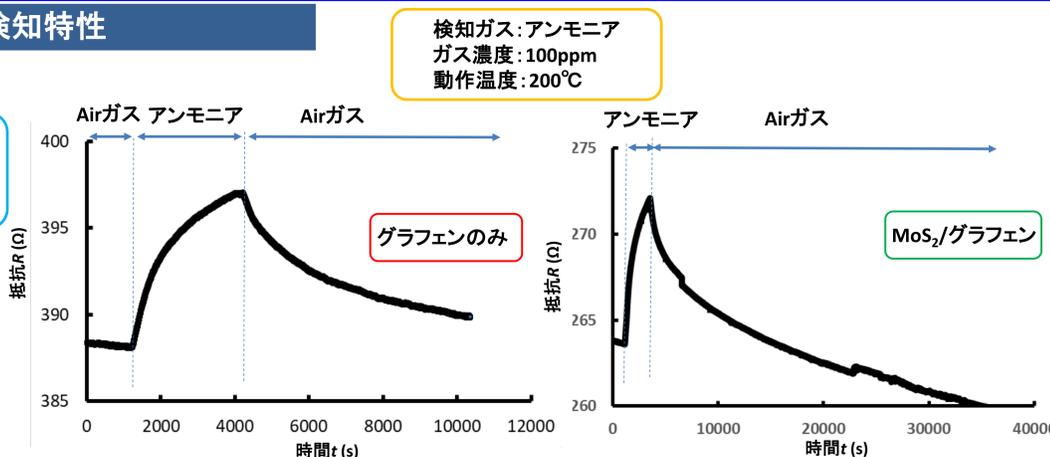
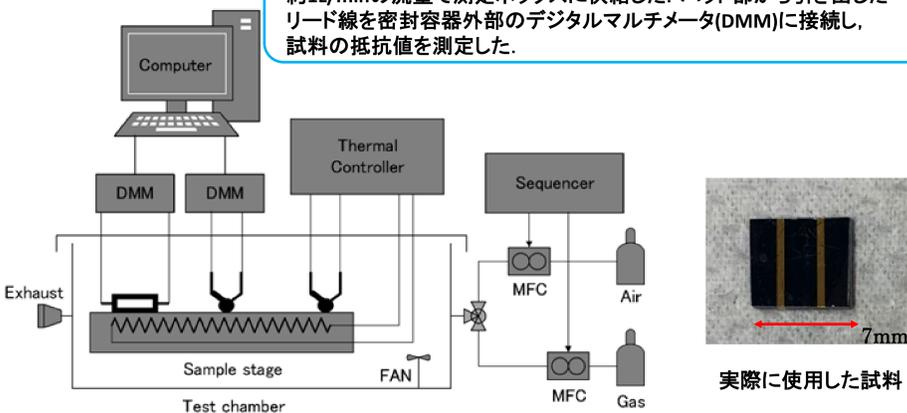
MoS₂の電気特性 (V_g-I_d特性, V_d-I_d特性)



ガス検知特性

・ガス検知の測定セットアップ

被検ガスと乾燥空気ガスをマスフローコントローラ(MFC)で濃度を調整し、約1L/minの流量で測定ボックスに供給した。パッド部から引き出したリード線を密封容器外部のデジタルマルチメータ(DMM)に接続し、試料の抵抗値を測定した。



還元性ガスのNH₃によってグラフェン中の正孔が奪われ、抵抗が上昇した。MoS₂とグラフェンの組み合わせにより、さらなる高感度を狙ったが、ほとんど変化はないため、構造の改善が必要である。

ガスの感度	ガス/濃度 (ppm)	変化率
グラフェン	NH ₃ /100	2.1%
MoS ₂ /グラフェン	NH ₃ /100	3.8%
剥離グラフェン[2]	NH ₃ /100	4.0%

[2] F. Schedin et al., Nature Materials 6 652 (2007)

まとめ

- ・ラマン測定の結果、Mo蒸着と硫化により、大面積で3層のMoS₂を作製可能であることが確認できた。MoS₂トランジスタを作製し、V_g-I_d特性の線形領域を確認できたが、MoS₂の結晶性が低いことにより、移動度が低くなってしまったと考えられる。
- ・また、ガス検知特性について、還元性ガスのアンモニアに対して応答が見られたが、高感度化を目指したショットキー障壁を利用した構造へ改善を進める。

謝辞

- 共同研究者
- 大阪工業大学 大学院生
前田翔児, 井須亮太
- 大阪工業大学 教員
小山政俊, 原田義之,
小池一歩, 矢野満明
- Georgia Tech
Christopher J. Perini,
Eric M. Vogel
- 兵庫医科大学 物理
寺澤大樹,
福田昭

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究(C) (No.16K06279)と大阪工業大学の地域産業技術 OIT-Pの助成を受けて遂行しています。

