原子層薄膜同士のヘテロ接合による光起電力ガス応答

Photovoltaic gas response of heterojunction using atomically-thin layered materials

大阪大学　°田畑　博史，田代　征久，鵜篭　直也、久保　理、片山　光浩

Osaka Univ., °Hiroshi Tabata, Yukihisa Tashiro, Naoya Ugomori, Osamu Kubo, and Mitsuhiro Katayama

E-mail: tabata@eei.eng.osaka-u.ac.jp

［研究背景・目的］近年、大気汚染の監視や防災を目的としたセンサーネットワークを利用した環境モニタリングが注目されており、これを実現するために、低消費電力あるいはエナジーハーベスティングなセンサが必要とされている。このようなセンサの候補として、光起電力の大きさをガス濃度の指示量として利用する光起電力変化型ガスセンサが注目されている。この光起電力型ガスセンサのプラットフォームとして、我々は、原子層薄膜によるヘテロ接合界面に注目している。今回、我々は n 型層状半導体である MoS_2 と p 型層状半導体 WSe_2 の原子層薄膜同士の積層型 pn ヘテロ接合に注目した。このような原子層薄膜同士のヘテロ接合は、バックゲートによる各原子層膜のキャリア密度制御やフレキシブルデバイスへの展開が期待されるなど、原子層薄膜/バルク半導体ヘテロ接合にはない特徴がある。このデバイスのガス曝露前後における電気伝導特性の変化や光起電力ガス応答特性を調べ、光起電力型ガスセンサとしての応用の可能性を検討した。

［実験結果］酸化膜付き Si 基板上に WSe_2 が上層となる WSe_2/MoS_2 ヘテロ接合を作製し、各原子層にそれぞれ Pd, Ti/Au 電極を形成し Fig.1 のような FET 構造デバイスを作製した。Fig. 2 に乾燥空気中で測定したヘテロ接合、MoS_2、WSe_2-FET の各ゲート特性を示す。ヘテロ接合デバイスでは、MoS_2 の n 型領域と WSe_2 の p 型領域の重畳するゲート領域において再結合電流由来のピークが現れており、ゲート電圧 Vg=0V 近傍で pn 接合が形成されていることが示唆された。この領域にゲート電圧を固定し、NO_2 曝露による開放電圧 Voc の時間変化を測定すると、Fig. 3 に示すように NO_2 曝露によって開放電圧が減少する応答を示した。この応答は p 型半導体である WSe_2 が上層の場合に予想される応答挙動と逆であった。同様に、MoS_2 が上層となるデバイスでも、予想される応答挙動と逆の応答が見られた。この特異な光起電力応答の原因については本講演で議論する。

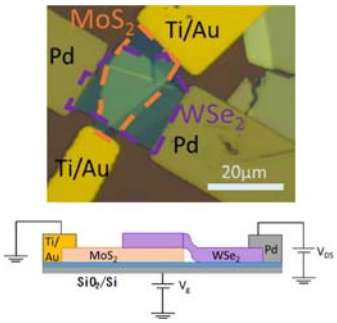

Fig.1 Optical and schematic images of WSe_2/MoS_2 FET device

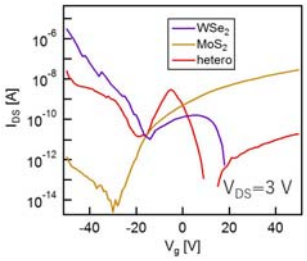

Fig.2 Gate dependences of WSe-/MoS_2 hetero-, WSe_2-, MoS_2-FETs

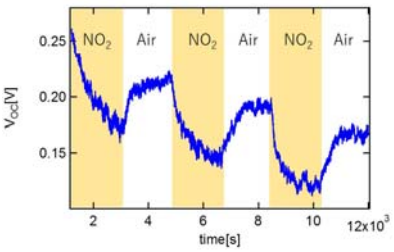

Fig.3 Photovoltaic gas sensor response of WSe_2/MoS_2 heterojunction upon NO_2 exposure (1ppm)

謝辞：本研究は JSPS 科研費 15K21145 の助成を受けたものです。