

# オプティカルデバイスに向けた光応答分子・溶液と 2D 物質との複合材料 Photochromic Molecule in Solution Combined with 2D Material FET for Optical Device

東北大多元研、米田忠弘 高岡毅

Tohoku Univ., Tadahiro Komeda and Tsuyoshi Takaoka

E-mail: tadahiro.komeda.a1@tohoku.ac.jp

オプティカルデバイスと MOS デバイスの融合はシリコンベースの論理回路の限界を越えていくために必要な技術の一つと考えられる。前者で高い光応答を得るためには現状の微細加工技術とは異なった材料とプロセスが必要となるが、特に光への応答性の高い、光異性化などを伴う分子の光反応、あるいは遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)層状物質を原子層薄膜としたときに得られる直接遷移型の電子励起が可能なバンド構造などを利用することに注目が集まる。本報告ではシリコン技術と融合を目指した、TMD 原子層膜をチャンネルとして用いた電界効果トランジスタと、溶液中の光異性化分子を組み合わせることでオプティカルデバイスの動作原理を検証した最近の研究を報告する。

Figure 1 はその概念図であり、TMD 原子層をチャンネルとして用いた FET デバイスに微量溶液分析に用いられるマイクロ流路を組み合わせたデバイスに、光照射をおこなう。光異性化分子を含む溶液を用いることで、特定の波長に反応する化学反応を利用可能であり、このことで複雑な光を利用した論理回路構築が可能である。

吸着分子の化学変化が、FET 特性の変化として検知可能かは興味深い。特に、Figure 2(a) に示すような、フォトクロミック Spiropyrans (SP)分子と Merocyanine (MC)の可逆的変化が電流特性変化として捉えられれば、光を用いた演算にも発展する。SP/MC の可逆的変化は溶液中ではよく調べられている。チャンネル上においても、SP 分子を堆積した後、光照射で MC 分子に変化させ、熱印加によって SP 分子に戻すサイクルが可能である。その変化を FET 特性の変化可能であることが検証されている。Figure 2 (b)に示すのは SP 分子・MC 分子間の可逆的サイクルを FET のドレイン電流変化で検知したものである。よりアクセプター性の強い SP 分子状態の場合、ゲート電圧-ドレイン電流曲線はより右にシフトして観察され、しきい値の変化で表現すると (Figure 2(c)) 2つの分子間のサイクルを忠実に再現していることがわかる。さらに温度変化を測定することで、活性化エネルギーが測定可能であり、それが単層膜と多層膜で異なることが示された。従来この変化を単層以下の薄膜で捉えるには大掛かりな装置たとえばシンクロトロン X 線吸収分光が必要であったが、ミクロン単位のデバイスを用い、かつ電気特性のみで少数分子の化学反応を検知したことが注目される。

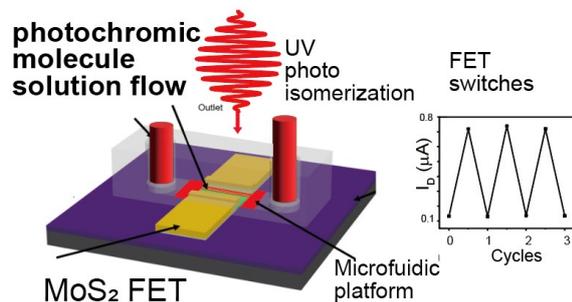


Fig.1. Schematics of TMD-FET combined with microfluid platform. Solution with photochromic molecule is delivered to a target channel.

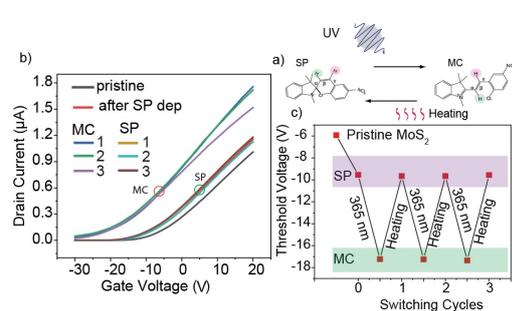


Fig.2. (a)Photochromic reaction. (b)MoS<sub>2</sub> FET property change with molecule adsorption. (c) Cycles of photochromic changes.

【本

研究は、文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業（課題番号 JPMXP1224NM0062 と JPMXP1224TU0052）の支援を受けています】