

課題番号 : F-20-UT-0025
 利用形態 : 技術補助
 利用課題名(日本語) : 絶縁基板上への MoS₂ 環境発電デバイス作製
 Program Title (English) : Fabrication of MoS₂ energy harvesting power generation device on an insulated substrate
 利用者名(日本語) : 梅田雅也, 長汐晃輔
 Username (English) : M. Umeda, K. Nagashio
 所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻
 Affiliation (English) : Department of Materials Engineering, The University of Tokyo
 キーワード/Keyword : PET, リソグラフィ・露光・描画装置, 電気計測, フレキシブル, ナノ発電

1. 概要(Summary)

MoS₂ は奇数層において結晶構造に中心対称性を持たず、単層にて最も大きな圧電特性を示すことが報告^[1]されており、極限スケールでの基礎物性の観点のみならずナノ環境発電素子として期待されている。しかしながら、実験的再現性は報告が殆どなく、歪みにより生じる分極が金属/MoS₂ のどの界面で形成されるか(Fig. 1)等、MoS₂ の圧電発現機構に関して殆ど明確になっていない。本研究では、2 種類の電極構造を比較することで MoS₂ 内の圧電電荷分布を実験的に特定するためのデバイス作製を目指した。特に、PET 基板は絶縁性材料であるため、描画時に電子が蓄積し描画結果にボケが生ずる「チャージアップ」が問題となる。チャージアップ防止に導電性薄膜材料(エスパーサー)が広く用いられるが、この材料は使用期限を過ぎると満足な性能を発揮しないことがある。そこで、利用頻度が高く常に良好な状態で管理されている武田クリーンルームのエスパーサーと設備を利用して導電性薄膜を形成し、MoS₂ デバイスを作製することを目指した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

クリーンドラフト潤沢超純水付(エスパーサー)

【実験方法】

CVD により成長させた MoS₂ を PET 基板上に転写した。武田先端知クリーンルームのクリーンドラフトとスピコーターを利用して、適正に管理されているエスパーサーを塗布し、電子線リソグラフィ時においてチャージアップしない状態を作り、描画した。Ni/Au 電極を堆積しリフトオフによりデバイスを作製した。作製したデバイスは I_D - V_D 測定を行った。エスパーサーの塗布以外は自身の研究室で行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

回転型アクチュエータを用いて動的歪みを印加し、分極発生により外部回路に流れる変位電流の測定を行った。変位電流の有無により分極位置の特定が可能となると考えられる。Fig. 1 に示す 2 種類の構造のデバイスを作製し、

動的歪みを印加して変位電流を測定すると、いずれの構造においても変位電流を確認できた(Fig. 2)。この結果から金属/MoS₂ の接触端に分極が生じると考えられる。MoS₂ の S 原子は金属原子と相互作用し電子密度分布が変化するため、純粋な MoS₂ はチャンネル部のみであり、そのため圧電電荷は金属/MoS₂ の接触端に生じるとする DFT 計算の報告^[2]があり、本研究の実験結果はこれと一致するものである。以上から、圧電特性を示す二次元材料について、その分極位置を特定する実験的根拠を示すことができた。

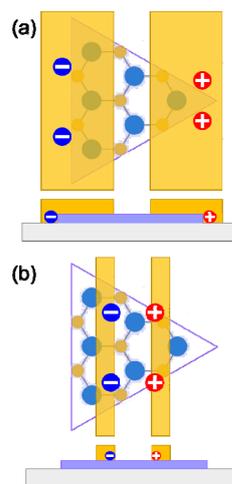


Fig. 1 Polarization position
 (a) A: MoS₂ flake edge
 (b) B: Metal/MoS₂ interface.

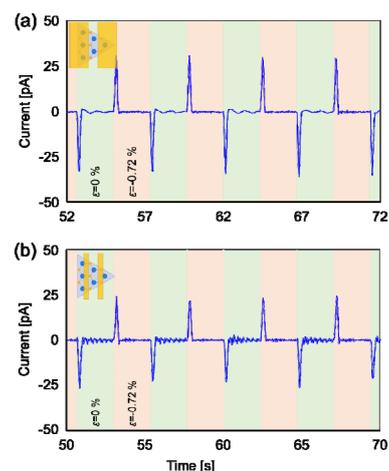


Fig. 2 Piezoelectric outputs from MoS₂ devices with (a) type A & (b) type B in Fig. 1.

4. その他・特記事項(Others)

【参考文献】 [1] W. Wu, *et al.*, *Nature* **2014**, *514*, 470. [2] W. Liu, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **2016**, *108*, 181603.

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

梅田雅也, 東垂水直樹, 北浦良, 西村知紀, 長汐晃輔, “MoS₂/金属界面での分極形成”, 2021 年第 68 回応用物理学会春季学術講演会, (2021 年 3 月, オンライン開催).

6. 関連特許(Patent)

なし