

課題番号 : F-19-TU-0071
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 2次元シートデバイス開発
Program Title (English) : Fabrication of two dimensional sheet device
利用者名(日本語) : 加藤俊顕, 金子俊郎
Username (English) : T. Kato, T. Kaneko
所属名(日本語) : 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻
Affiliation (English) : Department of Electronic Engineering, Graduate School of Engineering,
Tohoku University
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、遷移金属ダイカルコゲナイド、太陽電池

1. 概要(Summary)

原子オーダーの厚みを持つ二次元シート状物質は、アトミックオーダーの構造的特長に加え、優れたキャリア移動度及び光透過性を持つことから、次世代のフレキシブルエレクトロニクスの中心材料として大きな注目を集めている。炭素から構成された二次元シート物質のグラフェンは最も有名であるが、バンドギャップがゼロであるため半導体応用が困難とされている。これに対し類似の二次元シート状構造を持ちかつバンドギャップを持つ材料として近年注目を集めているのが遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)である。原子オーダーの薄さにより可視光を90%以上透過し、かつ機械的柔軟性にも優れているTMDは、フレキシブル透明太陽電池の発電層材料として大きな可能性を秘めている。そこで本研究では、TMD太陽電池に向け、発電層となるTMDの高度集積化合成に取り組んだ。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

EB描画装置 (エリオニクス ELS-G125S)

【実験方法】

EB描画装置を用いて、レジストを塗布したSiO₂/Si上にナノメートルオーダーの微細ドットパターンを作製し、金属薄膜製膜後、リフトオフによりSiO₂上に等間隔に配列したナノスケール金属ドットパターンを作製した。この微細構造を形成した基板に対してCVDによるTMDを行うことで、TMDの成長と微細構造との相関解明を試みた。なお、合成したTMDの構造は光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡、及び原子間力顕微鏡で、光学特性は蛍光発光分光分析と空間マッピングによりそれぞれ評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

TMD太陽電池の実用化に向け、発電層となるTMDを大面積に集積化する技術の開発が極めて重要である。そこで、我々は集積化に向けたTMDの成長位置制御を核発生の位置制御というアプローチにより試みた。予め電子ビーム描画により直径数百nm程度の金ドットを基板上に等間隔で配置し、その基板に対してCVDによるTMD合成を行った。その結果、通常基板上のランダムな位置に成長を開始するTMDが、微細構造基板においては金ドットから優先的にTMDが成長することが明らかとなった。また、Auドットからの成長選択性が基板の温度に敏感であることも明らかとした。さらに、系統的な実験により、金ドットのサイズと成長するTMDの単結晶サイズに相関が存在することが明らかとなった。微細構造基板を活用した核発生位置制御という本手法を用いて合成条件を最適化することで、SiO₂基板上に35,000個以上の単結晶TMDを高確率で集積化合成することに成功した[1]。このような単結晶TMDの合成位置制御は太陽電池を始め様々な光電子デバイス応用において非常に有用な成果である。

4. その他・特記事項(Others)

なし

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

[1] C. Li, T. Kameyama, T. Takahashi, T. Kaneko, T. Kato, Scientific Reports, Vol. 9 (2019) 12958-1-7.

6. 関連特許(Patent)

なし