WS_2 ナノチューブにおけるバルク光起電力効果

Bulk photovoltaic effect in WS_2 nanotube

東大生研[1]　○張 奕勁[1]

IIS Univ. Tokyo[1], ○Yijin Zhang[1]

E-mail: yzhang@iis.u-tokyo.ac.jp

二次元物質の特徴の一つに、結晶の対称性を柔軟に制御できる点がある。同一物質でもその対称性が変わることによって物性が大きく変化する。対称性の制御は、バルク結晶から単層や数層を抽出するだけでなく、任意の順番・角度で二次元結晶を重ね合わせた van der Waals ヘテロ構造の利用や、ナノチューブ構造の合成によって実現できる。

対称性の効果が顕著に現れる物質として、遷移金属カルコゲナイド(TMD)が挙げられる（Fig. 1(a)）。TMD は、バルクでは反転対称性のある間接ギャップの半導体だが、単層まで薄くすると、反転対称性が破れると同時に直接ギャップ半導体に変化する。この特徴を活かして様々な新奇機能性を持った光電気素子が実現されてきた[1-3]。また、層間の相対角度を変化させると強誘電性が出現することも知られている[4]。

二次元の枠を超えてナノチューブ構造を導入すると、TMD の対称性を更に変化させることが可能となる。曲面の存在によって二次元 TMD の有する鏡映対称性が破れるため、TMD ナノチューブは反転対称性の破れだけでなく、チューブ軸方向の極性も持つ。我々は、TMD のうち WS_2 のナノチューブを用いて実験を行い、Berry 接続に由来するバルク光起電力効果(BPVE)によって軸方向に巨大な光電流が生成されることを発見した（Fig. 1(b)）[5]。BPVE は、*p-n* 接合のような界面が存在しない系においても光エネルギーから電気エネルギーを生成することができるため、次世代の太陽電池の原理として期待されている。

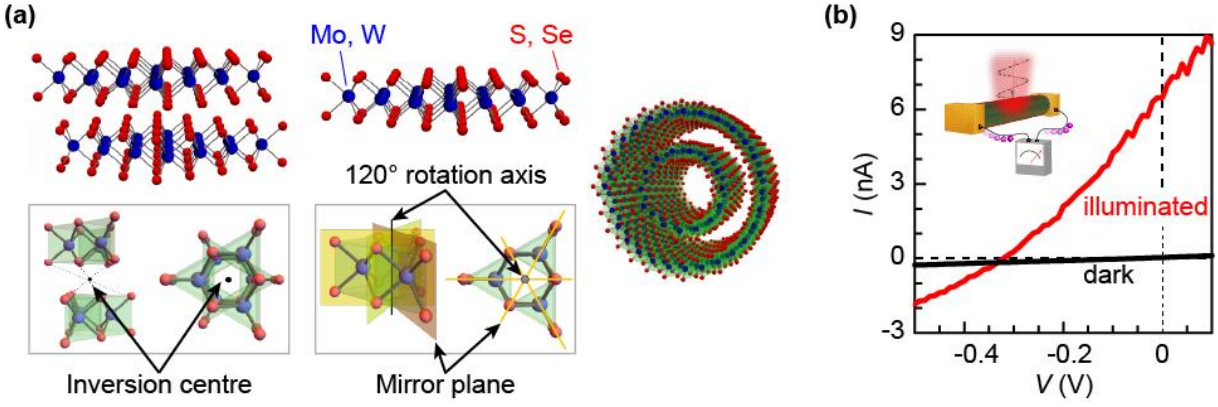

Figure 1 | Bulk photovoltaic effect in polar TMD nanotube. (a) Schematics of TMD bilayer (unit cell of bulk), monolayer, and nanotube. (b) *I-V* characteristics of WS_2 nanotube with and without laser irradiation.

[1] Y. J. Zhang *et al.*, *Science* **344**, 725 (2014)
[2] K. F. Mak *et al.*, *Science* **344**, 1489 (2014)
[3] M. Onga *et al.*, *Nature Mater.* **16**, 1193 (2017)
[4] L. Li *et al.*, *ACS Nano* **11**, 6382 (2017)
[5] Y. J. Zhang *et al.*, *Nature* **570**, 349 (2019)

© 2022年 応用物理学会