

偏析法により合成した Ge ナノシートにおける光電変換の偏光依存性

Helicity dependent photoelectric conversion in Ge nanosheet on Al

grown by segregation method

京大院工¹, 名大院工² ◯西嶋 泰樹¹, 松下 圭吾², 重松 英¹, 大島 諒¹,
大田 晃生², 安藤 裕一郎¹, 白石 誠司¹

Kyoto Univ.¹, Nagoya Univ.² ◯Taiki Nishijima¹, Keigo Matsushita², Ei Shigematsu¹, Ryo Ohshima¹,
Akio Ohta², Yuichiro Ando¹, Masashi Shiraishi¹
E-mail: nishijima.taiki.65s@st.kyoto-u.ac.jp

【研究背景】 グラフェン, 遷移金属ダイカルコゲナイド (TMD) に代表されるような 2 次元ハニカム材料の研究が活況を呈している. 我々はその中でも 14 族元素で構成される「14 族ポストグラフェン材料」に注目している. 当該材料はグラフェンと類似のディラック電子系に属するが, スピン軌道相互作用 (SOC) が比較的大きく, 二次元トポロジカル物質になる. また特有のバクセル構造に起因し, 垂直電界によりトポロジカルな性質やバンドギャップを変調できる. 非常に魅力的な物質群である一方, 合成技術が未成熟であり, 専ら金属上での合成に限られる. このような場合, 下地金属層からの寄与が無視できず, 電気伝導特性等の精密評価を阻害する. そこで我々はこのような試料構造においても対象物質の物性を精密に評価できる手法について検討している. 本研究では特に 14 族ポストグラフェンの主要な合成方法である「偏析法」によってアルミニウム (Al) 表面に析出した極薄ゲルマニウム (Ge) ナノシートに着目した^[1]. 本実験に使用した Ge ナノシートの結晶構造は調査中だが, 真空中で熱処理した直後にはゲルマネンの生成が報告されている^[2]. Ge ナノシートの特性を評価するために, 本研究では SOC に注目した. 単純な見積もりでは SOC の大きさは原子番号の 4 乗に比例する為, Ge と下地金属層の Al とでは約 40 倍の差がある. 更に面直対称性の破れた二次元物質では SOC 関連効果の増大が期待でき, Ge ナノシートの特性を強く反映した応答が期待できる.

【実験方法】 Ge ナノシートに対して円偏光を照射することにより, Ge ナノシート内のスピン状態を変調し, SOC に起因した光電変換特性を調査した. 測定は偏光度を制御したレーザー光を照射し, その際に発生した光電流を測定する簡便な手法である. 温度・雰囲気によらず測定できるため, 汎用性が高い. 本研究では入射方向を制御した 633 nm レーザー光の偏光状態を変調し, 光電流を観測した (図 1).

【実験結果】 図 2 に $\theta = 60^\circ$ における $\phi = 90^\circ, 0^\circ$ の結果を示す. ψ は光の偏光状態の制御に用いた 1/4 波長板 (QWP) の角度であり, 対応する偏光状態を矢印で示している. どちらの場合においても入射光の偏光状態に依存した光電流 I_{photo} が生じているが, $\phi = 0^\circ$ の場合では $\psi = 90^\circ$ に対して非対称な寄与が顕在化している. この寄与は円偏光のヘリシティに起因しており, 右回り円偏光と左回り円偏光を照射した場合に逆向きの起電力が生じたことを意味する. 各偏光状態の光電流への寄与を分離するために $I_{\text{photo}} = C \cos 2(\psi + \psi_0) + L_1 \sin 4(\psi + \psi_0) + L_2 \cos 4(\psi + \psi_0) + D$ で表される式を用いてフィッティングを行った. ψ_0 は位相のオフセットであり, 各項の係数 C, L_1, L_2 はそれぞれ円偏光, s 偏光, p 偏光からの寄与の強度である. D は偏光に依存しないオフセットを表す. C, L_1, L_2 の強度を図 3 に示す. $\phi = 90^\circ$ においては p 偏光 (L_2) に起因する成分が支配的であることが分かる. 一方で, $\phi = 0^\circ$ の場合には円偏光 (C) と s 偏光 (L_1) に起因する成分が大きくなっている. 類似の挙動は TMD 等で報告^[3]があり, 新奇 2 次元物質内の特異な光学応答を示唆する結果を得た可能性が高い. 講演ではより詳細な解析を行った結果を報告する. [1] K. Matsushita *et al.*, Jap. J. Appl. Phys. **61**, SH1012(2022). [2] J. Yuhara *et al.*, 2D Mater. **8** 045039(2021). [3] H. Yuan *et al.*, Nat. Nanotechnol. **9**, 851 (2014).

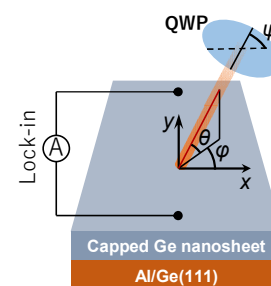


Fig.1 Experimental setup and sample structure.

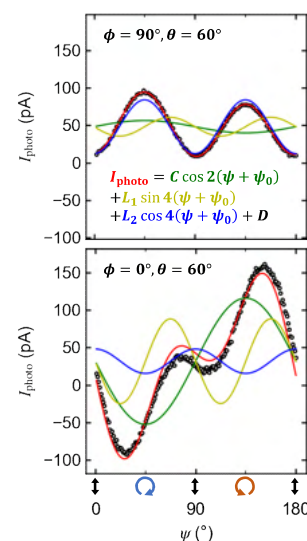


Fig.2 Helicity dependence of photoelectric current I_{photo} in Ge nanosheet for $\phi=90$ and 0° .

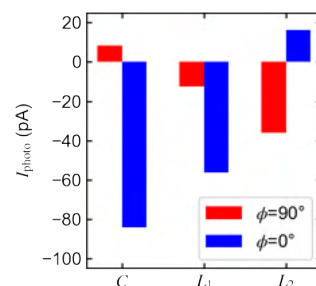


Fig. 3 Amplitude of I_{photo} induced by circularly (C) and linearly (L_1 and L_2) polarized light.