

グラフェン/MoS₂/グラフェン縦型 FET を用いたサイクロトロン共鳴検出

Cyclotron Resonance in Graphene/MoS₂/Graphene Vertical FET

東大生研¹, 物材機構², CREST-JST³ °若藤 祐斉¹, 守谷 頼¹, 木下 圭¹,

増渕 寛¹, 渡邊 賢司², 谷口 尚², 町田 友樹^{1,3}

IIS Univ. Tokyo¹, NIMS², CREST-JST³ °Yusai Wakahuji¹, Rai Moriya¹, Kei Kinoshita¹,

Satoru Masubuchi¹, Kenji Watanabe², Takashi Taniguchi², and Tomoki Machida^{1,3}

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

本研究では、グラフェン(Gr)/MoS₂/Gr ファンデルワールスヘテロ構造を用いた赤外光検出を試みた。磁場下にてランダウ量子化した Gr は図 1(a)のように離散的なエネルギー準位 ($N=0, 1, 2, \dots$) を形成する。磁場 8 T における $N=0$ から $N=1$ の準位間隔はおよそ 100 meV であり、準位間遷移(サイクロトロン共鳴)により赤外光を吸収できる。我々はこの準位間隔が Gr/MoS₂ 界面のバンドオフセットと同程度であることに注目した。赤外光($\lambda=10.61 \mu\text{m}$)照射によって $N=0$ から $N=1$ へ励起された電子は、MoS₂ のエネルギー障壁を超えた場合、Gr/MoS₂ 界面を流れる光電流となる。この光電流を測定することによりサイクロトロン共鳴の検出を行った。

劈開と転写法により作製した Gr/MoS₂/Gr/hBN 素子の構造と顕微鏡写真を図 1(b)(c)にそれぞれ示す。バックゲート電圧 V_{BG} により Gr のフェルミ準位を変調できる。温度 3 K において、上下の Gr 間に電圧 V_{SD} を印加した I - V 特性は図 1(d)のように非線形性を示し、Gr/MoS₂ 界面にエネルギー障壁が存在していることが分かる。 $V_{\text{SD}}=0.1 \text{ V}$ に固定し、赤外光照射時と非照射時に上下の Gr 間に流れる電流の差をロックイン検出し光電流 I_{photo} を求めた。面直磁場 B と V_{BG} に対する I_{photo} の変化を図 1(e)に示す。各磁場での $I_{\text{photo}}-V_{\text{BG}}$ 特性および $V_{\text{BG}}=10 \text{ V}$ における $I_{\text{photo}}-B$ 特性をそれぞれ図 1(f)(g)に示す。図 1(e)中矢印で示すように、 $V_{\text{BG}} = 10 \text{ V}$ 、 $B = 9 \text{ T}$ 付近で I_{photo} の顕著な増大が観測された。 I_{photo} は $B=9 \text{ T}$ でピーク構造を持つことが分かる。この磁場の値は、図 1(a)において $N=0$ から $N=1$ の準位間隔と照射光のエネルギーが一致する磁場条件と整合する。これらの結果は Gr/MoS₂/Gr におけるサイクロトロン共鳴の検出を示唆している。

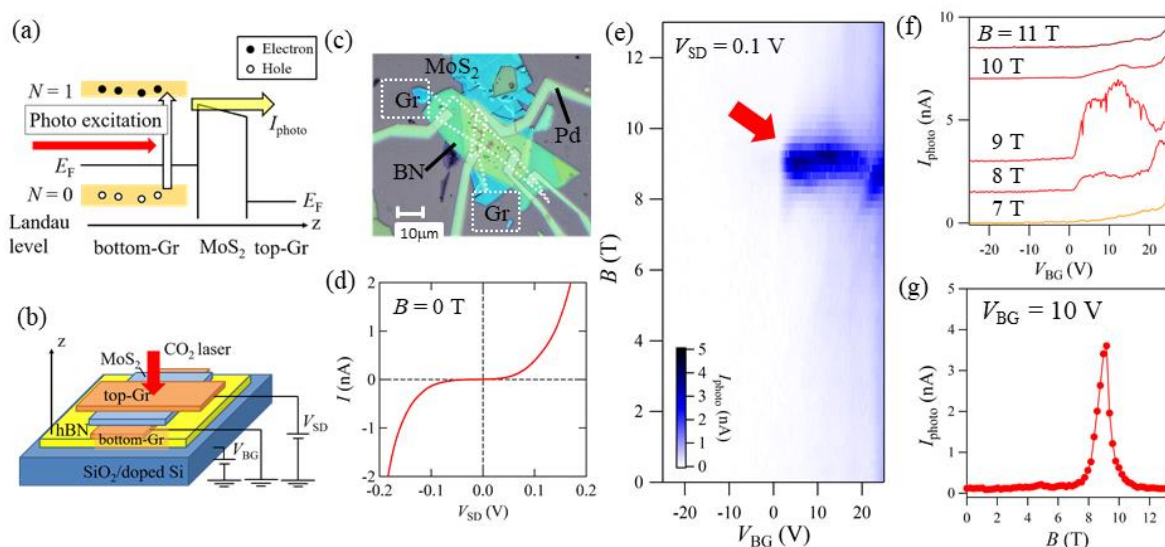


Fig.1 (a)Photo-current generation mechanism in Gr/MoS₂/Gr in a magnetic field. (b)Illustration of the fabricated device. (c) Optical micrograph of the device. Few layer MoS₂ was used. (d) The I - V characteristic at $V_{\text{BG}} = 0 \text{ V}$ and $T = 3 \text{ K}$. (e) The change of I_{photo} with respect to V_{BG} and B . (f) $I_{\text{photo}}-V_{\text{BG}}$ curves at different B . (g) $I_{\text{photo}}-B$ curve at $V_{\text{BG}} = 10 \text{ V}$.