

# 電流注入されたグラフェンからのランダウ準位テラヘルツ発光

## Landau-level terahertz emission in current-injected graphene

農工大<sup>1</sup>, 情報通信研究機構<sup>2</sup>, アデレード大学<sup>3</sup>, 東大院総合<sup>4</sup>

◦稲村文行<sup>1</sup>, 金 鮮美<sup>2</sup>, 竇迫 巖<sup>2</sup>, Mikhail Patrashin<sup>3</sup>, 小宮山 進<sup>4</sup>, 生嶋 健司<sup>1</sup>

Tokyo Univ. of A & T<sup>1</sup>, NICT<sup>2</sup>, Univ. Adelaide<sup>3</sup>, Dept. of Basic Science, Univ. of Tokyo<sup>4</sup>

◦F. Inamura<sup>1</sup>, S. Kim<sup>2</sup>, M. Patrashin<sup>3</sup>, I. Hosako<sup>3</sup>, S. Komiyama<sup>4</sup>, K. Ikushima<sup>1</sup>

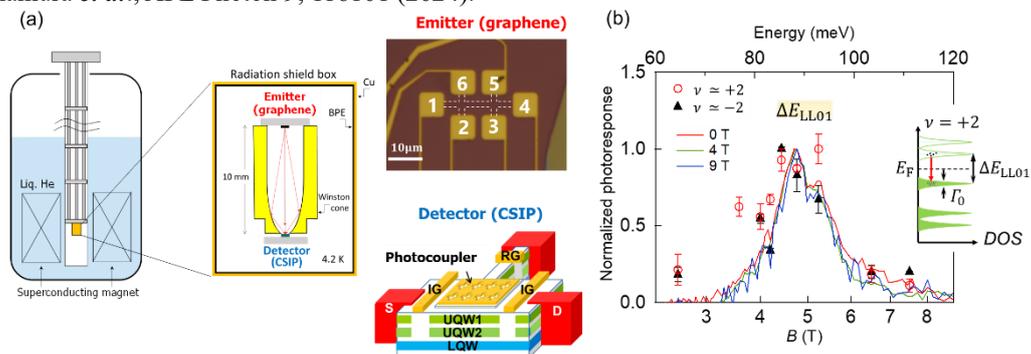
E-mail: [f-inamura@st.go.tuat.ac.jp](mailto:f-inamura@st.go.tuat.ac.jp)

半導体では磁場下においてエネルギー間隔が磁場に依存するランダウ準位が形成される。このランダウ準位を利用した発光（ランダウ準位発光）を用いて、磁場により波長可変なテラヘルツ（THz）レーザーの試みは半世紀前から挑戦されてきた[1]。しかしながら、通常の半導体で形成される等間隔なランダウ準位では電子-電子散乱が大きいいため、THz レーザーの実現は非常に困難であることがわかってきた。一方、グラフェンではランダウ準位が非等間隔であるため、グラフェン発光当初から THz レーザーの実現可能性が指摘されてきた[2]。しかしながら、当波長領域の検出器が未発達だったため、ランダウ準位に起因したグラフェンからのランダウ準位発光を観測した報告はほとんどなかった。

本研究の目的は、電流注入されたグラフェンからの発光が磁場により波長可変なランダウ準位発光であることを検証することである。SiO<sub>2</sub>/Si 上剥離グラフェンからの発光は金属コーンを介して量子井戸（QW）ベースの電荷敏感型赤外フォトトランジスタ（CSIP）により検出された（Fig. 1 (a)）。磁場 5 T においてランダウ準位間のエネルギー間隔  $\Delta E_{LL01}$  に相当するホール電圧を超えると、グラフェンからの THz 発光が観測された。これは電流端子近傍の二つの対角線上コーナーから発光していることが示唆される。さらに磁場を掃引することによりグラフェンの発光を利用して CSIP の QW スペクトルを取得し（Fig. 1(b)）、単層グラフェンからのランダウ準位発光であることが実証された[3]。また、磁気輸送測定では量子化が明瞭ではないが、発光スペクトルの線幅は  $\Delta E_{LL01}$  より十分小さい 10 meV 程度と見積もられた。この結果は、ランダウ準位発光は長距離乱雑ポテンシャルの影響を受けないことを示唆する。

[1] E. Gornik *et al.*, Nat. Photon. **15**, 875–883 (2021). [2] T. Morimoto, *et al.*, Phys. Rev. B **78**, 073406 (2008).

[3] F. Inamura *et al.*, APL Photon **9**, 116101 (2024).



**Fig. 1** (a) Measurement setup. (b) Magnetic-field ( $B$ ) dependence of the photoresponse to THz emission from graphene at  $\nu \approx +2$  (circles),  $\nu \approx -2$  (triangles), and the true spectra of CSIP (solid curves). The inset shows the energy diagram of graphene.