

## 黒リンからなる単原子層フォスフォレンの光学特性

## Optical Properties of Single-atomically Layer Black Phosphorus (Phosphorene)

京都大学 エネルギー理工学研究所

中村 隆, 小澤 大知, 毛利 真一郎, 松田 一成

Institute of Advanced Energy, Kyoto University

Takashi Nakamura, Daichi Kozawa, Shinichiro Mouri, and Kazunari Matsuda

E-mail: nakamura.takashi.23z@st.kyoto-u.ac.jp

近年、グラフェンの実現以降、わずか原子一層（もしくは数層）から成る様々な新しい原子層物質が実現され、盛んに研究がなされている。グラフェンと類似の層状物質である黒リンにおいても、機械的剥離法を用いることによって、数層の Phosphorene（フォスフォレン）と呼ばれる単原子層物質を作製できることが報告され[1]、現在大きな注目を集めている。特に、単層（もしくは少数層）のフォスフォレンについては、その光学特性を含めた物性については未だ不明な点が多い。そこで、今回我々は機械的剥離によって、1 から数層のフォスフォレンを作製し、ラマン散乱、反射スペクトル、発光分光などの測定を通して、フォスフォレンの光学特性に焦点を当てて研究を行った。

図 1(a)に、 $\text{SiO}_2/\text{Si}$  基板上に黒リン単結晶を機械的剥離し得られた、少数層フォスフォレンの光学顕微鏡像を示す。光学コントラストより、様々な層数のフォスフォレンが得られていることがわかる。光学コントラストやラマン散乱測定を通じて、1 から数層のフォスフォレンが得られていることがわかった。特に、層数の薄い領域では、2.3 eV の光励起によって、可視から近赤外光領域で発光しており（図 1(c)）、図 1 (b)に示す発光マッピングにおいても、層数の薄い領域に対応した像が得られている。バルクの黒リンのバンドギャップは、0.3 eV であり[1]、層数の減少に伴いバンドギャップが大きくなることが理論的に予想されている。そのため、ここで観測された発光は、少数層のフォスフォレンに起因する発光であると考えられる。講演では、反射（吸収）スペクトルの測定結果と合わせ、層数と発光ピークとの関係から、フォスフォレンの発光の起源等の光学特性について詳細に議論する。

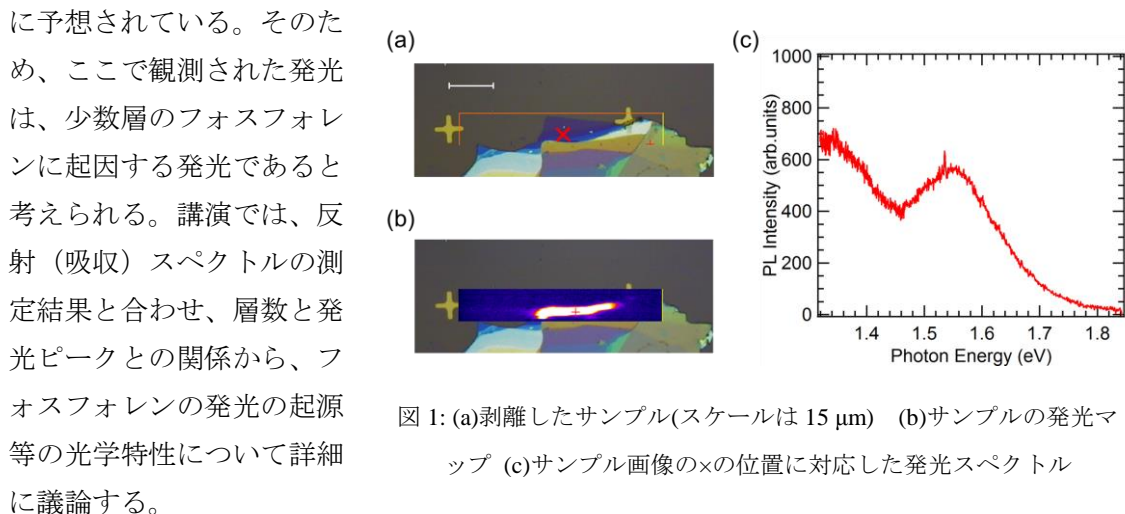


図 1: (a)剥離したサンプル(スケールは 15  $\mu\text{m}$ ) (b)サンプルの発光マッピング (c)サンプル画像のxの位置に対応した発光スペクトル

[1] L Li *et al.*, *Nat. Nanotech.* **9**, 372 (2014).