

3D nano-ESCA を用いた二次元電子系デバイスのオペランド顕微分光 Operando Spectromicroscopy on 2D Electron Devices by Using 3D nano-ESCA

吹留博一（東北大学電気通信研究所）

Hirokazu Fukidome (Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University)

AlGaIn/GaNなどの（擬）二次元電子系や究極の二次元電子系であるグラフェンは、基礎的に興味深いだけでなく、応用面においても、高キャリア移動度及び短チャネル効果消失等の特徴を有することから、次世代の高速トランジスタ(HEMT)やパワー・エレクトロニクスにおける有望な材料となっている。

これらの二次元電子系のデバイス実用化に向けては、幾つかの課題がある。その一つが、二次元電子系のチャネルとしての働きが、それを取り囲む界面により大きな影響を受けるという点である。例えば、我々が実際に作製したトップゲート型グラフェン・トランジスタの（外因性）電界効果キャリア移動度は室温で $>$ 数千 cm^2/Vs と高い値を示しているが、実は、この値から接触抵抗やアクセス領域抵抗を回路解析により取り除いた（真性）電界効果キャリア移動度は $>$ 十万 cm^2/Vs にも達していることが明らかとなっている。以上のような背景から、グラフェン・トランジスタに関する、PEEM及び3D nano-ESCAを用いたオペランド顕微分光に着手した[1-3]。

本発表では、バックゲート型トランジスタの3D nano-ESCAを用いたオペランド観察結果について報告する。C 1s 内殻光電子分光から得られるチャネル領域のグラフェンのC1sピークの束縛エネルギーのゲート電圧依存性を図1(a)に示す。この値を、図1(b)に記すようなモデルに基づいて解析したところ、実験値が再現され、しかも、そこから抽出された電荷中性点($V_g = 28 \text{ V}$)は、図1(c)に示す電気特性評価結果とも良く一致することが明らかとなった。

以上の結果は、3D nano-ESCAを用いたオペランド顕微分光の有効性を示すものである。

今後は、グラフェンだけでなく、他の二次元原子薄膜（例： MoS_2 ）やパワー・エレクトロニクスへの応用が間近となっているGaNデバイスのオペランド顕微分光への研究展開を考えている。

本研究における3D nano-ESCAを用いたオペランド顕微分光は、永村助教（東北大多元研）、長汐准教授（東大院工）、堀場准教授（KEK PF）、尾嶋正治名誉教授（東大放射光）と共同でBL07LSUにて行われたものである。本研究の一部は、NEDO産学連携プロジェクト「低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト」の一環として行われた。

参考文献

- [1] H. Fukidome et al., Sci. Rep. **4**, 3713 (2014).
- [2] N. Nagamura et al., Appl. Phys. Lett. **102**, 246104 (2013).
- [3] H. Fukidome et al., Appl. Phys. Exp. **7**, 065101 (2014).

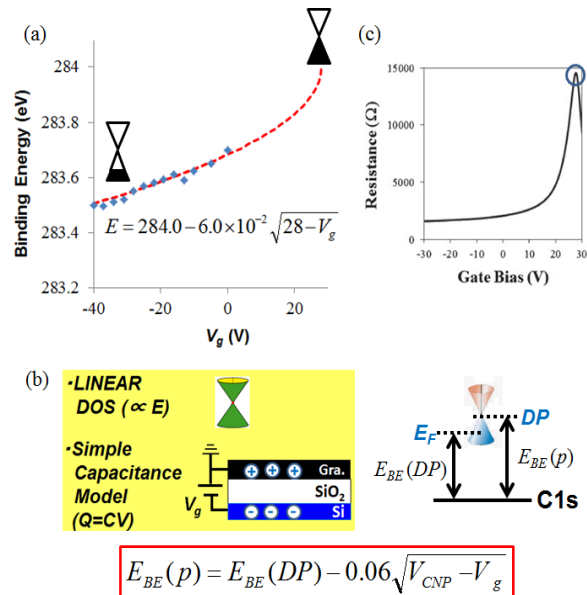


図1 3D nano-ESCAによるグラフェン・トランジスタのオペランド顕微分光。(a) 束縛エネルギーのゲート電圧依存性、(b) データ解析の概略図、(c)抵抗-ゲート電圧曲線。