



東北大学



平成 26 年 5 月 29 日

報道機関 各位

東北大学電気通信研究所  
東北大学多元物質科学研究所  
東京大学放射光連携研究機構  
東京大学大学院工学研究科

グラフェンデバイスの動作中表面電位をピンポイントで測定することに成功  
～精密なグラフェンデバイス設計が可能に～

<概要>

東北大学電気通信研究所の吹留博一准教授・末光真希教授らのグループは、尾嶋正治特任研究員（東京大学放射光連携研究機構・名誉教授）・長汐晃輔准教授（東京大学大学院工学研究科）・堀場弘司（東京大学放射光連携研究機構（現 KEK 物質構造科学研究所））・永村直佳助教（東北大学多元物質科学研究所）のグループと共同で東京大学放射光アウトステーション BL07LSU（SPring-8）にある三次元ナノ ESCA 装置（空間分解能 70nm）を用いて、動作中のグラフェン電界効果トランジスタ（GFET）の狙った場所の電位をピンポイントで測定する技術の開発に初めて成功しました。ポストシリコン材料の一つであるグラフェンはシリコンと異なる物性を有する為、GFET は実用化が困難でした。しかし、今回の測定技術は GFET の精密なデバイス設計を可能にするものであり、GFET の実用化を大きく前進させるものです。

## <背景>

炭素の二次元物質であるグラフェン<sup>注1</sup>は、Si の 100 倍以上のキャリア移動度<sup>注2</sup>を有し、かつ、熱的・化学的にも安定な物質です。ゆえに、2020 年頃に終焉を迎える Si 集積回路に代替となるポストシリコンデバイス材料の一つとして、全世界で開発競争が行われています。

しかしながら、その基本デバイスであるグラフェンを活性層として用いた電界効果トランジスタ (GFET) の開発は未だ実現していません。グラフェンはシリコンとは大きく異なる物性を有しているため、シリコン集積回路で用いられてきた動作原理や設計技術をそのまま用いることが出来ない場合があります。ゆえに、精密な GFET の開発には、動作中の電位分布を高精度に (ナノスケール) 測定する必要があります。

## <成果の内容>

このような現状を打破するために、本研究では、上記吹留博一准教授らのグループは、尾嶋正治特任研究員・長汐晃輔准教授・堀場弘司准教授・永村直佳助教と共同で、動作中の GFET の電位を狙った場所でピンポイントで測定する 3D nano-ESCA 解析技術の開発を行いました (図 1)。3D nano-ESCA は光電効果を用いて物質中のフェルミ準位 (≈電位) の測定を可能にする走査型光電子顕微鏡と呼ばれる装置であり、世界で唯一 100nm を切る高い空間分解能と 200meV 以下の高いエネルギー分解能を併せ持つ走査型光電子顕微鏡です。

今回は、3D nano-ESCA の試料ホルダーに特殊な加工を施して測定室外部から独立に 5 端子に電圧印加、電流測定できるようにし、試料を FET デバイスを動作させながら測定出来るように工夫しました。この結果、図 1 に示すように、GFET の狙った場所に直径 70nm の放射光を照射して電位 (フェルミ準位) を測定することに世界で初めて成功しました (図 2)。

<今後の展望>

今後は、デバイス作製プロセス・デバイス評価と今回の測定技術を組み合わせることにより、基本に立ち戻った精密な GFET 応用研究を展開していきます。更には、今後、企業との共同研究を積極的に行い、世界最初の GFET の実用化をめざしていきます。

本研究の詳細は、Applied Physics Express (APEX) (日本応用物理学会発行)に 5 月 28 日にオンライン掲載予定の論文において報告されます。

---

(著者) H. Fukidome, K. Nagashio, N. Nagamura, K. Tashima, K. Funakubo, K. Horiba, M. Suemitsu, A. Toriumi, and M. Oshima

(タイトル) Pinpoint Operando Analysis of the Electronic States of a Graphene Transistor by Using Photoelectron Nanospectroscopy

(掲載雑誌) Applied Physics Express.7 (2014) 065101.

---

本研究の一部は、科学研究費補助金による助成及び東北大学電気通信研究所独創的研究プログラムによる支援を受けました。また、本研究は、東京大学アウトステーション BL07LSU を用いた研究成果です (課題番号: 2011B7418/BL07LSU, 2012A7425/BL07LSU, 2012B7435/BL07LSU, 2011A1646/BL07LSU, 2011B187/BL07LSU, 2013B7451/BL07LSU, and 2013A7443/BL07LSU)。

<p>(お問い合わせ先) 東北大学電気通信研究所 担当: 吹留博一 電話番号: 022-217-5484, 5485, 6102 e-mail: fukidome@riec.tohoku.ac.jp</p>
---

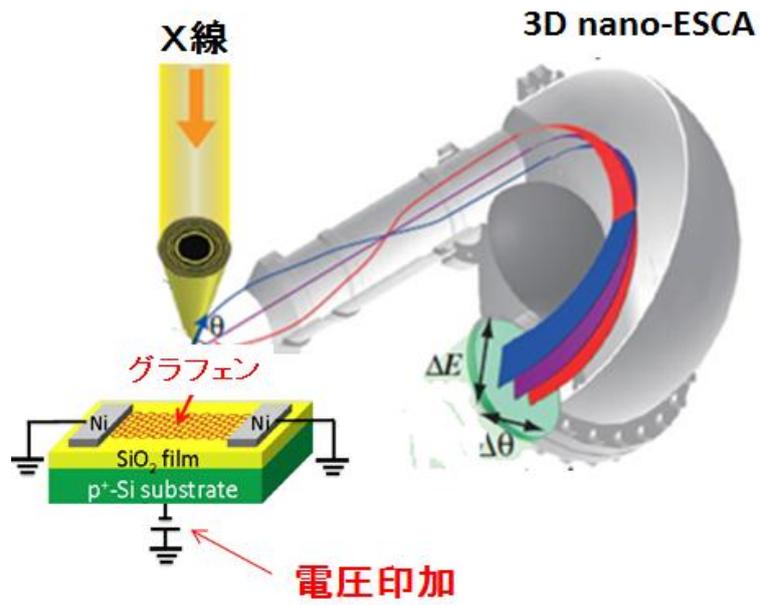


図1 3D nano-ESCAによるピンポイント測定の概略

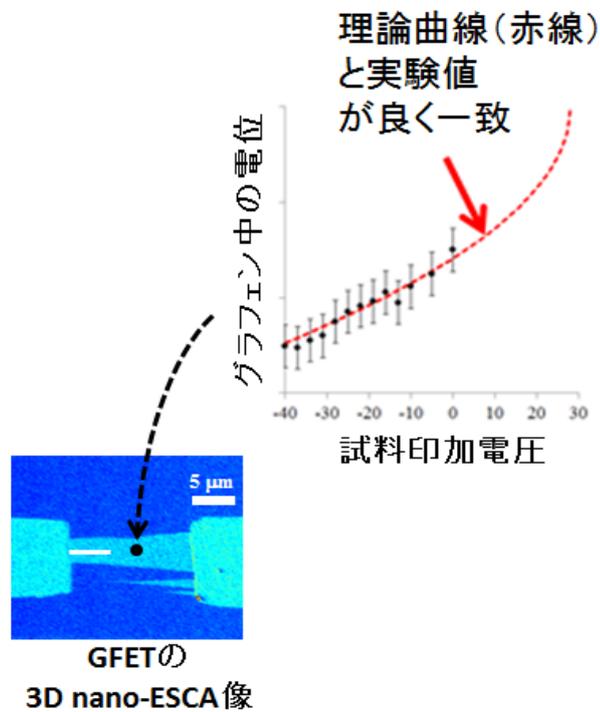


図2 基板微細加工によるグラフェンの構造及び電子状態の概念図

<用語解説>

注1) グラフェン

グラファイト（黒鉛）結晶の単層分。炭素原子が蜂の巣状に六角形ネットワークを組んで2次元シートを形成している（図3）。半導体と金属の両要素をあわせ持つ物質で、ポストシリコン材料として期待されている。グラフェンを円筒状に巻くとカーボンナノチューブになる。

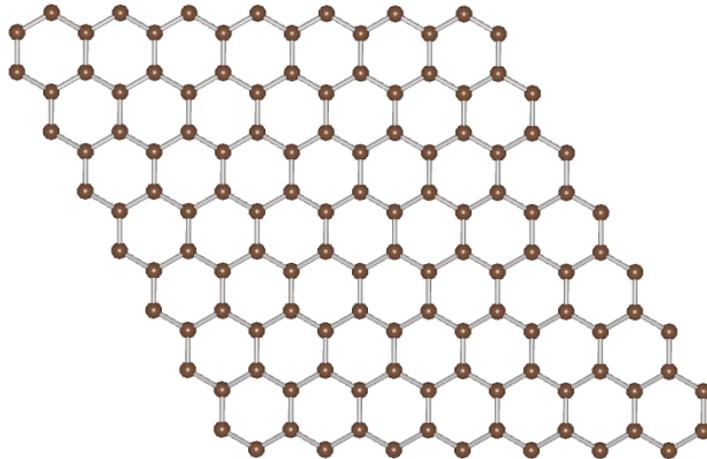


図3 炭素の二次元結晶：グラフェンの構造。炭素原子（球）が蜂の巣状のネットワークを組んでいる。

注2) キャリア移動度

物質中での電子の移動のしやすさを示す特性。電子移動度とも言い、半導体デバイスの高速化を実現するためには移動度の向上が必要不可欠である。