

Ru (0001) 表面に成長したグラフェンの凹凸構造

Ripple Structure of Graphene on Ru(0001) Surface

NTT 物性基礎研 ^{○(P)}村田 祐也, 鈴木 哲, 前田 文彦, 日比野 浩樹NTT Basic Research Labs. ^{○(P)}Yuya Murata, Satoru Suzuki, Fumihiko Maeda, Hiroki Hibino

E-mail: murata.yuya@lab.ntt.co.jp

Ru(0001)表面のグラフェンは基板との強い相互作用のため孤立グラフェンとは異なる数 nm 周期の凹凸構造をもつことが知られる。Ru との重ね合わせによるモアレが凹凸の起源として考えられ、その結果としてグラフェンが撓むとともにフェルミレベル付近の電子状態が局在化することが示されている[1]。一方で、グラフェン成長にともなう Ru 表面ステップ位置の変化から、凹凸の隆起部分におけるグラフェン/Ru 界面への Ru 原子の挿入を示唆する報告がある[2]。本研究では凹凸の結晶構造を明らかにするため、Ru(0001)表面でのグラフェン成長過程をその場走査トンネル顕微鏡観察(STM)により調べた。

700°C の Ru(0001)表面に C 蒸着中の STM 像を図 1 に示す。蒸着開始から 82 分後にグラフェンが成長し始めた。最初の約 15 分間は 0.01 ML/分程度でグラフェンが成長したのにたいし (白矢印領域)、その後は 0.001 ML/分程度に下がった (黒矢印領域)。グラフェン核形成前には表面吸着 C 原子が過飽和状態にあるため最初はグラフェン成長速度が大きく、グラフェンと表面吸着 C 原子が平衡状態に近づくにつれ成長速度が小さくなると考えられる。高速成長領域では凹凸が疎らで不規則なのにたいし、低速成長領域では規則的な配列がみられた。つぎに Ru が露出した領域をグラフェンが取り囲みつつ成長する様子のその場観察結果を図 2 に示す。Ru の領域が狭まるとともに Ru 表面に穴があらわれ、徐々に広がる様子がみられた (黒矢印)。この結果は、Ru 表面から脱離した Ru 原子がグラフェン/Ru 界面へ挿入されることにより凹凸を形成することを示唆している。凹凸のないグラフェンの形成エネルギーよりも Ru テラスに空孔を形成するエネルギーと凹凸のあるグラフェンの形成エネルギーの和のほうが小さい。また高速成長時にはグラフェン/Ru 界面に取り込まれる Ru が少ないため凹凸が疎らになると考えられる。

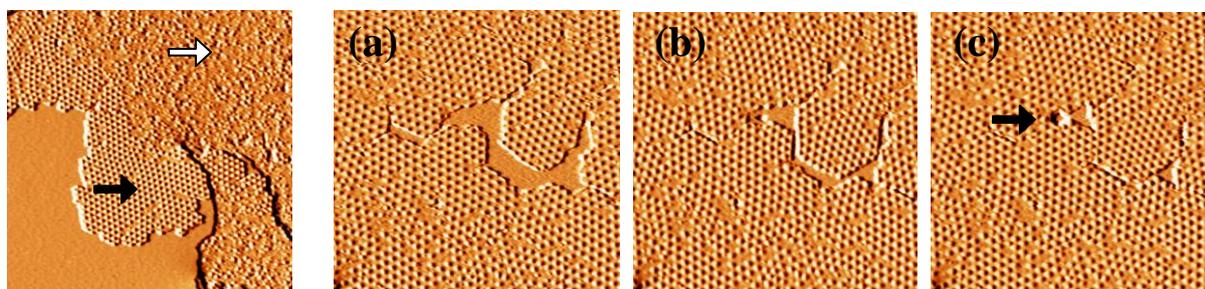


図 1: 700°C の Ru(0001)表面におけるグラフェンの STM 像 (150 nm × 150 nm 横方向微分像)

図 2: 700°C の Ru(0001)表面におけるグラフェン成長過程の STM 像 (a) 観察開始からの経過時間= 0 分 (b) 44 分 (c) 88 分 (100 nm × 100 nm 横方向微分像)

1. D. Stradi, et al. Phys. Rev. B **85**, 121404 (2012). 2. E. Starodub, et al. Phys. Rev. B **80**, 235422 (2009).