

AFM を用いたナノスケールでのグラフェンの弾性力評価

Evaluation of elastic force of graphene in nanoscale by AFM

○猪狩 智彦^{1,2}、村上 勝久^{1,2}、藤田 淳一^{1,2} (1. 筑波大数理、2. TIMS)

○T Igari^{1,2}, K. Murakami^{1,2}, J. Fujita^{1,2} (1.Univ. Tsukuba, 2.TIMS)

E-mail: bk201010992@s.bk.tsukuba.ac.jp

グラフェンの電子物性はその支持基板の強い影響を受け、一般的によく使用される SiO₂ 基板では平坦性やキャリアの不純物散乱などによって電子移動度が著しく低下することが知られている。しかしながら、グラフェン・基板間（及び基板への吸着物質）との物理的機械特性とグラフェンの電気特性の関係は殆んど研究されていない。また、複数層グラフェンの層間、BN、MoS₂ など他の 2 次元層状物質とグラフェンの界面での機械的特性、層間相互作用と電気特性の関係も未だ明らかになっていない。我々の研究グループでは、これらグラフェン等の 2 次元層状物質の層間相互作用の解明を目的として、AFM を用いたグラフェン層間、グラフェン・基板間の局所加圧による弾性力の評価を行ったので報告する。

弾性力評価に用いるグラフェンはキッシュグラファイトの機械剥離によって、熱酸化膜厚 300 nm の Si 基板に作成した。グラフェンはラマン分光測定による 2D ピーク分析と AFM による膜厚計測によって層数を同定した。ナノスケールでのグラフェンの弾性力評価には Bruker 社製 Dimension Icon を用いた。AFM プローブ先端のグラフェンへのコンタクトフォースを任意の設定値に保つようにフィードバック制御し、表面形状を取得しながら、同時に各点でフォースカーブ測定を行い、フォースカーブから各計測点におけるグラフェンの変形量、弾性力、吸着力、エネルギーの散逸を求めた。

図 1 に単層と 4~5 層の多層グラフェン面の、局所加圧に対する変形量特性を示す。これらのデータはグラフェン面で計測された表面変形量から SiO₂ 基板面の変形量を差し引いた、実質的なグラフェン表面での変形量をプロットしている。単層グラフェンではおよそ 1 GPa の圧力からグラフェン表面が変形し始め、プローブ接触面の直径 20~50 nm の領域で約 0.2 nm の窪みを形成していることが分かる。一方、多層グラフェンではおよそ 10 GPa の圧力から変形し始めることが分かる。4~5 層のグラフェン全体でおよそ 0.15 nm の変形であるから、各層間はおおよそ 0.03 nm ほど、つまりグラフェンの層間格子定数が約 10 % 程度圧縮されていることが分かる。

図 2 に圧力を変化させた時の多層グラフェンの変形量マッピングを示す。グラフェン面内に特異的に変形量の少ない黒いコントラストのパターンが存在し、接触圧力の変化と共に不可逆的な形状変化(b→c→d)を示した。この領域は SiO₂ 面、多層グラフェン面よりも変形量が少なく硬いことを示している。これは、グラフェンと SiO₂ 基板界面に存在する表面吸着水と考えられる何らかの吸着物質が非常に硬い固体状で存在していることを示唆している。

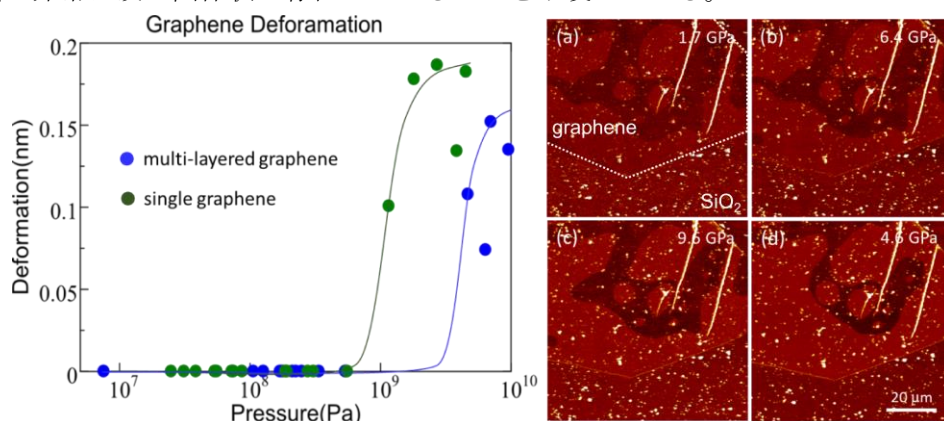


図 1:局所加圧に対する単層・多層グラフェンの変形量特性 図 2:吸着物質を覆う多層グラフェン表面での変形量像