

超音速希ガス原子線散乱を用いた Pt(111)上の graphene と h-BN の状態計測

Rare gas atom beam scattering from graphene and h-BN monolayers on Pt(111) surfaces

筑波大数物, °生津達也, 金城厚, 國原淳, 山田洋一, 佐々木正洋

Univ. of Tsukuba, °T.Namatsu, A.Kinjo, A.Kunihara, Y.Yamada, and M.Sasaki

E-mail: s1111023@u.tsukuba.ac.jp

[背景・目的]

graphene や h-BN 等の原子層物質を利用する場合、基板との相互作用によりそれらの電子状態が改質されることに注意が必要である。これまでに我々は非常に表面感度が高い超音速希ガス原子線散乱により、各種金属基板上における単層 graphene の振動状態を計測することで、graphene-基板間の相互作用を調べてきた。この結果、支持基板に依存して graphene の表面垂直方向の振動に対する Debye 温度が異なっており、これが graphene と基板との相互作用を反映していることがわかってきた。

本研究では、超音速希ガス原子線散乱により、Pt(111)基板上の graphene と h-BN からの希ガス原子線の散乱を比較し、それぞれと基板との相互作用を比較した。

[実験方法]

graphene/Pt(111), h-BN/Pt(111)試料は、それぞれ清浄 Pt(111)基板上でエチレン、ボラジンを熱分解することにより作製した。これらの試料に対し、He 原子線を用いた表面 Debye 温度の計測と、Ar 原子線散乱の角度分布の計測を行った。

[結果・考察]

図 1 の a 及び c にそれぞれ graphene/Pt(111)及び h-BN/Pt(111)の LEED 像を示す。graphene/Pt(111)は円環状の回折パターンを示したのに対し、h-BN/Pt(111)の回折像では、円環状の回折に加えて、格子不整合に起因する長周期の回折パターンが回折点周辺に明瞭に現れた。これより、h-BN の電荷密度凹凸は graphene よりも大きくなっていることが考えられる。

図 1 の b および d に各試料における Ar 原子線散乱の角度分布を示す。両試料において、わずかに異なるがほぼ同様な散乱パターンが得られた。Ar 散乱スペクトルは主に表面原子の質量により決定されることから、今回の試料はいずれも平均質量が等しいために同様の Ar 散乱パターンを与えたものと考えられる。青線に示す Hard cube model を用いた解析により、いずれも表面原子の有効質量は110 u程度となった。このことから、どちらも Ar 原子は六員環一つ程度の表面原子と相互作用しており、その平均質量を検出していると考えられる。

図 2 に、He 原子線の回折強度の表面温度依存

性 (Debye-Waller 減衰) を示す。この結果 graphene/Pt(111)、h-BN/Pt(111)の双方がほぼ同様な温度依存性を示した。一般的に、Debye-Waller 減衰は、表面原子層の質量と、その Debye 温度とに依存する。本実験の場合、表面原子の平均質量は graphene と h-BN の双方で同一であることが示されたので、Debye-Waller 減衰は Debye 温度により一意的に決定されるといえる。したがって、本研究結果により、graphene と h-BN とは同様の表面 Debye 温度を有することがわかった。Pt(111) と graphene との相互作用は van der Waals 的であることが知られており、今回の結果から h-BN も graphene と同様に基板から隔離されており、ほぼフリースタANDINGな状態にあることがわかった。

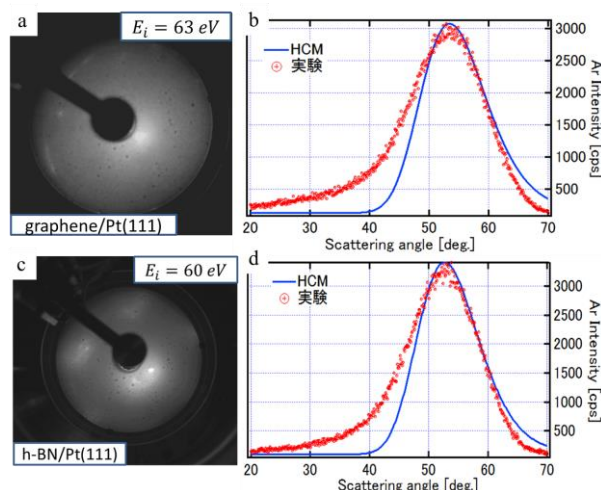


図 1. a: graphene/Pt(111) の LEED 像
b: graphene/Pt(111) の Ar 原子線散乱の角度分布
c: h-BN/Pt(111) の LEED 像
d: h-BN/Pt(111) の Ar 原子線散乱の角度分布

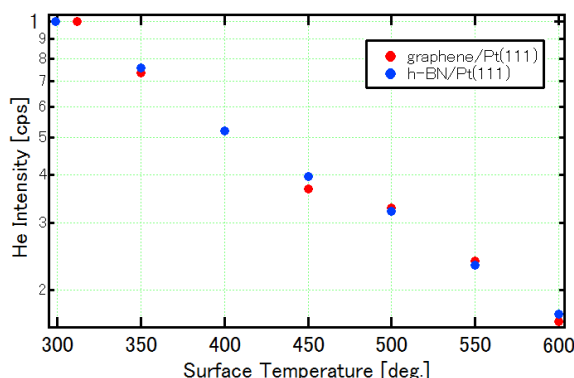


図 2. He 原子線回折強度の温度依存性