

課題番号 : F-13-RO-0035
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 高移動度グラフェン素子の作製と量子輸送現象の研究
Program Title (English) : Fabrication of High-Mobility Graphene Devices and Quantum Transport Study
利用者名(日本語) : 八木隆多¹⁾、大西 純平^{1,2)}、竹川大志^{1,2)}、榊原諒二¹⁾、田原文哉¹⁾
Username (English) : R. Yagi¹⁾, J. Onisi^{1,2)}, T. Takegawa^{1,2)}, R. Sakakibara¹⁾, and F. Tahara¹⁾
所属名(日本語) : 1) 広島大学大学院先端物質科学研究科, 2) 広島大学理学部物理科学科
Affiliation (English) : 1) Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University,
2) Department of Physical Science, Hiroshima University

1. 概要(Summary)

グラフェンは炭素原子が蜂の巣格子を組んでいる二次元結晶である。電子構造はゼロギャップ半導体になっており、バンド質量がゼロで、分散が線形であるディラック電子系である。電子速度が通常の半導体に比べて圧倒的に大きいことや、後方散乱が抑制されるので、潜在的に高移動度が期待できる。これを用いて微細構造化により電子構造を変調し、量子伝導を研究するのは学術的に意義深い。しかしながら、実際にグラフェン素子を、SiO₂/Si 基板上に作製しても移動度がそれほど高くないことが分かっており、微細加工による電子構造変調によって量子伝導を研究するのはそれほど簡単ではない。高移動度を実現するには平坦な BN 上にグラフェン素子を作製すればよいことが知られているが、実際には BN にグラフェンを乗せるだけではそれほど移動度の値が向上しない。移動度を向上させるにはどうすればよいかについて、表面状態を踏まえてサンプル作製法を改善していく必要がある。

2. 実験(Experimental)

粘着テープを用いた機械的剥離法によってグラファイトの層間を剥離しこれを、基板に転写することでグラフェンを得る。グラフェンの典型的なサイズは 10 μm 程度であるため、電子線リソグラフィーによって電極を付けることで電気抵抗測定を行う。Si 基板として P⁺ドープの導電性の基板を使用し、Si 表面上にある SiO₂ (300 nm) を絶縁体として FET のゲートにする。いくつかの異なる構造の素子を作製した。1) SiO₂/Si 基板にグラフェン素子を作製したもの、2) SiO₂/Si 基板に作製された BN 小片上にグラフェンを転写してグラフェン素子を作製したものについての移動度やゲート電圧に現れる不均一性を測定した。原子間力顕微鏡(SPI3800)により表面残留物の有無をとその量を確認した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Si/SiO₂ 基板に作製されたグラフェンでは、移動度が 5000-8000 cm²/Vs 程度で、平均自由行程が高々 100 nm 程度であった。市販の BN から機械剥離法で BN 小片を SiO₂/Si 基板付着させ、その上にグラフェンを転写したものは、複層グラフェンで移動度は数千 cm²/Vs にとどまった。しかし、別の高品質とされる h-BN 結晶を用いた BN 上グラフェン素子では、移動度がおおよそ 10 万 cm²/Vs 程度になった。これは、グラフェンの下に存在する BN の品質によってグラフェンの移動度が大きく影響を受けることを明確に表し、h-BN 母結晶の選択が重要であることが分かった。しかしながら、電子ビームリソグラフィーでサンプルを作製した直後の素子の抵抗のゲート電圧依存性をみると、ディラック点のピークが鋭くなっているものの、ゲート電圧依存性に、不均一性を表すと思われる、再現する複雑な振動構造が同時に見られた。実際 AFM によってグラフェン表面を観察すると、グラフェン上に、電子線レジストの残渣か、その他の有機物質と思われるものが付着していた。これは、グラフェン上にもみ選択的に残っていた。Ar 希釈した水素ガスフロー中で素子を一定時間加熱すると、この表面付着物は取り除くことができたが、ゲートリークと、若干の移動度低下がみられた。これらの結果を踏まえて、転写方法を変えたところ、水素アニールなしでも表面付着物が激減し、さらに、ゲート電圧依存性で評価される不均一性を激減させることに成功した。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。