

課題番号 : F-13-RO-0038  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : BN 多層グラフェン素子の作製と電子構造の研究  
Program Title (English) : Fabrication of Few-Layer Graphene Devices on BN and Study of Its Electronic Structure  
利用者名(日本語) : 田原文哉<sup>1)</sup>、竹川 大志<sup>1,2)</sup>、大西純平<sup>1,2)</sup>、榊原諒二<sup>1)</sup>、八木隆多<sup>1)</sup>  
Username (English) : F. Tahara<sup>1)</sup>, T. Takegawa<sup>1,2)</sup>, J. Onishi<sup>1,2)</sup>, R. Sakakibara<sup>1)</sup>, and R. Yagi<sup>1)</sup>  
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)

単層グラフェンには、光やニュートリノと同じような線形な分散関係をもつバンドが一つ存在する。これらが積層したときには、層間に規則的なホッピングがあるために、単層グラフェンとは異なる電子構造になることが予想される。3層以上の総数を持つグラフェンのこうした電子構造はあまり明らかになっていない。電気伝導性のある物質の電子構造は、低温磁気輸送現象に現れる Shubnikov-de Haas (S-dH) 振動を解析することで明らかになることができるが、実験で通常行われているような、SiO<sub>2</sub>/Si 基板上に作製されたグラフェン素子では、電気伝導特性に関する品質(移動度)があまり良くないため、S-dH 振動によって電子構造を完全に理解することは難しい。私たちは原子平坦な hexagonal-Boron Nitride (h-BN) 上にグラフェンが配置している構造によって高移動度グラフェンを作製し、低磁場領域まで鮮明な S-dH 振動の観測に成功した。

## 2. 実験(Experimental)

粘着テープを用いた機械的へき開法によって h-BN 小片を SiO<sub>2</sub>/Si 基板上に作製し、その上に、グラファイトから機械的へき開法によって準備されたグラフェンを転写する。表面付着物の有無、およびグラフェンのしわの状態を原子間力顕微鏡(SPI3800)によって確認し、グラフェンに電子線リソグラフィで電気抵抗測定用の電極を付けて FET デバイスを作製した。これを低温( $T = 4.2$  K)まで冷却して、高磁場における抵抗測定を行った。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

AB 積層している3層グラフェンにおいて、本方法によって作製されたFETデバイスの移動度は、およそ  $7 \times 10^4$  cm<sup>2</sup>/Vs であった。これは、これまでの旧式の方法によって作られていた同じ3層の h-BN 上グラフェンデバイスや、

SiO<sub>2</sub>/Si 基板上に直接作られてきたものと比べて、移動度がおよそ一倍以上向上ができた。さらに、電気抵抗のゲート電圧依存性(ゼロ磁場)には、シャープなカusp構造を示すディラック点構造がみられた。不均一性に関してこれまでよりも格段に改善されていることは、ディラック点付近のカuspの半値幅の狭さと、その点の前後の広い領域で電気抵抗のゲート電圧依存性がゲート電圧とともに単調に変化する挙動とからわかった。この素子の  $T = 4.2$  K における  $B = 0$  から 7.5 T の間の磁気抵抗の様子を二次元的に測定し濃淡プロットをしたところ、AB積層である3層グラフェンの特徴的なバンド構造が明確に観測された。この系には、質量ゼロの線形なバンド(単層的バンド)と、質量がゼロでない、二層グラフェンのようなバンドが存在するとされるが、それぞれに由来する S-dH 振動が明確に測定された。さらに、 $B < 1$  T の低磁場領域には、単層的なホールバンドの底が、二層バンドの底に形成される  $N = -1, 0$  のランダウ準位を超えて、二層的なバンドの電子領域にまで及んでいるのが観測された。S-dH 振動から見積もられるキャリア密度を各ゲート電圧で細かく測定したところ、実際に電荷中性点付近には電子とホールとが共存できるセミメタリックなバンド構造があることが示唆された。このような挙動は、3層グラフェンにおける鏡面対称性の破れと、層をまたいだホッピングが原因で起こっていると解釈される。

## 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。