

課題番号 : F-17-NM-0109
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 二層グラフェンを用いた超伝導スイッチの開発
Program Title (English) : Development of a superconducting switch based on bilayer graphene
利用者名(日本語) : 津村公平
Username (English) : K. Tsumura
所属名(日本語) : 国立研究開発法人産業技術総合研究所
Affiliation (English) : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
キーワード/Keyword : 二層グラフェン、超伝導近接効果、超伝導スイッチ、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

グラフェン(G)を超伝導電極(S)で挟んだ S/G/S 接合ではグラフェンを介して超伝導電流が流れる。これまでに我々は単層グラフェンを用いた超伝導接合を作製してきた。しかし単層グラフェンはゼロギャップ半導体であるとともに、Dirac 点でも有限の伝導度をもつため、ゲート電圧による超伝導電流の完全な ON/OFF 制御は不可能であった。そこで本研究では二層グラフェン(BLG)を用いた超伝導接合の作製し、超伝導スイッチ開発を目指した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・ 125kV 電子ビーム描画装置
- ・ 高速マスクレス露光装置
- ・ レーザー露光装置
- ・ 12 連電子銃型蒸着装置
- ・ 超高真空電子銃型蒸着装置
- ・ 原子層堆積装置
- ・ 多目的ドライエッチング装置
- ・ 自動スクライバー
- ・ ワイヤーボンダー

【実験方法】

マーカー付き Si 基板の上にグラフェンを劈開し、顕微 Raman 分光によって BLG を選び出した。BLG を任意形状に加工するため、電子ビーム描画でエッチングマスクを作製し、酸素プラズマで BLG を適当なサイズの矩形にエッチングした。そして電子ビーム描画で超伝導電極パターンを作製し、電子銃蒸着で Al 電極を BLG に接続し、さらにレーザー描画と電子銃蒸着によってボンディングパッドを作製した。その後、原子層堆積法によって作製した Al_2O_3 膜で試料全体を覆い、最後にトップゲート電極を BLG 上に作製した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

作製したデバイスは BLG に対し、超伝導ソースドレイン電極をチャンネル長 100 nm で接続し、その上にトップゲート電極を配置した構造となっている。本試料を温度約 2.5 K に冷却し、ゼロバイアス抵抗 ($R_{\text{zero-bias}}$) のバックゲート電圧 (V_{BG})、トップゲート電圧 (V_{TG}) 依存性を測定した。Fig. 1 はその結果であるが、トップゲートに対して $R_{\text{zero-bias}}$ は何らかの変化を示してはいるが、当初の予想とは全く異なる結果となった。今後この要因を明らかにし、超伝導スイッチを実現したい。

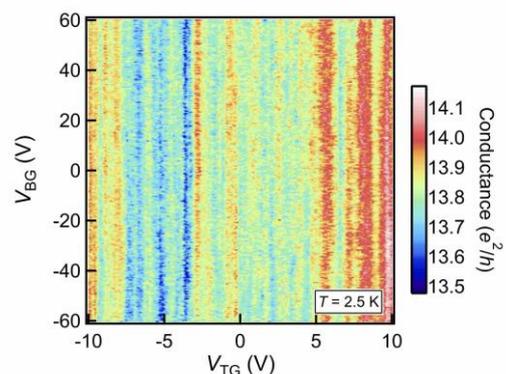


Fig.1: Zero-bias resistance ($R_{\text{zero-bias}}$) as functions of V_{TG} and V_{BG} at $T = 2.5$ K.

4. その他・特記事項(Others)

劈開したグラフェンの層数判別のため、NIMS 分子・物質合成プラットフォームにて顕微 Raman 分光を行った。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

田中兼晋, 東京理科大学理学部第一部応用物理学卒業論文.

6. 関連特許(Patent)

なし