

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРАФЕНЕ, ПЕРЕНЕСЕННОМ С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ КАРКАСОВ**

Е. А. Дронина<sup>1</sup>, М. М. Михалик<sup>1</sup>, Н. Г. Ковальчук<sup>1\*</sup>, К. А. Нигериш<sup>1</sup>,  
А. В. Фельшерук<sup>1</sup>, С. Л. Прищепа<sup>1,2</sup>, И. В. Комиссаров<sup>1</sup>

УДК 535.375.5

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь, Минск; e-mail: n.kovalchuk@bsuir.by

<sup>2</sup> Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Москва, Россия

(Поступила 22 декабря 2022)

Проведены сравнительные исследования концентрации носителей заряда ( $n$ ) и относительной деформации ( $\varepsilon$ ) в графене, синтезированном методом химического парофазного осаждения и перенесенном на поверхность подложки SiO<sub>2</sub>/Si с использованием двух различных каркасов — полиметилметакрилата (ПММА) и парафина — с последующей комплексной обработкой. Использован корреляционный метод анализа положений КР-активных мод. Установлено, что в случае использования парафина концентрация носителей заряда в графене меньше, чем для ПММА. Дальнейшая жидкофазная и термическая обработка, применяемая для удаления каркаса из парафина, приводит к росту  $n$  вплоть до  $1.2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ . Для образцов графена, перенесенных с помощью каркаса из ПММА, тенденции в изменении  $n$  не наблюдается независимо от видов обработки. Разброс значений  $\varepsilon$  для графена, перенесенного с помощью парафина с последующим применением жидкофазной и термической обработки в вакууме, больше, чем для графена, перенесенного с помощью ПММА и прошедшего аналогичную обработку: от  $-0.01875$  до  $-0.1488\%$  и от  $-0.04375$  до  $-0.0875\%$ . Установлено, что помимо непосредственно самого материала каркаса для переноса определяющее влияние на качество графена оказывает сочетание методов обработки. Оптимизация этих параметров позволяет повысить эффективность методики переноса графена с одновременным улучшением эксплуатационных характеристик устройств графеновой наноэлектроники.

**Ключевые слова:** графен, комбинационное рассеяние света, химическое парофазное осаждение, полиметилметакрилат, парафин, термическая обработка.

Comparative studies of charge carrier concentration ( $n$ ) and relative strain ( $\varepsilon$ ) in graphene synthesized with chemical vapor deposition and transferred to the surface of SiO<sub>2</sub>/Si substrate using two different frames, polymethylmethacrylate (PMMA) and paraffin, followed by complex processing, were carried out. The correlation method for determining the positions of Raman active modes was implemented for the analysis. It was established that in the case of paraffin, the concentration of charge carriers in graphene was initially lower than for PMMA. Further liquid phase and heat treatment used to remove the paraffin frame led to an increase in  $n$  up to  $1.2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ . For graphene samples transferred using a PMMA frame, no clear trend in the change in  $n$  was observed, regardless of the types of processing. At the same time, the spread of  $\varepsilon$  values for graphene transferred with paraffin followed by liquid phase and heat treatment in vacuum was greater than for graphene transferred with PMMA and passed through a similar treatment,  $-0.01875$  —  $-0.1488\%$  and  $-0.04375$  —  $-0.0875\%$ , respectively. The results obtained during the study made it possible to establish that, in addition to the transfer frame material itself, a combination of processing methods had

**RAMAN SPECTROSCOPY STUDY OF THE CHARGE CARRIER CONCENTRATION AND MECHANICAL STRESSES IN GRAPHENE TRANSFERRED EMPLOYING DIFFERENT FRAMES**

E. A. Dronina<sup>1</sup>, M. M. Mikhalik<sup>1</sup>, N. G. Kovalchuk<sup>1\*</sup>, K. A. Niherysh<sup>1</sup>, A. V. Felsharuk<sup>1</sup>, S. L. Pri-  
schepa<sup>1,2</sup>, I. V. Komissarov<sup>1</sup> (<sup>1</sup> Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus; e-mail: n.kovalchuk@bsuir.by; <sup>2</sup> National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia)