

# ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ В ДВУМЕРНЫХ СИСТЕМАХ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Нигериш К.А., Ковальчук Н.Г., Михалик М.М.

Комиссаров И.В. – канд. физ.-мат. наук, в. н. с. НИЛ 4.6

В связи с уменьшением топологических размеров в электронике, транзисторы, обладающие достаточно большой удельной мощностью, должны обладать эффективным теплоотводом от рабочей зоны устройства. Эта проблема может быть решена введением теплового распределителя вблизи горячих точек, отводящего тепло непосредственно от них. Таким образом, визуализация тепловых полей в двумерных системах является актуальной и нетривиальной задачей. В данной работе представлен бесконтактный метод визуализации тепловых полей в двумерных структурах методом лазерно-ассистированной Рамановской термометрии.

В качестве исследуемого 2D-материала использовался CVD-графен, производство которого налажено в БГУИР. Синтез проводился при атмосферном давлении. Более детально этот процесс описан в работе [1]. В данной работе был использован влажный способ переноса графена, который осуществлялся при комнатной температуре. Медная подложка-катализатор была тщательно растворена в водном растворе  $FeCl_3$ , после чего пленка промывалась несколько раз в дистиллированной воде. Затем графен был перенесен на медную сетку, содержащую сквозные отверстия диаметром 100 мкм.

Основная идея визуализации тепловых полей в двумерных структурах методом лазерно-ассистированной Рамановской термометрии заключается в следующем: детектирующий лазерный луч малой мощности фокусируется в центре подвешенной мембраны графена, не вызывая нагрев центрального участка, в то же место фокусируется ассистирующий лазерный луч, вызывающий нагрев пленки (рисунок 1). Положения пиков КРС спектра графена очень чувствительны к температуре, поэтому температура нагретого участка определяется по результатам сдвига G или 2D полосы (рисунок 2).

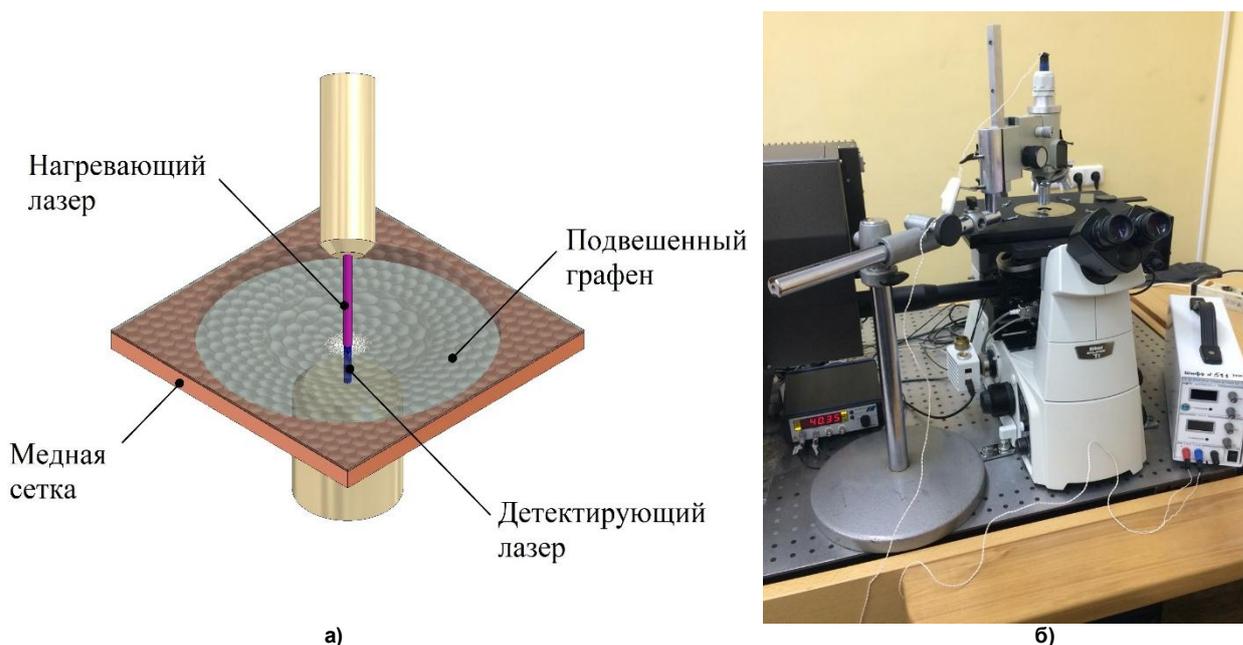


Рис. 1 – Экспериментальная установка – а) схема, б) внешний вид

Образец был исследован на 3D Рамановском конфокальном микроскопе Confotec NR500, при следующих условиях: длина волны детектирующего лазерного излучения 473 нм, диаметр пучка  $\sim 500$  нм, диапазон исследования  $1100 - 2900$   $cm^{-1}$ . Для нагрева использовался лазерный модуль фирмы ЛТТ [2] с длиной волны лазерного излучения 620 нм, диаметр пучка  $\sim 2$  мкм. Для исследования был выбран участок размером  $20 \times 20$  мкм в центре подвешенной пленки.

По полученным данным было получено тепловое поле и тепловой профиль графена при нагреве внешним лазером (рисунок 3). Калибровочная кривая зависимости положения пиков КРС графена от температуры была взята из литературы [3].

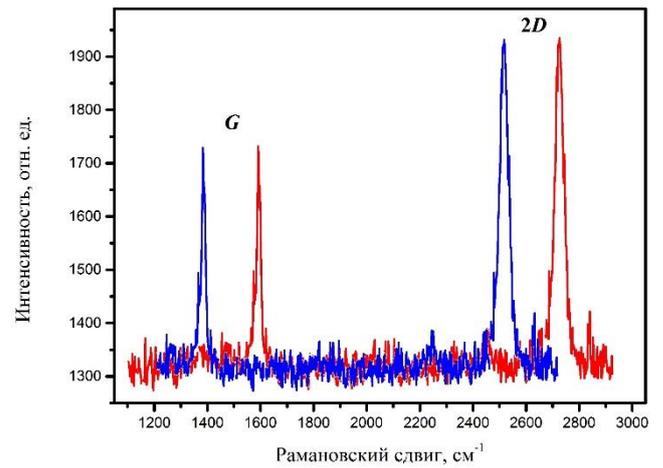
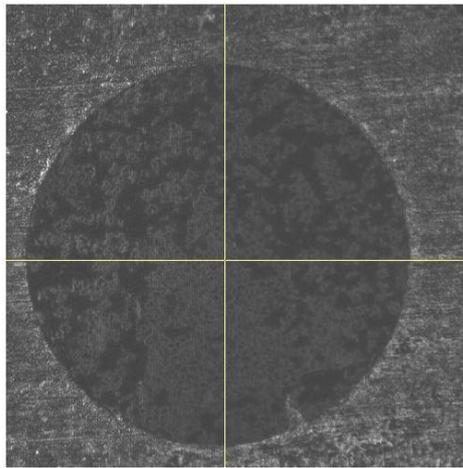


Рис. 2 – а) Рэлеевское изображение сквозного отверстия в меди покрытого графеном, б) смещение пиков спектра КРС подвешенного графена при изменении температуры

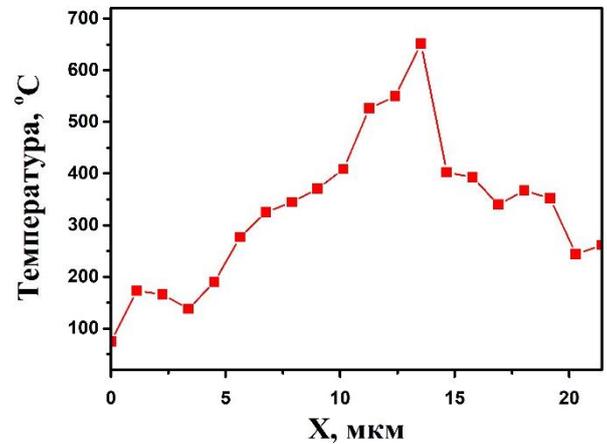
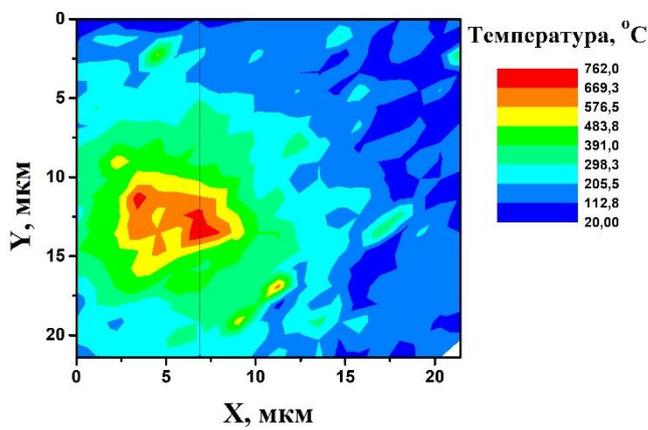


Рис. 3 – а) Тепловое поле подвешенного графена при нагреве внешним лазером, б) тепловой профиль графена

Следует отметить, что данная методика может быть использована для получения коэффициентов теплопроводности исследуемых образцов, а также она позволяет проводить исследования в области теплопереноса и эффективности введения различных теплопроводов в микро- и наноэлектронике.

Список использованных источников:

1. Komissarov I. V. et al. Nitrogen-doped twisted graphene grown on copper by atmospheric pressure CVD from a decane precursor //Beilstein journal of nanotechnology. – 2017. – Т. 8. – С. 145.
2. <http://www.ltt.by>
3. Calizo I. et al. Temperature dependence of the Raman spectra of graphene and graphene multilayers //Nano letters. – 2007. – Т. 7. – №. 9. – С. 2645-2649.