Плазмонно-резонансное поглощение ТГц излучения в графене

Титова Е.И., Былинкин А.Н., Кашенко М.А., Михеев В.В., Жукова Е.С., Свинцов Д.А.

Московский физико-технический институт (ГУ), 141701, Долгопрудный, Институтский пер., 9.

DOI 10.34077/Semicond2019-244

Возбуждение поверхностного плазмонного резонанса (ППР) позволяет концентрировать электромагнитное поле в веществе, что значительно увеличивает поглощение излучения различными материалами. Этот эффект позволяет создавать эффективные и сверхбыстрые фотодетекторы на основе графена, который в обычном состоянии слабо поглощает внешнее излучение. Фотодетектирование с помощью возбуждения ППР уже наблюдалось в высококачественном графене на SiC [1], а также в инкапсулированном графене, полученном методом отщепления [2]. В данной работе показано возбуждение ППР в более доступном и масштабируемом графене, полученном методом химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) в диапазоне 5-10 ТГц.

Были изготовлены транзисторные структуры с монослоем графена в качестве канала, золотыми контактами в качестве стока/истока, и р-легированной Si/SiO₂ подложкой в качестве нижнего затвора. Также на стекле графен/диэлектрик была сделана субмикронная решетка из титана для возбуждения ППР, как показано на рис. 1(а). Металлическая решетка с минимальными размерами 130 нм была изготовлена с помощью электронно-лучевой литографии.

Спектры пропускания данной структуры были измерены с помощью Фурье-спектрометра Bruker Vertex 80v в диапазоне от 50 до 450 см⁻¹. Во время спектрометрических измерений образцы также контролировались электрически. Пренебрегая отражением и рассеянием излучения, поглощение образца равно $A = 1 - \frac{T(V_G)}{T_{CNP}}$, где T_{CNP} - пропускание графена в точке

электронейтральности. Измерения проводились при двух различных поляризациях излучения: параллельно и перпендикулярно титановой решетке. При этом в первом случае наблюдалось только Друде-поглощения в графене, тогда как во втором случае возбуждался ППР.

Исследовав зависимость частоты ППР от напряжения на затворе (рис 1(б)) мы обнаружили, что ранние теории [3] плохо описывают данный эффект, т.к. не учитывают сильное отражение плазмонов на краях металлических полос при близком расположении решетки и графена. В отличие от предыдущих теорий, резонансная частота плазмонов в таком случае определяется длиной отдельных металлических полос, а не периодом решетки. Мы сформулировали простую теорию для резонансных частот в нашем эксперименте, которая описывает экспериментальные данные без каких-либо подгоночных параметров [4].

Рис. 1 (а) Схематическое изображение структуры на основе графена. (б) Карта интенсивности усиления спектров поглощения, соответствующих плазмонному вкладу, как функция частоты и напряжения на затворе. Пунктирные линии соответствуют теоретическому расчету закона дисперсии гейтированных плазмонов. На вставке показано несколько разрезов карты интенсивности при определенных напряжениях на затворе.

[1] X. Cai, A.B. Sushkov et al., *Nano Lett.*, **15** (7), 4295–4302, (2015).

[2] D.A. Bandurin, D. Svintsov et al., *Nature Communications*, **9**, 5392, (2018).

[3] S. A. Mikhailov. *Phys. Rev. B* **58**, 1517 (1998).

[4] A. Bylinkin, E. Titova et al., *arXiv:1812.04028* (accepted to *Phys. Rev. Applied*)