Свойства плазмонов с переносом заряда на графене

Федоров А.С. [1] , *Еремкин Е.В.* [2]

qchem99@yandex.ru
[1] Институт Физики им Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск, Россия
[2] МНИЦ СиКХ Сибирского федерального университета Красноярск, Россия

Терагерцовое (ТГц) излучение в последние годы начинает применяться в различных областях нанотехнологий и фотоники [1]. Его уникальная особенность заключается в способности проникать с минимальными потерями сквозь материалы, которые обычно непрозрачны для видимого света, а также благодаря его взаимодействию с вращательными и колебательными модами молекул. Оно может быть использовано для детектирования множества молекул [2], включая взрывчатые вещества и наркотики, для спектроскопии, видения сквозь непрозрачные преграды, в биомедицине [3], экологии [4] и т.д.. При этом, в отличие от рентгена, ТГЦ диапазон безопасен для человека.

В данной работе теоретически исследованы свойства плазмонов с переносом заряда (ППЗ), реализуемых как в непериодических, так и периодических комплексах металлических наночастиц (МНЧ), лежащих на поверхности графена. Данные ППЗ возникают благодаря переносу заряда через проводящую поверхность графена между индивидуальными МНЧ. Для расчета ППЗ разработана оригинальная гибридная квантово-классическая методика, с помощью которой рассчитаны частоты, собственные векторы, добротность, потери энергии различных комплексов МНЧ на графене, а также мощность поглощения внешнего электромагнитного излучения (ЭМИ). Показано, что частоты ППЗ находятся в терагерцовом диапазоне и могут быть представлены как произведение двух факторов: энергии Ферми графена и фактора, определяемого геометрией комплекса МНЧ. Показано, что добротность ППЗ в таких системах находится в диапазоне ~ 10 – 100. Величины рассчитанных частот ППЗ подтверждены с использованием метода конечных элементов (МКЭ) и продемонстрировано, что разработанная методика позволяет моделировать свойства ППЗ на 3–4 порядка быстрее по сравнению с методом МКЭ или методом конечных разностей во временной области, предоставляя тем самым возможности для прогнозирования плазмонных свойств очень больших систем МНЧ+графен для различных практических приложений.

Благодарность: Данное исследование было поддержано Российским научным фондом, Соглашение № 23-12-20007, а также Правительством Красноярского края и Красноярским краевым фондом поддержки научной и научно-технической деятельности, Соглашение № 256.

Ссылки

1. M. Tonouchi, Nature Photonics (2007) 1, 97.
2. P.U. Jepsen and D.G. Cooke and M. Koch, LaserPhotonics Reviews (2010) 5, 124.
3. X. Yang, X. Zhao, K. Yang, Y. Liu, Y. Liu, W. Fu, Y.Luo, Trends in Biotechnology (2016) 34, 810.
4. Lee, Y.-S. Principles of Terahertz Science and Technology; Springer US: Boston, MA, 2009; pp 1–9