Управление радиационными потерями терагерцовых резонансных плазмонов в двухслойной периодической структуре на основе графена в режиме антикроссинга плазмонных мод

Полищук О.В.¹, Фатеев Д.В.^{1,2}, Попов В.В.¹

¹Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, 410019, Саратов, ул. Зеленая, 38

²Саратовский государственный университет, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83

DOI 10.34077/Semicond2019-237

Графен является природным материалом с нулевой запрещенной зоной и чрезвычайно высокой подвижностью носителей, а возможность электрически управлять плотностью носителей заряда в графене делает его идеально подходящим для ТГц и оптоэлектронных применений. Графен может служить усиливающей средой для ТГц лазеров [1], которые могут работать при комнатной температуре. Графен способен поддерживать поверхностные плазмонные моды в ТГц диапазоне [2].

В данной работе мы рассматриваем усиление ТГц волны за счет вынужденного излучения резонансных плазмонов в двухслойном структурированном активном графене, представляющем собой два одинаковых планарных периодических массива графеновых микрополосок, разделенных тонким диэлектрическим барьерным слоем. Внешняя ТГц волна падает нормально на плоскость структуры. Оптическая задача взаимодействия ТГц волны с исследуемой структурой решалась с помощью самосогласованного электромагнитного подхода. Отклик инвертированного графена (обусловленный его оптической накачкой) описывается комплексной динамической поверхностной проводимостью. [3] Электромагнитные поля плазмонов, распространяющихся в каждом из двух графеновых слоев, взаимодействуют друг с другом, что приводит к образованию единой плазмонной моды в двухслойной графеновой структуре [4]. Рассматриваемая система поддерживает оптические (симметричные) и акустические (несимметричные) плазмонные моды. Резонансные частоты оптической и акустической мод меняются противоположным образом при изменении толщины разделяющего диэлектрического слоя d , что делает возможным режим их антикроссинга.

Максимальное усиление достигается в окрестности режима антикроссинга за счет взаимодействия фундаментальной оптической и первой высшей акустической плазмонных мод. В режиме антикроссинга оптическая плазмонная мода гибридизируется с акустической, в результате чего происходит резкое уменьшение радиационной ширины плазмонного резонанса и увеличение добротности резонанса для каждой из двух взаимодействующих мод. (рис. 1) даже при малых значениях энергии квазиуровня Ферми 20 мэВ при комнатной температуре.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-37-20004.

[1] V. Ryzhii, et al., *J. Appl. Phys.*, **101**, 083114 (2007).

[2] A. N. Grigorenko, et al., *Nature Photon.*, **6**, 749 (2012).

[3] A. A. Dubinov, et al., *J. Phys.: Condens. Matter.*, **23**, 145302 (2011).

[4] C. H. Gan, et al., *Phys. Rev. B*, **85**, 125431 (2012).

Рис.1. – Усиление ТГц мощности в зависимости от частоты падающей ТГц волны и толщины барьерного слоя d для плазмонных резонансов. Период графеновой решетки 750 нм, ширина графеновой микрополоски 500 нм.