Роль «нерадиационных» мод при возбуждении бегущих плазмонов в периодической структуре с графеном

Фатеев Д.В.^{1,2}, Машинский К.В.¹, Мельникова В.С.¹, Попов В.В.¹

¹ СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 410019, Саратов, ул. Зелёная, 38

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

DOI 10.34077/Semicond2019-246

В последнее время интенсивно исследуются плазменные свойства графена в терагерцовом (ТГц) частотном диапазоне [1]. В настоящее время современные технологии позволяют создавать графеновые структуры временем релаксации импульса носителей порядка 1 пс при комнатных температурах, что позволяет возбуждать плазменные резонансы в ТГц диапазоне частот.

В качестве источника ТГц бегущего плазмона в графеновых наноструктурах используются одиночные рассеиватели: острие ближнепольного микроскопа [2], одиночный металлический затвор над графеном [3], щель в металлическом экране над графеном [4]. Предлагаются способы возбуждения бегущего плазмона в графене с помощью эффекта нарушенного полного внутреннего отражения с использованием призм [5]. Во всех вышеуказанных способах эффективность преобразования мощности падающей волны в бегущий плазмон не высока.

В этой работе исследуется преобразование нормально падающей ТГц волны на периодическую графеновую структуру (Рис. 1) в бегущую плазменную волну в графене.

Рассматриваемая структура состоит из графена, над которым расположен двойной решеточный металлический затвор с асимметричной элементарной ячейкой. Структура расположена на подложке, под которой находится однородный металлический экран. ТГц волна падает нормально на решеточный затвор и возбуждает плазменные колебания в графене. За счет создания геометрической асимметрии элементарной ячейки графеновой структуры возможно возбуждение плазменной волны с неравными пространственными встречными Фурье-гармониками порядков $+p$ и $-p$, что приводит к возбуждению бегущей плазменной волны. Однородный металлический экран служит для отражения ТГц волны, а толщина подложки подобрана таким образом, чтобы на частоте плазменного резонанса подавить отраженную от структуры ТГц волну.

В данной работе вычислены поток мощности плазменной волны, энергетическая скорость плазменной волны и коэффициенты преобразования мощности падающей волны в бегущую плазменную волну T_p . Выяснено, что в периодической графеновой структуре с асимметричной элементарной ячейкой возможно возбуждение однонаправлено-бегущих плазмонов, при условии возбуждения «нерадиационных» плазменных мод, т.е. таких мод, которые не возбуждаются в пространственно симметричных структурах. Периодическая графеновая структура может рассматриваться как преобразователь падающей ТГц волны в однонаправленно-распространяющийся плазмон в пассивных системах и как однонаправленный источник плазмонов в активных системах.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект 18-79-10041).

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

[2] P. Alonso-González et. al., *Nat. Nanotech.*, **12**, 31 (2017).

[3] N. Kumada et. al., *Nat. Commun.*, **4**, 1363, (2013).

[4] L. Du, D. Tang, *Journal of the Optical Society of America A*, **31**, 691 (2014).

[5] Yu. V. Bludov et. al., *J. of Appl. Phys.*, **112**, 084320 (2012).

Рис.1. – Спектр коэффициента преобразования мощности падающей ТГц волны в бегущий плазмон в зависимости от ширины затворного электрода.