Возбуждение низкочастотной моды межкраевого магнитоплазмона протекающим постоянным током

Петров А.С., Свинцов Д.А.

МФТИ (НИУ), 141701, Долгопрудный, Институтский пер., 9

DOI 10.34077/Semicond2019-236

Первое наблюдение краевых плазменных мод в двумерных электронных системах (ДЭС) относится к 1985 году [1]. Их теоретическое описание опирается на самосогласованное решение уравнений электростатики и гидродинамики электронной жидкости. Точное решение этой задачи было получено Волковым и Михайловым с помощью весьма громоздкого метода Винера-Хопфа [2,3], который ещё более усложняется в случае систем с координатно-зависимой недиагональной проводимостью (систем с дрейфом или вязкостью) [4].

Вследствие этого, исследования влияния дрейфа на спектр (меж)краевых мод производились ранее лишь в моделях с упрощённой электростатикой [5,6]. Эти модели предсказывали, что краевые моды существуют только при ненулевой скорости электронного дрейфа, а их спектр носит характер белого шума. Поэтому считалось, что краевые моды подавляют резонансное возбуждение ‘нормальных’ (некраевых) мод в плазменных источниках терагерцового (ТГц) излучения и уширяют спектр излучения [7].

В настоящей работе мы определяем влияние дрейфа на спектр межкраевых плазменных мод, исходя из точных моделей [2,3]. Для решения задачи мы используем разработанный нами пертурбативный подход [8,9], основанный на применении методов квантово-механической теории возмущений к уравнениям электронной гидродинамики, записанным в операторной форме. Этот подход впервые позволяет в рамках единого подхода описать влияние электронного дрейфа, магнитного поля, вязкости, затухания, кривизны Берри и возмущений граничных условий на спектр колебаний плазмонов (в т.ч. краевых) в ДЭС с произвольным окружением контактов.

В качестве наглядного объекта для исследований мы выбрали низкочастотную моду межкраевого магнитоплазмона [3] (LIEMP, Lower mode of Inter-Edge MagnetoPlasmon). В пределе слабых магнитных полей её спектр пропорционален циклотронной частоте, а амплитуда экспоненциально спадает внутрь каждой из соприкасающихся ДЭС, что делает расчёт матричных элементов оператора дрейфа по теории возмущений предельно простым. Мы обнаружили, что линейная по дрейфу поправка к спектру LIEMP является чисто мнимой (что соответствует нарастанию/затуханию волн) и пропорциональной волновому вектору и разности концентраций носителей в соседних ДЭС.

Таким образом, мы показываем, что дрейф носителей может приводить к самовозбуждению (меж)краевых плазменных мод в ДЭС с чётко определённым спектром. Это делает возможным создание резонансных источников ТГц излучения на краевых модах, причём в случае LIEMP спектр излучения может плавно регулироваться внешним магнитным полем, не превышающим 1 Т.

Исследование поддержано грантами РФФИ 18-37-00206 и фонда развития теоретической физики и математики “БАЗИС” 18-1-5-66-1.

- [1] D. Mast, A. Dahm and A. Fetter, *Phys. Rev. Lett.*, **54**, 1706 (1985).
- [2] V. Volkov and S. Mikhailov, *Sov. Phys. JETP*, **67**, 1639 (1988).
- [3] S. Mikhailov and V. Volkov, *J. Phys.: Cond. Mat.*, **4**, 6523 (1992).
- [4] R. Cohen and M. Goldstein, *Phys. Rev. B*, **98**, 235103 (2018).
- [5] A. S. Petrov et. al., *Int. J. High Sp. El. Sys.* **25**, 1640015 (2016).
- [6] M. Dyakonov, *Semicond.*, **42**, 984 (2008).
- [7] A. El Fatimy et. al., *J. Appl. Phys.*, **107**, 024504 (2010).
- [8] A. S. Petrov, D. Svintsov, *J. Phys.: Conf. Ser.*, **1092**, 012115 (2018).
- [9] A. S. Petrov, D. Svintsov, *arXiv:1903.04001* (2019).