Осесимметричные циклотронные 2D магнитоплазмоны**Волков В.А.¹, Заболотных А.А.¹***ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 125009, Москва, ул. Моховая, 11-7*

DOI 10.34077/Semicond2019-350

Плазмоны в двумерных (2D) системах интересны как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Известны два основных типа таких возбуждений, как экранированные электронами затвора плазмоны (“gated plasmons”), так и неэкранированные (“ungated plasmons”). В идеале они должны существовать в двух бесконечных электронных системах, соответственно, содержащих управляющий металлический электрод (затвор) и не содержащих его. В магнитном поле B частота плазмонов обоих типов существенно изменяется. Образуются 2D магнитоплазмоны, спектр которых определяется суммой квадратов частоты невозмущенных (полем B) плазмонов и циклотронной частоты. За последние полвека эти коллективные возбуждения детально исследованы в широком диапазоне частот в самых разных 2D системах, как теоретически, так и экспериментально, и трудно было рассчитывать на качественно новый шаг в этой области.

Неожиданно в недавней работе [1] удалось, наряду с 2D магнитоплазмонами указанного выше типа, обнаружить новый резонанс в микроволновом поглощении, частота которого равна циклотронной. Он возбуждался с помощью новой экспериментальной методики, в которой использовался малый металлический диск, расположенный в центре образца больших размеров, но не проявлялся при стандартном возбуждении в дальнем поле. Показано, что резонанс связан с электронами, расположенными вблизи края возбуждающего диска, и похож на одночастичный резонанс типа Азбеля-Канера. В докладе дано *альтернативное объяснение* нового резонанса, основанное на предположении о коллективной природе этой моды.

Недавно построена [2] аналитическая теория, описывающая частично экранированные плазмоны, причем затвор имел форму бесконечно длинной полосы, параллельной плоскости, заселенной 2D электронами. Уже само наличие затвора приводит к появлению серии бегущих вдоль полосы плазменных мод, причем фундаментальная мода очень не похожа на остальные. Она является гибридом экранированных и неэкранированных плазмонов и в силу своего бесщелевого спектра не проявлялась ранее в численных расчетах отклика подобных систем на внешнее излучение. Магнитное поле, перпендикулярное 2D плоскости, стандартным образом изменяет спектр найденных плазмонов.

В докладе представлено обобщение подхода [2] на случай затвора, конечного в двух направлениях. Построена аналитическая теория магнитоплазмонов в 2D системе с металлическим затвором в форме диска, размер которого мал по сравнению с областью, занятой 2D электронами. Задача сведена к решению точно решаемого уравнения для амплитуды плотности плазмонного заряда. Решения, как обычно, описываются двумя дискретными квантовыми числами, равными количеству узлов плотности заряда, осциллирующего в радиальном и азимутальном направлениях. Показано, что заряд всех мод локализован, в основном, под затвором. Особое внимание уделено осесимметричным (чисто радиальным) модам. В силу симметрии они не возбуждаются плоской электромагнитной волной и в этом смысле являются «тёмными». Помимо мод, имеющих аналоги для затвора в форме полосы, возникает новая («циклотронная») мода, плотность заряда которой не имеет узлов ни по азимуту, ни по радиусу. Именно она является фундаментальной модой. Хотя её частота в простой модели равна циклотронной частоте, она имеет коллективный характер. Эти свойства согласуются с опытом [1].

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-02-01226.

[1] I.V. Andreev, V.M. Muravev, V.N. Belyanin, I.V. Kukushkin, *Phys. Rev. B* **96**, 161405 (2017)

[2] A.A. Zabolotnykh and V.A. Volkov, *Phys. Rev. B*, *accepted* (2019); *arXiv:1812.10693* (2018).