Новые одночастичные и коллективные эффекты в низкоразмерных электронных системах

Муравьев В.М., Гусихин П.А., Андреев И.В., Кукушкин И.В.

ИФТТ РАН, 142432, Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-198

Задача распространения электромагнитных волн вдоль металлического провода была решена более 100 лет тому назад Зоммерфельдом [1]. В его работах было показано, что электромагнитная волна вдоль провода распространяется со скоростью света. Именно посредством этих плазмон-поляритонных волн переменный сигнал передается вдоль современных линий электропередач.

В настоящих экспериментах было обнаружено, что если металлический затвор поместить рядом с двумерной электронной системой, то в этой гибридной системе возникает новое семейство плазменных возбуждений [2, 3]. Показано, что новые плазменные волны распространяются вдоль металлической полоски и не имеют потенциальных узлов в перпендикулярном направлении. Установлено, что новые плазменные волны обладают уникальной дисперсией, отличающейся от случая 2Д плазмонов как в системе с бесконечным экранирующим затвором, так и в системе без затвора

$$\omega_p = \sqrt{\frac{2n_S e^2 h}{m^* \epsilon \epsilon_0}} \frac{q}{W} \quad (qW \ll 1),$$

где q – волновой вектор вдоль полоски затвора с шириной W , n_S – двумерная электронная концентрация, h – расстояние от ДЭС до затвора, m^* и e – эффективная масса и заряд носителей заряда. В экспериментах было обнаружено, что открытая плазменная мода имеет особый характер гибридизации со световыми волнами. Образующаяся при этом плазмон-поляритонная волна обладает аномально малым затуханием.

Проведено экспериментальное исследование спектров поглощения «светлых» и «тёмных» двумерных плазменных возбуждений при малых волновых векторах, когда начинают проявляться эффекты запаздывания (гибридизация со светом) [4]. Впервые обнаружено проявление эффектов запаздывания для «тёмных» плазменных возбуждений. Показано, что при измерениях на одном и том же образце – гибридизация этих возбуждений со светом многократно меньше, чем гибридизация дипольно активных 2Д плазмонов. Для возбуждения «тёмных» плазменных колебаний применена уникальная ближнеполевая методика [5].

Обнаружено, что кроме нетривиальных плазменных возбуждений в двумерной электронной системе с близким металлическим электродом также наблюдаются новые одночастичные эффекты. Одним из них является открытие нового одночастичного циклотронного резонанса, по физическим свойствам напоминающего резонанс Азбея-Канера в металлах [6]. Уникальность этого открытия состоит в том, что в эксперименте удастся одновременно наблюдать и исследовать как одночастичный циклотронный резонанс Азбея-Канера, так и коллективный циклотронный магнитоплазменный резонанс. Главными физическими свойствами резонанса Азбея-Канера является отсутствие деполяризационного плазменного сдвига, локализация его вблизи края возбуждающего металлического электрода, а также наблюдение целочисленных гармоник резонанса.

Работа выполнена в рамках госзадания ИФТТ РАН при частичном финансировании РФФИ (грант 18-02-00753).

[1] A. Sommerfeld, *Annalen der Physik*, **303**, 233 (1899).

[2] A.A. Zabolotnykh, V.A. Volkov, *submitted to Phys. Rev. B* (2019).

[3] V.M. Muravev, et al., *submitted to Phys. Rev. Lett.* (2019).

[4] V.M. Muravev, et al., *Phys. Rev. Lett.* **121**, 176804 (2018).

[5] A.A. Zagitova, et al., *JETP Lett.* **108**, 446 (2018).

[6] I.V. Andreev, et al., *Phys. Rev. B* **96**, 161405(R) (2017).