Наблюдение кратных гармоник циклотронного резонанса в двумерной электронной системе

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

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

DOI 10.34077/Semicond2019-203

Циклотронный резонанс – одно из важнейших явлений в физике конденсированного состояния. Спектроскопия циклотронного резонанса применяется для определения зонной структуры свойств носителей заряда в полупроводниках и металлах. В двумерной электронной системе циклотронный резонанс испытывает плазменный деполаризационный сдвиг: $\omega^2 = \omega_{CR}^2 + \omega_p^2$ [1]. Однако недавно была продемонстрирована возможность наблюдения в двумерной электронной системе одночастичного циклотронного резонанса [2]. Для этого была применена ближнеполевая методика возбуждения, в которой создаётся локально сильно неоднородное высокочастотное электромагнитное поле. Таким образом, условия возбуждения одночастичного циклотронного резонанса схожи с условиями наблюдения резонанса Азбеля-Канера в металлах. Однако ранее не были обнаружены его кратные гармоники, которые являются одним из важнейших свойств эффекта Азбеля-Канера [3].

Данная работа посвящена наблюдению и исследованию свойств кратных гармоник одночастичного циклотронного резонанса в двумерной электронной системе. Исследования проводились на образцах, представляющих из себя диск с двумерной электронной системой на основе гетероструктуры GaAs/AlGaAs. К двумерной электронной системе были сделаны омические контакты: один – по периметру диска, а второй – в центре диска. Периметрический контакт заземлялся, а к центральному подавалось СВЧ-излучение. Образец находился в перпендикулярном магнитном поле внутри гелиевого криостата при температуре 1.5 К.

В спектрах СВЧ поглощения, полученных при развороте магнитного поля, нами были обнаружены резонансные пики, по положению соответствующие одночастичному циклотронному резонансу и его кратным гармоникам. Были построены магнитополевые зависимости частот резонанса и его гармоник (Рис. 1). По данным зависимостям видно, что у них действительно нет плазменного сдвига. Для сравнения на рисунке приведены полученные на этом же образце магнитополевые зависимости частоты плазменных колебаний. Для гармоник была определена соответствующая им эффективная циклотронная масса носителей заряда в двумерной электронной системе. Также была определена конфигурация образца, при которой амплитуда резонансных пиков наиболее велика.

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

[1] S.J. Allen et al., *Phys. Rev. B*, **28**, 4875(R) (1983).

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

[3] М.Я. Азбель, И.А. Канер, *ЖЭТФ*, **32**, 896 (1957).

Рис.1. – Магнитополевые зависимости частоты одночастичного циклотронного резонанса, его гармоник, а также магнитоплазменных возбуждений. Линиями показаны теоретические предсказания.