



Полтавський національний
педагогічний університет імені В.Г. Короленка



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ВИКЛАДАЧІВ, АСПІРАНТІВ,
МАГІСТРАНТІВ І СТУДЕНТІВ
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО
ФАКУЛЬТЕТУ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Ю. Д. Москаленко – декан фізико-математичного факультету,

доцент (головний редактор);

О. П. Руденко – завідувач кафедри загальної фізики і математики,

професор;

С. П. Яланська – завідувач кафедри загальної, вікової та практичної психології, професор;

О. Ю. Ільченко – завідувач кафедри загальної педагогіки та андрографіки, доцент;

Т. М. Барболіна – завідувач кафедри математичного аналізу та інформатики, доцент (заступник головного редактора);

С. В. Степаненко – завідувач кафедри політекономії, доцент;

О. П. Крибцова – доцент кафедри математичного аналізу та інформатики;

В. М. Мокляк – доцент кафедри загальної педагогіки та андрографіки;

О. А. Москаленко – доцент кафедри загальної фізики і математики;

О. В. Сасенко – доцент кафедри загальної фізики і математики.

Відповідальність за грамотність, аутентичність цитат, правильність фактів і посилань несуть автори статей.

3-41

Збірник наукових праць викладачів, аспірантів, магістрантів і студентів фізико-математичного факультету ПНПУ імені В. Г. Короленка; редкол. : Ю. Д. Москаленко (голов. ред.) та ін. – Полтава : Астрага, 2019. – 277 с.

До збірника увійшли основні результати наукових досліджень викладачів, аспірантів, магістрантів і студентів фізико-математичного факультету за 2018 рік.

Дана добірка корисна для науковців, учителів і студентів фізико-математичних факультетів.

Поздовжня магнітоплазмова мода в провідниках із квазілокальними станами електронів у квантуючому магнітному полі

Андрій Шурдук, Олена Фомкіна, Оксана Кошова

В електронній плазмі металів та напівпровідників в магнітному полі може розповсюджуватися верхня гібридна мода (ВГМ) – поздовжня плазмова хвиля, електричний вектор якої коливається на площині, перпендикулярно магнітному полю [1, 2]. Частота цієї хвилі близька до $\omega_{\perp} = (\omega_p^2 + \Omega^2)^{1/2}$ (ω_p і Ω – плазмова та циклотронна частоти електронів), а фазова швидкість практично співпадає зі швидкістю частинок. При низьких температурах затухання хвилі визначається зіткненнями електронів з домішковими атомами і дефектами решітки. Спектр і затухання ВГМ в квазістатистичному наближенні задовільняють дисперсійне рівняння [2]:

$$\varepsilon_{\perp}(q, \omega) = 0, \quad (1)$$

де $\varepsilon_{\perp}(q, \omega)$ – тензор діелектричної проникності, який залежить від хвильового вектора \vec{q} і частоти ω . Вісь z паралельна магнітному полю \vec{H} , а вісь x – напрямку поширення хвилі.

В загалі при розрахунку декремента ВГМ обмежуються лише потенціальним розсіюванням електронів домішковими атомами, а квазілокальні стани [3] в електронному спектрі не враховують. Між тим в магнітному полі локалізація електронів на домішках сприяє розповсюдженню поперечних електромагнітних хвиль в металах. Поблизу частот резонансних переходів електронів між квазілокальними рівнями і рівнями Ландау з'являються смуги прозорості для нових хвиль, які в чистих зразках не існують [4, 5]. Цей висновок залишається справедливим і для поздовжніх хвиль.

У даній роботі представлені результати розрахунків спектра і декременту ВГМ в провідниках зі квазілокальними станами електронів – власними [3] і магнітодомішковими [6, 7]. Розглядається одна вироджена група носіїв з ізотропним спектром в провіднику з малою концентрацією домішкових атомів, що здатні в квантуючому магнітному полі локалізувати електрони. Результати виражені через характеристики квазілокального стану – полюс амплітуди резонансного розсіювання електронів ізольованим домішковим атомом $\varepsilon_r - i\Gamma$ (ε_r – стан квазілокального рівня, Γ – його напівширина) і r – різниця амплітуди розсіювання в полюсі.

Квазілокальний стан приводить до появи резонансного доданка в поперечній компоненті тензора ε_{ap} . Поблизу частот резонансних переходів електронів між квазілокальним рівнем і рівнем Ландау (КР → РЛ) цей

доданок в довгохвильовій границі має вигляд:

$$\delta\sigma_v = \left(\frac{\omega_p}{\omega_s} \right)^2 n_e i \left(\frac{\omega_s}{\omega - \omega_s + i\Gamma} \right)^{1/2},$$

$$de \quad a_s = \left(\frac{m}{2} \right)^{1/2} \frac{r n_e}{\pi n_e \omega_s^{5/2}} \left[f(\varepsilon_r) - f(\varepsilon_r + \omega_s) \right] \left[\frac{N+s}{(1-\Omega/\omega_s)^2} + \frac{N+s+1}{(1+\Omega/\omega_s)^2} \right]$$

- сила осцилятора резонансного переходу. Тут m - ефективна

електрона; n_e і n_i - концентрації електронів і домішкових

видовідно; $\omega_s = \omega_0 + s\Omega$ - резонансні частоти ($s=0, 1, \dots$); ω_0 - відстань

квазілокальним рівнем і сусіднім рівнем Ландау, що лежить над ним; $\omega_0/\Gamma = 10$, $N=20$ (це відповідає

число рівнів Ландау нижче квазілокального рівня); f - функція Фермі; $\omega_0/\Gamma = 10$, $N=20$ (це відповідає

Кореневу особливість у (2) пов'язана з особливістю густини електронів

станів на рівні Ландау, що бере участь в переходах, а різниця

Фермі в (3) враховує принцип Паулі. Вираз (2) справедливий

переходів між магнітодомішковими рівнями і рівнями Ландау ($MP \rightarrow PL$)

щому випадку амплітуда розсіювання в полюсі рівна $r = \frac{2\pi}{\Omega} \left(\frac{2\omega_0}{m} \right)^{1/2}$, а $v_l/v = \frac{64}{3} \left(\frac{n_e}{n_i} \right)^2 \frac{\omega_p \omega_0}{\Omega^2} N^2 = 6.8 \cdot 10^{-2}$ - відношення

з сумою по номерах магнітодомішкових рівнів, з номером $s=1$ до групової швидкості ВГМ за умови відсутності

беруть участь в переходах на частоті ω_s [4].

Вклад (2) необхідно врахувати в дисперсійному рівнянні (1). Амплітуда квазілокальних станів електронів на плазмові хвилі в металах, які

щого рівняння показує, що зв'язок плазмового резонансу з електрон-розвився з дужкою, а декремент затухання і ширина смуг прозорості

резонансом на домішках приводить до появи в області $\Omega < \omega < \omega_s$ дужкою, а найдено спектр, декремент затухання та смуги прозорості цих хвиль. Появід частот ω і ω_s серії поздовжніх хвиль. Їхні частоти лежать в смугах прозорості нижче резонансних частот ω_s . Спектр і декремент хвилі

суму для параметрів магнітодомішкових станів у Bi на домішкових

итомах Te і Se .

$$\omega_s(q) = \omega_s \left\{ 1 - a_s^2 \left(\frac{\omega_p}{\omega_s} \right)^4 \times \left[1 - \frac{\omega_p^2}{(\omega_s^2 - \Omega^2)} \left(1 + \frac{3}{5} \frac{q^2 v_F^2}{(\omega_s^2 - 4\Omega^2)} \right) \right]^{-2} \right\},$$

$$\gamma_s = \Gamma + 2v_F^2 \omega_p^2 (\omega_s^2 + \Omega^2) \left(\frac{\omega_s}{\omega_s} \right)^4 \frac{|\omega_s^2 - \Omega^2|}{|\omega_s^2 - \omega_s^2|^3},$$

v_F - ферміївська швидкість; v - частота зіткнень електронів, зумовлено

розвився з дужкою, а зумовлено розсіюванням на домішках. Хвилі зі спектром (4) слід

у випадку розсіювання на частоті ω_s [4].

Хвилі зі спектром (4) слід

у випадку розсіювання на частоті ω_s [4].

Хвилі зі спектром (4) слід

у випадку розсіювання на частоті ω_s [4].

Хвилі зі спектром (4) слід

у випадку розсіювання на частоті ω_s [4].

Хвилі зі спектром (4) слід

у випадку розсіювання на частоті ω_s [4].

$\omega > \omega_s$. Спектр цих хвиль відрізняється від (4) другим знаком перед

квадратною дужкою, а декремент затухання і ширина смуг прозорості

співпадають з (5) і (6). Смуги розташовані тепер вище резонансних частот.

Наведемо оцінки характеристик описаних вище хвиль для параметрів

магнітодомішкових станів у вісмуті на домішкових атомах Te або Se [4, 6].

Розглянемо хвилю з номером $s=1$, смуга прозорості якої лежить вище

резонансної частоти $\omega_s = \omega_0 - \omega_p$ переходів $PL \rightarrow MP$. Враховуючи, що

$\omega_0 \ll \Omega \ll \omega_p$, і підставляючи в формули (4)-(6) значення $\omega_0/\Omega = 7.8 \cdot 10^{-4}$,

$\Delta\omega_s/\Gamma = 16 \left(\frac{n_e}{n_i} \right)^2 \frac{\omega_0}{\Omega} N^2 = 5 \cdot 10^{-4}$; $\Delta\omega_s/\Gamma = 16 \left(\frac{n_e}{n_i} \right)^2 \frac{\omega_0}{\Gamma} N^2 = 6.4$; $\gamma_s/\gamma_s = 32 \left(\frac{n_e}{n_i} \right)^2 \frac{v}{\Gamma} N^2 = 0.96$

відношення потенціальної та резонансної частин декременту затухання

з груповою швидкістю v з номером $s=1$ до групової швидкості ВГМ за умови відсутності

беруть участь в переходах на частоті ω_s [4].

Таким чином, на прикладі домішкових провідників досліджено

що зв'язок плазмового резонансу з електрон-розвився з дужкою, а декремент затухання і ширина смуг прозорості

резонансом на домішках приводить до появи в області $\Omega < \omega < \omega_s$ дужкою, а найдено спектр, декремент затухання та смуги прозорості цих хвиль. Появід частот ω і ω_s серії поздовжніх хвиль. Їхні частоти лежать в смугах прозорості нижче резонансних частот ω_s . Спектр і декремент хвилі

суму для параметрів магнітодомішкових станів у Bi на домішкових

итомах Te і Se .

Література

1. Mermitt N.D. Long wavelength oscillations of a quantum plasma in a uniform magnetic field / N.D. Mermitt, E. Canel // Ann.Phys. – 1964. – Vol. 26, Iss. 2. – p. 247-273.
2. Платцман Ф. Волни и взаимодействия в плазме твердого тела / Ф. Платцман, П. Вольф. – М. : Мир, 1975. – 440 с.
3. Либшиц И.М. Введение в теорию неупорядоченных систем / И.М. Либшиц, С.А. Гредескул, Л.А. Пастур. – М. : Наука, 1982. – 360 с.
4. Канер Э.А. Слабозатухающие магнитопримесные волны в металлах / Э.А. Канер, А.М. Ермолаев // ЖЭТФ. – 1987. – Т. 92. – Вып.6. – С. 2245-2256.
5. Канер Э.А. Магнитопримесные циклогронные волны в металлах / Э.А. Канер, А.М. Ермолаев // ФНТ. – 1988. – Т. 14. – Вып.4. – С. 362-366.
6. Ермолаев А.М. О причине биений при наблюдении эффекта де Гааза-ван Альфена в металлах типа висмута / А.М. Ермолаев, М.И. Каганов // Письма в ЖЭТФ. – 1967 – Т. 6. – Вып. 11. – С. 984-986.
7. Ермолаев А.М. Влияние квазилокальных состояний на эффект де Гааза-ван Альфена в металлах типа висмута / А.М. Ермолаев // ЖЭТФ. – 1968. – Т. 54. – Вып. 4. – С. 1259-1263.

<i>Певренко М.О., Матяш Л.О.</i> До проблеми формування креативності мислення учнів у процесі розв'язування математичних задач	56
<i>Пістикан Н.О.</i> Навчальний проект «Чотирикутники»	52
<i>Редчук К.С.</i> Про деякі шляхи забезпечення об'єктивності оцінювання математичних знань учнів	54
<i>Руденка А.С.</i> Методичні особливості вивчення рівнянь та нерівностей з параметрами в курсі алгебри основної школи	56
<i>Світловський М.В.</i> Використання мультимедійних засобів на уроках математики	58
<i>Требін Н.О.</i> Використання інтерактивної моделі в процесі навчання математики	60
<i>Черкаська Л.П.</i> Математичні помилки: шляхи їх запобігання та усунення в навчальному процесі	62
<i>Якобець Л.В.</i> Інтерактивні методи навчання на уроках математики	65
III. ФІЗИЧНІ НАУКИ	67
<i>Руденко О.П.</i> Горбенко Павло Мусійович	67
<i>Щербань М.М.</i> Український фізик у світовій науці	70
<i>Шурдук А.І., Фомкіна О.Г., Кошова О.П.</i> Поздовжня магнітолазмова мода в провідниках із квазілокальними станами електронів у квантуючому магнітному полі	73
<i>Руденко О.П., Гетало А.М., Рижкова Т.Ю.</i> Залежність швидкості ультразвуку у фторованих спиртах від їх молекулярної маси	76
<i>Телятник І.О.</i> Флуктуація в металах	78
<i>Солововник В.С.</i> Свинцеві стартерні акумулятори та перспективи їх розвитку	80
<i>Ільяшенко В.О.</i> Нікель-кадмієві акумулятори	82
<i>Сорока Д.О.</i> Вплив радіоактивного випромінювання на людину	84
<i>Андрієвська К.С.</i> Астероїд Бенну – астероїд судного дня?	86
<i>Телятник І.О., Товт Е.М.</i> Орбітальний телескоп «Кеплер»	88
<i>Шапран О.В., Сорока Д.О.</i> Обертальний рух як основа відліку часу	90
<i>Левченко Ю.В., Лисак О.В.</i> Природні джерела енергії у нашому житті	92
<i>Тильк С.В., Микитенко В.В.</i> Становлення та розвиток знань про фізичні основи машин та механізмів	94

Наукове видання

**Збірник наукових праць
викладачів, аспірантів, магістрантів і студентів
фізико-математичного факультету**

Відповідальний за випуск

С.І. Янчевська доктор психології, доцент, професор, завідувач кафедри
психології, експертної та практичної психології

ІІІІУ імені В.Г. Короленка

Комп'ютерна верстка

С.В. Красіленко

Написано до друку 23.04.2019 р. Формат 60×90/16.

Папір офсетний. Друк – ризографія.

Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 16. Наклад 112 примірників. Зам. № 555

Надруковано у СПДФО Гаража М.Ф.

Свідоцтво № 1949605176 від 04.12.2006 р.

36029, м. Полтава, вул. Шведська, 20-б