

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XVIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS
of the XVIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023
Астана**

УДК 001+37
ББК 72+74
G99

«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-337-871-8

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001+37
ББК 72+74

ISBN 978-601-337-871-8

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2023**

ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА КВАНТОВЫХ КОЛЕЦ. ЭФФЕКТ ААРОНОВА-БОМА В НАНОРАЗМЕРНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Омаров Айбар Куангалиевич
aibar.ok717@gmail.com

Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ “Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар”
 халықаралық кафедрасының 2-курс магистранты, Астана, Қазақстан
 Ғылыми жетекшісі - Усейнов А.Б.

Гибридные системы, состоящие из полупроводниковой квантовой ямы и слоя квантовых точек или колец - одни из перспективных материалов для устройств электроники и фотоники, так как они обладают фотопроводящими свойствами, меняют магнетосопротивление и транспорт носителей. Например, изменение проводимости под действием света, необычный электромагнитный отклик, отрицательный показатель преломления для длин волн в микрометровой области, осцилляции магнетосопротивления. Данные системы можно использовать в качестве источников и детекторов фотонов, для реализации спиновых кубитов, изменения когерентных, оптических и транспортных свойств структуры, а также локализации электронов. Также они проявляют топологические свойства, которыми можно управлять с помощью электрического и магнитного полей. Например, эффект Ааронова-Бома и другие квантовые интерференционные эффекты, возникающие при рассеянии потока электрона на массиве квантовых структур.

Для получения массивов или ансамблей КТ подойдут методы самоорганизации – молекулярно-лучевая эпитаксия (метод Странски-Крастанова, капельная эпитаксия); для периодических структур антиточек используется электронно-лучевая литография с последующим травлением.

Метод Странски-Крастанова подходит, когда у материала подложки и полупроводника, из которого будут изготовлены КТ, есть большое различие постоянной решетки. На подложку осаждается тонкая пленка необходимого полупроводника, из-за несоответствия решеток возникают упругие напряжения. Увеличение толщины осажденного слоя приводит к самосбору КТ с простой геометрией. При увеличении размера КТ получается более округлая форма. Капельная эпитаксия подходит для материалов с близкой постоянной решетки.

Например, для получения КТ GaAs на подложке $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ сначала осаждают Ga для получения жидких капель, далее все помещается в сильный поток As для формирования нанокристаллов GaAs.

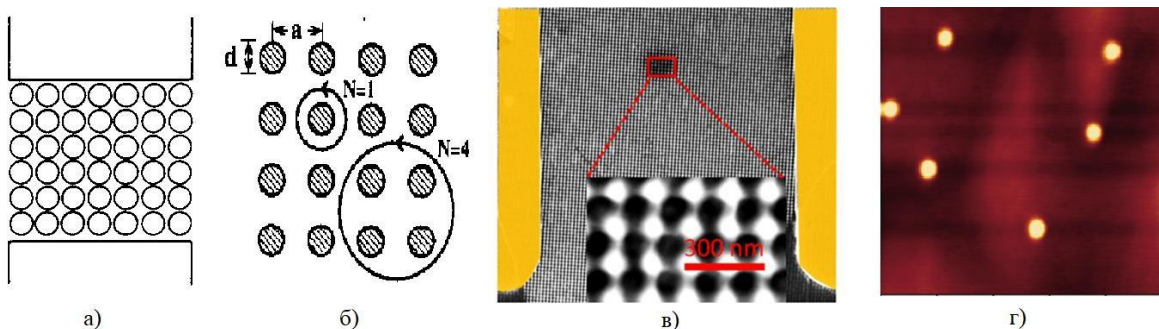


Рисунок 1 . Примеры ансамблей квантовых точек и антиточек из исследованных работ

Электронные свойства в квантовых кольцах(КК) так или иначе связаны с коллективным движением частиц в кольце. Это – незатухающие токи, эффект Ааронова–Бома и дробное квантование магнитного потока, влияние интерференции состояний и их

взаимодействия на динамику частиц и т. д. В квантовых кольцах задача многих тел может быть решена точно, причем даже для взаимодействующих частиц. При этом чаще всего не приводится конкретное выражение для радиального удерживающего потенциала кольца и постулируется, что бесконечно тонкое кольцо может удержать неограниченное число частиц. Реже для расчета радиальных функций явно используется параболический потенциал, так называемый потенциал Тана-Инксона либо двухъямный. В этих потенциалах имеет место неограниченный асимптотический рост потенциальной энергии при удалении частицы, что приводит к полному конфайнменту для электронов. Ясно, что в такой потенциал можно поместить неограниченное число электронных состояний.

С развитием технологии получения квантовых точек, начались исследования явлений, связанных с электронным транспортом как в единичную квантовую точку, так и с транспортом через ансамбль туннельно-связанных квантовых точек, где проводимость из-за сравнительно низкой поверхностной плотности квантовых точек имела прыжковый характер.

Квантовые кольца интересны тем, что в них может существовать незатухающие токи. Поэтому КК могут рассматриваться в качестве устройств для хранения информации, и они могут быть источниками и детекторами фотонов, обеспечивают вертикальный транспорт и оптический отклик. несколько слоев КК могут быть использованы в качестве лазера широкого спектра действия.

При рассеянии электронов на потенциале в форме квантовой точки или антиточки, квантового кольца или массива наноструктур возможны несколько интерференционных эффектов.

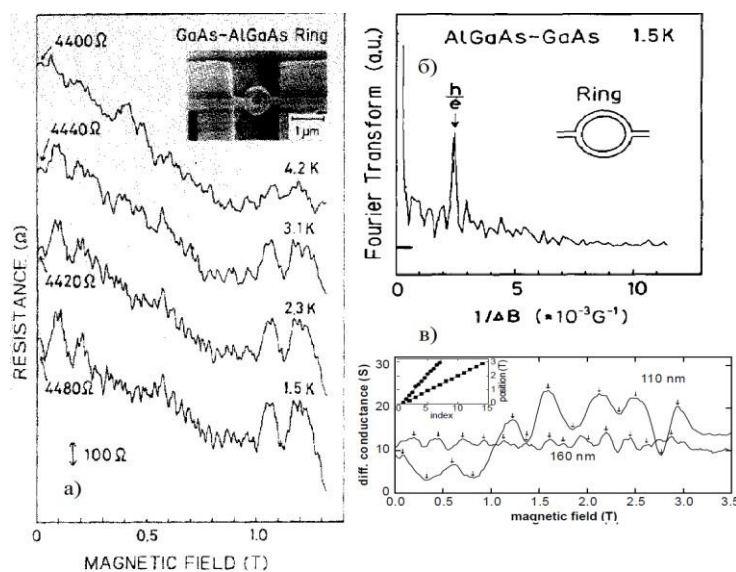


рисунок 2. Примеры осцилляции магнетосопротивления из-за эффекта Ааронова-Бома: а) данные из работы, б) Фурье - преобразования данных с а), в) осцилляции полученные в работе

Один из них - это эффект Ааронова-Бома (АБ). Он заключается в изменении фазы волновой функции при рассеянии на потенциале сложной геометрии, который пронизывается магнитным полем, при отсутствии силы Лоренца, непосредственно действующей на заряды. То есть электрон находится там, где магнитного поля нет, но чувствует его. Один из механизмов возникновения эффекта - существование двух возможных путей, по которым может пойти электрон при рассеянии, а из-за магнитного поля приобретает разную фазу при прохождении данных траекторий, почему и происходит интерференция. Другой заключается в квантовании орбиты вокруг антиточки.

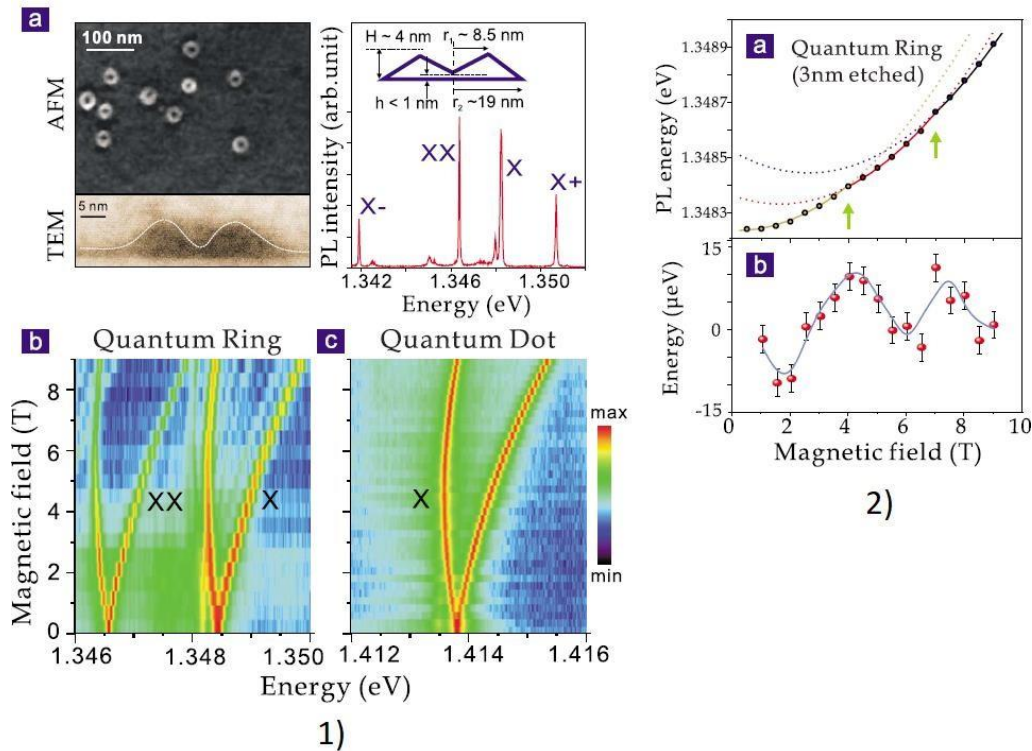


рисунок 3. 1) показаны АСМ и ПЭМ изображения колец из работы и спектр фотолуминесценции (ФЛ) одного КК, b) и c) -логарифм интенсивности ФЛ как функции магнитного поля и энергии ФЛ

для КК и КТ; 2) а) - энергии эмиссии нейтрального экситона после усреднения Зеемановского расщепления с несколькими аппроксимирующими параболой, и) из а) вычли параболу для визуализации осцилляции.

Эффект АБ проявляется в осцилляциях полевой зависимости магнетосопротивления с периодом h . Колебания лучше видны при больших полях и у меньшего количества точек, e потому что амплитуда уменьшается при усреднении по ансамблю пропорционально $\frac{1}{\sqrt{N}}$. Также указывается, что необходимая достаточная длина фазовой когерентности, а наличие примесей сильно влияют на силу осцилляций.

В заключении хочу сказать что в настоящее время исследуются различные способы формирования массивов КК и КТ для различных случаев сочетания материалов подложки и полупроводника, из которого делают сами наноструктуры. Авторы показали влияние дополнительного слоя полупроводника, нанесенного на КТ, на качество итоговых структур после отжига. Данный защитный слой не дает точкам потерять свою форму. К тому же в своих исследованиях изучили изменение транспортных свойств при наличии слоя с массивом антиточек. Сопротивление возросло более, чем на 2 порядка, и было зафиксировано изменение транспорта образца. А так же хочу заметить что эффект Ааронова-Бома делает из обычного квантового кольца – кольцевой интерферометр. Благодаря оптической или экситонной версии данного явления КК могут использоваться в качестве источников или детекторов фотонов.

Список литературы

1. Сибирмовский Ю.Д., Механизмы формирования, оптические и электронные транспортные свойства ансамблей квантовых колец GaAs/AlGaAs, Москва, 2018, с. 15-25, 47, 68.

2. F.J. Culchac, N. Porrás-Montenegro, A. Latge, GaAs-(Ga,Al)As double quantum rings: confinement and magnetic field effect, J. Phys.: Condens. Matter 20 (2008).

3. V. Serov, Inverse backscattering Born approximation for a two-dimensional magnetic Schrodinger operator, Inverse Problems 29 (2013).

4. А.А. Брызгалов, Ф.И. Карманов, Метод расщепления по физическим факторам в задаче о временной динамике волновых функций электронов двумерного квантового кольца, Матем. моделирование, 2010, том 22, номер 6, 15-26.

ӘӨЖ 61:549.21.004.14

LiF КРИСТАЛДАРЫНДАҒЫ БАСТАПҚЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ АҚАУЛАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ

Рахманкулова Алина
alino4ka13.03.01@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Физика – техникалық факультетінің 5 курс студенті,
Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Абуова Ф.У

Жалпы иондаушы сәулеленуді анықтаудың көптеген әдістерінің ішінде сцинтилляциялық тіркеу әдісі және иондаушы сәулелену спектрометриясы бірқатар артықшылықтарға байланысты үлкен дамуға ие болды. Атап айтқанда: жоғарғы дәрежедегі тіркеу тиімділігі, тиеу қабілеттігі, энергетикалық ажыратымдылығы, сондай-ақ ыңғайлығы мен оңай жұмыс істеуін атап айтқан жөн.

Осылайша, соңғы онжылдықта радиациялық детекторлар ретінде вольфраматтар, молибдаттар, поливалентті иондрмен белсендірілген LiF кристалдары сияқты сцинтилляциялық материалдар кеңінен қолданылды. Көбінесе олардың шығымдылығы мен тығыздығы жоғары деңгейде болса (демек, құрылғылардың өлшемдері шағым болып келді), радиациялық фоны керісінше төмен, осыған байланысты өте сирек кездесетін оқиғаларды зерттеуге мүмкіндік берді. LiF кристалы қатты дененің іргелі физикасының көптеген мәселелерін зерттеу кезінде негізгі және модельдік матрица деп те атауға болады [1-3].

Мысалы, осы кристалдың негізінде корпускулалық және электромагниттік сәулеленудің термомлюминесцентті, сцинтилляциялық, абсорбциялық, электро-парамагниттік және термоэмиссиялық детекторлар үшін жұмыс заттары ойлап табылған болатын. Сонымен қатар, белсендірілген LiF кристалы тіңдерінің эквиваленттілігіне байланысты радиобиология мен медицинада иондаушы сәулеленудің дозметрі ретінде көп қолданылады [4, 5]. Бүгінгі таңда оптикалық материалдар ретінде сәтті қолданысқа ие болған жалғыз кристал болып есептеледі, себебі ол вакуум-ультракүлгін сәулеленуден (95 нм) инфрақызылға (2500 нм) дейінгі кең спектрлі интервалда сілтілі галоидты материалдарға қатысты.

Әдетте осы кристалдың бастапқы радиациялық ақаулары өте қарқынды зерттелісте жүр, оның ішіне F- және H-орталықтары, автокализацияланған тесіктер, сондай-ақ автолокализацияланған экситондар кіреді. Сонымен қатар бұл ақаулар электрондық қозулардың эволюциясын зерттеуіндегі маңызды болып есептеледі, себебі олардың қасиеттері мен құрылымы туралы ақпарат тек ерекшеліктерін сипаттау үшін ғана емес, сонын ішіндегі қатты денелердегі ақау түзілу процестерін талдау кезінде де маңызды. Алайда, осы ақаулардың кейбіреулері үшін параметрлері нақты өлшенбеген, атап айтқанда LiF кристалында H-центрлік ақаудағы сіңіруі эксперимент жүзінде өлшенбеген.

Негізінде, қатты денелердегі ақаулардың қасиеттеріне қатысты эксперименттік нәтижелерді түсіндіру жеткілікті теориялық зерттеу әдістерінің үздіксіз дамуын талап етеді. Бүгінгі таңда бұл бағыттағы прогресс компьютерлік технологияларды жетілдірудің және кванттық-химиялық есептеулердің заманауи бағдарламалық кешендерін әзірлеудің арқасында мүмкін болады. Бұл бағдарламалар кристалдың электронды құрылымын теориялық тұрғыдан зерттеуге