

Эволюция фазового валентного перехода в системе $\text{Yb}_x\text{Ce}_{1-x}\text{InCu}_4$:

ЯКР исследования

Анферова Полина Александровна

студентка

Морозова Елена Николаевна

научный сотрудник

Охотников Кирилл Сергеевич

аспирант

Гиппиус Андрей Андреевич

д.ф.-м.н., профессор

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: anferova-polina@yandex.ru

Соединение $\text{Yb}_x\text{Ce}_{1-x}\text{InCu}_4$ с кубической кристаллической решеткой интересно своим валентным фазовым переходом. Его свойства зависят от степени замещения Yb на Ce. В исходном соединении YbInCu_4 при температурах выше T_v валентность Yb равна $3+$ и ионы Yb^{3+} обладают локализованным магнитным моментом $4.54 \mu_B$ [1,2]. При температурах ниже T_v происходит частичная гибридизация 4f электронов иттербия с s-электронами проводимости. При этом происходит эффективное Кондовское экранирование локального магнитного момента Yb, валентность Yb уменьшается до 2.9^+ , и данное состояние может быть описано моделью ферми-жидкости.

Ранее исследовались соединения с замещением немагнитных атомов In на другие атомы, например, Ag. В частности, изучалась эволюция смешанной валентности при переходе от изоструктурного валентного перехода в YbInCu_4 к системе с умеренно тяжелыми фермионами в YbAgCu_4 . Эта эволюция может быть интерпретирована в терминах модели объемного коллапса Кондо [3,4].

В последнее время были проведены работы по исследованию соединений с замещением Yb на немагнитные Lu, Y, La и магнитный Ce. В результате было выявлено, что при замещении иттербия на церий и лантан температура перехода сдвигается в область более высоких температур; при замещении на церий параметр решетки растет больше, чем при замещении на лантан, хотя ионный радиус последнего больше; в случае замещения на церий изменяется характер перехода – резкий переход первого рода эволюционирует в постепенный переход, при замещении на немагнитные атомы характер перехода не изменяется, изменяется только температура перехода.

В данной работе исследованы спектры ЯКР ^{63}Cu в твердых растворах замещения $\text{Yb}_x\text{Ce}_{1-x}\text{InCu}_4$ при различных температурах в диапазоне 10-100 К и концентрациях церия $x=0, 0.04, 0.08, 0.16$. Измерения проводились на импульсном когерентном ЯКР-спектрометре методом интегрирования спинового эха с пошаговой разверткой частоты. Изменение температуры достигалось с использованием рефрижератора замкнутого цикла Janis CCS-550.

В результате данной работы получена температурная зависимость резонансной частоты для различных значений концентраций церия x . Обнаружено, что в точке валентного фазового перехода происходит скачкообразное изменение частоты ЯКР, обусловленное изменением электронного состояния Yb. При этом при малых концентрациях церия вблизи T_v наблюдаются два значения частоты, но с увеличением концентрации церия область сосуществования двух фаз уменьшается и при $x \approx 0.08$ резкий фазовый переход превращается в постепенный.

Литература

[1] Nakamura H. et al., *Journal of the Physical Society of Japan*. Vol. 59, No.1, January, 1990

[2] Sampathkumaran E.V. et al., *Physical Review B*. Vol 35, No 4, February 1987

[3] Sarrao J.L. et al., *Physical Review B*. Vol 54, No 17, November 1996

[4] Mushnikov N.V. et al., *Journal of Alloys and Compounds* 345 (2002) 20-26

Влияние паров аммиака на характеристики р-п переходов на основе InGaN

Блажнова Ольга Анатольевна¹, Птащенко Александр Александрович²,

Птащенко Федор Александрович³

¹аспирант; ²доктор физ.-мат. наук, профессор; ³кандидат физ.-мат. наук Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, г. Одесса, Украина

E-mail: aptash@list.ru

Исследовано влияние паров аммиака, воды и этилена в окружающей атмосфере на стационарные вольт-амперные характеристики (ВАХ) прямого и обратного токов в р-п переходах на основе InGaN. Измерения проводились на р-п структурах, оптимизированных для изготовления светоизлучающих диодов (СИД). Ширина запрещенной зоны тройного соединения в р-п структурах составляет 2,46 эВ (для зелено-голубых СИД), 2,64 эВ (для синих СИД) и 3,1 эВ (для фиолетовых СИД). Парциальное давление паров аммиака изменялось изменением концентрации NH₃ в его водном растворе, над которым находился р-п переход. Анализировалась кинетика прямого и обратного токов в р-п переходах при изменении состава окружающей атмосферы.

В области токов 10 нА – 1 мА ВАХ прямого тока р-п переходов, измеренные в сухом воздухе, соответствовали выражению

$$I(V) = I_0 \exp(qV / nkT), \quad (1)$$

где I_0 – постоянная; q – заряд электрона; k – постоянная Больцмана; T – температура; $n \approx 2$ – коэффициент неидеальности. Такие ВАХ связаны с рекомбинацией на глубоких уровнях. Адсорбция молекул NH₃ существенно повышала прямой ток при низких напряжениях смещения (до $V < 2$ В), а также обратный ток. ВАХ дополнительного тока, обусловленного адсорбцией молекул NH₃, не соответствовали выражению (1). При напряжениях $V < 1,5$ В ВАХ и прямого, и обратного дополнительных токов имели линейные участки. Поэтому влияние паров аммиака на ВАХ р-п структур на основе InGaN можно объяснить формированием поверхностного проводящего канала, который закорачивает р-п переход. Дополнительный ток линейно зависел от парциального давления паров аммиака.

При напряжениях $V > 1,5$ В ВАХ прямого дополнительного тока имели сверхлинейный участок, который можно связать со стимулированием поверхностной рекомбинации поперечным электрическим полем, обусловленным адсорбированными позитивными ионами аммиака. При дальнейшем повышении прямого смещения дополнительный ток уменьшался, что можно объяснить разрушением поверхностного проводящего канала. Данный эффект наблюдался, когда концентрация носителей заряда, инжектированных в канал, превышала концентрацию электронов, обусловленную действием электрического поля адсорбированных ионов. При повышении ширины запрещенной зоны InGaN (за счет увеличения доли Ga) протяженность линейного участка ВАХ и напряжение, которое соответствует максимуму прямого дополнительного тока, возрастали, что совпадает с выводами модельных расчетов.

Дополнительный обратный ток, обусловленный адсорбцией молекул NH₃, монотонно увеличивался при повышении напряжения смещения.

Изменения прямого и обратного токов в р-п переходах на основе InGaN под действием паров NH₃ были обратимы, что свидетельствует о физическом (а не химическом) механизме адсорбции молекул аммиака, а также о возможности использовать данные структуры в качестве газовых сенсоров.

Преимуществами р-п переходов на основе InGaN (по сравнению с другими материалами A³B⁵) как сенсоров паров аммиака являются высокая чувствительность, низкий фоновый ток, большая протяженность линейного участка ВАХ.

Прыжковая проводимость неупорядоченных систем с ориентационным беспорядком¹

Венедиктов Вадим Аркадьевич²

аспирант

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: install.vv@gmail.com

Как известно, температурная зависимость проводимости неупорядоченных сред часто хорошо описывается законом Мотта $\sigma \sim \exp\{-(T_0/T)^\gamma\}$, где T_0 — параметр Мотта, а показатель γ обычно лежит в интервале $1/4 < \gamma < 1/2$. Такая зависимость указывает на то, что проводимость таких систем носит прыжковый характер. Существуют, однако, неупорядоченные материалы, например, композиты сажа-полимер, допированные и молекулярные полимеры, в которых при определенных условиях наблюдается подобная температурная зависимость проводимости с показателями $\gamma > 1/2$ [1,2]. В последнее время интерес к таким материалам возрастает, в частности, в связи с тем, что эти вещества находят практические применения, например, для создания химических сенсоров.

На основе результатов экспериментов по исследованию структурных особенностей композитов полимер-сажа и проводящих полимеров [2,3], построена модель, позволяющая описывать туннельную проводимость систем с анизотропными областями делокализации носителей заряда. Для квазидвумерной системы включений задача о проводимости сведена к модельной задаче о нахождении порога протекания в системе случайно расположенных в плоскости двумерных стержней со случайной ориентацией, определяемой характером ориентационного беспорядка. Для рассматриваемой системы методом Моте-Карло проводился расчет порогового значения расстояния между стержнями R_c , отвечающего ситуации протекания (порог протекания).

Получены зависимости порога протекания от длины стержней и от степени ориентационного беспорядка, характеризуемого параметром θ_μ , определяющим угол разброса направлений стержней. Концентрационная зависимость порога протекания можно описывается $R_c \sim N^{-1/2}$. С уменьшением угла θ_μ порог протекания увеличивается на несколько порядков величины. При уменьшении степени ориентационного беспорядка порог протекания существенно возрастает. При этом поведение критической длины проводящих включений L_c , при которой порог протекания обращается в нуль, можно аппроксимировать зависимостью

$$\frac{L_c(\theta_\mu)}{2r_s} = \frac{L_c(\pi/2)}{2r_s} + \frac{75}{\exp\{7,2(2\theta_\mu/\pi)^{0,4}\} - 1}.$$

Таким образом, появление ориентационного беспорядка в распределении направлений включений приводит к снижению порога протекания и, следовательно, возрастанию проводимости системы.

Литература

1. D. van der Puten, M. A. J. Michels, Phys. Rev. Lett. 69, 3, 495 (1992)
2. S. Roth, H. Bleier, Adv. Phys. 36, 385 (1987)
3. G. Beaucage, J. of Polym. Sc.: Part B: Polym. Phys. 37, 1105 (1999)

¹ Доклад основан на материалах исследований, проведенных при поддержке РФФИ (грант № 06-02-16918а).

² Автор выражает благодарность проф. Звягину И.П., д.ф.м.н. Миронову А.Г. и к.ф.м.н. Ормонту М.А. за полезные обсуждения.

Измерение дрейфовой подвижности электронов в пленках производных фуллеренов

Громченко Анна Александровна¹

студентка

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет,
Москва, Россия

E-mail: anna_gromchenko@bk.ru

Смеси сопряженных полимеров с производными фуллерена C₆₀ выступают перспективными материалами для создания недорогих преобразователей солнечной энергии. В области органических фотоэлементов на основе сопряженных полимеров лучшие результаты были получены с использованием растворимой производной C₆₀ (PCBM) в качестве электронного акцептора, однако перспективными производными фуллеренов могли бы служить экзоэдральные комплексы фуллеренов с металлами платиновой группы (металлофуллерены). Во-первых, присоединение иона металла к фуллереновому каркасу приводит к уменьшению электронного сродства по сравнению с исходным фуллереном, во-вторых, металлофуллерены могут иметь существенно более высокое поглощение в видимой области спектра, чем исходные фуллерены. Это может обеспечить более высокие значения напряжения холостого хода и тока короткого замыкания фотоэлемента. Для оптимизации характеристик фотоэлементов необходимо знать подвижность носителей заряда в компонентах активного слоя. Целью настоящей работы является определение дрейфовой подвижности зарядов в пленках производных фуллеренов методом тока, ограниченного пространственным зарядом (ТОПЗ).

Толщины пленок (1-(3-метоксикарбонилпропил)-1-фенил[6,6]метано[C₆₀] фуллерена (PCBM) и металлофуллерена (η^2 -C₆₀)IrH(CO)(DIOP) (IrDIOP) составляли 100 и 80 нм соответственно. Образцы для измерений имели трехслойную структуру. Рабочий слой находился между электродами: слоем поли(3,4-этидиокситиофена)/ поли(стиролсульфоната) (PEDOT:PSS) и верхним слоем Ca/Al. Предполагается, что такой подбор электродов обеспечивает эффективную инжекцию электронов из Ca/Al в PCBM и IrDIOP, в то время как инжекцией дырок из PEDOT:PSS в PCBM и IrDIOP можно пренебречь. На Рис.1 представлены экспериментально полученные вольтамперные характеристики для обоих материалов и аппроксимационные кривые, построенные с учетом встроенного напряжения и последовательного сопротивления, обусловленного контактами. На основе полученных данных были определены значения дрейфовых подвижностей электронов в исследуемых материалах.

Показано, что исследуемые материалы характеризуются достаточно высокими значениями дрейфовой подвижности электронов, а именно $\mu = (1,4 \pm 0,1) \times 10^{-4}$ см²/В·с в PCBM и $\mu = (0,33 \pm 0,07) \times 10^{-4}$ см²/В·с в IrDIOP. В докладе обсуждаются возможные причины различия значений дрейфовых подвижностей электронов в данных материалах.

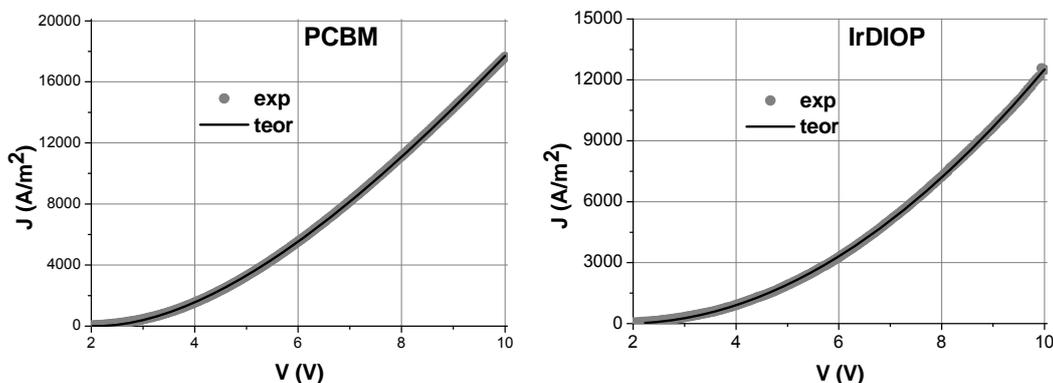


Рис.1. Экспериментальные и теоретические вольтамперные характеристики для пленок PCBM и IrDIOP

¹ Автор выражает благодарность к. ф.-м. н. Парашуку Д.Ю. за помощь в подготовке тезисов

Модификация свойств наноструктурированных пленок PbTe(In) при отжиге в кислороде

Добровольский Александр Александрович

аспирант

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dobrovolskyalex@inbox.ru

PbTe и твердые растворы на его основе представляют собой класс материалов широко использующийся в различных областях опто- и микроэлектроники. Уникальные свойства теллурида свинца связаны со стабилизацией уровня Ферми при легировании различными элементами. PbTe(In) является узкощелевым полупроводником с шириной запрещенной зоны $E_g=190$ мэВ (при $T = 0$ К) и уровнем Ферми, стабилизированным на 70 мэВ выше дна зоны проводимости. Для наноструктурированных материалов эффект стабилизации уровня Ферми приводит к высокой однородности электрических свойств зерен.

Пленки PbTe(In) осаждались на стеклянную подложку, охлажденную до -120 °С. Микроструктура пленок исследована методами AFM и SEM. Толщина пленок составляла ~ 1 мкм. Образцы имели структуру столбиков, перпендикулярных плоскости подложки с диаметром ~ 70 нм. Полученные пленки дополнительно отжигались в атмосфере кислорода в течении 400 минут при температуре 300 и 350 °С.

Температурные и частотные зависимости компонент полного импеданса пленок исследовались при температурах от 4.2 К до 300 К в частотном диапазоне электрических полей 20 Гц–1 МГц в темновых условиях и при подсветке. Анализ данных проведен в рамках представлений эквивалентных схем. Показано, что проводимость изученных пленок определяется двумя механизмами: транспортом носителей заряда по инверсионным каналам на поверхности зерен и активацией (или туннелированием) через барьеры на межзеренных границах. Определены параметры, соответствующие каждому из этих механизмов, и проведен их сравнительный анализ при отжиге в кислороде.

Все исследуемые образцы являются фоточувствительными. Установлены оптимальные с точки зрения фоточувствительности условия синтеза, температурные и частотные диапазоны.

Спектральные характеристики при различных полярностях арсенидгаллиевых трехбарьерных структур

Зоирова Лола Хамидовна

Аспирант

*Навоийский Государственный Горный Институт, Энерго-механический факультет,
г. Навои, Узбекистан.*

e-mail: lolita_uzb.83@mail.ru

Исследуемые трехбарьерные Au-pAlGaInAs-nGaAs-Ag-структуры обладают чувствительностью с обеих поверхностей и как фотоприемник работают при обеих полярностях рабочего напряжения, так как на обе поверхности сформированы полупрозрачные выпрямляющие контакты, создающие потенциальные барьеры. Подключая данную структуру к схеме для снятия спектральных характеристик при рабочем напряжении 2 вольта исследовали спектральную чувствительность при обеих полярностях освещая со стороны пленки (рис.1). Здесь следует отметить, что в режиме $(+)m_1$ -p-n- m_2 (-) прямого смещения p-n-перехода металлополупроводниковые m_1 -p и n- m_2 переходы находятся в запирающем состоянии. В режиме $(-)m_1$ -p-n- m_2 (+) запираения p-n-перехода металлополупроводниковые m_1 -p и n- m_2 переходы находятся в прямосмещающем состоянии. Механизмы токопереноса в обеих полярностях определяются процессами происходящими в области объемного заряда запираемых переходов. Сравнение характеристик показывает, что спектральный диапазон при возбуждении со стороны гетерослоя Au-pAlGaInAs независимо от полярности рабочего напряжения охватывает один и тот же оптический диапазон от 0.86 до 1.7 мкм. В коротковолновой области спектра до 0.9 мкм фототок отсутствует, а в длинноволновой области 1.4-1.7 мкм в режиме запираения освещаемого гетерослоя фототок незначительно отличается. Такое поведение фототока можно объяснить тем, что в обеих режимах фотоносители возбуждаются из одной и той же области, то есть с nGaAs:O. Наличие кислорода в объеме nGaAs дающего примесные уровни с залеганием 0.8 эВ ответственен за чувствительность в длинноволновой области спектра. Гетерослой pAlGaInAs является прозрачным для излучений с энергией меньшей его ширины запрещенной зоны. Путем смены освещаемой поверхности, то есть со стороны подложки при обеих полярностях рабочего напряжения также были проведены исследования спектральных характеристик. (рис.2). Характерным для случая освещения со стороны подложки является то, что фототок появляется в коротковолновой области 0.5-0.8 мкм, что не наблюдается при освещении со стороны пленки (рис.1).

При исследовании спектральных характеристик снятых в режиме $(+)m_1$ -p-n- m_2 (-) прямого смещения p-n-перехода при смене освещаемых поверхностей обнаружено, что при освещении со стороны подложки nGaAs, наблюдаем уширение спектральной характеристики в сторону коротковолновой области и появление чувствительности в области спектра 0.5-0.8 мкм, а также фототока в области собственного поглощения 0.93 мкм (рис.2, кривая-2). Это можно объяснить тем, что при прямом смещении p-n-перехода в освещаемом запираемом nGaAs-Ag-переходе происходит разделение фотоносителей с области объемного заряда. В другом случае при освещении со стороны пленки фотоносители возбуждаемые коротковолновым излучением рекомбинируют не успевая достичь контакта (m_1 -p перехода).

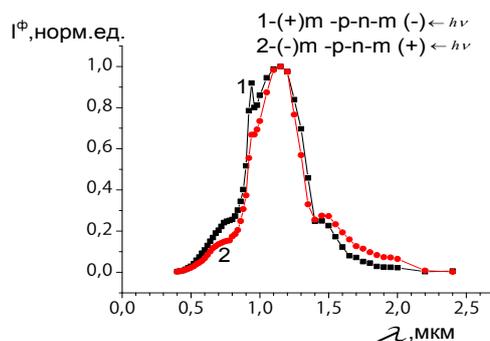
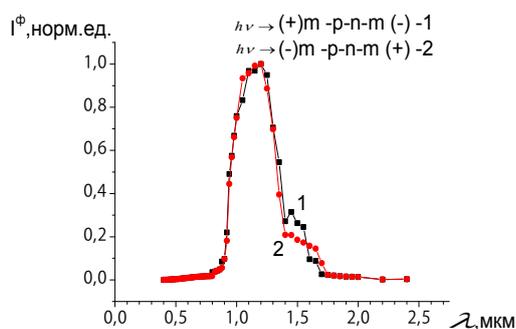


Рис.1. Спектральная характеристика трехбарьерной Au-pAlGaInAs-nGaAs-Ag-структуры при освещении со стороны пленки при различных поляриностях.

Рис.2. Спектральная характеристика трехбарьерной Au-pAGaInAs-nGaAs-Ag-структуры при освещении со стороны подложки при различных поляриностях

При освещении со стороны подложки в режиме $(+)m_1$ -p-n- m_2 (-) $\leftarrow h\nu$ с увеличением напряжения фототок растет линейно до $3.35 \cdot 10^{-8}$ А, что связано с расширением слоя обеднения под барьером nGaAs-Ag от напряжения. В этом случае спектральная чувствительность имеет низкие значения, что обусловлено как бы отключением барьеров примыкающих к гетерослою за счет их отдаленности от освещаемой поверхности. При этом наличие рекомбинационных центров под барьером nGaAs-Ag (подтверждаемых низкими значениями фототока в коротковолновой области спектра) приводит к низким значениям фототока. Однако, в спектральной области 0.6-0.8 мкм появляется фоточувствительность за счет генерации фотоносителей под барьером (рис.2), то есть подтверждается наличие потенциального барьера.

Таким образом, двухсторонне чувствительные, работающие при обеих поляриностях трехбарьерные Au-pAlGaInAs-nGaAs-Ag-структуры обладают фоточувствительностью в спектральном диапазоне от 0.8 до 1.7 мкм.

Научный руководитель: д.ф.-м.н.Каримов А.В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стафеев В.И., Викулин И.М. Физика полупроводниковых приборов. М.: Радио и связь. 1990. С. 52-64.
2. Karimov A.V., Karimova D.A. Three-junction Au/AlGaAs(n)-GaAs(p)/Ag photodiode/ Materials Science in Semiconductor Processing. Volume 6, Issues 1-3, February-June 2003, Pages. 137-142. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13698001>.
3. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Болтаева Ш.Ш., Зоирова Л.Х. Оценка перераспределения потенциала в трехбарьерной структуре. Технология и конструирование в электронной аппаратуре, г. Киев. 2006, №4, С. 30-35.
4. Ушаков Н.М., Солодкий А.Н., Ведущ В.Э., Петросян В.И. Внутреннее фотоусиление в планарных структурах с барьером Бардина на GaAs. Письма в ЖТФ. 1990. Т.16, вып.1. С.17-21.

Кинетические свойства квазиодномерных магнетиков

Козлитин Роман Анатольевич³

доцент кафедры ТФИТО

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Россия

E-mail: udodov@khsu.ru

Проведена математическая обработка экспериментальных данных для квазиодномерных антиферромагнетиков. С добавлением примеси в систему появляется дополнительный максимум теплоемкости, что отсутствует в классических моделях Изинга и Гейзенберга. Экспериментально также наблюдается два максимума теплоемкости у квазиодномерных магнетиков (К.С. Александров и др., Красноярск) [1]. Проводилось моделирование неравновесного фазового перехода ферромагнетик→антиферромагнетик. Начальная конфигурация соответствовала ферромагнетику. Считалось, что энергетические параметры стабилизируют антиферромагнитную структуру. Учитывалось взаимодействие первых и вторых соседей. Наиболее удачным примером квазиодномерного антиферромагнетика является CsNiF_3 (рис. 1а). Анализ кривых изотерм $z(h)$ показал, что с увеличением внешнего магнитного поля динамический критический индекс z квазиодномерного антиферромагнетика возрастает. В работах Игнатчика О.Л. [2] (МГУ) было доказано, что поведение $\text{NaTiSi}_2\text{O}_6$ при высоких температурах соответствует поведению квазиодномерного магнетика со спином $S=1/2$. Это новое низкоразмерное соединение со структурой пироксена и исследование кинетических особенностей данных систем представляет значительный интерес. На рис. 1б представлена рассчитанная нами зависимость z от N для $\text{NaTiSi}_2\text{O}_6$ в отсутствие внешнего магнитного поля ($T_{\chi\text{max}}=180\text{K}$). Динамический критический индекс z начиная с $N=16$ перестает зависеть от размеров системы; следовательно, полученные в данной модели результаты справедливы и для больших систем. Было обнаружено, что внедрение немагнитной примеси приводит к увеличению значения динамического критического индекса z на 13 % по сравнению с системой без примеси (рис. 1б). Известно, что для макротел (или в теории Ландау - Халатникова) обычно $z=2$.

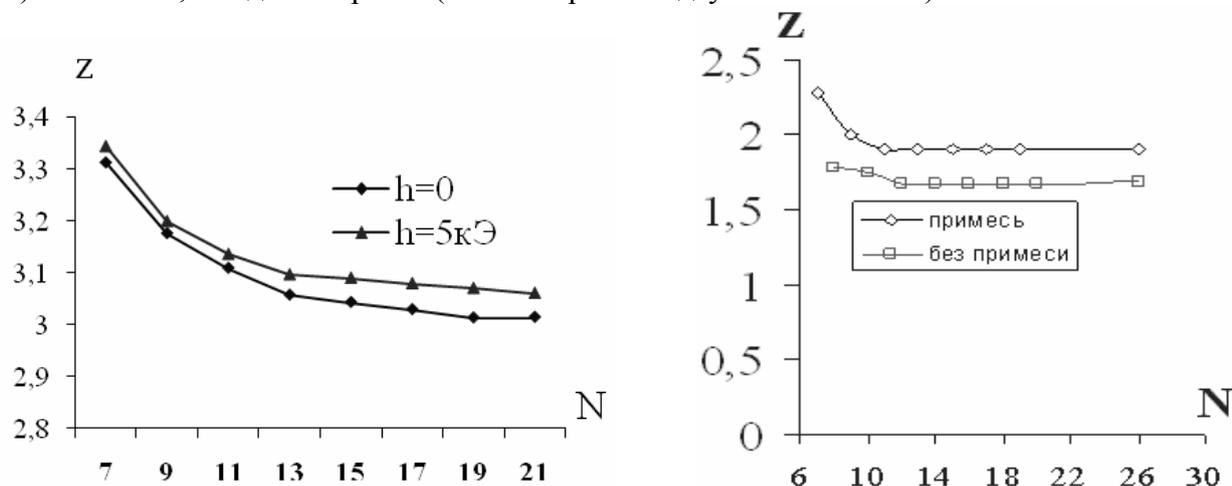


Рис. 1. Зависимость динамического критического индекса z для квазиодномерного антиферромагнетика от N а) CsNiF_3 ($T=T_N=2,61\text{K}$, $J_1=-8,3\text{K}$); б) $\text{NaTiSi}_2\text{O}_6$ ($T=T_{\chi\text{max}}=180\text{K}$, $J_1=-145\text{K}$, $h=0$)

Литература

1. Александров К.С., Федосеева Н.В., Спешакова И.П. (1983) Магнитные фазовые переходы в галлоидных кристаллах. Новосибирск. Наука, 192 с.
2. О.Л. Игнатчик, А.Н. Васильев, М. Исобе, Э. Ниномия, Ю. Уеда. Спин-синглетное основное состояние в $\text{NaTiSi}_2\text{O}_6$ и $\text{LiTiSi}_2\text{O}_6$ // Тезисы докладов секции L:

³ Автор выражает признательность профессору, д.ф.м.н. Удодову В.Н. за помощь в подготовке тезисов.

«Низкотемпературная физика твердого тела» 33-го Всероссийского Совещания по физике низких температур, Екатеринбург, 17-20 июня 2003 г., L131, стр. 303.

Влияние атомов серы на характеристики р-п переходов на основе GaAs

Шугарова Варвара Валериевна¹, Птащенко Александр Александрович², Птащенко Федор Александрович³, Маслеева Наталья Владимировна⁴, Богдан Ольга Васильевна⁵
*¹аспирант; ²доктор физ.-мат. наук, профессор; ³кандидат физ.-мат. наук;
⁴кандидат физ.-мат. наук, доцент; ⁵аспирант*

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, г. Одесса, Украина

E-mail: varyak@ukr.net

Исследовано влияние пассивации поверхности GaAs атомами серы на электрические и фотоэлектрические характеристики р-п переходов на основе GaAs. Пассивация осуществлялась нанесением на поверхность GaAs атомов серы из водных растворов $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Степень пассивации изменялась ее длительностью. Изменялись стационарные вольт-амперные характеристики (ВАХ) р-п – переходов в сухом воздухе, в атмосфере, содержащей насыщенные пары воды и этилена над соответствующими жидкостями, а также в парах аммиака над его водными растворами разных концентраций. Анализировалась кинетика прямого и обратного токов р-п – переходов при изменении состава окружающей атмосферы, а также измерялись спектры фототока.

В области токов 1мкА – 1мА ВАХ прямого тока р-п – переходов соответствовали выражению

$$I(V) = I_0 \exp(qV / nkT) \quad (1)$$

где I_0 – постоянная; q – заряд электрона; k – постоянная Больцмана; T – температура; $n \approx 2$ – коэффициент неидеальности. Такие ВАХ связаны с рекомбинацией на глубоких уровнях. При меньших смещениях ВАХ имели область избыточных токов с коэффициентом неидеальности $n > 2$, что соответствует туннельной рекомбинации через глубокие уровни с участием фононов. Такая рекомбинация локализована на неоднородностях р-п переходов.

Пассивация в течении короткого времени (до 20 с) не влияла на величину рекомбинационного тока (при $I > 1$ мкА), но существенно уменьшала избыточный ток, а также обратный ток р-п переходов.

Не обработанные р-п – структуры имели слабую чувствительность к парам аммиака. После нанесения атомов серы в течении 20 с пары аммиака практически не влияли на рекомбинационную компоненту тока (при $I > 1$ мкА), а значит, на скорость поверхностной рекомбинации. В то же время пассивация увеличивала на несколько порядков чувствительность избыточного тока к аммиаку. При этом ВАХ избыточного тока, измеренная в парах аммиака, становилась линейной, что можно объяснить формированием поверхностного проводящего канала, который закорачивает р-п переход. В результате пассивации также резко возросла чувствительность обратного тока к парам аммиака.

Фоточувствительность р-п переходов резко спадала при энергиях фотонов $h\nu > E_g$. Это свидетельствует, что время жизни и эффективный коэффициент диффузии носителей заряда вблизи поверхности намного меньше, чем в объеме. Пассивация в течении 20с не влияла на спектр фототока, а значит, и на скорость поверхностной рекомбинации. Более длительная обработка, в течении 60с, значительно увеличивала фототок в коротковолновой области спектра, т. е. резко уменьшала скорость поверхностной рекомбинации. Анализ спектров фототока показал, что отношение поверхностного и объемного значений диффузионной длины электронов L_s / L_b составляет 0,06 до пассивации и 0,5 после пассивации. Это соответствует уменьшению плотности поверхностных рекомбинационных центров в 25 раз за счет пассивации.

Таким образом, нанесение атомов серы на поверхность GaAs резко повышает чувствительность р-п переходов к парам аммиака и их фоточувствительность в коротковолновой области спектра, что связано с уменьшением плотности поверхностных состояний и скорости поверхностной рекомбинации.

Термоэлектрические свойства и эффект Шубникова – де Гааза монокристаллов $Sb_2-xCr_xTe_3$

Юзеева Наталья Александровна⁴

студентка

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: yuzeeva@inbox.ru

В данной работе изучалось влияние легирования Cr на термоэлектрические свойства и эффект Шубникова-де Гааза монокристаллов Sb_2Te_3 . Исследовались три образца: Sb_2Te_3 , $Sb_{2-x}Cr_xTe_3$ (Cr 0.23at%) и $Sb_{2-x}Cr_xTe_3$ (Cr 0.43at%). Все образцы первоначально имели *p*-тип проводимости, что связано с наличием заряженных точечных дефектов в кристаллах [1]. Термоэлектрические свойства измерялись в интервале температур 77-300К. Эффект Шубникова – де Гааза исследовался при 4.2 К в импульсном магнитном поле до 54 Тл, параллельном оси C_3 , когда экстремальные сечения всех 6 эллипсоидов верхней валентной зоны лёгких дырок совпадают и наблюдается одна частота осцилляций.

На рис. 1а приведены температурные зависимости коэффициента Зеебека. Теоретические кривые получены при концентрациях, рассчитанных по частотам осцилляций эффекта ШдГ, для рассеяния на акустических фонах. Наблюдается хорошее соответствие теории и эксперимента. Это подтверждает, что основной механизм рассеяния – рассеяние на акустических фонах. На рис. 1б приведены зависимости коэффициента теплопроводности от температуры исследованных образцов.

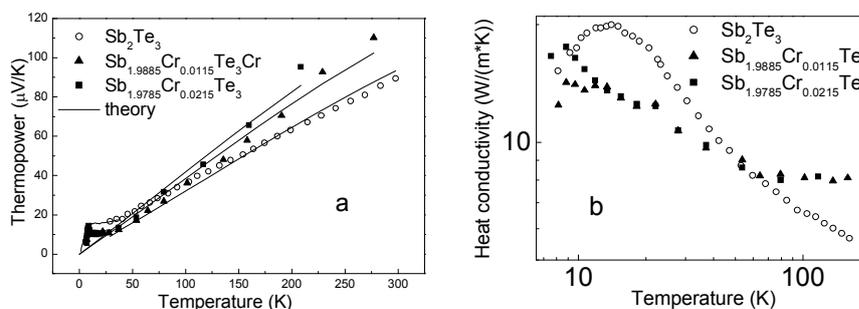


Рис. 1. Температурные зависимости коэффициента Зеебека и коэффициента теплопроводности.

С понижением температуры сопротивление всех образцов уменьшалось, что связано с высокой

Таблица 1. Частота осцилляций ШдГ F , энергия Ферми E_F и концентрация дырок p_{sdH} из расчета по эффекту ШдГ

начальной концентрацией дырок и их вырождением. При $T=4.2$ К наблюдались осцилляции магнетосопротивления (эффект ШдГ). В таблице 1 приведены частоты эффекта ШдГ и рассчитанные по ним энергии Ферми E_F и концентрации легких дырок. Как видно из таб. 1 легирование Cr приводит к уменьшению дырочной концентрации, то есть Cr действует как донор.

№	Состав	F (Т)	E_F (meV)	$p_{sdH} \cdot 10^{19}$ (cm ⁻³)
1	Sb_2Te_3	54.7	103.6	3.4
2	$Sb_{1.9885}Cr_{0.0115}Te_3$	3.4	82.2	2.3
3	$Sb_{1.9785}Cr_{0.0215}Te_3$	46.2	87.5	2.6

Выводы: 1) механизм рассеяния на акустических фонах; 2) хром вызывает донорный эффект.

Литература

1. Кульбачинский В. А., Тарасов П. М., Брюк Э. (2005) Аномальный эффект Холла и ферромагнетизм в новом разбавленном магнитном полупроводнике $Sb_{2-x}Cr_xTe_3$ // ЖЭТФ, Т. 81, № 7, с. 426.

⁴ Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Кульбачинскому В.А. за помощь в подготовке тезисов.