

БИБЛИОГРАФИЯ

539.12.01(049.3)

**КВАНТОВАЯ ХРОМОДИНАМИКА**

Yndurain F. J. Quantum Chromodynamics: an Introduction to the Theory of Quarks and Gluons.— New York; Berlin; Heidelberg; Tokyo: Springer-Verlag, 1983.— 228 p.— (Springer Series of Texts and Monographs in Physics).

Теоретическое описание сильных взаимодействий частиц было и остается одной из самых трудных проблем физики. Однако если раньше приходилось довольствоваться феноменологическими или полуфеноменологическими моделями, то в последнее десятилетие достигнут заметный прогресс благодаря успехам квантовой хромодинамики, серьезно претендующей на роль теории сильных взаимодействий.

Четко определены носители взаимодействия — кварки и глюоны, записан лагранжиан взаимодействия, обнаружено важное свойство ослабления взаимодействия на малых расстояниях — асимптотическая свобода, разрабатываются методы расчета не только при малых, но и при достаточно больших расстояниях. Всем этим вопросам и посвящена книга Ф. Х. Индурайна «Квантовая хромодинамика».

Для того чтобы читатель сразу понял круг проблем, затрагиваемых в этой книге, сообщим названия пяти глав, из которых она состоит: 1) Общие основы, 2) КХД как теория поля, 3) Глубоко-неупругие процессы, 4) Массы кварков, частичное сохранение аксиального тока, киральная динамика и вакуум КХД, 5) Функциональные методы, пертурбативное решение.

Поскольку эта книга возникла в результате обработки лекций, читавшихся студентам, изложение в ней построено по принципу от простого к более сложному при разъяснении всех вновь вводимых понятий. Автор предпочитает начинать со стандартной операторной формулировки квантовой хромодинамики, поскольку предполагается знакомство студентов с основами квантовой теории поля, и только в конце книги он переходит к методу функционального интегрирования. Этим книга отличается от монографии И. В. Андреева «Хромодинамика и жесткие процессы при высоких энергиях», где все изложение основано на функциональных методах. Кроме того, помимо жестких процессов (типа электрон-позитронной аннигиляции, глубоко неупругого рассеяния лептонов, процессов Дрелла — Яна и рождения частиц с большими поперечными импульсами) автор рассматривает также распадные процессы, проблему масс адронов, структуру вакуума КХД. При этом ему приходится не ограничивать себя методами теории возмущений, а рассматривать (хотя и очень кратко) пертурбативные эффекты и топологическую структуру решений. Довольно подробно разбирается лишь инстантонное решение и роль инстантонов в КХД.

К сожалению, остальные проблемы практически не обсуждаются. Так, всего три страницы в книге уделено следующим важным девяти подходам: 1) КХД на решетке, 2)  $1/N$ -разложение, 3) модели мешка, 4) инфракрасная асимптотика в КХД, 5) функциональные уравнения Швингера — Дайсона, 6) свободные кварки и глюоны, 7) КХД при высоких температурах, 8) потенциальные модели адронов, 9) КХД-поправки к электро-слабым процессам. Читатель, желающий ознакомиться с этими направлениями исследований, должен будет изучать обзорные и оригинальные статьи. В оправдание автора следует сказать, что эти вопросы, конечно, еще не доросли до уровня учебной литературы.

Таким образом, как и всякое учебное пособие, книга Индурайна только подводит к тем проблемам, которые реально занимают умы физиков в данный момент, помогая освоить язык и методы работы в квантовой хромодинамике (которые сами-то сформировались практически лишь в последнее десятилетие и продолжают непрерывно развиваться). Вместе с тем она полезна и специалисту, как краткое справочное пособие по основам квантовой хромодинамики и ее приложениям ко многим адронным процессам на современном этапе развития этой бурно прогрессирующей отрасли физики.

*И. М. Дремин*

537.311.33(049.3)

## ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ: ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКА

Ion Implantation: Equipment and Techniques/Ed. H. Rysel, H. G. Glawischig. — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1983. — 556 p. — (Springer Series in Electrophysics. V. 14).

Опубликованная ранее (УФН, т. 140, с. 737) рецензия на книгу «Техника ионной имплантации», изданную в 1982 г. при участии и под редакцией специалистов из ФРГ — проф. Х. Рисселя и Х. Главишница, если судить по высказываниям нескольких коллег, оказалась полезной. Рецензируемая здесь книга, содержащая материалы 4-й Международной конференции по вопросам современного оборудования для ионной имплантации, проходившей в ФРГ в сентябре 1982 г., также представит интерес для советских читателей. Книга состоит из 9 разделов: первый из них посвящен принципам действия и конструкции современных ускорителей тяжелых ионов (в настоящее время термин «Implanter», удобный своей краткостью, начинает распространяться и в СССР). Первый из обзоров (П. Хэйли) содержит анализ предельных реальных параметров ускорителей с учетом тенденций оптимизации устройств современной микроэлектроники (чаще всего — на основе монокристаллического кремния), жестких требований к остаточным загрязнениям внутри вакуумных систем, реальных скоростей откочки больших по объему установок и максимальных плотностей тока, ограничиваемых, в первую очередь, условиями отвода тепла от мишеней.

В докладе Токигучи и его соавторов описана быстродействующая «поточная» имплантационная система, предназначенная для производства элементов кремниевых солнечных батарей, построенная в ходе выполнения правительственной программы «Sunshine» в Японии. Во второй части книги приведены доклады, в которых обсуждаются новые типы ионных источников и успехи в усовершенствовании характеристик источников, основанных на известных принципах. Следует отметить доклад Келлера (ФРГ), в котором описан новый тип плазменного источника многозарядных ионов очень большой интенсивности, и другой его доклад, посвященный методам создания источников ионов трудно испаряемых веществ. Сравнительно простой и удобный источник ионов, специально предназначенный для имплантации в полупроводники, описан польскими авторами, один из которых (Юшкевич) работал в ОИЯИ в Дубне. Источник был успешно испытан в работе в СССР и ПНР; его конструкция удачна в том отношении, что энергия, необходимая для его питания, сравнительно мала (около 20 Вт). Список элементов, ионы которых удалось получить, включает Li, B, Ga, Cu, Mo, Al, Au, Pb, Tm. В третьей части книги рассмотрены важные «подсистемы» имплантированных ускорителей, разработанные такими фирмами, как «Varian», «Extrion» и др. Сюда относятся системы сканирования ионных пучков, стабильные источники высокого напряжения (Хэбей, КНР). Китайские специалисты сообщают об успешно работающем 600 кэВ-ионном ускорителе, используемом в Институте полупроводниковых исследований. В последующих докладах приведены данные о применении ЭВМ и волоконной оптики для управления программами работы ускорителей.

Среди работ, в которых используются новые принципы управления свойствами поверхностных слоев полупроводников, выделяется доклад Уада и др. (Япония), где используется принцип внедрения атомов отдачи и стимулированной облучением быстрыми электронами диффузии из фольги металла, находящейся в контакте с полупроводниками (Si, Ge) в их объеме. По мнению авторов, использовавших в своей работе глубоко проникающие электроны с энергией 7 МэВ, их результаты были обусловлены комбинацией обоих упомянутых явлений. Значительную важность для специалистов представляет пятый раздел, посвященный ионно-лучевой литографии — методу, возможности которого стали доступными для практики сравнительно недавно. Шестой раздел книги посвящен технике измерений, необходимых при проведении имплантации. В частности, в нем подробно описана установка в Сальфорде (Англия), используемая для анализа имплантированных слоев методом обратного рассеяния заряженных частиц.

Седьмой раздел книги, посвященный ионной имплантации в металлы, начинается с обзора основных применяемых методов (Дирли, Англия). В нем приводятся новые данные о практических применениях этого метода, основанные на разработках ядерного центра Харвелл и включающие весьма убедительные свидетельства ценности имплантационных методов для создания износостойчивых инструментов для металлообработки. Одна из деталей прессы, упрочненная этим методом, имеет диаметр 1200 мм!

Восьмой раздел, содержащий данные о методике имплантации ионов в полупроводники, начинается с обзора Токуямы, касающегося новых практических применений имплантации в кремний. В этом обзоре, в частности, обсуждаются возможности создания принципиально новых планарных структур типа «SOI» (Semiconductor on Insulator). Автор обсуждает также перспективы внедрения в Si ионов  $O^+$  или  $N^+$  с большими энергиями для создания «утолщенных» изолирующих слоев. Развивается техника имплантации двух примесей с различными ионными радиусами (например бора и алюминия), она отражена в работе Хильгарта и Шульца (ФРГ).

Заключительный раздел книги содержит доклады, в которых отражены успехи в усовершенствовании методик и применений «неравновесного отжига», который часто

называют «лазерным отжигом», так как в первых работах этого направления, выполненных в СССР, для возбуждения имплантированных слоев использовалось лазерное излучение. Раздел начинается с обстоятельного обзора Гиббонса (США), содержащего некоторые данные об экспериментальных особенностях работ автора и его коллег. Вызывает недоумение то обстоятельство, что в обзоре не отражены хорошо известные, недавно опубликованные работы советских авторов — И. Б. Хайбуллина в Казани и Л. С. Смирнова в Новосибирске и их товарищей, с которыми Гиббонс, несомненно, знаком. В числе работ, включенных в раздел — исследования индуцированного световыми импульсами отжига арсенида галлия, имплантированного кремнием, выполненные в университете Синьхуа (Тайвань). Важные для практики результаты содержатся в докладе Гётца и др. (Иена, ГДР), в котором приведены данные об иницируемом лазерными импульсами эпитаксиальном росте приповерхностных слоев ионно-имплантированных полупроводников.

Содержание книги представляет существенный интерес для специалистов, работающих в области твердотельной электроники и материаловедения.

*В. С. Василев*

537.311.2,322(049.3)

### ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series/Ed. K.-H. Hellwege.— Group III: Crystal and Solid State Physics. V. 17: Semiconductors. Subvolume e: Madelung O., Schulz M., Weiss H. Physics of Non-Tetrahedrally Bonded Elements and Binary Compounds. I.— Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag. 1983.— 533 p.

Издательство «Шпрингер» в широко известной серии физико-химических справочников «Ландольт-Бёрнштейн» выпуском подтома *e* продолжило публикацию 17-го тома из новой серии «Физика кристаллов и твердого тела». В этом томе собраны все основные сведения, характеризующие современное понимание физических свойств полупроводников и полупроводниковой технологии.

Рецензируемый нами подтом *e* содержит описание свойств не тетраэдрально связанных элементов и бинарных соединений. Этот подтом делится на две главы, одна из которых посвящена описанию элементов III, V и IV групп, другая — бинарных соединений IA — IB, I<sub>x</sub> — V<sub>y</sub>, I<sub>x</sub> — VI<sub>y</sub>, II<sub>x</sub> — IV<sub>y</sub>, II<sub>x</sub> — V<sub>y</sub>, II — VII<sub>2</sub>. Главы разбиты на параграфы, в которых рассмотрены свойства определенных полупроводников этих классов. В параграфах приводятся сведения

- о наличии различных кристаллических модификаций данного полупроводника;
  - об электронной структуре полупроводника (зонная структура, ширина запрещенной зоны, энергетические уровни в симметричных точках, эффективные массы электронов и дырок, значения *g*-факторов, деформационных потенциалов, спин-орбитального расщепления и т. д.);
  - о примесных состояниях и дефектах (данные о свойствах доноров, акцепторов и др.);
  - об основных решеточных свойствах (параметры решетки, данные о свойствах фононов, коэффициенты теплового расширения и сжимаемости, модули Юнга и др.);
  - о явлениях переноса (проводимость, подвижность, коэффициенты Зеебека и Холла, магнетосопротивление и др.);
  - об оптических свойствах полупроводника (диэлектрические проницаемости, работа выхода, спектры поглощения и отражения и др.);
  - о прочих свойствах полупроводника (удельные теплоемкость, плотность, температура Дебая, магнитная восприимчивость, скорость звука, температура плавления и др.);
  - об основных работах, посвященных изучению свойств данного полупроводника.
- Все данные в таблицах приводятся с указанием источников и методов получения. Около половины книги занимают графики и рисунки.

Собранные в этом издании сведения, безусловно, принесут большую пользу для большого числа специалистов — физиков, инженеров по электронике, технологов.

*А. П. Силин*

537.311.31(049.3)

### СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРОННЫМ И ФОНОННЫМ СВОЙСТВАМ МЕТАЛЛОВ

Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series/Ed. K.-H. Hellwege, T. Olsen.— Group III: Crystal and Solid State Physics. V.13. Metals: Phonon States, Electron States and Fermi Surface. Subvolume b: Joss B., Griessen R.,

Fossett E., Kress W. *Phonon States of Alloys. Electron States and Fermi Surfaces of Strained Elements.*— Berlin; Heidelberg; New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1983.— 405 p.

Рецензируемый подтом является второй частью 13-го тома известной серии физико-химических справочников «Ландольт-Бернштейн». Он включает в себя третью и четвертую главы (остальные войдут в третью часть). Третья глава (авторы — В. Йосс, Р. Гриссен и Е. Фоссетт) называется «Электронные состояния и поверхности Ферми однопорядочных деформированных металлических элементов». В ней приводятся экспериментальные и теоретические данные (по работам до 1981 г. включительно) по поверхностям Ферми, зонной структуре и другим параметрам, характеризующим электронное строение металлов при однородной деформации и гидростатическом сжатии. Приводятся также соотношения между параметрами поверхности Ферми в модели почти свободных электронов.

Четвертая глава, написанная В. Крессом, посвящена фононным свойствам металлических соединений и неупорядоченных сплавов. Глава включает, во-первых, краткое описание некоторых теоретических моделей: Борна — фон Кармана, экранированного жесткого иона, экранированных оболочек, экранированных «дышащих» оболочек, двойных оболочек, а также основ микроскопической теории колебаний решетки. Далее излагается методика определения фононного спектра с помощью неупругого рассеяния нейтронов. Затем следует обзор общих свойств динамики решетки различных классов соединений и сплавов: тугоплавких соединений, соединений с промежуточной валентностью, квазиодномерных проводников, в том числе со структурой типа А15, водородсодержащих сплавов, кристаллов с примесями. Наконец, имеется обширный справочный материал по различным металлическим соединениям (как экспериментальный, так и теоретический). Как правило, приводятся фононные дисперсионные кривые вдоль симметричных направлений и фононная плотность состояний (в виде графиков). При составлении справочного раздела этой главы использовались работы, опубликованные до 1982 г. включительно.

Как и остальные тома серии, этот выпуск будет весьма полезен специалистам по физике твердого тела, как теоретикам, так и экспериментаторам.

*И. И. Мазин*

517.957(049.3)

## ПРЕОБРАЗОВАНИЯ БЭКЛУНДА И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Rogers C., Shadwick W. F. *Backlund Transformations and Their Applications.*— N.Y.; Lnd.: Academic Press, 1982.— XIII, 334 p.— (Mathematics in Science and Engineering. V. 161).

Нелинейные дифференциальные уравнения являются, как известно, основным математическим инструментом описания и исследования разнообразных физических явлений. Поэтому прогресс в теории дифференциальных уравнений представляет, как правило, непосредственный интерес для теоретической и математической физики. Последние пятнадцать лет ознаменовались возникновением и бурным развитием новых методов исследования нелинейных дифференциальных уравнений. В основном это было связано с открытием и развитием нового метода интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений — метода обратной задачи рассеяния (см. монографию В. Е. Захарова, С. В. Макарова, С. П. Новикова, Л. П. Питаевского «Теория солитонов. Метод обратной задачи». — М.: Наука, 1980). Одновременно выяснилось, что некоторые классы нелинейных дифференциальных уравнений обладают весьма специальными групповыми свойствами, например, имеют бесконечные наборы интегралов движения и бесконечные группы симметрии. Наиболее же интересные новые групповые свойства нелинейных дифференциальных уравнений связаны с так называемыми бэклунд-преобразованиями. Эти преобразования, в зависимости от их типа, переводят решения некоторого нелинейного уравнения в решения того же самого уравнения или в решения другого (в частности, линейного) уравнения. Бэклунд-преобразования замечательны тем, что вытекающие из них формулы нелинейной суперпозиции позволяют находить бесконечные семейства точных решений нелинейных дифференциальных уравнений с помощью чисто алгебраических процедур. Например, все  $n$ -солитонные решения уравнений Кортевега — де Вриза, уравнения синус-Гордона, нелинейного уравнения Шрёдингера и т. д. легко вычисляются с помощью формул такого типа. Эти свойства бэклунд-преобразований привлекают к ним повышенный интерес. Кроме собственно бэклунд-преобразований, существуют другие типы нелинейных преобразований, также весьма полезные для исследования нелинейных дифференциальных уравнений. К настоящему времени опубликованы уже сотни статей, посвященных преобразованиям Бэклунда и родственным им. Необходимость систематического изложения результатов, связанных с преобразованиями типа Бэклунда, несомненна.

Рецензируемая книга является, по-видимому, первой монографией, посвященной специально этому вопросу. Цель книги, по замыслу авторов, — дать систематическое введение в круг проблем и задач, связанных с бэклунд-преобразованиями и преобразо-

ваниями, родственными им, и рассмотреть многочисленные применения таких преобразований в самых разных областях физики. Авторы стремились изложить весь материал на достаточно элементарном уровне, доступном студентам и аспирантам, изучившим стандартный курс математической физики.

Книга состоит из пяти глав. В первой самой большой главе дан обзор бэклунд-преобразований и их свойств. Рассмотрены уравнение синус-Гордона, уравнение Кортевега — де Вриза, нелинейное уравнение Шредингера, уравнение Буссинеска, уравнение Кадомцева — Петвиашвили, уравнения общей теории относительности и т. д. Показано, как бэклунд-преобразования для этих уравнений позволяют вычислять все  $n$ -солитонные решения. Описаны современные методы построения бэклунд-преобразований: метод, использующий спектральную задачу, метод Хироты и метод Эстабрука — Уолквиста (метод продолженных структур). Во второй главе описана предложенная авторами геометрическая трактовка бэклунд-преобразований. Она использует так называемую теорию струй-расслоений. В рамках такого подхода различные преобразования типа Бэклунда описываются единым образом. Бэклунд-преобразования и аналогичным нелинейным преобразованиям для конкретных физических задач посвящены остальные три главы. Авторы обсуждают структуру, свойства и возможные применения бэклунд-преобразований в газодинамике, в нелинейной теории теплопроводности, стационарной и нестационарной магнитогазодинамике (гл. 3). Применению бэклунд-преобразований для исследования уравнений, описывающих распространение волн в различных неупругих средах, посвящены четвертая и пятая главы. Часть материала, относящаяся к математическим аспектам теории бэклунд-преобразований, вынесена в шесть приложений. Заключает книгу обширная библиография — 450 ссылок.

Книга не охватывает всего круга вопросов, связанных с бэклунд-преобразованиями, что, естественно, и невозможно при ее небольшом объеме. Однако на ряде простых примеров авторам удалось ярко продемонстрировать их замечательные свойства и эффективность. Простое и ясное изложение, полнота охвата различных нелинейных преобразований типа Бэклунда, изложение лишь основных идей без излишней детализации и углубления в тонкости делает эту книгу хорошим пособием для первоначального ознакомления с теорией бэклунд-преобразований и их применением. Рецензируемая книга представляет большой интерес для широкого круга специалистов как в области математической физики, так и в прикладных областях. Она является удачным дополнением к имеющимся в настоящее время монографиям по математической теории солитонов: 1) Захаров В. Е., Манакон С. В., Новиков С. П., Питаевский Л. П., Теория солитонов. Метод обратной задачи. — М.: Наука, 1980; 2) Ablowitz M. J., Segur H., Solitons and the Inverse Scattering Transform, Philadelphia; SIAM, 1981; 3) Calogero F., Degasperis A., Spectral Transform and Solitons. V. 1, Amsterdam: North-Holland, 1982 (переводится изд-вом «Мир»).

Было бы целесообразно издать рецензируемую книгу на русском языке, тем более, что она является пока единственным руководством по преобразованиям Бэклунда.

*Б. Г. Конопельченко*