1984 г. Декабрь *Том 144, вып. 4*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

537.61(049.3)

КНИГА О МАГНИТНЫХ СОЛИТОНАХ

Косевич А. М., Иванов Б. А., Ковалев А. С. Нелинейные волны намагниченности: Динамические и топологические солитоны. - Киев: Наукова думка, 1983. — 192 с.

Авторы монографии — физики-теоретики, работающие в области теории магнетизма и нелинейной механики. Основную цель своей книги они достаточно точно выразили в предисловии, написав, что ее темой является «нелинейная динамика намагниченности магнетиков, проанализированная под углом зрения «солитонной науки ...».

В последние полтора десятилетия наблюдается необычайно высокий всплеск интереса к теории нелинейных явлений. Вызван он в первую очередь крупными достижениями математической физики — обнаружением точной интегрируемости большого числа нелинейных эволюционных уравнений и выяснением удивительных свойств локализованных решений этих уравнений — солитонов. Понятие солитона как пространственно локализованного возбуждения нелинейной физической системы, не деформирующегося при движении вдоль системы, прочно вошло как в теоретическую, так и в экспериментальную физику. Это в свою очередь вызвало появление ряда новых физических понятий и даже концепций. Описание физических явлений в рамках «солитонной науки» в ряде случаев оказалось не только очень естественным, но подчас и единственно возможным.

В последние годы появилось достаточное число монографий, посвященных математическим аспектам нелинейной механики. Однако эти книги предназначены в основном математикам и теоретикам с математическим уклоном (хотя рассматриваемые математические проблемы имеют, как правило, физические корни, и обсуждаемые уравнения чаще всего вытекают из физических задач). Монографии же чисто физического содержания чаще всего не освещают последних достижений нелинейной науки. Рецензируемая книга является одной из первых, в которой традиционный предмет — динамика магнитоупорядоченных сред—обсуждается на основе современных солитонных концепций.

В соответствии с поставленной задачей авторы в первой главе монографии знакомят читателей с основными понятиями квантовой и классической физики магнитоупорядоченных систем, фактически не затрагивая проблемы микроскопического обоснования феноменологических уравнений динамики намагниченности. Но в то же время проведено достаточно строгое обсуждение соответствия динамики спиновой системы с гамильтонианом Гейзенберга и феноменологической динамики намагниченности среды, которая описывается уравнением Ландау—Лифшица без затухания. Здесь проведена классификация локализованных возбуждений магнетика и пояснены топологические свойства солитонов типа доменных границ и магнитных вихрей. Введены интегралы движения уравнений динамики намагниченности и определены динамические солитоны, стабильность которых обусловлена наличием некоторых интегралов движения. Очень интересна предложенная авторами гамильтонова запись уравнений динамики магнитных солитонов как квазичастиц с внутренним движением (прецессией вектора намагниченности).

Авторы трактуют динамический магнитный солитон как связанное состояние большого числа элементарных возбуждений системы — магнонов. Предложенная трактовка иллюстрируется описанием спиновых комплексов в модели Гейзенберга и связанных многобозонных состояний в бозе-газе. Первую главу монографии можно рассматривать как очень удачное введение в теорию нелинейных явлений в магнетиках.

Во второй и третьей главах описаны различные солитонные решения для ряда конкретных моделей магнитоупорядоченных сред и подробно обсуждены свойства таких солитонов и их возможная интерпретация. Эти главы содержат большое число результатов, полученных непосредственно авторами, но изложенных на фоне общей картины современной теории нелинейных свойств простейших магнитных систем. Эти главы свидетельствуют о том, что авторы монографии находятся в лидирующей группе исследователей магнитных солитонов.

Вторая глава посвящена изучению только одномерных систем, теория которых обеспечена наиболее развитыми математическими методами. И действительно, из трех

рассмотренных в этой главе моделей (одноосный и двухосный ферромагнетик, а также антиферромагнетик) две первые модели являются точно интегрируемыми. Хотя авторы не обсуждают проблемы полной интегрируемости одномерных магнитных моделей, но в этой главе показывается эквивалентность уравнений для одноосного ферромагнетика точно интегрируемому нелинейному уравнению Шрёдингера. Основное внимание уделяется обсуждению и детальному анализу динамики односолитонных решений, однако изложен и способ получения многосолитонных решений для двухосного магнетика с помощью преобразования Хироты.

Знание точных двупараметрических солитонных решений для двухосного магнетика позволяет вычислить интегралы движения, найти адиабатический инвариант и произвести квазиклассическое квантование спектра локализованных возбуждений. Эти спектры в точности совпадают с квантовыми спектрами для спиновых комплексов, полученными ранее Бете, а позже — Янгами и Бакстером. В случае легкоплоскостного ферромагетика специфические нелинейные возбуждения (волны поворота) оказались аналогичными либовским возбуждениям в неидеальном бозе-газе с отталкиванием.

Третья глава монографии посвящена анализу двумерных и трехмерных магнитных солитонов. Математически эти задачи гораздо сложнее, и для получения решений приходится прибегать к качественным и приближенным методам, а также к вычислениям на ЭВМ. Однако физические результаты становятся более разнообразными и интересными (не говоря уже о том, что они имеют более непосредственное отношение к реальным задачам). В частности, кроме доменных границ и волн поворота намагниченности, возникает ряд дополнительных топологических солитонов, таких, как двумерные вихри и дисклинации. Динамические многомерные магнитные солитоны допускают трактовку как магнонные капли (в частности, вращающаяся капля в случае магнитного вихря).

Однако, как трехмерные, так и двумерные задачи о солитонах в ферромагнетике имеют в значительной степени иллюстративный характер, поскольку авторы не включили в рассмотрение магнитостатические поля, обусловленные неоднородностью распределения намагниченности. Но в антиферромагнетиках магнитодипольными взаимодействиями можно пренебречь, и изложенные результаты приобретают реальный смысл.

К сожалению, авторы обходят молчанием проблемы, связанные с затуханием динамических образований в магнетике, а следовательно, связанные со временем жизни магнитных солитонов.

Недостатком книги является также отсутствие освещения экспериментальной ситуации в данном вопросе. Отчасти это можно объяснить тем, что экспериментальные работы по обнаружению динамических магнитных солитонов относятся к самому последнему времени.

Книга будет полезна широкому кругу читателей, начиная от студентов старших курсов физических и физико-технических факультетов и кончая специалистами в области физики магнитных явлений.

И. Е. Дзялошинский

[525+523[.3+4]](049 3)

О ЗЕМЛЕ, ЛУНЕ, ПЛАНЕТАХ КАК ТВЕРДОМ ТЕЛЕ

Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series /Eds K.-H. Hellwege, O. Madelung. — Group V: Geophysics and Space Research. V. 2: Geophysics of the Solid Earth, the Moon and the Planets. — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1984. — 417 p.

В данном томе собрана информация о нашей планете как твердом теле. Первая статья содержит описание параметров Земли как планеты солнечной системы. Во второй статье рассмотрены свойства Земли как твердого тела. Исследуются упругие свойства Земли, распространение сейсмических волн в ней, структура оболочки и верхней мантии, тепловые потоки на поверхность Земли, электрические свойства оболочки Земли. Третья статья посвящена свойствам гравитационного поля Земли, четвертая — магнитному полю Земли, пятая — переносу массы внутри Земли. Четвертая и части пятой статьи перенесены в подтом б. В шестой статье в соответствии с общей логикой книги приведены свойства Луны, Меркурия, Венеры, Марса. Материал книги отобран в соответствии с общим духом серий Ландольта-Бёрнштейна, к написанию книги привлечены ведущие специалисты в данной области, так что данная книга представляет большую ценность для специалистов.

Б. М. Смирнов

621.315.592(049.3)

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series/ Eds K.-H. Hellwege, O. Madelung. — Group III: Crystal and Solid State Physics. V. 17: Semiconductors. Subvolume c: Technology of Si, Ge and SiC/Ed. M. Schulz, H. Weiss. — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1984. — 533 p.

Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series/Eds K.-H. Hellwege, O. Madelung. — Group III: Crystal and Solid State Physics. V. 17: Semiconductors. Subvolume f: Physics of Non-tetrahedrally Bonded Binary Compounds. II/Ed. O. Madelung. — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1983. — 562 p.

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

Подтом с посвящен описанию технологии Si, Ge и SiC, делится на две главы.

В первой главе рассматривается технология изготовления Si и Ge. Эта глава делится на 4 раздела. Вначале излагаются технологические данные: фазовые диаграммы и кривые ликвидуса, коэффициенты распределения примесей, скорости испарения, температуры плавления и испарения и др. Во втором разделе рассматриваются процессы роста кристаллов: выращивание поликристаллического Si, методы приготовления и очистки Ge, выращивание Si и Ge по методу Чохральского, зонная плавка и др. В третьем разделе представлены свойства кристаллов, полученных различными способами: наличие примесей, структура кристаллов, профили легирования, решеточные дефекты и др. В четвертом разделе рассмотрена технология изготовления приборов (диодов, транзисторов, тиристоров, интегральных схем и др.): ионная имплантация, ядерное трансмутационное легирование, эпитаксия, приготовление слоев, литография, процессы травления и т. д.

Во второй главе рассматривается технология изготовления SiC: основные технологические данные (фазовая диаграмма, растворимость углерода в кремнии и др.), процессы роста кристаллов (зонное плавление, рост из газовой фазы и др.), свойства кристаллов (политип, электрические и оптические свойства), технология изготовления приборов (ионная имплантация, эпитаксия, легирование, технология изготовления поверхностей и др.). Все данные приводятся с указанием источников. Около трети книги занимают графики и рисунки.

Справочник предназначен в первую очередь для специалистов, занятых техническими вопросами. Однако собранные в этом издании сведения, безусловно, будут интересны также для физиков-экспериментаторов.

Подтом f продолжает описание свойств не тетраэдрально связанных бинарных соединений, начатое в подтоме е. Подтом f делится на 7 разделов, посвященных бинарным соединениям групп III—VI, III—VII, IV_x—V_y, IV_x—VI_y, IV—VII_2, V_xVI_y, V—VII_3.

В каждом разделе приводятся сведения о кристаллической структуре и химических связях полупроводников данного класса. Разделы разбиты на параграфы, в которых рассмотрены свойства определенных бинарных соединений этого класса.

В параграфах приводятся сведения:

— об электронных свойствах (зонная структура, ширина запрещенной зоны, энергия связи экситона, значение g-факторов, эффективные массы электронов и дырок и т. д.);

— о решеточных свойствах (постоянные решетки, деформационные потенциалы, частоты колебаний решетки, скорости звука, коэффициенты сжимаемости и т. д.);

— об явлениях переноса (проводимость, подвижность, времена жизни и средние длины свободного пробега носителей тока, энергии активации примесей, коэффициенты Холла и Зеебека и т. д.);

— об оптических свойствах (диэлектрические проницаемости, коэффициент поглощения, спектры поглощения и отражения и др.);

— о прочих свойствах (магнитная восприимчивость, удельная теплоемкость, плотность, твердость, точка плавления, температура Дебая и др.);

— об основных работах, посвященных изучению свойств данного бинарного соединения.

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

621.315.592(049.3)

УЗКОЩЕЛЕВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ

Narrow-gap Semiconductors (Nimtz G., Schlucht B. Narrow-gap Lead Salts; Dornhaus R., Nimtz G. The Properties and Applications of the $Hg_{1-x}Cd_xTe$ Alloy Systems). — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1983. — 309 p. — (Springer Tracts in Modern Physics. V. 98).

Dynamical Properties of IV—VI Compounds (Tantsch W. Dielecitric Properties and Soft Modes in Semiconducting (Pl, S, N, Ge) Te; Bussmann-Holder A., Bilz H., Vogl P. Electronic and Dynamical Properties of IV—VI Compounds). — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1983. — 101 p. — (Springer Tracts in Modern Physics. V. 99).

Недавно в серии «Springer Tracts in Modern Physics» вышли две книги: «Узкощелевые полупроводники» (том 98) и «Динамические свойства IV—VI соединений» (том 99). В 98 томе помещены обзорные статьи Г. Нимца и Б. Шлихта «Узкощелевые соли свинца» и Р. Дорнхауза и Г. Нимца «Свойства и применения сплавов $Hg_{1-x}Cd_xTe$». В 99-м томе — тоже два обзора: В. Янтча «Диэлектрические свойства и мягкие моды в полупроводниках (Pb, Sn, Ge) Te» и «Электронные и динамические свойства IV—VI соединений» А. Буссманна-Голдера, Г. Бильца и П. Фогля.

Появление этих обзоров представляется весьма своевременным из-за бурного роста числа оригинальных исследований по узкощелевым полупроводникам. С моей точки зрения, наибольший интерес для советского читателя представляют обе статьи тома 98 и первая 99-го, поскольку именно в них собрано наибольшее количество современных экспериментальных данных. Последняя статья в томе 99 А. Буссманна-Голдера, Г. Бильца и П. Фогля посвящена применению некоторых теоретических моделей к описанию динамики решетки и фазовых превращений в теллуридах германия и олова.

В обзоре Г. Нимца и Б. Шлихта собраны известные авторам данные исследований по узкощелевым полупроводникам A^4B^6 (халькогенидам свинца, олова и сплавам на их основе). Один список цитируемой в обзоре литературы занимает двадцать страниц. Это само по себе демонстрирует актуальность и размах исследований по физике полупроводников A^4B^6. Подобный интерес обусловлен тем, что уникальные физические свойства этих веществ делают их незаменимыми при создании приборов инфракрасного диапазона, термоэлектрических генераторов и рефрижераторов. В обзоре приведены экспериментальные данные по фазовым диаграммам и росту кристаллов и сплавов на основе халькогенидов свинца, электрической активности вакансий и химических примесей в них, ширине запрещенной зоны, а также об оптических свойствах этих полупроводников и рекомбинационных явлений в них.

Обзор В. Янтча содержит солидную сводку экспериментальных результатов, полученных при исследовании сегнетоэлектрических фазовых переходов в теллуридах германия, олова и их сплавов с теллуридами свинца. Собраны имеющиеся в литературе, по 1982 г. включительно, данные по рассеянию нейтронов, комбинационному рассеянию, спектроскопии в дальнем инфракрасном диапазоне, статической диэлектрической проницаемости, а также по теплоемкости, скорости звука и аномалиях электропроводности в окрестности точки фазового перехода.

Несколько в стороне от тематики предыдущих обзоров, посвященных полупроводникам A^4B^6, стоит обзор Р. Дорнхауза и Г. Нимца о свойствах и применениях сплавов теллуридов ртути и кадмия (КРТ). Тем не менее появление этой статьи в одном томе с обзором «Узкощелевые соли свинца» вполне оправдано общностью применений A^4B^6 и КРТ в приборах инфракрасного диапазона, и по структуре обе статьи очень похожи. Так же, как и первый обзор о солях свинца, второй (о КРТ) содержит разделы, посвященные росту кристаллов, дефектам в них, зонной структуре, транспортным и оптическим свойствам. Однако во втором обзоре появляются дополнительные разделы, касающиеся различных видов применения КРТ в качестве приемников и источников в инфракрасном диапазоне, его использования в неоднородных структурах (металл—диэлектрик—полупроводник, металл—оксид—полупроводник, сверхрешетки и т. п.). Надо заметить, что подобные обзоры, в которых собраны и систематизированы последние данные по физике полупроводников, крайне полезные для специалистов, в отечественной литературе отсутствуют.

Б. А. Волков