

НОВЫЕ КНИГИ ПО КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Быстрое развитие квантовой электроники и квантовой оптики привело к появлению на мировом книжном рынке множества книг различного назначения. Перед авторами этих книг стояла задача ознакомить определенный круг читателей с результатами исследований, опубликованных до этого в специальных научных журналах. С этой целью им пришлось не только собрать, отобрать и надежно отфильтровать имеющийся материал, но и определенным образом его систематизировать. Это потребовало от них большой незримой работы. Многие авторы успешно справились с этой работой, и написанные ими обзоры, учебники и монографии образовали красную полку пока еще небольшой библиотеки книг по современной электронике и оптике. Многие, нужно думать — лучшие из этих книг, переведены на русский язык. Какие же это книги? Это прежде всего учебники Ф. Бертена (М., «Мир», 1971, 629 с.) и Р. Пантела и Г. Путхофа (М., «Мир», 1972, 384 с.), вышедшие под одинаковыми названиями «Основы квантовой электроники», монографии У. Люсселла «Излучение и шумы в квантовой электронике» (М., «Наука», 1972, 398 с.) и А. Ярива «Квантовая электроника и нелинейная оптика» (М., «Сов. радио», 1973, 454 с.). К этому перечню книг следует добавить еще не переведенную на русский язык новую книгу английского физика Р. Лоудона «Квантовая теория света» (Clarendon Press, Oxford, 1973, 338 с.), которая, как будет показано ниже, удачно дополняет перечень по содержанию.

Каждая из перечисленных книг по своему оригинальна. Учебник французского физика Бертена, второй том которого переведен на русский язык, содержит полное и объективное изложение достижений французских научных коллективов во многих вопросах, подготовивших почву для рождения и развития квантовой электроники. Значительное место в книге уделено явлениям, имеющим место при оптической ориентации атомов светом, пионером в изучении которых во Франции является французский ученый, академик, лауреат Нобелевской премии Альфред Кацлер.

Книга Ф. Бертена энциклопедична. По полноте и охвату, четкости и ясности она, пожалуй, не имеет себе равных. Уже при первом знакомстве с ней становится очевидной нетривиальность в расположении и изложении помещенного в ней материала. Каждая глава книги представляет собой отдельную новеллу. В начале каждой новеллы помещается краткий рассказ о том, что ожидает в ней читателя. Затем следует простое физическое объяснение рассматриваемых далее явлений, и наконец, приводится полное объяснение этих явлений с разных точек зрения. Ряд интересных задач вынесен в примеры и приложения, которых в книге шесть. Текст, знакомство с которым не обязательно для понимания книги в целом, набран мелким шрифтом. Основная задача, которую поставил перед собой автор книги, — ввести читателя в круг вопросов, тем или иным образом связанных с предметом квантовой электроники в широком смысле слова.

Несколько иначе построен учебник Р. Пантела и Г. Путхофа. От книги Ф. Бертена он отличается и по содержанию, и по форме изложения. Если основной упор в первой книге делается на рассмотрение физики процессов, происходящих в отдельном атоме, подверженном воздействию разных полей, то здесь основное внимание уделено рассмотрению процессов, происходящих в веществе — атомарном или молекулярном газе, оптически прозрачном твердом теле, в полупроводниках. Она представляет собой переработанный курс лекций, читавшихся авторами студентам старших курсов Стэнфордского университета. Хотя книга рассчитана на читателя, у которого предполагается знакомство с основами квантовой механики, первые три главы представляют собой введение в квантовую механику. В них изложены некоторые свойства операторов, метод матрицы плотности, рассмотрены свойства гамильтониана атома в электромагнитном поле, теория электрических дипольных переходов в случаях стационарных и нестационарных процессов. В последующих главах рассматриваются элементарная квантовая теория лазеров, нелинейные эффекты в квантованных средах, квантование поля в резонаторе и взаимодействие излучения с фононами. В последней главе книги рассмотрено поведение электронов в кристалле, внутри- и межзонные эффекты, фотопроводимость и принцип работы полупроводниковых инжекционных лазеров. В конце книги помещено 13 приложений, содержащих доказательство различного рода используемых в тексте книги соотношений, таблицы и вычисление нетабличных интегралов. В конце каждой главы, как это теперь широко принято,

приведены примеры и задачи, многие из которых, несомненно, оригинальны. Книга написана на высоком научном уровне, хорошо продумана и самосогласована. Последняя глава книги, в которой рассматривается теория полупроводниковых квантовых генераторов, стоит несколько особняком и включена в книгу для полноты рассматриваемого предмета.

Обе рассмотренные книги прекрасно дополняют друг друга, иллюстрируя системы и методы обучения, принятые во Франции и в Америке.

Монография А. Ярива предназначена специально для научных работников и инженеров, работающих в области различных приложений квантовой электроники. Автор не предполагает, что читатель обладает серьезной общей подготовкой в области теоретической физики и, в частности, квантовой механики. Поэтому в нее включен материал, который обычно составляет содержание разделов курса теоретической физики. Это, по мнению автора, сделало книгу доступной для широкого круга специалистов, не получивших по каким-либо причинам достаточно серьезной общей подготовки по теоретической физике. С этим можно согласиться, но можно и против этого возражать. Из двадцати пяти глав книги двенадцать глав, почти половина ее, содержит конспективное изложение квантовой механики, упрощенные изложения некоторых вопросов теории твердого тела (колебания цепочки атомов, волны в решетке, квантование акустической ветви спектра), квантование электромагнитного поля в резонаторе и в среде, некоторые сведения о диа-, пара- и ферромагнитных свойствах вещества, магнитном резонансе, спонтанном и вынужденном испускании света и других важных нужных и полезных вещах. Такая насыщенность книги энциклопедическими сведениями позволяет читателю без большой затраты времени (?) и труда (?), не изучая специально множество разделов современной физики, приобрести некоторые знания, позволяющие представлять себе пути развития квантовой электроники, и следить за ним. Однако такое упорядоченное знакомство едва ли может заменить серьезное изучение предмета и открыть возможность действительно творческого самостоятельного участия в этом развитии. Чтение комиксов никому еще не смогло заменить непосредственное знакомство с литературой. Однако для инженера, получившего в вузе систематическое образование и по каким-либо причинам некоторое время не пользовавшегося им, подзабывшего то, что давно изучалось, эти первые двенадцать глав могут оказаться весьма полезными. Вторая половина книги содержит компактное, но весьма неполное изложение принципов работы оптических квантовых генераторов разных типов, в том числе и полупроводниковых, методов модуляции света и теории параметрического усиления СВЧ сигналов и параметрической генерации и усиления частоты в оптическом диапазоне. В последних главах книги рассмотрена упрощенная квантомеханическая теория комбинационного рассеяния, рассеяния света акустическими волнами и теория шумов в оптических квантовых усилителях и генераторах. В конце книги помещены семь приложений, содержащих некоторые сведения по теории ширины спектральных линий, поведению диэлектриков и магнетиков соответственно в электрическом и магнитных полях и вывод используемых в тексте математических соотношений. Давая оценку книге, следует заметить, что она вышла в свет в 1967 г., а русский перевод ее был издан лишь в 1973 г. Поэтому часть изложенного в книге материала устарела, а многие вопросы, получившие развитие в последнее время, в нее не вошли. Тем не менее книга А. Ярива может оказаться полезной для широкого круга инженеров, которым нужно, восстановив знания, быстро познакомиться с новым предметом. Эта книга удобна тем, что при ее изучении можно обойтись без пользования какой-либо дополнительной литературой.

Обратим теперь внимание на указанную выше небольшую монографию У. Люиселла «Излучение и шумы в квантовой электронике». Это совершенно особая книга. В ней впервые изложены основы квантовой теории электромагнитного поля в такой форме, которая непосредственно может быть применена для решения задач квантовой электроники и квантовой оптики. Для этих целей нет нужды в релятивистской инвариантной формулировке квантовой теории поля. Для них непригодна также квантовая теория поля, в которой рассматривается рождение или поглощение одного фотона. Необходима теория, позволяющая описать статистические особенности поведения ансамбля фотонов, взаимодействующих с веществом.

Статистика квантованного электромагнитного поля развита в работах Р. Глаубера и детально изложена в прочитанном им во время летней Школы по теоретической физике университета в Гренобле курсе лекций. Этот курс лекций помещен в сборнике «Квантовая оптика и квантовая радиофизика» (М., «Мир», 1966 г.). Несколько отличное изложение вопроса можно найти в оригинальной монографии Дж. Клаудера и Э. Сударшана «Основы квантовой оптики» (М., «Мир», 1970 г.). Однако эти книги содержат хотя и оригинальный и идущий из первых рук, но еще весьма сырой материал и рассчитаны на чистых физиков-теоретиков.

Обсуждаемая книга У. Люиселла, сотрудника американской фирмы «Белл телефон», предназначена для широкого круга исследователей, которым для работы в области квантовой оптики необходимо уметь пользоваться квантовой статистической теорией поля фотонов, уметь рассчитывать существующие и возникающие корреляции

и понимать принципы работы квантовых счетчиков. Автор сумел удовлетворить поставленной цели, воспользовавшись старой нековариантной теорией излучения Дирака, изложенной в соответствии с известной классической работой Э. Ферми. В этой работе заряды и токи, являющиеся источниками излучения, не квантуются, и поэтому не учитывается реакция излучения на источник. В квантовой электронике и при ее приложениях можно рассматривать заряды и токи классически и, таким образом, пользоваться, как теперь говорят, феноменологической квантовой электродинамикой. Первые три главы книги знакомят читателя с дираковской формулировкой квантовой механики. В них вводятся понятия кет-векторов, развивается теория представлений, в виде примеров рассматриваются простые квантовые системы: осциллятор и квантовый гироскоп-спин, а также сообщаются необходимые для понимания дальнейшего методы операторной алгебры. В четвертой главе проводится квантования электромагнитного поля в вакууме в отсутствие и при наличии источников и рассматриваются нулевые флуктуации поля. Последующие три главы содержат теорию взаимодействия квантованного поля излучения с атомом, основы квантовой статистики и квантовую теорию аттенуаторов и линейных усилителей. В этих наиболее интересных и оригинальных главах книги У. Льюселла хорошо видны возможности применения феноменологической квантовой теории поля для описания разнообразных процессов взаимодействия излучения с веществом.

В заключение рассмотрим содержание недавно вышедшей в свет учебной монографии Р. Лоудона «Квантовая теория света». Эта книга, ни коим образом не перекрываясь с описанными выше книгами, содержит очень свежее, добротное и ясное изложение широкого круга вопросов, которые можно объединить рубрикой «Квантовая теория света». Первые три вводные главы содержат полуклассическую и простую квантовую теорию коэффициентов Эйнштейна и описание взаимодействия поля излучения с квантовой системой на языке населенностей. В четвертой и пятой главах изложена теория дисперсии света и теория когерентности в основном стационарных ролей. В шестой и седьмой главах рассматривается квантованное поле излучения, развивается теория когерентных состояний с заданными фазой или числом фотонов, а также рассмотрены смешанные состояния поля. Во всех предыдущих книгах авторы старались избежать формализма квантовой теории поля излучения Глаубера, обойтись без него, пытаясь заменить его более простыми методами. В книге Р. Лоудона это не делается. Автор нашел способ «причесать» теорию Глаубера и изложить ее просто и ясно. Предполагается, разумеется, что читатель знаком с основами теории поля и квантовой механикой. Все математические выкладки в книге проведены достаточно подробно, чтобы все опущенные вычисления можно было легко восстановить. Главы книги «Взаимодействие квантованного излучения с атомом» и «Оптика фотонов» содержат серьезное изложение всего круга вопросов охватываемого этими заголовками. Последние три главы книги носят названия «Теория лазера», «Рассеяние света на атомах» и «Нелинейная оптика». В них в компактной форме рассмотрены все основные задачи, возникающие при решении названных вопросов. Всего в книге серьезно рассмотрено 75 различных проблем квантовой оптики. Представлены и проиллюстрированы все основные теоретические методы описания взаимодействия излучения с веществом. В книгу, однако, не вошел ряд важных вопросов квантовой теории света. Это — прежде всего образование фотонного эха и самоиндуцированной прозрачности, получение, распространение и наблюдение коротких световых импульсов и т. п. При изложении традиционного материала автор неоднократно обращается к работам последних лет, в которых в той или иной мере развивается рассматриваемый вопрос. В этом смысле все разделы книги, включая и ознакомительные, написаны вполне современно. Следует думать, что учебная монография Р. Лоудона будет переведена на русский язык. Она удачным образом дополнит уже переведенные книги и доставит большую пользу и удовольствие широкому кругу научных работников, инженеров, аспирантов и студентов, специализирующихся или работающих в области квантовой оптики или квантовой электроники.

Г. В. Скроцкий