

535.24[15+-2] (049.3)

## ДВЕ КНИГИ О ПРИЕМЕ И ПРИЕМНИКАХ ВИДИМОГО И ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Kingston R. H. *Detection of Optical and Infrared Radiation*.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1978.— 140 p.— (Optical Science. V.10).

Небольшая книга Р. Г. Кингстона сложилась из курса лекций, прочитанных автором в Массачусетском Технологическом институте и подвергшихся переработке при публикации настоящего издания, и представляет собой 10-й том шпрингеровской серии «Оптическая наука» (Optical Science). В этой серии под общей редакцией Дэвида Л. Мак-Адама уже вышло 12 томов, причем два из них написаны советскими авторами. Тематика серии включает разнообразные вопросы линейной и нелинейной оптики и их теоретические и технические основы, которые всегда публикуются под не слишком удачным общим названием «Квантовая электроника». Основы теории полей излучения, изложенные здесь с современной единой точки зрения и рассмотренные в ней методы приема и измерения различных характеристик полей важны и актуальны не только для физики, но и для химии, биологии или, короче говоря, для всех естественных наук. В рецензируемой книге обсуждаются как основные методы приема излучения для видимой и инфракрасной частей спектра, так и предельные возможности детекторов. Даже в тех случаях, когда речь идет об определенных приемниках излучения, обсуждаются только общие принципы их работы с учетом свойств изучаемых полей и приемников излучения и в особенности статистические свойства отклика детектора и статистические свойства его выходного сигнала.

Рассматривается с единой точки зрения исследование когерентных и некогерентных полей и приводятся некоторые конкретные случаи таких исследований. На методы приема излучений сильное влияние оказало появление лазерных источников излучения. В особенности следует указать на методы гомодинирования и гетеродинирования света. Хотя они были предложены и осуществлены задолго до появления лазеров, именно лазеры сделали эти методы широко распространенными и доступными многим лабораториям. Этим новым методам исследования уделяется внимание в нескольких главах книги. Всего же в ней 11 глав и после каждой из них приводится несколько задач, чтобы читатель, решая их сам, мог судить об уровне овладения им излагаемого предмета. Задачи несложные, часто снабженные большим количеством указаний и числовыми данными, еще больше облегчающими решение.

Книга начинается с изложения фундаментальных соотношений, которые будут использоваться на протяжении всей книги. Среди таких соотношений — распределения Максвелла — Больцмана, Ферми — Дирака и Бозе — Эйнштейна, снабженные краткими пояснениями. Особое внимание уделяется выводу, обсуждению и затем проверке хорошо известной формулы Планка для равновесного теплового излучения черного тела. Кратко обсуждается соотношение между эйнштейновскими коэффициентами и тут же затрагивается фундаментальный вопрос о вынужденном излучении.

Основная часть книги посвящена теоретическому рассмотрению существенных для практики вопросов эффективности различных способов приема в идеальных

и реальных условиях, влияния на прием различных шумов, расчета отношения сигнала к шуму. Специальный параграф посвящен расчету чувствительности приемников и приведены кривые зависимости величин чувствительности от длины волны излучения.

Глава третья книги посвящена когерентному или гетеродинному приему излучения, причем сначала рассматривается простой случай плоских волн, а затем общий случай волн с произвольным распределением амплитуды и фазы на поверхности приемника. В этой главе выведены две важные теоремы — теорема антенны, описывающая угловые характеристики приемника, и теорема смещения, позволяющая рассчитать эффективность смещения на произвольной поверхности. В следующей, четвертой главе уточняются предшествующие расчеты путем учета собственного шума детектора, считавшегося ранее не шумящим, и получаются формулы для отношения сигнала к шуму в случае усиления шума в некогерентном приеме и усиления шума в когерентном или гетеродинном приеме.

Глава пятая посвящена разбору работы вакуумных приемников — вакуумному фотодиоду и фотоумножителю. В шестой главе рассмотрены существенные вопросы шумов и эффективности полупроводниковых приемников, включая и лавинные фотодиоды. Во всех случаях сделан четкий и ясный разбор часто не простых ситуаций и получены выражения для отношения сигнала к шуму и другие соотношения, удобные для практического использования. В следующей главе, седьмой, описаны тепловые приемники, приведено количественное описание чувствительности идеального теплового приемника, балометра, пирозлектрического приемника, и дана краткая теория гетеродинного приема с тепловым детектором. После короткой главы восьмой, где рассматривается предусиление излучения в активной (лазерной) среде, следует рассмотрение влияния турбулентности атмосферы (девятая глава) на прием излучения.

Глава десятая посвящена статистическим характеристикам процесса приема излучения. Рассмотрены статистические особенности разных способов приема и обсужден вопрос об ошибках и вероятности так называемой «ложной тревоги» — проблемы, особенно существенной в техники коммуникации.

В заключительной, одиннадцатой главе речь идет о применении полученных в предшествующих главах результатов к нескольким избранным примерам, а именно, к радару, радиометрии и спектроскопии, звездному интерферометру и интерферометру интенсивностей (Хэнбери-Браун и Твисс).

Эта маленькая книга содержит много практически важных сведений и, несомненно, полезна для широкого круга лиц, работающих в различных областях оптики и радиолокации, где имеют дело с различными способами приема излучения.

535(049.3)

Optical and Infrared Detectors/Ed. R. J. Keyse.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1977.— 305 p.—(Topics in Applied Physics vol. 19).

Настоящий, девятнадцатый том шпрингеровской серии «Проблемы прикладной физики» посвящен детальному и всестороннему изложению основ теории, технологии и даже мастерству изготовления различных приемников видимого и в особенности инфракрасного излучения.

Книга содержит семь глав, написанных шестью американскими и одним английским специалистами, хорошо известными своими собственными работами.

Все главы написаны на профессиональном уровне, содержат серьезный анализ различных вопросов, включая технологические. Материал книги рассчитан на специалистов или тех, кто хочет эту сложную область сделать предметом своей профессии.

Каждая глава написана одним из семи авторов, отличается полнотой охвата предмета и вместе с тем книга в целом, посвященная столь различному кругу научно-технических вопросов, рассматривает их почти всегда с единой точки зрения, что достигнуто, по-видимому, благодаря немалым усилиям авторов и редактора тома Роберта Кейса (Robert J. Keyse) и, что, несомненно, является большим достоинством книги.

После краткого и четкого введения (глава первая), обрисовывающего общие контуры рассматриваемых вопросов, написанного редактором, следует глава вторая — «Процесс приема фотонов» (The Photon Detection Process), написанная Крюсом (P. W. Kruse) и посвященная общим вопросам. В ней проведена классификация различных способов приема фотонов в зависимости от механизма их взаимодействия с приемным устройством. Особенно тщательно рассмотрены шумы в радиационных, полупроводниковых и фотоэмиссионных приемниках. Рассмотрены также вопросы спектральной чувствительности, высокочастотные и временные характеристики различных приемников, флуктуации сигнала и фона и многие другие вопросы. Эта большая глава (64 стр.) развертывает перед читателем историю совершенствования прием-

ников инфракрасного излучения начиная с его открытия Гершелем почти 185 лет назад, и по сегодняшний день. Глава завершается обширной таблицей, в которой представлены материалы приемников инфракрасного излучения, физический механизм их действия, спектральная область применения, чувствительность, инерционность и некоторые другие характеристики. Библиография — 160 названий.

Глава третья — «Тепловые приемники» (Thermal Detectors), написанная Путлеем (E. H. Putley), начинается с изложения принципа действия тепловых приемников. Затем дано описание термостолбика, появившегося в физической лаборатории почти 150 лет назад и с тех пор существенно усовершенствованного. Тщательно и детально описаны болометры различных конструкций, приемник Голея и пироэлектрические приемники.

В заключение есть краткое упоминание о некоторых других тепловых приемниках и об использовании тепловых приемников в системах, позволяющих получить видимое изображение в инфракрасных лучах.

В качестве примера приведена фотография автомобиля, полученная с помощью пироэлектрического видеокана. Библиография современной литературы содержит 81 название.

Перу Д. Лонга (D. Long) принадлежит глава четвертая о фотовольтаических и фотопроводящих приемниках инфракрасного излучения. В таких приемниках в результате поглощения фотонов возникают электроны проводимости в объеме полупроводникового материала. Приводится краткая и четко сформулированная теория процессов и шумов, обсуждаются вопросы выбора материала для приемников и подробно анализируются характеристики и возможности таких приемников. Библиография — 70 названий.

Глава пятая — «Фотоэмиссионные приемники», написанная Цвиккером (H. R. Zwickler), содержит обстоятельное изложение механизма действия фотоприемников, основанных на эмиссии электронов в вакууме под действием света. Описаны материалы фотокатодов, пригодных для видимого и инфракрасного диапазонов спектра, между тем как приемники ультрафиолетового излучения в этой главе не рассматриваются вовсе. В главе внимательно обсуждаются как традиционные материалы поверхности, эмитирующие электроны, так и новые материалы, получившие особенно серьезное применение за последнее десятилетие. К этому последнему относятся тонкие слои полупроводникового монокристалла, содержащего Cs, и малое количество кислорода. В этой обширной главе пристально рассматривается физический механизм фотоэмиссии в различных случаях и для разных материалов.

Дано много фактического материала и подчеркнуты те свойства рассматриваемых приемников, которые делают их особенно эффективными (малая инерционность, большая чувствительность и т. п.) Библиография — 171 название.

Последние две главы посвящены изложению новейших достижений в области теории и практики создания устройств для получения изображения (глава шестая) и нелинейного гетеродинного приема излучения (глава седьмая). Шестая глава написана Мильтоном (H. F. Milton). В ней описаны различные новейшие устройства, позволяющие получать изображение в интервале длин волн 3—5 мкм и 8—12 мкм, причем приемники излучения по чувствительности по крайней мере на порядок превосходят прежде применявшиеся чувствительные элементы. Описаны также способы считывания изображения. Библиография — 33 названия.

Заключительная глава, седьмая, написана Тейчем (M. S. Teich) и посвящена области, развитие которой нужно ожидать в ближайшем будущем, а пока сделаны только первые шаги в эксперименте и несколько больше продвинута теория. Здесь речь идет о нелинейном гетеродинном приеме излучения.

Техника гетеродинирования и ее применение в таких областях как радиолокация, спектроскопия и радиометрия в широком диапазоне частот от радиоволн до световых волн хорошо известны. В обычном варианте техники гетеродинирования света применяются приемники излучения, которые дают фототок, пропорциональный интенсивности падающего света, а на светочувствительную поверхность падает свет двух слегка различающихся частот.

После краткого обзора этого традиционного приема гетеродинирования детально рассматриваются случаи такого нелинейного гетеродинирования, когда в приемнике электронная эмиссия вызывается многоквантовым поглощением (в особенности двухквантовым), и второй случай, когда смешивается свет не двух, а трех или большего числа частот.

Обстоятельно обсуждаются новые способы нелинейного гетеродинирования, сравниваются с традиционным методом, определяются величины предельных чувствительностей и отношений сигнала к шуму и указывается на возможные преимущества нелинейного гетеродинирования. Пожалуй, можно отметить, что рецензируемая книга полнее других охватывает предмет, указанный в ее заглавии.