

Р. Межерис

ЛАЗЕРНОЕ ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

41350
Перевод с английского
канд. хим. наук И. Г. Городецкого,
канд. физ-мат. наук В. В. Филюшкина
под редакцией д-ра техн. наук
А. Б. Карасева



МОСКВА «МИР» 1987

Laser Remote Sensing

FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS

RAYMOND M. MEASURES

Professor of Applied Science and Engineering
University of Toronto
Institute for Aerospace Studies

A Wiley-Interscience Publication
John Wiley & Sons
New York · Chichester · Brisbane · Toronto · Singapore

ББК 32.86-5

М43

УДК 621.3.038.8.004.14

Межерис Р.

М43 **Лазерное дистанционное зондирование: Пер. с англ.—**
М.: Мир, 1987. — 550 с., ил.

В книге канадского ученого последовательно изложены как фундаментальные, так и прикладные вопросы проблемы лазерного дистанционного зондирования: основные представления теории взаимодействия излучения с веществом, физические основы лазеров, принципы построения лидарных систем и обработки их сигналов, применение лазерной дистанционной аппаратуры при исследовании атмосферы-внутренних водоемов и Мирового океана.

Для научных работников и инженеров в областях: лазерного дистанционного зондирования, исследования природных ресурсов и охраны природной среды, а также аспирантов и студентов вузов соответствующих специальностей.

М $\frac{1903040000 - 233}{041(01) - 87}$ 116 — 87, ч. 1

ББК 32.86-5

Редакция литературы по новой технике и космическим исследованиям

Copyright © 1984 by John Wiley & Sons, Inc.
All rights Reserved. Authorized translation from English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

© перевод на русский язык, «Мир», 1987

Оглавление

| | |
|---|------------|
| Предисловие редактора перевода | 5 |
| Предисловие | 7 |
| Глава 1. Введение | 9 |
| Глава 2. Теория электромагнитного излучения | 21 |
| 2.1. Уравнения Максвелла | 21 |
| 2.2. Волновое уравнение и его решения для плоских волн | 23 |
| 2.3. Поляризация | 28 |
| 2.4. Поток энергии и основные фотометрические термины | 31 |
| 2.5. Отражение и преломление света | 34 |
| 2.6. Классическая теория излучения, поглощения и дисперсии | 40 |
| 2.7. Молекулярное (рэлеевское) рассеяние | 49 |
| 2.8. Рассеяние Рэлея — Ми | 59 |
| Глава 3. Квантовая физика и процессы излучения, поглощения и рассеяния | 71 |
| 3.1. Основы квантовой механики | 71 |
| 3.2. Квантовые состояния молекул | 80 |
| 3.3. Радиационные процессы и вероятности переходов | 93 |
| 3.4. Уширение спектральных линий | 109 |
| 3.5. Квантовая теория рассеяния | 117 |
| Глава 4. Взаимодействие излучения с веществом и уравнение переноса излучения | 137 |
| 4.1. Уравнение переноса излучения | 137 |
| 4.2. Оптическая толщина | 139 |
| 4.3. Индуцированная лазерным излучением флюоресценция и эффекты насыщения | 144 |
| 4.4. Уравнение переноса излучения с учетом рассеяния | 152 |
| 4.5. Распространение лазерного излучения в атмосфере | 156 |
| Глава 5. Основы физики лазеров | 164 |
| 5.1. Инверсия населенностей и усиление света | 165 |
| 5.2. Порог генерации лазера | 169 |
| 5.3. Структура мод и уменьшение ширины спектральных линий | 171 |
| 5.4. Насыщение усиления | 176 |
| 5.5. Модуляция добротности | 185 |
| 5.6. Оптические свойства лазерных пучков | 191 |
| 5.7. Поперечные моды и дифракционные потери | 196 |
| 5.8. Типы лазеров и их характеристики | 200 |
| 5.9. Вопросы техники безопасности | 229 |

| | |
|--|-----|
| Глава 6. Лазерные системы дистанционного зондирования | 232 |
| 6.1. Методы лазерного дистанционного зондирования | 232 |
| 6.2. Основные системы лазерного дистанционного зондирования | 239 |
| 6.3. Приемные системы | 246 |
| 6.4. Типы и характеристики лазеров, пригодных для дистанционного зондирования | 252 |
| 6.5. Источники шума | 254 |
| 6.6. Отношение сигнал/шум | 257 |
| 6.7. Методы уменьшения уровня шума | 264 |
| Глава 7. Уравнения лазерного дистанционного зондирования | 269 |
| 7.1. Лидарное уравнение для рассеяния | 269 |
| 7.2. Лидарное уравнение для дифференциального поглощения | 276 |
| 7.3. Лидарное уравнение для случая флуоресцирующего объекта | 279 |
| 7.4. Геометрия оптики приемника | 291 |
| 7.5. Решение лидарного уравнения | 312 |
| Глава 8. Анализ и интерпретация отраженных сигналов лидара | 317 |
| 8.1. Спектральная фильтрация обратно рассеянного лазерного излучения | 320 |
| 8.2. Предельные отношения сигнал/шум для обнаружения молекулярных компонент | 322 |
| 8.3. Анализ ошибок при лидарных измерениях | 333 |
| 8.4. Ограничения на ширину линии лазерного излучения при работе с лидаром дифференциального поглощения | 353 |
| Глава 9. Применение лидаров для исследования атмосферы | 361 |
| 9.1. Атмосферные исследования | 361 |
| 9.2. Использование лидаров, установленных на космических аппаратах | 425 |
| 9.3. Наблюдение за атмосферными загрязнениями | 436 |
| 9.4. Мониторинг источников загрязнений | 454 |
| Глава 10. Применение лидаров в гидрографии | 471 |
| 10.1. Батометрическая съемка и измерение мутности | 471 |
| 10.2. Лазерный дистанционный флуорометр и его применение | 480 |
| 10.3. Подповерхностные измерения температуры воды | 519 |
| Глава 11. Заключение | 525 |
| Литература | 527 |
| Предметно-именной указатель | 546 |

Монография

Раймонд М. Межерис

ЛАЗЕРНОЕ ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Научный редактор Л. А. Паршина
Младший научный редактор Л. А. Цветкова
Художественный редактор Н. М. Иванов
Технический редактор Л. П. Емельянова
Корректор С. А. Денисова

ИБ № 5831

Сдано в набор 03.07.86. Подписано к печати 26.01.87. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 1. Печать высокая. Гарнитура литературная. Объем 17,25 бум. л. Усл. печ. л. 34,50. Усл. кр.-отт. 34,50. Уч.-изд. л. 32,53. Над. № 7/4523. Тираж 2100 экз. Зак. 1071 Цена 5 р. 20 к.

Издательство «МИР». 129820-ГСП. Москва, И-110, 1-й Рижский пер., 2.

Отпечатано с матриц Ленинградской типографии № 2 головного предприятия ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29 в Ленинградской типографии № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколова Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.