

В

ДЛЯ ВУЗОВ

В.П. Савиных
В.А. Соломатин

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ
СИСТЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ**

МАШИНОСТРОЕНИЕ

В

ДЛЯ ВУЗОВ

В.П. Савиных, В.А. Соломатин

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области геодезии и фотограмметрии в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 21.03.03 – Геодезия и дистанционное зондирование с присвоением квалификации (степени) бакалавр



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
2014

УДК 528.5
ББК 26.12
С 13

Рецензенты:

академик РАН, д.т.н., проф. В.Г. Бондур;
начальник отдела ОАО «Корпорация «Комета»
д.т.н. Н.И. Аржаненко

Савиных В.П., Соломатин В.А.

С 13 Оптико-электронные системы дистанционного зондирования: учебник. — М.: Машиностроение, 2014. — 432 с.: ил.

ISBN 978-5-94275-754-0

Представлены основы теории, элементная база, принципы построения, схемы, параметры и характеристики оптико-электронных систем дистанционного зондирования Земли: лидаров, спектрометров, сканеров различных типов.

Для студентов, обучающихся по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование». Может быть полезна студентам, инженерам и научным работникам в области оптического и оптико-электронного приборостроения.

УДК 528.5
ББК 26.12

ISBN 978-5-94275-754-0

© Савиных В.П., Соломатин В.А., 2014

© ООО «Издательство Машиностроение», 2014

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации.

Оглавление

Предисловие	6
Часть 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ	
Глава 1. Введение	8
1.1. Общая характеристика методов дистанционного зондирования ..	8
1.2. Оптические средства дистанционного зондирования	14
1.3. Структура и классификация оптико-электронных систем	16
1.4. Краткая историческая справка	19
Глава 2. Энергетическое описание сигналов	22
2.1. Особенности описания сигналов в оптико-электронных системах	22
2.2. Классификация излучателей	24
2.3. Энергетические и фотометрические параметры и характеристики оптических сигналов	26
2.4. Черное тело как идеальный излучатель	34
2.5. Параметры и характеристики излучателей в области отраженного излучения	35
2.6. Параметры и характеристики излучателей в области собственного излучения	39
2.7. Псевдотемпературы	44
2.8. Наземные источники излучения	47
2.9. Атмосферные источники излучения	50
2.10. Космические источники излучения	52
Глава 3. Спектральное описание детерминированных сигналов (по Фурье)	55
3.1. Спектральные характеристики периодических детерминированных сигналов	55
3.2. Спектральные характеристики непериодических детерминированных сигналов	63
3.3. Свойства преобразования Фурье	66
3.4. Детерминированные сигналы в оптико-электронных системах (ОЭС)	72
Глава 4. Математическое описание случайных сигналов	81
4.1. Вероятностные характеристики	81

4.2. Параметры и характеристики случайного процесса (моменты распределения)	84
4.3. Спектр случайного сигнала	90
4.4. Случайные сигналы в оптико-электронных системах	93
Глава 5. Информационные параметры сигналов	98
5.1. Количество информации и энтропия	98
5.2. Поле излучения как источник информации	101
Глава 6. Преобразование сигналов в оптико-электронных системах	107
6.1. Основные понятия из теории линейной фильтрации	107
6.2. Оптимальная линейная фильтрация	110
6.3. Временная фильтрация. Накопление	114
6.4. Спектральная фильтрация	117
6.5. Пространственная фильтрация	119
6.6. Выборка	128
6.7. Модуляция	138
6.8. Демодуляция	141
6.9. Сканирование	145
Глава 7. Прохождение оптического излучения через атмосферу	149
7.1. Общая характеристика влияния атмосферы на оптические сигналы	149
7.2. Строение и состав атмосферы. Модели атмосферы	152
7.3. Поглощение излучения атмосферой	157
7.4. Рассеяние излучения в атмосфере	166
7.5. Флуктуационные явления в атмосфере	171
7.6. Рефракция оптических лучей	175
7.7. Учет атмосферного влияния на результаты дистанционного зондирования	178
ЧАСТЬ 2. ЭЛЕМЕНТЫ И УЗЛЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМ	182
Глава 8. Оптическая система	182
8.1. Геометрические параметры оптической системы	182
8.2. Аберрации оптических систем	189
8.3. Критерии качества оптической системы. Оптическая система как линейный фильтр	196
8.4. Объективы	201
8.5. Конденсоры	206
8.6. Волоконно-оптические элементы	208
8.7. Оптические модуляторы-обтюраторы	210
8.8. Оптические фильтры	212
8.9. Диспергирующие элементы	217
8.10. Поляризационные призмы	226
8.11. Пространственно-временные модуляторы и преобразователи некогерентного изображения в когерентное	230
8.12. Оптические элементы сканирующих систем	233

8.13. Аппаратурные источники излучения	240
8.14. Передающие оптические системы	247
Глава 9. Приемники излучения	250
9.1. Классификация приемников излучения	250
9.2. Параметры и характеристики приемников излучения	252
9.3. Тепловые приемники излучения	262
9.4. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители и электронно-оптические преобразователи	266
9.5. Фоторезисторы и QWIP-приемники	272
9.6. Фотодиоды	280
9.7. ПЗС-матрицы	286
9.8. КМОП-матрицы	291
9.9. Гибридные, монолитные и многоцветные приемники излучения	295
9.10. Охлаждение приемников излучения	298
ЧАСТЬ 3. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	300
Глава 10. Принципы построения оптико-электронных систем дистанционного зондирования	300
10.1. Лидары	300
10.2. Оптико-электронные радиометры	313
10.3. Оптико-электронные спектрометры	320
10.4. Сканеры	336
Глава 11. Бортовые оптико-электронные системы дистанционного зондирования Земли и космических орбитальных станций	358
11.1. Аппаратура дистанционного зондирования спутников серии «Метеор» и «Ресурс»	358
11.2. Аппаратура дистанционного зондирования орбитальных станций «Салют» и «Мир»	365
Глава 12. Оптико-электронные системы в современных программах дистанционного зондирования Земли	378
12.1. ADEOS	378
12.2. SPOT-4	386
12.3. TERRA	389
12.4. IKONOS-2	398
12.5. CALIPSO	400
12.6. TAIKI	404
12.7. PLEIADES	406
12.8. GLORY	409
12.9. SPOT-6,7	412
12.10. Канопус-В, БКА	415
12.11. LANDSAT-8	418
12.12. PROBA-V	422
12.13. OCO-2	425
Список литературы	429