



***Laser Satellite
Communications***

Morris Katzman, Ed.
Rockwell International

Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ 07632

ЛАЗЕРНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Под редакцией М. КАЦМАНА

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
Ю. К. САЛЬНИКОВА
ПОД РЕДАКЦИЕЙ
А. В. ЕРМИШИНА



«РАДИО И СВЯЗЬ»
МОСКВА
1993

ББК 32.884.1:26.23

Л 17

УДК 621.396.946 : 621.391.63

Федеральная целевая программа книгоиздания России

Редакция переводной литературы

**Лазерная космическая связь: Пер. с англ./Под ред.
Л 17 М. Кацмана. — М.: Радио и связь, 1993. — 240 с.: ил.**

ISBN 5-256-00507-3.

В книге американских авторов изложены основные принципы построения системы лазерной космической связи. Рассмотрены возможные источники лазерного излучения, принципы приема оптических сигналов, импульсная модуляция для лазерных систем передачи. Описаны различные фотоприемники. Большое внимание уделено расчету и конструированию оптических антенн. Обсуждены вопросы управления антеннами, прецизионного поведения и сопровождения. Приведен пример экспериментальной системы связи с самолетом.

Для инженерно-технических работников.

Л 2303040501-058
046(01)-93 КБ-3-535-93

ББК 32.884.1:26.23

ISBN 5-256-00507-3 (рус.)
ISBN 0-13-523804-8 (англ.)

© 1987 by Morris Katzman.
© Перевод на русский язык. Сальников Ю. К., 1993.
© Предисловие, примечания. Ермишин А. В., 1993.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора перевода	5
Предисловие	6
Благодарности	8
Глава 1. Введение (М. Кацман)	9
1.1. Введение в лазерную связь	9
1.2. Лазерные передающие устройства	11
1.2.1. Импульсная модуляция в лазерных передающих устройствах	13
1.3. Оптические приемные устройства	15
1.4. Построение оптических систем	17
Глава 2. Построение системы (Дж. Мейнард)	19
2.1. Введение	19
2.2. Уравнение связи	20
2.3. Передающее устройство	22
2.3.1. Лазеры	22
2.3.2. Модуляторы	24
2.4. Антенны	30
2.4.1. Параметры антенны	33
2.4.2. Коэффициент полезного действия передающей антенны	34
2.4.3. Приемная антенна	37
2.4.4. Потери при распространении	37
2.5. Оптический детектор	37
2.5.1. Фотоумножитель	39
2.5.2. <i>P-I-N</i> -фотодиоды	42
2.5.3. Лавинный фотодиод	42
2.5.4. Построение приемного устройства	46
2.6. Виды модуляции оптического сигнала	48
2.6.1. Двоичная амплитудно-импульсная модуляция	48
2.6.2. Двоичная импульсная поляризационная модуляция	50
2.6.3. Позиционно-импульсная модуляция	50
2.7. Вычисление вероятности ошибки	52
2.7.1. Вероятность ошибки для ПИМ	54
2.7.2. Вероятность ошибки для ДИПМ	55
2.8. Требования к сигналу с позиций поиска и слежения [14]	55
2.9. Основы построения систем	59
2.9.1. Определение оптимальной ширины луча передающего устройства	59
2.9.2. Выбор лазера	60
2.10. Пример расчета линии связи	62
2.11. Экспериментальная система связи самолет — земля	65
2.11.1. Бортовое оборудование	68
2.11.2. Наземная станция	73
Глава 3. Полупроводниковые лазеры для спутниковой связи (Г. Эванз, М. Эттенберг)	77
3.1. Введение	77

3.2. Основные положения	80
3.3. Структура и характеристики лазерных диодов	84
3.3.1. Лазеры с ограничением области усиления	84
3.3.2. Лазеры с профилированным показателем преломления	87
3.3.3. Решетки с фазовой синхронизацией	95
3.4. Управление длиной волны излучения	100
3.4.1. Функционирование с малой длиной волны	100
3.4.2. Функционирование AlGaAs-лазеров с большей длиной волны	102
3.5. Срок службы полупроводникового лазера	102
3.5.1. Основные положения	102
3.5.2. Характеристики и механизмы старения полупроводниковых лазеров	106
3.5.3. Влияние изменений параметров на функционирование систем	114
3.6. Модуляция	119
3.7. Влияние излучений	123
3.8. Прогнозы на будущее	124
Глава 4. Оптические приемные устройства (Ф. Гудуин)	125
4.1. Введение	125
4.2. Прямое детектирование	126
4.2.1. Отношение сигнал-шум	128
4.2.2. Демодуляция и отношение сигнал-шум информационного сигнала	130
4.3. Пример приемного устройства импульсного лазерного излучения	131
4.4. Когерентное детектирование и демодуляция	134
4.4.1. Введение	134
4.4.2. Физические и геометрические представления	135
4.4.3. Зависимость ЭМШ от мощности луча местного генератора	138
4.4.4. Коэффициент усиления гетеродинного преобразования	140
4.4.5. Демодуляция	141
4.4.6. Перестройка частоты и свойства когерентности инжекционных лазерных диодов	141
4.4.7. Когерентное детектирование в волоконно-оптических системах связи	146
Глава 5. Оптические системы (У. Штольцер)	148
5.1. Введение	148
5.2. Основные положения	149
5.2.1. Расходимость излучения	149
5.2.2. Источник света	150
5.2.3. Качество оптических устройств и aberrации	151
5.3. Использование кардановых подвесов при построении приемопередающих устройств	152
5.3.1. Зеркало на кардановом подвесе	152
5.3.2. Телескоп на кардановом подвесе	153
5.3.3. Платформа на кардановом подвесе	154
5.4. Положение и конструкция приемного телескопа	155
5.4.1. Использование общего телескопа	155
5.4.2. Использование двух телескопов	156
5.4.3. Приемные оптические устройства	158
5.4.4. Апертурная диафрагма и связанные с ней проблемы	158
5.5. Лазеры	160
5.5.1. Nd : YAG-лазер	160
5.5.2. CO ₂ -лазер	161
5.5.3. GaAlAs-лазер	161
5.5.4. Устройство объединения лучей для GaAlAs-лазеров	161
5.6. Антенна (телескоп)	163
5.6.1. Параллельность луча	164
5.6.2. Масса зеркала	165

5.7. Внутренние оптические системы приемопередающих устройств	167
5.7.1. Устройство управления лучом	167
5.7.2. Передающая оптическая система	170
5.7.3. Выбор оптических материалов для условий космического излучения	170
5.7.4. Оптический коэффициент пропускания	171
5.7.5. Смещение фокуса при переходе из воздушной среды в вакуум	172
5.7.6. Структуры построения внутренней оптической системы	172
5.8. Анализ оптического передающего устройства	175
5.8.1. Свойства гауссовских лучей	176
5.8.2. Распространение во внешней среде	179
5.8.3. Распространение через внутреннюю оптическую систему	184
5.9. Заключение	187
Глава 6. Системы наведения, захвата и слежения за лазерным излучением (Дж. Лопез, К. Йонг)	188
6.1. Введение	188
6.2. Описание системы	189
6.2.1. Механизм грубого наведения на кардановых подвесах	190
6.2.2. Механизм точного наведения и юстировки	192
6.2.3. Детекторы грубого и точного слежения	192
6.2.4. Блок электронных устройств поиска, захвата и слежения	193
6.2.5. Центральный процессор системы лазерной связи	193
6.3. Методы поиска и захвата	193
6.3.1. Введение	193
6.3.2. Методы сканирования	194
6.3.3. Основные соображения по построению устройств поиска	199
6.3.4. Характерные значения времени начального поиска	200
6.3.5. Установление связи	202
6.4. Система слежения и наведения	203
6.4.1. Введение	203
6.4.2. Основные соображения по построению	205
6.4.3. Наиболее существенные параметры при построении системы	207
6.5. Описание программы моделирования на ЭВМ процессов ПСН в лазерной связи	208
6.6. Заключение	210
Приложение. Краткий обзор принципов построения линий связи радиочастотного диапазона (М. Кинг-мл.)	211
П.1. Введение	211
П.2. Уравнение связи	212
П.2.1. Передающее устройство	214
П.2.2. Канал	216
П.2.3. Приемное устройство	217
П.3. Уравнение связи. Промежуточный результат	218
П.3.1. Требования к отношению спектральных плотностей несущей и шума	218
П.3.2. Требования к вероятности ошибки	218
П.3.3. Способы модуляции	219
П.3.4. Кодирование с исправлением ошибок	222
П.4. Уравнение связи	223
П.5. Заключение	225
Список литературы	227