

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

В.Н. ЛЕГКИЙ, Б.В. ГАЛУН,  
О.В. САНКОВ

# ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Утверждено  
Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебника

НОВОСИБИРСК  
2011

УДК 621.383.9(075.8)  
Л 386

Рецензенты: канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
член-корреспондент РАН *В.Г. Эдвобник*;  
канд. техн. наук, ст. науч. сотр. *В.П. Ющенко*

Работа подготовлена на кафедре  
автономных информационных и управляющих систем

### **Легкий В.Н.**

Л 386 Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения: учебник / В.Н. Легкий, Б.В. Галун, О.В. Санков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 455 с.

ISBN 978-5-7782-1777-5

В учебнике изложены сведения об элементной базе и устройствах, применяемых в оптоэлектронных приборах (приборы ночного видения, тепловизоры, прицелы, дальномеры). Рассмотрены принцип действия и характеристики источников излучения, фотоприемников, электронно-оптических преобразователей изображений видимого и ИК-диапазонов.

Приведены примеры практической реализации оптоэлектронных приборов, решающих задачи визуализации, обнаружения, измерения, управления при наличии помех, дестабилизирующих факторов и жестких габаритно-весовых ограничений.

Учебник предназначен для подготовки бакалавров, магистров и инженеров по направлениям и специальностям: «Управление в технических системах», «Автономные информационные и управляющие системы», «Системы управления средствами поражения», «Оптотехника» для отраслей ОПК – специального машиностроения, оптического и электронного приборостроения.

Приводится информация для студентов III – V курсов факультета летательных аппаратов и других факультетов НГТУ, изучающих дисциплины «Оптоэлектронные элементы специальных систем», «Физические основы специальных измерений», «Схемотехническое проектирование информационных и управляющих систем», «Моделирование автономных информационных и управляющих систем», «Оптоэлектронные автономные информационные и управляющие системы», «Оптоэлектронные методы и системы обработки информации», «Методы обработки сигналов и изображений», «Интегрированные системы летательных аппаратов», «Оптические информационные системы» и другие, а также для дипломного проектирования.

Издание будет полезно специалистам МО РФ, НИИ, КБ, предприятий различных отраслей, проектирующих и применяющих оптоэлектронные приборы и системы оборонного и промышленного назначения.

УДК 621.383.9(075.8)

ISBN 978-5-7782-1777-5

© Легкий В.Н., Галун Б.В.,  
Санков О.В., 2011

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Фотоника – наука о способах генерации и практического использования света и других излучений, квантовой единицей которых является фотон [1]. К фотонным эффектам (взаимодействие фотонов с электронами вещества) относятся: внешний фотоэффект, внутренний фотоэффект, внутризонная фотопроводимость, светоэлектрический эффект и др. На фотонных эффектах основано действие фотонных приемников излучения, в которых падающее излучение поглощается и преобразуется в фотоЭДС или фототок.

Интенсивные исследования и практические разработки в области техники, имеющей дело с физическими эффектами взаимного преобразования электрических и оптических сигналов, ведутся с начала XX века. Сформировался ряд научных направлений и областей оптического приборостроения.

Фотометрия как наука об измерениях интенсивности света стала основой для становления радиометрии, в которой измеряются спектральные характеристики оптического излучения в УФ, видимом и ИК-диапазонах.

Квантовая электроника позволила создать генераторы и усилители оптического излучения.

Иконика – наука о формировании, преобразовании, воспроизведении и обработке изображений (от греческого *eikon* – изображение, образ) [1, 2] стала основой создания электронных систем вещательного и специального телевидения.

Принцип действия иконоскопа – передающей электронно-лучевой трубки – связан с накоплением электрических зарядов на мозаичной фоточувствительной мишени (внешний фотоэффект). Затем появились суперорбитроны. Сейчас наблюдается прогресс ТВ-камер на матричных фотоприемных устройствах (ФПУ).

**Оптоэлектроника** – область физики и техники, также использующая эффекты взаимного преобразования электрических и оптических сигналов (электрон-фотонное или фотон-электронное). В отличие от вакуумной и полупроводниковой электроники здесь присутствует оптическое звено или оптическая (фотонная) связь в цепи формирования, распространения и обработки сигнала, т. е. исследования и разработки ведутся на стыке оптики и электроники. Термин «оптоэлектроника» вошел в употребление в 1960-х годах, когда появились оптроны [1].

Оптоэлектронные элементы и устройства предназначены для выполнения соответствующих операций над оптическими и электрическими сигналами и для обработки изображений в составе приборов и систем.

В зависимости от решаемых задач, сложности конструкции и соотношения объемов обрабатываемой информации в оптическом и электронном трактах можно использовать термины оптико-электронный прибор и оптоэлектронный прибор.

По мнению авторов, условно можно считать оптико-электронным изделие со сложными (например, сканирующими) оптическими системами, содержащее разноспектральные каналы с передачей выходных данных в интегрированную систему обработки – регистрации – отображения информационно-управляющего комплекса самолета, корабля, танка.

В настоящем учебнике рассматриваются элементная база и устройства, выполняющие в приборах и системах основной набор функций на электронном уровне. Поэтому в отношении их используется единое название – «оптоэлектронные».

Оптоэлектронные приборы (ОЭП), как правило, преобразуют оптическое излучение в электрический сигнал с последующей его регистрацией.

**С помощью ОЭП решается ряд военных и научно-технических задач.**

*Обнаружение:* установление в процессе просмотра заданной зоны пространства факта наличия определенного объекта.

*Классификация:* фиксация принадлежности обнаруженного объекта к некоторому достаточно широкому классу, например, к наземной военной технике или к классу летательных аппаратов.

*Распознавание*: установление принадлежности объекта к сравнительно узкому классу (типу), например, объект является танком или автомобилем, самолетом или вертолетом.

*Идентификация*: конкретизация вида (типа) объекта внутри его класса, например определение модели (марки) танка, самолета.

*Измерение*: определение с заданной точностью координат объекта (дальность, высота, углы), радиальной и тангенциальной скорости.

*Сопровождение (слежение)*: многократное выполнение операций распознавания и измерения в динамическом режиме.

*Селекция целей при наличии помех и фоновой поверхности*: обработка всей имеющейся информации о фоноцелевой обстановке. Применяется в совокупности с решением указанных выше задач для обеспечения помехоустойчивости ОЭС, разрешения объектов в составе группы, распределения целей по степени угрозы.

### **В зависимости от назначения ОЭП выполняют функции:**

- обнаружение (датчики объекта, преграды, источники излучения);
- измерение (пеленгаторы, дальнометры, локаторы, радиометры, спектрофотометры, средства контроля состояния радиоактивных, биологических и химических объектов, приборы диагностики заболеваний);
- управление (наведение, сопровождение, подрыв, стыковка);
- визуализация или наблюдение (приборы поиска и разведки, прицелы, регистрация сверхмалых объектов и сверхбыстрых процессов (пикосекунды – наносекунды), физические, астрономические и астрофизические исследования, системы ориентации);
- связь (ВОЛС, атмосферные линии).

**По условиям работы различают** наземные, морские, авиационные и космические ОЭП.

### **ОЭП работают во всех диапазонах** оптического спектра:

- ультрафиолетовом (0,01...0,38 мкм),
- видимом (0,38...0,78 мкм),
- инфракрасном (ближнем 0,78...1,1 мкм, коротковолновом 1,1...2,5 мкм, средневолновом 3,0...5,0 мкм, длинноволновом 8,0...14,0 мкм, дальнем 15,0...1000 мкм).

Оптоэлектронные устройства и приборы систем специального назначения отличаются все большим разнообразием. Наряду с радиоэлектронными средствами они в значительной степени определяют эффективность вооружения и военной техники.

В предлагаемой книге приводятся основные сведения об оптоэлектронных элементах и устройствах. Даются рекомендации по выбору режимов работы с учетом высоких требований к надежности специальных систем в условиях воздействия помех, климатических, механических и других дестабилизирующих факторов.

Авторы выражают признательность профессору В.К. Макухе за ценные замечания и рекомендации по тексту учебника.