IQRO JURNALI / 2023
GUVOHNOMA № 060680

E-ISSN : 2181-4341
https://wordlyknowledge.uz
IMPACT FACTOR(SJIF) : 3,934

VOLUME 6, ISSUE 1, 2023

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПТРОНА ОТКРЫТЫТОГО КАНАЛА

И.А. Сатволдиев

ТИТУ ФФ, Фергана

Аннотация

В данной статье описаны перспективы оптоэлектронного приборостроения, материалы полупроводникового лазера, принципы действия, а также режим работы лазерного диода.

Ключевые слова

Индий – фосфор – мышьяк, лазерные терапевтические аппараты, лазерный диод, фоторезисторы, фототранзисторы, фотодиоды, фототиристоры, АФН – приемники.

Abstract

This article describes the prospects for optoelectronic instrumentation, materials of a semiconductor laser, principles of operation, as well as the operating mode of a laser diode.

Key words

Indium - phosphorus - arsenic, laser therapeutic devices, laser diode, photoresistors, phototransistors, photodiodes, photothyristors, AFS - receivers.

Оптрон открытого канала, оптронная интегральная микросхема - эти понятия с каждым годом становятся известными все более широким кругам специалистов в области радио и оптоэлектроники. Развитие оптронной техники уверенно вступило в стадию массового промышленного производства. Оптроны закрытого канала все чаще находят применение в электронной аппаратуре.

Оптронами называют оптоэлектронные приборы, в которых имеются источник и приемник оптического излучения (ПОИ) (излучатель и ПОИ) с тем или иным видом оптической и электрической связи между ними, конструктивно связанные друг с другом.

Принцип действия оптронов любого вида основан на следующем. В излучателе энергия электрического сигнала преобразуется в световую, в фотоприемнике, наоборот, световой сигнал вызывает электрический отклик.

В настоящее время за рубежом серийно выпускаются десятки марок полупроводниковых лазеров. Например, американский фирмой “AT&T Bell Laboratories” выпускаются серийные лазерные диоды (ЛД), так называемые «рассеченный лазер со связанными резонаторами» (cleaved – coupled – cavity laser) или по буквам английского названия «C^3 - лазер» [1,2].

Используемые в полупроводниковом лазере полупрозрачные зеркала – это современная модификация оптического прибора, изобретенного в 1896 г. Французскими ученными Ш.Фабри и А.Перо. Поэтому ограничения, которые относятся к этому прибору (интерферометр Фабри - Перо) также относятся к лазеру.

VOLUME 6, ISSUE 1, 2023

Материалом для полупроводникового лазера служит четвертная система индий – фосфор – мышьяк.

В области *p-n*-перехода исчезнет одновременное вырождение электронов и дырок, а, следовательно, и инверсия населенностей. Для того, чтобы снова создать инверсию населенностей в *p-n*-переходе, нужно приложить к переходу электрическое напряжение U, как показано на рис. 1.

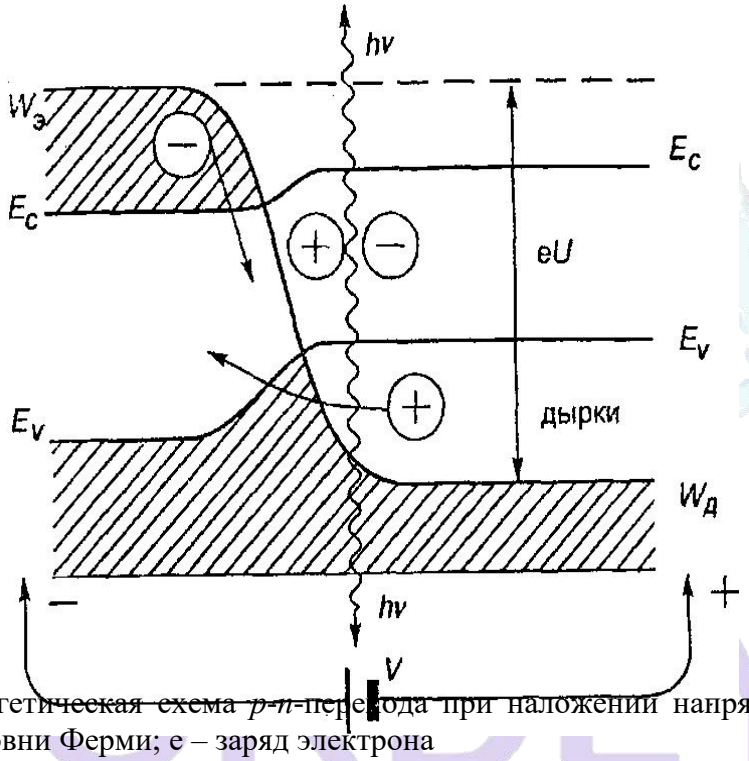


Рис. 1. Энергетическая схема *p-n*-перехода при наложении напряжения U: $W_Э$ и $W_Д$ – уровни Ферми; e – заряд электрона

При этом через *p-n*-переход потечет электрический ток, состоящий из двух компонентов: электронов и дырок, двигающихся навстречу друг другу. Эти два потока частиц встречаются в тонком слое перехода и рекомбинируют, излучая свет. Это означает, что число вынужденно испущенных фотонов будет превышать число фотонов поглощенных.

Лучшие результаты дает лазерный *p-n*-переход в GaAs. Он может излучать до 10 Вт когерентного света с очень малой площади (толщина излучаемого слоя

p-n-перехода – 2 мкм, а длина излучающей части 1 мкм). Мощность, снимаемая с 1 $см^2$, может достигать до 100 кВт. Существенно, что такие мощности удается получить в

непрерывном режиме, т. е. при питании полупроводниковых лазеров постоянным током.

В спонтанных процессах носитель заряда при переходе из одной энергетической зоны в другую поглощает или испускает фотон. Энергия этого фотона определяется ΔE – шириной запрещенной зоны полупроводника [3,4]. В соответствии с квантовой теорией возбужденный электрон, инжектированный в базовую область, рекомбинируя с дыркой, и спускает квант энергии излучения. При этом максимальная энергия, которая может выделиться при рекомбинации, равна ширине запрещенной зоны данного полупроводника:

$$\Delta E = h\nu$$

где *h* – постоянная Планка; ν – частота колебаний электромагнитной энергии Основные параметры инжекционных лазеров приведены в табл. 1.

Длина волны (λ) фотона определяется его энергией. Поэтому для получения нужной λ, надо выбрать конкретный полупроводниковый материал.

В ближайшие годы на базе уже имеющихся излучателей будет созданы и апробированы новые лазерные терапевтические аппараты на следующих длинах волн: λ(фиолетовый) = 308 нм, λ(зеленый) = 532-538 нм, λ = 570 нм, λ = 780 нм, λ = 890 нм, λ = 1,26-1,28 нм.

Таблица-1

WORDLY KNOWLEDGE

VOLUME 6, ISSUE 1, 2023

№№ п/п	Тип полупроводников	Рабочая температура, °С	Длина волны излучения, нм	Цвет излучения
1	ZnS	80	330,0	ультрафиолетовый
2	ZnSe	80	453,0	фиолетовый
3	CdS	4–300	485,0–796,0	зеленый
4	CdSe	80	610,0	оранжевый
5	CdSe	80	695,0	красный
6	GaTe	4–80	790,0–796,0	красный
7	GaPAs	80–300	830,0–536,0	темно-красный
8	GaAs	4–300	820,0–900,0	инфракрасный
9	GaSb	20	1 530,0	инфракрасный
10	InAs	20	3 008,0	инфракрасный
11	InSb	20	4 995,0	инфракрасный
12	Te	20	3 844,0	инфракрасный
13	PbS	4	4 270,0	инфракрасный
14	PbTe	4	6 410,0	инфракрасный
15	PbSe	4	8 550,0	инфракрасный

Современное оптоэлектронное устройство состоит из трех основных элементов: а) излучателя (лампа накаливания, светоизлучающий диод (СИД), лазерный диод и т. д.); б) различных линз (линза в виде полушара, шарообразные, цилиндрические линзы и т. п.); в) приемников оптического излучения (ПОИ) (фоторезисторы, фототранзисторы, фотодиоды, фототиристоры, АФН – приемники и п.).

Основными фотоприемниками для оптронов являются кремниевые приборы с р-п{р-i-«)-структурами, применительно к которым и ведутся физические и конструкторско-технологические исследования.

При конструировании оптронов исследования концентрируются в следующих направлениях:

- Анализ распространения излучения в оптически неоднородных средах;
- Высокие диэлектрические характеристики;
- Хорошая адгезия к полупроводникам излучателя и фотоприемника;

Решение проблемы согласования элементов оптронов (излучатель, приемник, спектральным, электрическим, оптическая среда) по характеристикам;

Эксплуатационным, надежностным характеристикам и технологическим показателям;

Разработка и промышленное освоение микроминиатюрных конструкций оптронов, пригодных для механизации и автоматизации сборочных процессов.Применение

VOLUME 6, ISSUE 1, 2023

современных лазерных диодов для создания оптрона открытого канала обладает следующими качествами:

1. Относительно направленным угловым распределением излучения (угол при вершине конуса пучка света, выходящего из активной области ЛД, может составлять $10 \div 30^0$), определяемым модовой структурной пучка света на выходе из резонатора в диоде.

2. Относительно малым временем отклика при модуляции (0.01÷1 нс), обусловленным сильным взаимодействием света и носителей в процессе стимулированной рекомбинации.

3. Нелинейностью соотношения между рабочим током и излучением на выходе, если сила рабочего тока не достигает своего порогового значения, необходимого для возникновения стимулированного излучения.

4. Узким спектром излучения (0.2÷2 нм для лазера многоводного и менее 0.01 нм для одномодового).

Полупроводниковый лазер – это следующий этап развития оптоэлектроники, и его эксплуатационные характеристики и скрытые в нем возможности могут оказаться весьма полезными во многих областях науки и техники.

Литературы

1. Рахимов, Н.Р. АФН-пленки и их применение / Н.Р. Рахимов, А.Н. Серьѐзнов: монография. – Новосибирск: СибНИА, 2005. – 64с.
2. Рахимов Н.Р. Оптоэлектронные датчики на основе АФН-эффекта / Н.Р. Рахимов, О.К. Ушаков. - Новосибирск: СГГА, 2009 – 148с.
3. Ларюшин, А.И. Оптоэлектроника в промышленности и в медицине / А.И. Ларюшин. – Казань: 1997 – 320 с.
4. Курбатов, Л.Н. Оптоэлектроника видимого и инфракрасного диапазонов спектра / Л.Н. Курбатов. – М.: Изд-во МФТИ, 1999. – 320 с.
5. Рахимов, Н. Р., Жмудь, В. А., Трушин, В. А., Рева, И. Л., & Сатволдиев, И. А. (2015). Оптоэлектронные методы измерения и контроля технологических параметров нефти и нефтепродуктов. *Автоматика и программная инженерия*, (2 (12)), 85-108.
6. Рахимов, Н. Р., Ларина, Т. В., & Сатволдиев, И. А. (2012). Расчет основных параметров приемников оптического излучения для создания оптрона открытого канала. *Интерэкспо ГЕО-Сибирь*, *1*(5), 134-139.
7. Рахимов, Н. Р., & Сатволдиев, И. А. (2010). Применение современных лазерных диодов для создания оптрона открытого канала. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, *5*(1), 67-70.