**Расчетно-графическая работа**

**по предмету: Квантовая электроника**

**Задание №3**

**Лазерные фототелеграфные устройства**

В соответствии с ГОСТ 12922 – 77 каждому типу факсимильной аппаратуры присваивается условное буквенно-цифровое обозначение, которым зашифрованы назначение и класс аппарата. По своему назначению факсимильвая аппаратура предназначается для: 1) передачи и приема изображений газетных полос; 2) передачи и приема фотографических материалов; 3) передачи и приема метеорологических карт; 4) передачи и приема текстовых в графических материалов; 5) переприема в промежуточном пункте факсимильной информации, представленной в цифровой форме. Буквой Д обозначается передающая, буквой П – приемная, буквой С – приемопередающая аппаратура. Деление на передающую и приемную аппаратуру производится по конструктивному признаку: передатчик и приемник выполняются независимо друг от друга, хотя по своему назначению и параметрам они идентичны. По способу сокращения избыточности и времени передачи факсимильные аппараты делятся на три группы:

1) без сокращения избыточности и с передачей по каналу несущей частоты и двух боковых полос модулированного сигнала;

2) без сокращения избыточности и со сжатием спектра частот модулированного сигнала (частичное ограничение одной из боковых полос);

3) с сокращением избыточности изображения и одновременным сжатием полосы передаваемых по каналу частот.

В зависимости от цветности оригинала и копии аппараты предназначаются для: 1) передачи и приема черно-белых изображений; 2) передачи цветных изображений и приема их в виде черно-белых цветоделенных изображений; 3) передачи и приема цветных изображений. Условное обозначение факсимильного аппарата включает в себя букву Ф и далее – номер типа, букву, обозначающую передающий, приемный или приемопередающий аппарат, номер группы сокращения избыточности м номер группы цветности. Так, например, факсимильный аппарат ФЗП2I представляет собой устройство, предназначенное для приема метеокарт, без сокращения избыточности и со сжатием линейного спектра, с черно-белой записью копии. Как правило, кроме буквенно-цифрового обозначения ГОСТ факсимильным аппаратам, выпускаемым в нашей стране, присваивается также наименование в виде какого-либо слова.

В целях унификации и стандартизации факсимильной аппаратуры, работающей по проводным в радиоканалам, а также по каналам передачи данных, МККТТ разделяет ее на четыре группы (табл. 6.1), в первую очередь в зависимости от времени передачи документа формата А4 (страница машинописного текста): группа I – 4 – 6 мин; группа II – 2 - 3 мин; группы III и IV – 1 мин и менее.

Таблица 6.1 [1, стр.214]

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Группа |
| I | II | III | IV |
| Время передачи страницы формата А4, мин | 4 – 6 | 2 – 3 | 1 и менее |
| Способ модуляции факсимильного сигнала | ЧМ | АМ, ФМ | Цифровой |
| Канал | ТЧ | ТЧ | ТЧ | ПД |
| Разрешающая способность по вертикали, лин/мм | 3,85 | 3,85 | 3,85; 7,7; 2,57 |
| Сокращение избыточности | Нет | Нет | Есть (код МКХ и др.) | Есть |

В факсимильных аппаратах первой группы предусматривается передача модулированного сигнала с двумя боковыми полосами частот при частотной модуляции. Допускается передача с пониженной разрешающей способностью. В аппаратах этой группы используются простые технические решения: совмещение передатчика и приемника; барабанная развертка; контактная запись на простую бумагу и ряд других. Зарубежными фирмами разработаны аппараты, производящие ксерографическую запись изображения с помощью гелий-неонового лазера с разрешающей способностью 3,8 лин/мм. Применяются также электротермическая запись на специальную бумагу и бесконтактная запись чернильной струей на обыкновенную рулонную бумагу.

В факсимильных аппаратах второй группы для уменьшения времени передачи используются методы трехуровневой амплитудной разовой модуляции с частично подавленной одной боковой полосой. Разработан и выпускается настольный факсимильный аппарат, позволяющий передавать за 2 мин тексты и графические изображения, выполненные на формате А4. В нем используется волокенная оптика, а масса аппарата – всего 8 кг. Аппараты третьей и четвертой групп, как правило, используют кодирование факсимильного сигнала с целью уменьшения его избы- точности. При приеме используется электрофотографическая или электрографическая запись, а также термозапись, Аппараты четвертой группы предназначены для передачи факсимильных сообщений по каналам передачи данных.

Ниже приводятся краткие характеристики наиболее распространенных факсимильных аппаратов.

Аппарат Ф4СII «Штрих – М» предназначен для передачи любой текстовой и графической информации: рукописных и машинописных текстов, графиков, чертежей, таблиц и др. Аппарат является приемопередающим, т. е. может поочередно вести передачу и прием изображений. Оригиналом может являться черно-белое или цветное изображение; копия выполняется черными чернилами на белой бумаге независимо от цветности оригинала. Размер бланка составляет 210х297 мм. Полутоновые изображения аппарат «Штрих-М» не воспроизводит.

В качестве канала связи используются кабельные пары городской или учрежденческой телефонной сети, а также стандартные каналы ТЧ многоканальных систем передачи. Аппарат может работать не только по закрепленным, но и по коммутируемым каналам. Так, в частности, предусмотрена возможность параллельного подключения аппарата «Штрих-М» к телефонному аппарату АТС для передачи и приема изображений непосредственно абонентами телефонной сети.

Аппарат имеет две стандартные скорости передачи: 120 строк/мин для работы по каналам ТЧ и 240 строк/мин для передачи по кабельным парам ГТС. Факсимильные сигналы передаются методом частотной модуляции со следующими параметрами: при скорости 120 строк/мин несущая fо = 1,9 кГц, частота белого fб = 1,5 кГц, частота черного fч = 2,3 кГц, девиация частоты f = ± 0,4 кГц; при скорости 240 строк/мин fо = 2,7 кГц, fб = 2,3 кГц, fч = 3,1 кГц, f = 0,4 кГц.

Максимальное затухание между передатчиком и приемником не должно превышать 30 дБ. Время передачи полного бланка составляет 9 мин при скорости 120 строк/мин и 4,5 мин при скорости 240 строк/мин.

Расчетная величина разрешающей способности равна 3,8 лин/мм, что вполне достаточно для хорошего воспроизведения штриховых изображений. Однако в аппарате предусмотрена возможность раздельной передачи и записи и более тонких линий, чем это определяется величиной разрешающей способности. Линии, толщина которых не менее 0,1 мм, анализируются развертывающим устройством и записываются на копии штрихами толщиной 0,25 мм. В аппарате «Штрих-М» предусмотрена дискретизация видеосигнала, т.е. преобразование многоуровневого сигнала в двухуровневый с уровнями черного и белого. Это улучшает условия передачи тонких линий, повышает контраст копии по сравнению с оригиналом.

В аппарате «Штрих-М» применен барабанный способ развертки, причем один барабан служит и для передачи, и для приема. Оптико-электрическое преобразование осуществляется умножителем ФЭУ-26, имеющим семь ступеней умножения, и оптической системой с выделением элементарной площадки на оптическом изображении оригинала. Запись изображения производится открытым способом с помощью чернильного пишущего устройства.

В аппарате «Штрих-М» используется один из двух возможных способов синхронизации – сетевой или автономный. Соответственно выпускаются две модификации аппарата: одна для работы в пределах одной энергосистемы, другая – для работы аппаратов, имеющих независимые источники энергоснабжения. В режиме сетевой сиихронизации синхронный двигатель аппарата питается напряжением частотой 400 Гц, получаемой путем умножения частоты напряжения промышленного тока (50 Гц). В режиме автономной синхронизации синхронное напряжение частотой 400 Гц получают в приставке автономной синхронизации (ПАС), где происходит деление частоты колебаний 1 МГц, вырабатываемых высокостабильным кварцевым генератором, до значения 400 Гц (общий коэффициент деления равен 2500). В остальном обе модификации аппарата не отличаются друг от друга.

Фазирование передающего и принимающего аппаратов производится автоматически за время 5 или 10с в зависимости от выбранной скорости передачи. Управление подстройкой фазы принимающего аппарата осуществляют фазовые импульсы, вырабатываемые передающим аппаратом. Предусмотрены две ступени фазирования – грубая и плавная. Точность фазирования выбрана такой, чтобы фазовая расстройка после окончания фазирования не превышала ± 2 мм на длине строки. Имеется также схема защиты принимаемых фазовых импульсов от воздействия помех. Переход в режим передачи изображения после установления синфазности, а также остановка аппаратов по окончании передачи происходят автоматически.

Ряд удачных конструктивных решений, широкое применение дискретных логических элементов, простота обслуживания, высокая надежность – все эти факторы обусловливают широкое применение аппаратуры «Штрих-М» на сетях документальной электросвязи. Однако чернильный способ записи, который применяется в аппаратуре, имеет определенные неудобства в эксплуатации, главным образом по причине высыхания чернил в капиллярах пишущего устройства. Поэтому в настоящее время выпускается аппаратура «Штрих» с записью изображения на термочувствительную бумагу.

Аппаратура «Паллада» предназначается для высококачественной передачи полутоновых изображений, используемых средствами массовой информации (периодическая печать, телевидение), а также для приема метеорологических фотографий с искусственных спутников Земли, В состав аппаратуры входят конструктивно независимые передатчик Ф2Д12 и приемник Ф2П12. В аппаратуре «Паллада» применены: барабанный способ развертки на передаче и приеме; фотографический способ записи принятых изображений; автономная синхронизация устройств развертки; полная автоматизация всех процессов приема (перезарядки фотобумаги, пуска и фазирования, приема изображения, фотохимической обработки и сушки полученной копии).

Аппараты «Паллада» могут работать совместно с факсимильными аппаратами других типов, имеющими стандартные скорости передачи и модуль взаимодействия, равный 352. Размер передаваемого бланка 220Х300мм.

Передача изображений производится по стандартным каналам ТЧ, а также коротковолновым радиоканалам; в приемнике, кроме того, предусмотрена возможность использования нестандартного канала связи метеорологического спутника. Скорости передачи 60, 120 или 240 строк/мин, для метеоинформации 48 строк/мин. При работе по каналу ТЧ применяется амплитудная модуляция несущей частоты 1,9 или 2,8 кГц, при использовании радиоканала – частотная модуляция с частотой белого поля 1,5 кГц, черного поля 2,3 кГц, девиация частоты ± 0,4 кГц.

Аппаратура «Паллада» позволяет получать копию в виде негатива или позитива. Переключение режимов осуществляется оператором либо в передающем, либо в приемном аппарате. Установка вида модуляции, скорости и режима записи производится операторами по договоренности.

Разрешающая способность, обеспечиваемая аппаратурой «Паллада», зависит от скорости передачи и способа модуляции. При скоростях 60 и 120 строк/мин и амплитудной модуляции она равна 6 лин/мм, а при тех же скоростях и частотной модуляции – 5 лин/мм. Увеличение скорости до 240 строк/мин снижает разрешающую способность до 4 лин/мм. Шаг развертки составляет 0,2 или 0,265 мм в зависимости от скорости передачи. Аппаратура позволяет воспроизвести на копии не менее 12 градаций оптической плотности при передаче 15-градационного полутонового клина с оптическими плотностями от 0,05 до 1,5. Таким образом, качественные характеристики аппарата «Паллада» обеспечивают отличное воспроизведение любых полутоновых и двухградационных изображений.

Способ развертки – барабанный, однако конструктивное выполнение устройств развертки позволяет в максимальной степени автоматизировать обслуживание аппаратов. Так, оригинал закрепляется на передающем аппарате с помощью прозрачной лавсановой пленки, что сокращает время зарядки по сравнению с ранее применявшимися способами закрепления оригинала на барабане. Перезарядка фотобумаги на приемный барабан вообще не требует участия оператора. Это достигается путем применения специальной рулонной фотобумаги. Смена фотобумаги по окончании записи очередного бланка производится по фиксированной программе и заключается в: освобождении записанного бланка с приемного барабана и транспортировке бланка в проявочное устройство; подаче фотобумаги из рулона на барабан; отрезании подаваемой на барабан фотобумаги 220 мм; закреплении бланка на барабане с помощью прозрачной пленки; возвращении записывающей каретки в исходное положение. После выполнения перечисленных операций приемный аппарат готов к записи очередного бланка.

Фотохимическая обработка принятого бланка в проявочном устройстве также производится автоматически. Бланк захватывается вращающимися валиками и протягивается через две ванны с растворами активатора и стабилизатора, в результате чего изображение проявляется и фиксируется. Общее время фотохимической обработки бланка составляет 60 с. Сушить обработанный бланк не нужно, так как в аппаратуре «Паллада» применяется специальная бумага БС (бьтстросохнущая), подложка которой не впитывает влаги. Запас бумаги в рулоне (50 м) достаточен для непрерывной работы в течение нескольких десятков часов.

Синхронизация и фазирование аппаратов «Паллада» принципиально не отличаются от ранее рассмотренных. Наряду с автоматическим предусмотрен режим ручного фазирования, что позволяет при необходимости осуществить связь с факсимильными аппаратами старых образцов.

Комплекс факсимильной аппаратуры Ф1Д21 и Ф1П2I «Газета-2» предназначен для передачи по каналам многоканальных систем передачи изображений газетных полос центральных изданий в пункты децентрализованной печати части тиража. Для сокращения времени передачи газет передающая и приемная аппаратура устанавливается непосредственно в типографиях. Чисто условно все оборудование, входящее в состав комплекса, можно разделить на оконечное и канальное. По сравнению с обычной факсимильной связью передача газетных полос имеет следующие особенности:

1. По количеству передаваемой информации и площади бланка газетная полоса существенно превышает стандартные фототелеграммы. К тому же время, отводимое на передачу четырех, шести или более полос газеты жестко лимитировано.
2. Растрирование изображений газетной полосы, необходимо по условиям полиграфического процесса, требует в несколько раз большей разрешающей способности, чем в обычных факсимильных аппаратах.
3. Ввиду больших размеров передаваемых газетных полос точность синхронизации и фазирования задается более высокой.

Аппаратура «Газета-2» рассчитана на передачу стандартных газетных полос, имеющих размеры 630х430 мм с полезным полем изображения (без учета полей) 558х392 мм. Оригиналом является качественный оттиск газетной полосы на белой бумаге, полученный в центральной типографии. Копия должна быть воспроизведена негативом на фотопленке, чтобы иметь возможность отретушировать принятое изображение. Следовательно, запись изображения ведется фотографическим способом, обеспечивающим к тому же высокую разрешающую способность. Максимальная оптическая плотность черного поля должна составлять 2,5, а белого поля — не более 0,2.

В аппаратуре «Газета-2» применяется круговая развертка изображения. Имеются две фиксированные скорости передачи: 3000 и 2400 строк/мин. Плотность развертки равна 15,5 или 24,5 строк/мм, что соответствует шагу развертки 0,07 или 0,04 мм. Время передачи определяется выбранными значениями скорости и плотности развертки. Минимальное время передачи полосы при скорости 3000 строк/мин и плотности 15,5 строк/мм составляет 2,12 мин.

Разрешающая способность по горизонтали обеспечивает раздельное воспроизведение на копии штрихов толщиной не менее 0,07 мм, разделенных белым промежутком 0,15 мм, а также точек растра полутоновых участков полосы, имеющих диаметр не менее 0,1 мм. Разрешающая способность по вертикали и горизонтали примерно одинакова.

Оптическая система передающего аппарата построена по принципу автоколлиматорной трубы. Оптическое изображение элементарной площадки строится в плоскости диафрагмы, расположенной непосредственно перед фотоэлектронным умножителем ФЭУ-84-5, имеющим 12 каскадов умножения. Далее многоуровневый видеосигнал преобразуется в двухуровневый. Одновременно удлиняются короткие импульсы видеосагнала, что позволяет несколько снизить исходный спектр сигналов изображения. В аппаратуре «Газета-2» используется амплитудная модуляция.

В приемном устройстве производится обработка принимаемых АМ сигналов – усиление, фильтрация, синхронное детектирование. Записывающим элементом является модуляторная лампа с дуговым разрядом ДРГМ-70, световой поток которой через оптическую систему проектируется на поверхность фотопленки. Устройство развертки построено так же, как и в передающем аппарате.

В аппарате «Газета-2» применена раздельная синхронизация оптических головок передатчика и приемника по строкам и по кадрам. Скорости вращения головок обусловлены частотой кварцевых генераторов с собственной частотой 100 кГц и нестабильностью ± 2·10-7 с последующим делением частоты. В отличие от других факсимильных аппаратов, здесь имеется система регулирования мгновенной скорости перемещения светового пятна, практически исключающая случайные фазовые рассогласования. Перемещение оптических головок вдоль оси своего вращения (переход от строки к строке) производится специальными двигателями, получающими электропитание от камертонного генератора с частотой 1200 гц. Первоначальное фазирование систем развертки осуществляется автоматически по фазовым импульсам передающего аппарата.

Аппаратура «Газета-2» имеет развитую систему автоматического управления, контроля и телесигнализации.

**ЦИФРОВАЯ ФАКСИМИЛЬНАЯ АППАРАТУРА**

**Общие положения**

Последнее десятилетие характеризуется интенсивным развитием цифровых способов передачи информации, так как они обладают следующими существенными преимуществами перед аналоговыми: возможностью регенерации сигнала на промежуточных пунктах или при перезаписи (при этом помехи не накапливаются и практически не влияют на сигнал, пока они не превышают некоторой величины); сокращением времени передачи путем использования статистического кодирования сигнала; универсальностью способа передачи, позволяющей передавать факсимильную информацию наряду с другими видами сообщений по единой цифровой системе связи; возможностью обработки цифровых изображений с помощью микропроцессоров.

Для представления изображений в цифровой форме необходимо осуществить дискретизацию сигнала по времени и по уровню. Дискретизация сигнала по времени производится путем стробирования аналогового сигнала через равные промежутки времени. Частота стробирования определяется требуемой разрешающей способностью по строке. В факсимильных аппаратах третьей группы частота стробирования выбирается такой, чтобы получить разрешающую способность восемь элементов на миллиметр, что для формата А4 соответствует 1728 элементам на строку.

Дискретизация (квантование) сигнала по уровню для передачи двухградационных (графических) изображений осуществляется просто, поскольку сигнал в принципе является двухуровневым. Для этого используется простейшее формирующее устройство, например, триггер. Если цифровой передаче подвергается полутоновое изображение, то сигнал квантуется по 64, 128 или 256 фиксированным уровням яркости.

Полученное в результате дискретизации факсимильное сообщение, как, впрочем, и аналоговый факсимильный сигнал, обладает большой избыточностью.

С прикладной точки зрения эту избыточность нетрудно оценить следующим образом. Предположим, что передается страница машинописного текста, содержащая 1800 знаков (30 строк по 60 знаков в строке). После ее кодирования, например кодом МТК-5, дискретное сообщение будет состоять примерно из 13 000 двоичных элементов, для передачи такого сообщения со скоростью 100 бит/с понадобится чуть более 2 мин. После дискретизацми для факсимильной передачи с разрешающей способностью по горизонтали (строке) 8 лин/мм и по вертикали 7,7 лин/мм дискретное сообщение будет содержать около 3,5 млн. двоичных элементов, т е. примерно в 250 раз больше, чем телеграфное. Время его передачи даже по каналу со скоростью 2400 бит/с составит более 20 мин. Дополнительная же информация, которая в нем содержится, практически исчерпывается характерными особенностями шрифта пишущей машинки, с помощью которой напечатано сообщение.

При меньшей разрешающей способности избыточность будет несколько ниже, но и качество воспроизведения машинописного текста существенно ухудшится.

Для текста избыточность факсимильного сообщения редко не превышает двух порядков. С целью сокращения избыточности дискретизированный факсимильный сигнал подвергается кодированию, в результате которого избыточность дискретного факсимильного сообщения сокращается от 5 до 15 раз. Естественно, что во столько же раз сокращается время его передачи по каналу связи.

**Задание №2.**

**Аргоновый лазер**

Упрощенная схема участвующих в генерации уровней энергии в аргоновом лазере приведена на рис.1 [3, стр.354]. Основное состояние иона Аr+ получается

Рис.1. Уровни энергии иона Аr+, соучаствующие в лазерной генерации.

путем удаления одного из шести 3р-электронов внешней оболочки аргона. Возбужденные состояния 4s и 4р возникают, когда один из оставшихся 3р-электронов забрасывается на уровни соответственно 4s и 4p. С учетом взаимодействия с остальными 3р-электронами оба уровня 4s и 4р, обозначенные на рис.1 как простые уровни, на самом деле состоят из нескольких уровней (соответственно 9 и 2). Возбуждение верхнего лазерного 4р-уровня происходит посредством двухступенчатого процесса, включающего в себя столкновения с двумя различными электронами. При первом столкновении аргон ионизируется, т.е. переходит в основное состояние иона Аr Находящийся в основном состоянии ион Аr+ испытывает второе столкновение с электроном, что может привести к следующим трем различным процессам: 1) непосред­ственное возбуждение иона Аr+ на 4р-уровень (процесс а на рис.1); 2) возбуждение в более высоко лежащие состояния с последующими каскадными излучательными переходами на уровень 4р (процесс b на рис.1); 3) возбуждение на метастабильные уровни с последующим третьим столкновением с электроном, приводящим к возбуждению на 4р-уровень (процесс с на рис.1). Поскольку процессы 1 и 2 включают в себя два этапа, связанных с столкновениями с электронами, следует ожидать, что скорость накачки в верхнее состояние будет пропорциональна квадрату плотности тока разряда. Действительно, скорость накачки верхнего состояния (dN2/dt)p должна иметь вид

(dN2/dt)p~NeNt~N2e, [3, стр.355]

где Ne и Nt – плотности электронов и ионов в плазме (Ne ≈ Ni в плазме положительного столба). Так как электрическое поле в разряде не зависит от разрядного тока, плотность электро­нов Ne пропорциональна плотности разрядного тока и из предыдущего выражения следует, что (dN2/dt)p ~ J2. Мож­но показать, что при высоких плотностях тока рассмотренный выше процесс 3 также приводит к тому, что скорость накачки пропорциональна J2. Таким образом, накачка резко возрастает с увеличением плотности тока и для того, чтобы рассмотренный выше малоэффективный двухступенчатый процесс позволил закачать достаточно ионов в верхнее состояние, необходимы высокие плотности тока (~ 1 кА/см2). Этим можно объяснить, почему первый запуск Аr+-лазера произошел спустя около 3-х лет после запуска Не-Ne-лазера. Ион Аr+, будучи заброшен на верхний лазерный уровень 4р, может релаксировать на уровень 4s посредством быстрой (~ 10-8 с) излучательной релаксации. Однако следует заметить, что релаксация из нижнего лазерного 4s-уровня в основное состояние Аr+ происходит за время, которое примерно в 10 раз короче. Таким образом, условие непрерывной генерации выполняется.

Из сказанного выше следует, что генерацию в аргоновом лазере следует ожидать на переходе 4p→4s. Так как оба уровня 4s и 4р на самом деле состоят из многих подуровней, аргоновый лазер может генерировать на многих линиях, среди которых наиболее интенсивными являются зеленая (λ = 514,5 нм) и синяя (λ = 488 нм). Из измерений спектра спонтанного излуче­ния было найдено, что доплеровская ширина линии Δυ\*0, например зеленого перехода, составляет около 3500 МГц. Это означает, что температура ионов, определяемая в соответствии с выражением (2.78), равна Т≈ 3000 К. Иными словами, ионы являются очень горячими благодаря их ускорению в электрическом поле разряда. Относительно широкая доплеровская ширина линии также приводит к тому, что в режиме синхронизации мод в аргоновом лазере наблюдаются сравнительно короткие импульсы (~ 150 пс).

На рис.2 приведена схема устройства современного мощного (≥1 Вт) аргонового лазера. Заметим, что как плазменный ток, так и лазерный пучок ограничиваются металлическими (вольфрамовыми) дисками, помещенными в керамическую (ВеО) трубку большего диаметра. Использование такой теплопроводной и изолирующей металлокерамической комбинации необходимо для того, чтобы обеспечить хорошую теплопроводность трубки и в то же время ослабить проблемы, связанные с эрозией вследствие высокой температуры ионов. Диаметр центральных отверстий в дисках делается небольшим (~ 2 мм),

Рис.2. Схематическое изображение мощной аргоновой лазерной трубки с водяным охлаждением. [3, стр.356]

чтобы сосредоточить генерацию в ТЕМ00-моде (для резонатора обычно применяются вогнутые зеркала с большим радиусом кривизны) и чтобы уменьшить необходимое значение полного тока. В аргоновых лазерах приходится решать проблему катафореза атомов аргона. В самом деле, вследствие высокой плотности тока наблюдается значительная миграция ионов Аr+ в сторону катода. Вблизи катода ионы нейтрализуются электро­нами, эмиттированными с поверхности электрода, инейтральные атомы стремятся скапливаться в прикатодной области. Для преодоления этой трудности в дисках делают дополнительные смещенные от центра отверстия, чтобы обеспечить за счет диффузии путь для возвращения атомов от катода к аноду. Отверстия проделываются таким образом, чтобы через возвратные отверстия не шел ток за счет того, что длина образующихся путей больше, чем длина пути через центральные отверстия. Внутрен­няя керамическая трубка охлаждается водой для отвода боль­шого количества тепла, которое неизбежно выделяется в трубке (несколько кВт/м). Заметим также, что в области разряда параллельно оси к трубке прикладывается постоянное магнитное поле. В такой конфигурации сила Лоренца уменьшает скорость диффузии электронов к стенкам. В результате этого число свободных электронов в центре трубки увеличивается и, следовательно, возрастает скорость накачки. Это позволяет объяснить наблюдаемое увеличение выходной мощности в случае, когда прикладывается внешнее магнитное поле. Удерживая разряд вблизи оси трубки, магнитное поле также уменьшает разруше­ние стенок. Заметим, что в мощных лазерах (≥ 1 Вт) зеркала монтируются снаружи трубки, чтобы ослабить деградацию зер­кального покрытия под воздействием вакуумного УФ-излучения, испускаемого плазмой. У маломощных лазеров (< 1 Вт) трубка обычно изготавливается из керамического (ВеО) блока, в котором для разряда просверливается центральное отверстие. В этом случае магнитное поле отсутствует, трубка охлаждается воздухом, а зеркала, как и в Не—Ne-лазере, впаиваются в концы трубки.

Промышленностью изготавливаются аргоновые лазеры с водяным охлаждением мощностью 1—20 Вт, генерирующие на синем и зеленом переходах одновременно или только на одной линии при использовании конфигурации. Также выпускаются маломощные (<1 Вт) аргоновые лазеры с воздушным охлаждением. В обоих случаях выходная мощность над порогом резко увеличивается с ростом плотности тока (~ J2), так как в аргоновом лазере, в противоположность тому, что происходит в Не—Ne-лазере, нет процессов, приводящих к насыщению инверсии. Однако КПД лазера очень мал (< 10-3), поскольку мала квантовая эффективность (~ 7,5 %; см. рис.1) и возбуждение электронным ударом происходит на множестве уровней, которые не связаны эффективным образом с верхним лазерным уровнем. Аргоновые лазеры широко используются для накачки непрерывных лазеров на красителях, для множества научных применений (взаимодействие излучения с веществом), в лазерных принтерах, в лазерной хирургии и в техническом оснащении развлекательных программ.

В заключение данного раздела упомянем Кr+-лазер, который получил наиболее широкое распространение среди множества остальных ионных лазеров. Он также генерирует на многих длинах волн, среди которых наиболее интенсивной является красная (647,1 нм).

**Задача № 8**

Оценить величины Δυg, Δυm, Δυn при λ=1 мкм, l=1 м, 2а=1 см, m=n=0 (ТЕМ00-?), m=n=1 (ТЕМ11-?).

Дано.

λ = 1 мкм

l = 1 м

2а = 1 м

ТЕМ00 - ? (m = n = 0)

ТЕМ11 - ? (m = n = 1)

**Решение**

Если m = n = const, то [5, стр.28].

с=2.9.108 м/с

 [5, стр.28]

Ответ: Δυg=1.45.108 с-1, Δυm= Δυn=2.1.1016 с2.

**Задача № 48**

Цилиндрический стержень из Nd: YAG (итрий - алюминиевый гранат) диаметром 6.3мм и длиной 7.5 см накачивается мощной импульсной лампой. Значение сечения лазерного перехода в максимуме линии с длиной волны 1.06 мкм равно σ = 3.5.10-19 см2, а показатель преломления равен n = 1.82. Найти критическую инверсию населенностей, соответствующую началу процесса усиления спонтанного излучения (УСИ) (предполагается, что на оба торца лазерного стержня нанесены идеальные просветляющие покрытия, т.е. они не отражают свет). Кроме того, вычислить максимальное количество энергии, которая может быть запасена в этом стержне, если необходимо избежать возникновения процесса УСИ.

Дано.

d = 6.3 мм = 6.3.10-3 м

L = 7.5 см = 7.5.10-2 м

λ = 1.06 мкм = 1.06.10-6 м

σ = 3.5.10-19 см2 = 3.5.10-21 м2

n = 1.82

**Решение**

Так как покрытие лазерного стержня прозрачны R1=R2=L

 [3, стр.15]

Ответ:

**Задача № 72**

Для Ar+ лазера с параметрами: λ = 488 нм, L = 1 м, а = 1 см, Δυ = 3.5 ГГц рассчитать диаметр пятна на зеркале и на расстоянии 1 м от зеркала, а также угловое расхождение пучка.

Дано.

λ = 488 нм = 488.10-9 м

L = 1 м

а = 1 см = 0.01 м

Δυ = 3.5 ГГц = 3.5.109 Гц

R = 1 м

**Решение**

 [5, стр.35]

 [5, стр.34]



Ответ: ,

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Л.Н. Копничев, В.С.Алешин. Конечные устройства документальной электросвязи. Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1986г.
2. А.Г. Смирнов. Квантовая электроника и оптоэлектроника. Учебное пособие для вузов. – Мн., Выш. шк., 1987г.
3. О.Звелто. Принципы лазеров. – М. Мир, 1990г.
4. Ю.В. Байбородин. Основы Лазерной техники. – К., Выща шк., 1988г.
5. У.Я. Швец, Л.Б. Дмитриева. Квантовая электроника. Учебное пособие. ЗГИА. 2003г.