

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра радиотехнических устройств

Ю.М. ЩЕРБАК А.И. КОНОЙКО

М.П. ФЕДОРИНЧИК

УСТРОЙСТВА ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

ЧАСТЬ 2

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Для студентов специальности «Радиотехника»

в 2-х частях

Минск 2011

УДК 681.3.01:535

Щербак Ю.М., Конойко А.И., Федоринчик М.П. Устройства оптической обработки сигналов. Ч.1. Лабораторный практикум в 2-х частях. – Мн.: БГУИР, 1996. – 17 с.

Практикум предназначен для подготовки и проведения лабораторных занятий по курсу «Оптическая обработка сигналов» студентами дневного обучения специальности «Радиотехника» и содержит описание лабораторных работ и методику их проведения. Изложены краткие теоретические сведения об изучаемых устройствах и явлениях, принципы построения оптических схем обработки сигналов что дает возможность студентам использовать практикум для самостоятельной работы при изучении данного курса.

Ил. 3, список лит. – 5 назв.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Подготовка к работам и оформление отчета

Для эффективного использования лабораторного времени каждой лабораторной работе должна предшествовать самостоятельная подготовка. Во время этой подготовки студент обязан:

- изучить соответствующие разделы курса, методические указания к лабораторной работе и правила безопасности при работе с электроприборами и лазерами;

- уяснить принципы работы исследуемых устройств, изучить их структурные схемы и используемые оптические и оптоэлектронные элементы.

Предварительная работа включает также оформление отчета по предыдущей лабораторной работе и подготовку к ее защите.

Отчет, составляемый индивидуально и подписываемый с указанием даты каждым студентом, должен содержать:

- структурную схему лабораторной установки с указанием используемой контрольно-измерительной аппаратуры;

- оптические схемы исследуемых устройств с указанием геометрических параметров распространяющихся в них лазерных лучей;

- результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований, сведенные в таблицы и оформленные в виде графиков, диаграмм, рисунков;

- результаты расчетов и соответствие их эксперименту;

- выводы и замечания по результатам исследований с приведением соответствующих доказательств.

Схемы вычерчиваются аккуратно от руки с учетом требований государственных стандартов. Графики могут вычерчиваться на миллиметровой бумаге. Минимальный размер графика – не менее 9×12 см.

Правила безопасности при выполнении лабораторных работ

Общие положения

1. Не приступать к работе, не ознакомившись с инструкцией по технике безопасности для студентов, выполняющих работы на лазерных установках, и с настоящей инструкцией.

2. Внимательно осмотреть приборы и оборудование на рабочем месте и при обнаружении каких-либо неисправностей сообщить об этом руководителю.

3. Не включать и не выключать радиоизмерительные приборы без разрешения руководителя.

4. В случае неисправности приборов или макетов, при отсутствии напряжения в сети необходимо сообщить об этом руководителю.

Правила электробезопасности

1. Радиоизмерительные приборы и блоки питания лазеров питаются напряжением 220 В, частотой 50 Гц, опасным для жизни.

2. Перед включением установки необходимо убедиться в наличии заземления у всех приборов.

3. Не прикасаться к корпусам двух приборов одновременно.

Правила безопасности при работе с лазерами.

1. Лабораторные установки укомплектованы лазерами II класса, прямое и зеркально отраженное излучение, которых опасно для глаз.
2. Запрещается включать и выключать блоки питания лазеров. Их включение и выключение производится руководителем.
3. Запрещается смотреть навстречу прямому или отраженному лазерному лучу.
4. Сообщить руководителю об окончании выполнения работы. Привести в порядок рабочее место.

Учебно-исследовательская работа студентов

Целью учебно-исследовательской работы студентов (УИРС) является развитие у студентов навыков самостоятельной научно-исследовательской работы. УИРС проводятся по теме каждого лабораторного занятия. Однако задания по УИРС имеют в целом нестандартный характер и могут выходить за пределы инструкции к лабораторной работе. Учебно-исследовательская работа проводится во время лабораторного практикума. Ориентировочные темы заданий по УИРС приводятся в конце описания к каждой лабораторной работе.

В пределах настоящего лабораторного практикума организация УИРС осуществляется следующим образом:

- получение задания;
- изучение обязательной и поиск дополнительной литературы;
- теоретический анализ;
- составление плана эксперимента и обсуждение;
- обработка результатов исследования;
- формулировка выводов;
- оформление и защита отчета по работе.

Лабораторная работа 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Цель работы – изучение основных принципов когерентной оптической фильтрации изображений.

1.1. Краткие теоретические сведения

Для оптической обработки информации наиболее важным и полезным является тот факт, что с помощью положительной линзы можно получить двумерное преобразование Фурье. Поскольку оптическое преобразование двумерное, то оно имеет более высокую информационную емкость, чем преобразование, выполняемое с помощью электронных систем. Это обстоятельство позволило применить оптическое преобразование для решения широкого круга задач.

Следует отметить, что фурье-образ входного оптического сигнала существует в виде физически реального пространственного распределения комплексных амплитуд света, то есть фурье-образы двумерных оптических сигналов реализуются в виде реальных физических сигналов с помощью простейшей оптической системы. Следовательно, над ними можно производить различные математические операции методами пространственной фильтрации.

На рис.1 показана классическая схема оптической фильтрации. Она состоит из следующих компонентов: точечный источник монохроматического света S , коллимирующая линза L_1 , двух расположенных последовательно простейших систем

преобразования Фурье, основными элементами которых являются линзы L_2 и L_3 , устройства ввода информации, пространственного операционного фильтра.

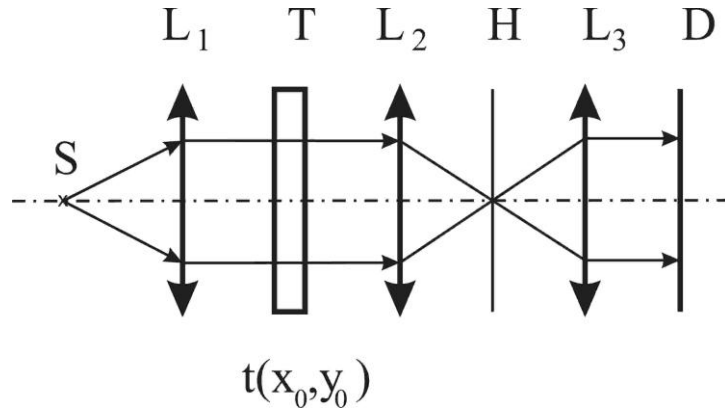


Рис.1 Классическая схема оптической фильтрации

Устройством ввода информации служит транспарант T , который является носителем обрабатываемого действительного изображения, характеризуемого комплексной амплитудной передаточной функцией $t(x_0, y_0)$. Транспарант помещается во входную плоскость. Он освещается когерентным плоскопараллельным световым пучком, излучаемым точечным источником монохроматического света S и сформированным при помощи коллимирующей линзы L_1 . Положительная линза L_2 осуществляет двумерное фурье-преобразование комплексной амплитудной передаточной функции $t(x_0, y_0)$, описываемое выражением

$$E_H(\xi, \eta) = \frac{ikE_0}{2\pi f} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} t(x, y) \exp\{-i2\pi[\xi x + \eta y]\} dx dy, \quad (1.1)$$

Если транспарант находится от линзы L_2 на расстоянии, равном ее фокусному расстоянию a , то преобразование Фурье записанного на транспаранте изображения лежит в задней фокальной плоскости линзы L_2 , различные маски или транспаранты с заданным распределением прозрачности, можно определенным способом влиять на полученный спектр пространственных частот изображения, то есть осуществлять фильтрацию изображения. Подобно электрическим фильтрам, которые пропускают колебания одних частот и не пропускают колебания других, оптический фильтр осуществляет фильтрацию пространственных частот, пропуская их или ослабляя.

Определим пространственно-частотные переменные для двух измерений ξ, η как $\xi = x/\lambda f$, $\eta = y/\lambda f$, где λ – длина волны светового излучения, а f – фокусное расстояние линзы.

Вторая линза L_3 производит последующее Фурье-преобразование:

$$E_d(x_d, y_d) = -E_0/(\lambda f)^2 \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} T(\xi, \eta) H(\xi, \eta) \exp[2\pi i(x_d \xi + y_d \eta)] d\xi d\eta, \quad (1.2)$$

Это выражение описывает выходное изображение. Фильтрация осуществляется путем помещения в частотную плоскость H пространственного операционного фильтра, обладающего передаточной функцией $H(\xi, \eta)$. Операционный фильтр может быть носителем как комплексной, так и действительной функции (фазовый или амплитудный транспарант).

Одним из примеров обработки изображений является использование подавляющих фильтров. Существует однозначное соответствие между положением и частотой в плоскости фильтра. При помещении непрозрачного элемента в частотную плоскость подавляется определенная частотная составляющая, поэтому она не участвует в формировании изображения. Если в частотную плоскость на оптической оси поместить дырочную диафрагму, то будут подавлены высокие пространственные частоты, т.е. изображение утратит мелкие детали. Таким способом можно улучшить качество зашумленных изображений. Если, наоборот, на оптической оси в частотной плоскости поместить непрозрачный элемент, то будут заблокированы низкие пространственные частоты. Подобный способ используется в микроскопии для создания темного фона.

Наибольшее применение среди оптических систем, в которых используется фильтрация изображений, нашли оптические корреляторы с частотной плоскостью.

В качестве такого коррелятора может служить оптическая система пространственной фильтрации, представленные на рис.1. Если на вход такой системы подать входной сигнал $t(x,y)$, а в фурье-плоскости сформировать фильтр с передаточной функцией $H(\xi,\eta)=V(\xi,\eta)$, то на выходе получится сигнал, представляющий собой кросскорреляцию сигналов v и V . Если $v = V$, то получают функцию автокорреляции. Такой операционный фильтр называют согласованным фильтром, а соответствующую оптическую схему – схемой согласованной фильтрации.

Согласованная фильтрация обычно используется при распознавании образов в заданном изображении. Для этого записывают фильтр, согласованный с образом информации, подлежащим опознаванию, после чего осуществляют его взаимную корреляцию с заданным изображением. Если в изображении содержится интересующий образ, то в результате автокорреляции в выходной плоскости образуется яркое световое пятно, указывающее на наличие опознаваемого образа и его местонахождение в изображении. В случае повторения в изображении интересующего образа число ярких световых пятен будет соответствующим. Благодаря этому можно распознавать отпечатки пальцев, интересующие слова на странице текста, специальные объекты на карте местности и т.п. Устройства, осуществляющие такие операции, называют корреляторами.

С помощью пространственной фильтрации легко осуществлять операцию преобразования кодов.

Если требуется преобразовать входной сигнал $t(x,y)$ в заданный выходной сигнал $s(x,y)$, то для этой цели необходим пространственный фильтр с передаточной функцией:

$$H(\xi,\eta) = s(\xi,\eta)/t(\xi,\eta). \quad (1.3)$$

Методами оптической пространственной фильтрации можно производить такие важные математические операции, как суммирование, вычитание, дифференцирование, интегрирование и др. Фильтры для осуществления таких операций синтезируются при помощи ЭВМ.

1.2. Описание лабораторного макета

Лабораторный макет (рис.2) позволяет исследовать оптическую фильтрацию изображений, формируемых пропускающими транспарантами.

Макет содержит гелий-неоновый лазер ($\lambda = 0,6328$ мкм); коллиматор (расширитель) лазерного пучка; транспарант, формирующий изображение подлежащее фильтрации; линзу L_1 , осуществляющую преобразование Фурье; оптический фильтр; линзу L_2 , осуществляющую обратное преобразование Фурье; фотоприемник ФД (фотодиод); осциллограф. Лазер и оптические элементы закреплены в юстировочных механизмах и размещены на оптической скамье.

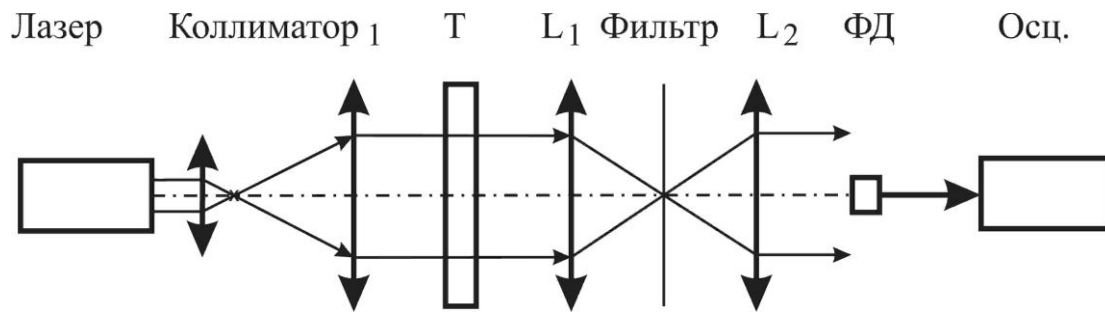


Рис. 2

1.3. Порядок выполнения работы

1.3.1. Включить блок питания лазера и осциллограф.

1.3.2. Перемещая фотоприемник винтом рейтера перпендикулярно изображению, снять зависимость фототока от перемещения (x) фотоприемника. Построить распределение освещенности в исходном изображении вдоль координаты (x).

1.3.3. Установить оптический фильтр нижних частот в фокусе линзы L_1 . В соответствии с п. 1.3.2 построить распределение освещенности в обратном изображении.

1.3.4. Установить оптический фильтр верхних частот в фокусе линзы L_1 . В соответствии с пп. 1.3.2, 1.3.3 построить распределение освещенности в исходном изображении вдоль координаты (x).

1.4. Контрольные вопросы

1. В чем заключается сходство и отличие действия оптических фильтров от электрических?

2. Что представляет собой оптический фильтр нижних, верхних пространственных частот?

Лабораторная работа 4. ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТООПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА РАДИОСИГНАЛОВ

Цель работы – изучить принципы построения и функционирования акустооптических анализаторов спектра радиосигналов.

2.1. Краткие теоретические сведения

В основе работы акустооптических устройств обработки радиосигналов, в том числе анализаторов спектра, лежит явление дифракции света на акустических волнах, которые вследствие эффекта фотоупругости вызывают во времени и в пространстве периодические изменения показателя преломления в материале светозвукопровода. Проходящий через акустическое поле свет дифрагирует на неоднородностях показателя преломления, как на фазовой дифракционной решетке.

Характер дифракции существенно зависит от соотношения между длиной волны света λ , длиной акустической волны Λ и шириной акустического пучка L . При выполнении условия $Q \ll 1$, где $Q = \lambda L / n \Lambda^2$ – параметр акустооптического взаимодействия, фазовая решетка может рассматриваться как плоская. В этом случае дифракция происходит при любом угле падения света на акустический пучок. Дифракционная картина содержит значительное число максимумов с симметричным относительно нулевого порядка распределением интенсивности света. Такой режим акустооптического взаимодействия носит название дифракции Рамана-Ната.

Существенно иной характер имеет дифракция при $Q \gg 1$. Фазовая решетка в этом случае является принципиально трехмерной. Дифракционная картина возникает лишь при определенном угле падения света (угле Брэгга) и содержит, как правило, лишь один дифракционный максимум. Этот режим акустооптического взаимодействия называется дифракцией Брэгга.

Рассмотрим подробнее задачу о распространении света в изотропной среде, в которой по оси x бежит плоская акустическая волна с частотой Ω и волновым числом K . Упругая волна сопровождается изменением показателя преломления:

$$n(x,t) = n_0 + \Delta n \sin(\Omega t - Kx), \quad (2.1)$$

где n_0 – показатель преломления невозмущенной среды, Δn – амплитуда изменения показателя преломления под действием акустической волны.

Пусть на область возмущения, заключенную между плоскостью $z = 0$ и $z = L$, падает плоская световая волна под углом θ_0 :

$$E = E_0 \exp[i(\omega t - k_x x \sin \theta_0 - k_z z \cos \theta_0)], \quad (2.2)$$

где E_0 – ее амплитуда, ω – частота, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число.

Проходя через область возмущения, световая волна распадается на сумму плоских волн, которые дают соответствующие дифракционные максимумы:

$$E = E_0 \sum_{p=-\infty}^{\infty} C_p \exp[i(\omega_p t - k_p x \sin \theta_p - k_p z \cos \theta_p)] \quad (2.3)$$

Углы дифракции θ_p удовлетворяют формуле дифракционной решетки с периодом $\Lambda = 2\pi/K$:

$$k_p \sin \theta_p = k_0 \sin \theta_0 + pK. \quad (2.4)$$

Но в отличие от обычной фазовой решетки в данном примере частота дифрагированных волн отличается от частоты падающего света:

$$\omega_p = \omega_0 + p\Omega \quad (2.5)$$

Сдвиг частоты на $p\Omega$ обусловлен эффектом Доплера вследствие того, что дифракция происходит на движущейся решетке.

Так как $\Omega \ll \omega_0$, то можно пренебречь изменением длины волны света в процессе дифракции и считать для изотропной среды $k_p \approx k_0$. При этом следует иметь в виду, что при смещении волн разных дифракционных порядков (что широко используется в устройствах обработки сигналов) доплеровским сдвигом частоты пренебрегать нельзя, поскольку он приводит к модуляции интенсивности света на разных частотах.

В акустооптических устройствах используются, как правило, максимумы + 1-го и - 1-го порядков дифракции. При этом угол отклонения лучей относительно падающего (нулевого порядка) в соответствии с (2.4) $\theta = \lambda/L$. Учитывая, что $\lambda = v/f$, получаем

$$\theta = \frac{\lambda f}{v}. \quad (2.6)$$

Важной характеристикой является дифракционная эффективность, характеризующая долю падающего света, отклоненного в дифракционный порядок $\eta = I_d/I_0$.

В режиме дифракции Рамана-Ната дифракционная эффективность задается функциями Бесселя p -го порядка:

$$\eta_p = J_p^2(qL), \quad (2.7)$$

где q – параметр, пропорциональный мощности акустической волны и задающий величину Δn в (2.1).

В соответствии с (2.7) максимальная доля света, приходящаяся на какой-либо порядок дифракции в режиме Рамана-Ната, не превышает 33,4% от падающего света.

В режиме Брэгга дифракционная эффективность равна

$$\eta = \sin^2\left(\frac{qL}{2}\right). \quad (2.8)$$

Согласно (2.8) максимальная дифракционная эффективность в идеальном случае равна 100%, то есть вся энергия падающего света перекачивается в дифракционный порядок. На практике максимальная дифракционная эффективность снижается из-за расходимости световых и звуковых пучков, затухания ультразвука, отклонения от режима дифракции Брэгга и прочее. Однако при необходимости несложной получить эффективность дифракции 80-90%.

В акустооптических устройствах в принципе может использоваться как раман-натовский, так и брэгговский режим дифракции. Но поскольку дифракция Рамана-Ната имеет место на сравнительно низких частотах (до нескольких десятков мегагерц), то создать широкополосные и быстродействующие устройства в этом случае не представляется возможным. Кроме того, раман-натовский режим дает большие световые потери и меньший динамический диапазон. Недостатком брэгговской дифракции является ее угловая селективность, которая вследствие зависимости угла Брэгга от частоты ультразвука ограничивает рабочий диапазон частот Δf . Поэтому наилучшие характеристики устройств достигаются в промежуточном режиме дифракции, когда

диапазон Δf достаточно широк, но паразитные дифракционные максимумы практически отсутствуют.

К настоящему времени предложено и исследовано большое количество акустооптических устройств, отличающихся назначением, принципом действия и конструкцией. Но, несмотря на все их разнообразие, они имеют много общего, поскольку основу этих устройств составляет одна или несколько акустооптических ячеек. Акустооптическая ячейка – это светозвукопровод из прозрачного кристаллического или стеклообразного материала (или кювета с жидкостью), в котором с помощью пьезопреобразователя возбуждается упругая волна. Проходящий через ячейку свет дифрагирует в акустическом поле. При этом в дифрагированный пучок переносится информация, содержащаяся как в падающей световой волне, так и в электрическом сигнале, подаваемом на преобразователь.

Принцип работы акустооптического анализатора спектра радиосигналов поясняется с помощью рис.3. Анализируемые сигналы усиливаются широкополосным усилителем и подаются на ультразвуковой преобразователь акустооптической ячейки. Излучаемый лазером световой пучок расширяется с помощью коллиматора до диаметра D и падает на акустооптическую ячейку под углом θ . Распространяющиеся в акустооптической ячейке ультразвуковые волны с частотами в диапазоне Δf вызывают периодические изменения показателя преломления среды, в результате чего происходит дифракция света. Лучи дифрагированного света первого порядка отклоняются в соответствии с (2.6) в диапазоне углов

$$\Delta\theta = \frac{\lambda\Delta f}{v}. \quad (2.9)$$

Дифрагмированные лучи собираются линзой L_1 , а затем с помощью короткофокусной линзы L_2 производится увеличение их углового отклонения и осуществляется их фокусировка.

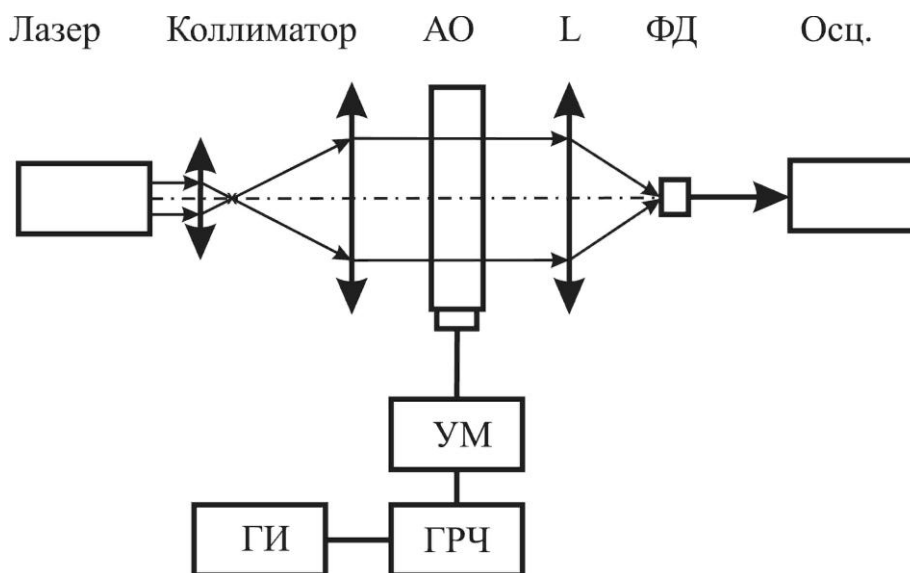


Рис.3

Как следует из (2.8) и (2.9), угол отклонения дифрагированных лучей пропорционален частоте анализируемых сигналов. Следовательно, если поместить в фокальной плоскости системы линз L_1 - L_2 (L) линейку фотоприемников, электрический отклик на их выходах будет пропорционален амплитуде спектральных составляющих анализируемого сигнала.

Рассмотрим основные характеристики акустооптического анализатора спектра радиосигналов.

2.1.1. Разрешающая способность по частоте

Разрешающая способность δf акустооптического анализатора спектра характеризует его способность различить два сигнала с близкими частотами и определяется дифракционной расходимостью светового пучка, проходящего через ячейку. Угловая расходимость светового пучка круглого сечения диаметром D равна

$$\delta\theta = 2,44 \frac{\lambda}{D}. \quad (2.10)$$

Сопоставляя (2.6) и (2.10, получим)

$$\delta f = 2,44 \frac{v}{D}. \quad (2.11)$$

Отношение D/v равно времени t прохождения акустооптического сигнала через апертуру акустооптической ячейки и характеризует быстродействие обработки сигнала акустооптическим устройством. Следовательно

$$\delta f = 2,44 \frac{1}{t}. \quad (2.12)$$

Из (2.12) видно, что частотное разрешение зависит от скорости распространения акустической волны. Поэтому для получения высокого разрешения применяют материалы с относительно низкой скоростью распространения звука. Например, при использовании кристаллов парателурита (TeO_2) с возбуждением междлленной сдвиговой волны ($v = 660$ м/с) получено максимально достижимое в настоящее время разрешение, которое составляет около 40 кГц.

2.1.2. Диапазон анализируемых частот

Рабочий диапазон частот акустооптической ячейки в основном представляется полосой ультразвукового преобразователя и полосой акустооптического взаимодействия. Полоса частот ультразвукового преобразователя зависит от коэффициента электромеханической связи применяемого пьезоэлектрического материала и отношения акустических импедансов преобразователя и акустооптической среды. Конструкция и метод крепления преобразователя к светозвукопроводу непосредственно влияют на эффективность возбуждения звуковой волны и на полосу рабочих частот. В области рабочих частот ниже 1 ГГц наиболее широко применяются пластины монокристаллов LiNbO_3 . Особую важность имеет метод крепления преобразователя. На частотах порядка сотен МГц используется диффузная сварка с помощью напыленных слоев индия. После сварки пластины пьезоэлектрика со звукопроводом ее сошлифовывают до толщины, соответствующей половине длины звуковой волны в пьезоэлектрике на центральной частоте акустооптической ячейки. Толщину можно рассчитать с помощью частотной постоянной. Для ниобата лития повернутого 163 Y-среза, применяемого для возбуждения сдвиговых волн, частотная постоянная равна 2280 МГц мкм.

На частоте выше 1 ГГц толщина преобразователя становится очень малой (порядка долей микрона). В силу технологических трудностей на этих частотах применяют напыление тонкой пленки пьезоэлектрического материала.

Обычно стремятся получить полосу акустооптической ячейки величиной в октаву, то есть $f_v = f_n$. Полоса акустооптического взаимодействия определяется по уменьшению на 3 дБ интенсивности дифрагированного света при изменении частоты акустической волны

и фиксированном угле падения света. Можно показать, что полоса акустооптического взаимодействия дается выражением

$$\Delta f = 1,8 \frac{nv^2}{\lambda f_0 L}, \quad (2.13)$$

где f_0 – центральная частота, для которой выполнено условие Брэгга.

Из выражений (2.11) и (2.13) следует, что одновременное получение высокого разрешения и широкой полосы анализа затруднительно. Поэтому при создании анализаторов спектра достижимо либо высокое разрешение (до 40 кГц), либо большая полоса анализа (от 500 до 1000 МГц) при невысоком разрешении (100 кГц).

В первом случае используются материалы с относительно низкой скоростью распространения звука. Например, при использовании ячейки на базе кристалла TeO_2 , в котором возбуждается медленная сдвиговая волна, распространяющаяся вдоль его оси [100] с $v = 616$ м/с, возможно осуществление анализа спектра с разрешением 37 кГц в полосе анализа 160 МГц.

При использовании того же кристалла, в котором возбуждается быстрая сдвиговая волна распространяющаяся вдоль его оси [001] с $V = 1200$ м/с, полоса анализа спектра может составить 2000 МГц при разрешении 250 кГц. Отсюда следует целесообразность создания анализатора спектра с двумя трактами, дополняющими друг друга по разрешению и полосе анализа.

2.2. Описание лабораторного макета

Лабораторный макет (рис.3) позволяет изучить схему и принцип работы акустооптического анализатора спектра радиосигналов. Он содержит гелий-неоновый лазер ($\lambda = 0,6328$ мкм); коллиматор (расширитель) лазерного пучка; акустооптическую ячейку, усилитель мощности. Лазер и оптические элементы закреплены в юстировочных механизмах и размещены на оптической скамье. В качестве источника анализируемого сигнала используется высокочастотный генератор, модулируемый генератором импульсов.

2.3. Порядок выполнения работы

2.3.1. Исследование рабочего диапазона частот анализатора спектра

1. Включить блок питания лазера. Усилителя мощности, ВЧ генератор и осциллограф.
2. С помощью линзы L сфокусировать дифрагированный луч на фотодиоде.
3. Изменяя частоту ВЧ генератора, снять зависимость сигнала с фотодиода от частоты. Построить график. Найти диапазон частот, в котором сигнал с фотодиода изменяется не более, чем на 3 дБ.

2.3.2. Исследование разрешающей способности по частоте

1. Убрать линзу L.
2. Установить фотодиод в фокальной плоскости линзы L.
3. Изменяя частоту ВЧ генератора, совместить дифрагированный пучок с фотодиодом. Плавное изменение частоты ВЧ генератора, снять зависимость сигнала с фотодиода от частоты ВЧ генератора. Построить график.

2.3.3. Исследование спектров радиосигналов

1. Установить на ВЧ генераторе режим внешней импульсной модуляции. Включить генератор импульсов и подать сигнал с его выхода на вход модуляции ВЧ генератора.
2. Перемещая фотодиод, снять зависимость сигнала с фотодиода от величины перемещения. Построить график.

2.4. Контрольные вопросы

1. Какие существуют режимы дифракции света на ультразвуке?
2. Чем различается дифракция света на акустических волнах и на дифракционной решетке?
3. Какие материалы используются в качестве светозвукопровода и ультразвукового преобразователя акустооптической ячейки?
4. Каковы основные характеристики акустооптического анализатора спектра радиосигналов?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свет В.Д. Оптические методы обработки сигналов. М.: "Энергия", 1971.
2. Кондратенков Г.С. Обработка информации когерентными оптическими системами. М.: "Сов. радио", 1972.
3. Оптическая обработка радиосигналов в реальном времени. /Под ред. С.В.Кулакова. М.: "Радио и связь", 1989.
4. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику. М.: "Высш. шк.", 1991.
5. Акаев А.А., Майоров С.А. Оптические методы обработки информации. М.: "Высш. шк.", 1988.

Учебное издание

Авторы: ЩЕРБАК ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ,
КОНОЙКО АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ
ФЕДОРИНЧИК МИХАИЛ ПАВЛОВИЧ

УСТРОЙСТВА ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

ЧАСТЬ 2

Лабораторный практикум

Для студентов специальности «Радиотехника»

в 2-х частях

Редактор Н.В.Гриневич
Корректор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать 21.05.97. Формат 60×84 1/16
Объем 1,05 усл.печ.л. 0,8 уч. -изд.л. Тираж 150 экз. Заказ 356.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Министерства образования и науки Республики Беларусь
Отпечатано на ротапринте БГУИР. 220027, Минск, П.Бровки, 6