

грешностью определения параметров η , ξ и R с помощью фотодиода ФД-24К, работающего в режиме прямого отсчета, и микроамперметра М254.

Предельные же значения $K_{\text{ИКИ}}$ при $R \rightarrow 1,0$ оцениваются выражением

$$K_{\text{ИКИ}} = \eta(\eta + \xi)^{-1}.$$

Видно, что для абсолютно фазовых микроголограмм ($\xi \rightarrow 0$) осуществляется 100%-ная дифракция лазерного света в плоскость воспроизводимых изображений с соотношением

$$\eta_2/\eta_1 = 1 - \eta.$$

Столь высокие значения $K_{\text{ИКИ}}$ обусловлены повышением яркости в плоскости первого анализатора изображения в $[1 - R(1 - \eta - \xi)]^{-1}$ раз, а также формированием второго информационного канала с интегральной мощностью $P_{I2}^{\Sigma} = P_r \eta_2$. Последнее обстоятельство особенно ценно для реализации вспомогательного визуального контроля, например, при настройке электронных трактов воспроизведения в системах голографической документальной памяти, преобразовании голографических записей в обычные микроформы или полноформатные документы, фрагментном считывании по двум информационным каналам и т. п. Подтверждением этому является создание первых образцов голографической информационной техники [4-6] с использованием предложенного способа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микаэлян А. Л., Бобринев В. И. Голографические системы памяти.— В кн.: Оптические методы обработки информации. Л.: Наука, 1974.
2. Акаев А. А., Майоров С. А. Когерентные оптические вычислительные машины.— Л.: Машиностроение, 1977.
3. Ярмош Н. А., Куконин А. Г., Ероховец В. К., Сигитов Д. К. Способ считывания голографической информации в устройство для осуществления способа. (Авт. свид-во № 647979).— БИ, 1983, № 38.
4. Вагин Л. Н., Герус В. Л., Филатов А. М. Голографические средства информационной техники.— НТИ. Сер. 1, 1978, № 6.
5. Ероховец В. К., Ярмош Н. А. Голографические средства для ввода, хранения и воспроизведения графических двумерных изображений.— В кн.: Обработка изображений и дистанционные исследования: Тез. докл. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1981.
6. Акаев А. А., Жумалиев К. М., Орловский Г. В., Тентлер Г. Ш. Голографическая обновляемая информационно-поисковая система для архивного хранения конструкторской документации.— В кн.: Оптико-электронные методы обработки изображений. Л.: Наука, 1982.

Поступило в редакцию 13 июня 1983 г.

УДК 535.241.13 : 534 : 621.373.826.032.265

Ю. Н. ТИЩЕНКО, А. В. ТРУБЕЦКОЙ
(Новосибирск)

АКУСТООПТИЧЕСКИЕ ЯЧЕЙКИ ДЛЯ ОТКЛОНЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

Полупроводниковые лазеры на основе двойной гетероструктуры с длиной волны излучения $0,85 \div 0,89$ мкм находят все более широкое применение в оптико-электронных устройствах хранения и обработки данных. Поэтому задача разработки акустооптических дефлекторов света для длины волны излучения таких лазеров является актуальной.

В данной работе приведены результаты разработки и исследования дефлекторных акустооптических ячеек (АОЯ), предназначенных для отклонения излучения света с $\lambda = 0,89$ мкм. Предложена конструкция и изготовлены образцы АОЯ.

В настоящее время наиболее перспективный материал для светозвукопроводов АОЯ — кристаллы парателлурита (TeO_2) [1]. Характеристики акустооптического взаимодействия в TeO_2 (средние акустические частоты широкополосной аномальной дифракции; частота, на которой происходит перекачка света во 2-й порядок; направления распространения акустических и световых волн) существенно зависят от длины волны светового излучения. Поэтому этапу выбора конструкции АОЯ должен предшествовать этап расчета параметров дифракции для заданной длины волны света. Методика расчета описана в работе [2], где вычислены углы падения света Θ_1 и Θ_2 (так называемая «левая» и «правая» геометрия взаимодействия) по отношению к

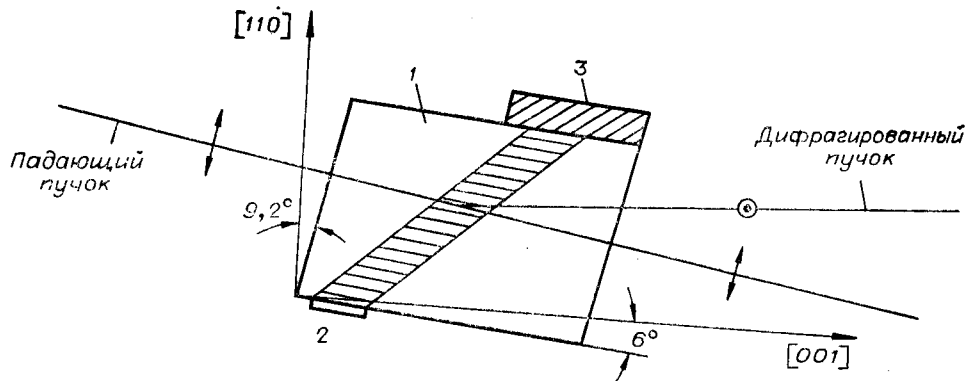


Рис. 1.

оптической оси кристалла [001] и соответствующие им средние акустические частоты f_1 и f_2 , а также частота вырождения (частота перекачки света во 2-й порядок) f_d .

Расчет параметров Θ_1 , Θ_2 , f_1 , f_2 и f_d проведен нами для случая, когда $\lambda = 0,89 \cdot 10^{-3}$ мм, $n_o = 2,2179$, $n_e = 2,36355$, $\Psi = 38,5^\circ$ и $V = 0,65$ км/с, где n_o и n_e — показатели преломления для обыкновенного и необыкновенного света под углом 90° к оптической оси, Ψ — удельное вращение плоскости поляризации света по оптической оси, V — скорость звука в кристалле. Угол распространения звука по отношению к оси [110] принят равным $\Theta_a = 6^\circ$. В результате расчета получено $\Theta_1 = 4,3^\circ$, $\Theta_2 = 9,2^\circ$, $f_1 = 47$ МГц, $f_2 = 91$ МГц, $f_d = 69$ МГц. Разработку дефлектора света целесообразно проводить для средней частоты $f_2 = 91$ МГц («правая» геометрия взаимодействия), так как в этом случае может быть получена более широкая полоса частот. Затухание света в кристалле TeO_2 на частотах, близких к 90 МГц, еще достаточно мало и не оказывает существенного влияния на характеристики дефлектора.

По результатам расчета разработаны образцы АОЯ. Конструкция ячейки показана на рис. 1, где 1 — световод из TeO_2 , 2 — пьезопреобразователь из LiNbO_3 X-среза, 3 — поглотитель ультразвука на основе эпоксидной смолы с наполнителем из порошка вольфрама [3]. Поверхность пьезопреобразователя совпадает с направлением [110] кристалла и составляет 6° с направлением [001]. При этом вследствие акустической анизотропии угол между вектором потока энергии акустической волны и акустическим волновым вектором равен $\sim 45^\circ$. Световые поверхности наклонены на угол $\Theta = 9,2^\circ$ по отношению к оси [110] кристалла. Крепление пьезопреобразователя к световоду выполнено с помощью специального безусадочного эпоксидного клея под давлением. Резонансная частота пьезопреобразователя $\sim 80 \div 90$ МГц, размер в направлении распространения света $2 \div 2,5$ мм, световая апертура АОЯ $3,5 \times 3,5$ мм. Широкополосное согласование электрических импедансов пьезопреобразователя и генератора управляющих частот проведено с помощью согласующей цепи, расположенной в корпусе АОЯ. Размеры корпуса ячейки $20 \times 25 \times 45$ мм.

Измерены характеристики созданных образцов АОЯ. Для измерений применялся полупроводниковый лазер ($\lambda = 0,89$ мкм), работавший в импульсном режиме с частотой ~ 150 кГц и световой мощностью импульса 1 Вт. Лазер излучал световой пучок, линейно-поляризованный в плоскости $p - n$ -перехода. Степень линейности поляризации излучения лазера не хуже 99%. Световой пучок лазера коллимировался с помощью 40-кратного микроскопического объектива, и с помощью вращателя поляризации проводилось совмещение плоскости поляризации света с направлением распространения звука в АОЯ. В результате аномальной дифракции света на звуке дифрагированный световой пучок имел поляризацию, ортогональную ко входной. Проведено измерение зависимости эффективности дифракции света от угла φ , образуемого плоскостью поляризации падающего светового пучка с плоскостью дифракции. С этой целью плоскость поляризации светового пучка на входе АОЯ поворачивалась на произвольный угол φ с помощью вращателя поляризации на основе сдвоенного ромба Френеля и измерялась относительная эффективность дифракции света $\eta_{\text{отн}}$. Полученная зависимость приведена на рис. 2. Как и следовало ожидать, эффективность $\eta_{\text{отн}}$ максимальна при $\varphi = 0$ и изменяется с увеличением φ как функция $\cos^2 \varphi$. При $\varphi = 90^\circ$ $\eta_{\text{отн}}$ не превышает 1%.

Частотные характеристики двух образцов АОЯ, измеренные при $\varphi = 0$, показаны на рис. 3. Кривые 1 и 2 представляют собой зависимости коэффициента стоячей волны напряжения (КСВН), характеризующие степень согласования электрических импедансов АОЯ и управляющего генератора от управляющей частоты f для двух образцов ячеек. Ячейки электрически согласованы в рабочем диапазоне частот по уровню ≤ 2 дБ.

Дифракционная эффективность ячейки оценивалась как отношение интенсивности дифрагированного света в 1-м порядке дифракции (при управляющей мощности генератора 1 Вт) к интенсивности нулевого порядка после АОЯ (при выключенной управляющей мощности). Зависимости дифракционной эффективности от частоты для двух ячеек ($\eta_1(f)$, $\eta_2(f)$) показаны на рис. 3. Полоса рабочих частот Δf

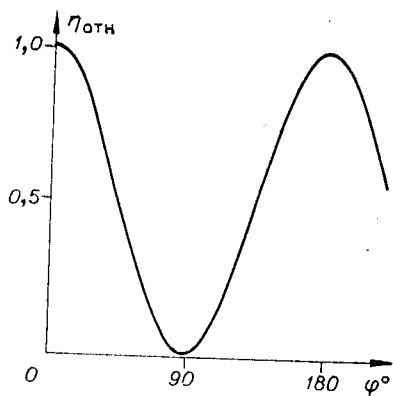


Рис. 2.

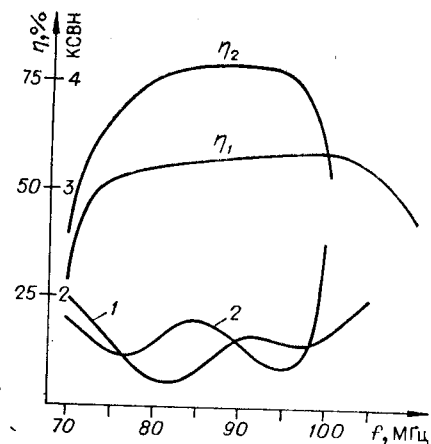


Рис. 3.

для первой АОЯ, определенная по уровню эффективности 50%, равна 34 МГц, для второй ячейки по уровню 70%—22 МГц. Быстродействие ячеек (время пробега ультразвуковой волны через световую апертуру) $\tau = 5$ мкс, количество разрешимых позиций ($N = \tau \Delta f$) по критерию Рэлея равно 170 и 110 для двух ячеек. При отношении сигнал/фон 80 : 1 реальное количество разрешимых позиций ($N_p = N/2,5$) — 68 и 44.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пен Е. Ф., Твердохлеб П. Е., Тищенко Ю. Н., Трубецкой А. В. Акустооптический дефлектор голограммного запоминающего устройства.— *Опт. и спектр.*, 1983, т. 55, вып. 1.
2. Тищенко Ю. Н., Трубецкой А. В. Некоторые вопросы создания и исследования акустооптического дефлектора на монокристаллах TeO_2 .— *Автометрия*, 1979, № 1.
3. Шелопут Д. В. Акустооптические модуляторы-расщепители.— *Автометрия*, 1981, № 1.

Поступило в редакцию 3 января 1984 г.

УДК 681.327.68 : 778.38

Б. В. ВАНЮШЕВ, Е. М. ОРЛОВ, В. А. ТАПРОВ
(Новосибирск)

УСТРОЙСТВО АУТОПОДСТРОЙКИ ЛУЧА

В голографических ЗУ (ГЗУ) надежность считывания цифровой информации в большой степени зависит от точности установки модуля памяти в узел считывания, температурного углового смещения луча лазера, температурной неустойчивости дефлектора и т. д.

Цель данной работы — разработка и создание устройства автоподстройки считывающего луча лазера для архивного ГЗУ [1].

Обратимся к схеме эквивалентной оптической системы ГЗУ, приведенной на рис. 1. Она содержит источник когерентного излучения I ; расширитель светового пучка 3 ; акустооптический дефлектор (АОД) 4 ; объектив L_3 , преобразующий угловое отклонение считывающего пучка в линейное; голографический модуль памяти 5 ; объектив восстановления изображений страниц данных L_4 и фотоприемную матрицу (ФМ) 6 . Адресация считывающего пучка на ту или иную голограмму осуществляется путем подачи на АОД управляющего напряжения с фиксированной частотой f_i .

Если лазер и дефлектор обладают стабильными и воспроизводимыми параметрами, то необходимая точность адресации к голограммам достигается путем подачи управляющего сигнала стабильной частоты на АОД. Реально лазер обладает неустойчивостью углового положения пучка $\Delta\alpha$, которая для лучших отечественных трубок коаксиальной конструкции достигает 10^{-4} рад (ЛГН-201, ЛГН-202, ЛГН-203). Для других типов лазеров эта величина не нормируется и может значительно превышать указанное значение. Неустойчивость угла отклонения АОД обусловлена в основном зависимостью скорости звука в светозвукопроводе от температуры. Поскольку угол