

Литература

1. МИ 1317-96. Результаты и характеристики погрешности измерений.. Москва, Издательство стандартов, 1986., 29 с.
2. Джилавдари И.З., Сидорик В.В. Физика в компьютерных моделях. Минск, Пион, 1998, 248 с.
3. Андерсен Г.Ю., Гусев О.К., Киреенко В.П., Зайтов Ф.А., Яржембицкий В.Б. Влияние условий измерений на аномальный эффект Холла в р-InAs. Физика и техника полупроводников. Т.25, вып.11, 1991, с.1999-2002.
4. Воробей Р.И., Гусев О.К., Киреенко В.П., Тявловский А.К., Тявловский К.Л., Яржембицкий В.Б. Определение типа и концентрации растворов электролитов на основе анализа потенциодинамических кривых. Вести БНТУ, 2003, №2, с.

УДК 621.383

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖК-МОДУЛЯТОРА В СХЕМЕ ОПТРОННОЙ СТРУКТУРЫ

Малаховская В.Э., Развин И.Ю.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В настоящее время в информационно-измерительных системах широко используются оптронные структуры с открытым (управляемым) оптическим каналом [1]. Эффективность работы таких систем, содержащих элементы на основе жидкокристаллических структур, определяется пропускной способностью и быстродействием ЖК-элементов. В данной работе приведены результаты построения и анализа физической модели оптронной структуры диодного типа с управляемым оптическим каналом (УОК), в которой в качестве модулирующих элементов применяются отдельные электрооптические жидкокристаллические (ЖК) слои. В качестве излучающих и фоточувствительных элементов используются соответственно светодиоды и фотодиоды.

1. В рамках выбранной нами физической модели (геометрическое приближение) проведем качественную оценку светопередачи в такой оптронной структуре. Принцип действия рассматриваемой схемы основан на двойном преобразовании сигнала. Входной электрический сигнал, характеризующийся параметрами $U_{вх}$ и $I_{вх}$, преобразуется источником излучения (ИИ) в световой поток Φ_1 . Световой поток Φ_1 передается по оптическому каналу (ОК)

к фотоприемнику (ФП), который осуществляет обратное преобразование светового сигнала в электрический (Увых, Jвых).

Определяющим параметром такой схемы, характеризующим ее передаточные свойства, является коэффициент передачи тока [1]:

$$K = \frac{J_{\text{вых}}}{J_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

Для выбранной модели с учетом геометрических параметров (размеры рабочих поверхностей светодиода (d_{cd}), фотодиода ($d_{\phi n}$) и расстояние между ними l) и коэффициента преломления оптической среды n_{oc} коэффициент светопередачи оптического канала определяется следующим выражением:

$$\theta_{\text{б}} = \theta_r + \theta_{\text{н}}, \quad (2)$$

где $\theta_{\text{н}} = f(n_{\text{н}})$ и $\theta_r = f(d_{\text{нб}}/d_{\text{тн}}, l)$ — параметры, определяемые характеристиками оптической среды и геометрией канала.

Тогда коэффициент передачи K можно записать:

$$K = \eta_{cd} \eta_{\phi n} \theta_{oc} \quad (3)$$

где $\eta_{\phi n}$ — квантовый выход фотоприёмника, η_{cd} — внешний квантовый выход светодиода.

Проанализируем полученное выражение (3). Во-первых, можно считать, что каждый фотон, достигнувший фотоприёмника, генерирует носитель фототока (это хорошо выполняется для ряда фотодиодов). Тогда полагаем $\eta_{\phi n} \approx 1$. Во-вторых, коэффициент светопередачи оптического канала θ_{oc} имеет две составляющие. В общем случае $\theta_r < 1$. Но при малых значениях l и $d_{\phi n}/d_{cd} > 3$ (эти условия соответствуют эксперименту) значение $\theta_r \rightarrow 1$. Коэффициент θ_{oc} определяет выигрыш в светопередачи ОК со средой с n_{oc} по сравнению со случаем воздушного промежутка между СД и ФП. В диапазоне значений n_{oc} : $1 < n_{oc} < 2$, величина $\theta_{oc} \rightarrow n_{oc}^2$. Учитывая сделанные приближения, соотношение (5) можно представить в виде

$$K_{\text{max}} \approx \eta_{\text{нб}} n_{\text{н}}^2 (1 + 1/n_{oc}^2), \quad (4)$$

2. Управление параметрами оптического канала в нашем случае осуществляется составным ЖК-модулятором, в котором имеется два отдельных ЖК-слоя, расположенных последовательно по ходу светового луча. Данные ЖК-слои работают в противофазном режиме. При подаче на электроды модулятора управляющего напряжения происходит изменение угла ориентации ЖК-молекул φ (направление директора ЖК), т.е. $\varphi = f(U)$, возникает переориентация ЖК-слоя в электрическом поле. С этим процессом связано изменение оптических характеристик ЖК-слоя: коэффициента преломления n и оптической анизотропии $\Delta n = n_e - n_o$ [2]. Расчет зависимостей n и Δn от величины управляющего напряжения U дает следующие решения:

$$n(U) = n_0 n_e \{ [n_0 \sin \varphi(U)] I + [n_0 \cos \varphi(U)]^2 \}^{-1/2}, \quad (5)$$

$$\Delta n(U) = n_0 \{ [\sin \varphi(U) + (n_0^2/n_e) \cos \varphi(U)]^{-1/2} - 1 \}, \quad (6)$$

Световой поток при прохождении через ЖК-слой приобретает разность фаз:

$$\delta = (2\pi/\lambda) * \int (n_e - n_0) dz = (2\pi/\lambda) * \int \Delta n(U) dz, \quad (7)$$

Таким образом, световой поток Φ^* , прошедший через модулятор, будет равен:

$$\Phi_0 (\sin I 2V) I \sin I (d_1/2) \sin I (d_2/2), \quad (8)$$

С учетом модуляционных характеристик ЖК-слоев коэффициент передачи исследуемой структуры описывается следующим выражением:

$$K = \eta_{\text{ср}} n_{\text{ср}} I (\sin^2 \beta)^2 (1 + 1/n_e^2) [\cos(\delta_1/2 - \delta_2/2) - \cos(\delta_2/2 + \delta/2)]^2$$

При выборе оптического материала для УОК необходимо учитывать следующие требования. Во-первых, изменение оптических параметров материала должно происходить при малых величинах управляющих сигналов. Во-вторых, необходимо, чтобы коэффициент корреляции спектральных характеристик излучателя, фотоприемника и УОК был близок к единице, а управляемая оптическая среда сохраняла заданные условия светопередачи в оптронной структуре.

3. В выполненных экспериментах использовались нематические ЖК. Исследования проводились на экспериментальных ЖК-ячейках «сэндвич»-геометрии, изготовление которых осуществлялось по обычной методике [2]. Толщина ЖК-слоев составляла 5–50 мкм. Начальная ориентация этих слоев формировалась методом натирания рабочих поверхностей подложек. В качестве электродов использовались прозрачные тонкие пленки ИТО. На базе этих ячеек изготовлялся ЖК-модулятор. Для формирования импульсов управления, подаваемых на электроды модулятора, применялись стандартные источники постоянного и переменного напряжения (Б5-47, Г5-54, Г3-18).

Характерной особенностью исследуемой структуры является бистабильный режим и существенное сокращение импульсов переключения. Временные характеристики зависят как от параметров ЖК-материала, так и от взаимной ориентации ЖК-слоев относительно друг друга. Получено расширение частотной полосы переключения исследуемой структуры до 5 кГц. Экспериментально установлена зависимость бистабильного режима переключения от частоты импульсов управления.

Литература

1. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. —М: Радио и связь, 1989. —280 с.
2. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. —М: Наука, 1978. -384 с.; Индикаторные устройства на жидких кристаллах. Под ред. Готры З.Ю. —М: Сов. Радио, 1980. —240 с.