

07; 12

© 1993

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПВМС
С ФОТОСЛОЕМ α -Si:H

Н.Л. И в а н о в а, Н.В. К а м а н и н а,
А.П. К о м а р о в, А.Н. Л у п а ч е в а,
В.В. Н и к и т и н, А.П. О н о х о в,
В.П. С а в и н о в

Интерес к применению пространственно-временных модуляторов света (ПВМС) на основе аморфного гидрогенизированного кремния (α -Si:H) постоянно растет, благодаря их высокому разрешению, чувствительности и быстродействию. В литературе приведены характеристики таких ПВМС с нематическим жидким кристаллом (НЖК) в качестве модулирующей среды [1-3]. В работе [1] указывалось, что структура α -Si:H-НЖК отвечает следующим параметрам: время переключения - 50-70 мс, пространственное разрешение - 35 мм^{-1} , чувствительность к белому свету - $2 \times 10^{-5} \text{ Вт/см}^2$. Авторам [2] удалось достичь времени включения прибора ~ 10 мс, однако разрешение составляло всего 25 мм^{-1} . В публикации [3] показано разрешение 120 мм^{-1} , но время включения достигает 200 мс.

В данной работе сообщаются экспериментальные данные по оптимизации режимов работы прибора, позволяющих существенно повысить быстродействие без потери в чувствительности и разрешении.

Исследовались образцы, представляющие собой многослойную структуру, заключенную между двумя стеклянными подложками диаметром 35 мм с прозрачными проводящими электродами, полученными методом лазерного напыления окиси индия с добавкой окиси олова. В качестве фоточувствительной среды использовался аморфный α -Si:H с темновым удельным сопротивлением $5 \cdot 10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Перепад удельного сопротивления при засветке белым светом составил 4 порядка при толщине слоя 1.5 мкм.

Электрооптическим слоем в ПВМС являлся нематический ЖК-1282 толщиной 2 мкм. Граничная с ЖК поверхность обрабатывалась способом косоугольного напыления в вакууме двуокиси церия толщиной 100 нм.

Для разделения световых потоков и исключения влияния считывающего излучения на фотослой использовалось диэлектрическое зеркало (ДЗ), введенное между слоями ФП и ЖК. Зеркало состояло из чередующихся слоев кремния и двуокиси кремния, что обеспечивало коэффициент отражения считывающего света 97% в спектральной области 400-700 нм.

Исследование основных характеристик ПВМС было проведено по проекционной методике [4]. В канале считывания стояла галогенная лампа, позволяющая изменять плотность мощности считывающего луча в плоскости прибора в пределах 10^{-7} – 10^{-9} Вт/см². ПВМС показал следующие характеристики: предельная чувствительность к белому свету – $5 \cdot 10^{-7}$ Вт/см² при контрасте 2:1, полный контраст 30:1 достигался при интенсивности записывающего излучения 10^{-5} Вт/см², прибор передавал 8 градаций яркости стандартного сенситометрического клина телевизионной испытательной таблицы. Отметим, что при увеличении плотности мощности считывающего луча до 10^{-9} Вт/см² происходило полное стирание созданной зарядовой картины вследствие недостаточной светоблокировки.

Исследование динамических характеристик ПВМС, а также его предельной разрешающей способности проводилось в частотной плоскости оптического фурье-спектроанализатора [5]. Запись изображения на ПВМС осуществлялась с помощью диапроектора со сменными светофильтрами, проецирующего тест-изображение амплитудной синусоидальной и прямоугольной решеток на фотослой в масштабе 1:1. Считывание проводилось когерентным линейно-поляризованным излучением He-Ne лазера ($\lambda = 0.63$ мкм), направленным строго перпендикулярно ПВМС, работающему в режиме амплитудной модуляции отраженного света. Для формирования фурье-спектра тест-изображения в установке использовался четырехлинзовый фурье-преобразующий объектив, оптимизированный для спектральной области 633 нм.

Измерения проводились при приложении к ПВМС импульсного напряжения питания с амплитудой (А) прямого импульса 30–40 В и амплитудой импульса обратной полярности 1–20 В при длительности (τ) от 0,5 до 40 мс. Частота следования импульсов такого комбинированного питания ($1/T$) изменялась фиксированно и составляла 2, 5, 10, 25, 30, 40 и 50 Гц.

Количественная оценка разрешения ПВМС проводилась по искажению спектра амплитудной прямоугольной решетки в частотной плоскости оптического фурье-анализатора. Результаты эксперимента приведены на рис. 1 и 2.

Установлено, что при малой частоте следования импульсов комбинированного питания (2–5 Гц) уверенно регистрируется 13-я гармоника основной пространственной частоты (при соотношении сигнал/шум в спектральной плоскости – не менее 6), что соответствует предельному разрешению прибора, оцениваемому в 130 мм^{-1} . При этом фотоотклик успевает практически полностью отрелаксировать к моменту прихода очередного импульса питания, так как сформированный зарядовый рельеф полностью рассасывается. Оценено время включения и выключения структуры при разных длительностях питающего напряжения. Оптимальное время включения в этих условиях составило 10 мс, выключения – 10–30 мс при длительностях импульса питания 20 мс.

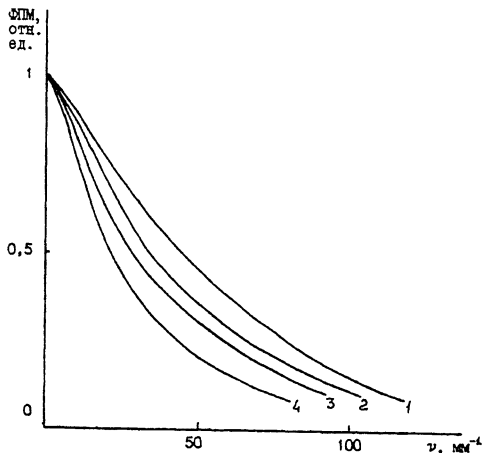


Рис. 1. Зависимость функции передачи модуляции от пространственной частоты. Кривые 1, 2 и 4 соответствуют комбинированному напряжению питания ПВМС: 1 - $(1/T) = 5$ Гц; 2 - $(1/T) = 10$ Гц; 4 - $(1/T) = 10$ Гц при скорости движения изображения 1 мм/с. Кривая 3 соответствует однополярному импульсному напряжению питания ПВМС: $(1/T) = 10$ Гц, $\tau = 20$ мс, $A = 30$ В.

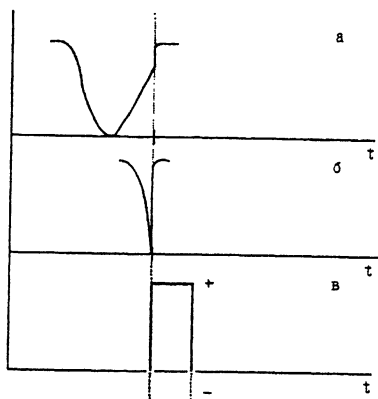


Рис. 2. Кинетика фотоотклика при разной частоте следования импульсов комбинированного питания. а - $(1/T) = 5$ Гц; б - $(1/T) = 20$ Гц; в - положительная амплитуда импульса напряжения питания ПВМС.

При увеличении частоты следования импульсов напряжения питания до 10 Гц и выше число регистрируемых порядков дифракции уменьшается до 5, разрешающая способность прибора снижается до 50 мм^{-1} . Однако в этом случае наблюдается существенное

снижение времени включения прибора до 5 мс. В данном режиме фотоотклик не успевает самостоятельно отрелаксировать в исходное состояние, очередной импульс питания вызывает принудительное выключение прибора. Прибор стабильно работает при частоте следования импульсов питания 40–50 Гц с разрешением 20 мм^{-1} . Отметим, что амплитуда импульса обратной полярности в этом режиме составляла 10 В при амплитуде импульса положительной полярности 30 В. Кинетика фотоотклика при разной частоте следования импульсов комбинированного питания представлена на рис. 2.

При смене режима питания с комбинированного на однополярное происходит снижение разрушающей способности (рис. 1, кривая 3) и увеличение времени включения фотоотклика до 15–20 мс. Одновременно увеличивается время релаксации фотоотклика.

Установлено, что принудительное рассасывание заряда на границе раздела слоев за счет введения комбинированного питания ПВМС обеспечивает малые времена переходного процесса фотоотклика модулятора света при равномерно движущемся изображении, что проявляется в незначительном снижении функции передачи модуляции (ФПМ) прибора при подвижном изображении. Так, при движении изображения со скоростью $V = 1 \text{ мм/с}$ глубина модуляции на пространственной частоте 10 мм^{-1} уменьшается на 8% (рис. 1, кривая 4), разрешение ПВМС по уровню 0.1 составляет 60 мм^{-1} . Увеличение скорости V в три раза приводит к спаду ФПМ до 0.35 от первоначального значения.

Таким образом, показано, что применение комбинированного питания структуры $\alpha\text{-Si:H} - \text{ДЗ} - \text{НЖК}$ существенно улучшает ее быстродействие с сохранением высокого разрешения.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать данный прибор для применения в системах отображения и обработки телевизионной информации в реальном масштабе времени.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Ashley P.R., Davis J.H. // Appl. Opt. 1987. V. 26. N 2. P. 241–246.
- [2] Sonohara T. // Jap. J. of Appl. Phys. 1990. V. 29. N 7. P. L1231–L1234.
- [3] Думаревский Ю.Д., Захарова Т.В., Ковтонюк Н.Ф. и др. // Опт.-мех. пром. 1989. № 12. С. 9–11.
- [4] Васильев А.А., Касасент Д., Компанец И.Н., Парфенов А.В. Пространственные модуляторы света. М.: Радио и связь. 1987. 320 с.
- [5] Применение метода фурье-оптики / Под ред. Г. Старка. М.: Радио и связь. 1988. 535 с.

Поступило в Редакцию
12 марта 1993 г.