

07;12
©1995

РЕВЕРСИВНАЯ ЗАПИСЬ ГОЛОГРАММ НА СТРУКТУРАХ ТИПА АМОРФНЫЙ ГИДРОГЕНЕЗИРОВАННЫЙ КРЕМНИЙ – ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ

А.Н. Чайка, Н.Л. Иванова, А.П. Онохов, Э.А. Нефедьева

Структуры типа фотополупроводник — жидкий кристалл (ФП–ЖК), обладающие высокой чувствительностью и разрешением при сравнительно небольшой величине возбуждающего напряжения, получили широкое распространение при создании оптически управляемых пространственно-временных модуляторов света (ПВМС) для устройств оптической обработки информации. Среди целого ряда таких структур следует особо выделить слои на основе гидрогенизированного аморфного кремния (α -Si:H–ЖК), обладающие высоким быстродействием при сохранении на должном уровне остальных параметров [1–3]. Основное назначение модуляторов на таких структурах — ввод изображений в когерентные оптические процессоры в режиме реального времени. Разработка архитектур современных процессоров и оптических нейронных сетей выдвинула задачу создания высокоскоростных модуляторов, позволяющих осуществлять реверсивную голографическую запись информации. Оптимизация параметров структур с фотослоем α -Si:H позволила авторам работы обеспечить необходимое разрешение и осуществить запись и считывание голограмм в реальном масштабе времени.

Образцы ПВМС представляли собой многослойную сэндвич-структуру, заключенную между двумя стеклянными подложками. Прозрачными электродами служили слои из окислов индия и олова, полученные методом лазерного испарения. В качестве фоточувствительного слоя использовался *pin*-диод из α -Si:H. Толщина собственного *i*-слоя составляла 1.5 мкм, *p*- и *n*-слои — по 0.2 мкм соответственно. Темновое сопротивление структуры в запертом направлении составляло 10^{11} Ом·см. Ориентантом служили косонапыленные слои двуокиси церия. Толщина слоя жидкого кристалла задавалась диэлектрическими прокладками и составляла обычно 2 мкм. В качестве модулирующей среды использовался нематический жидкий кристалл ЖК-1282 ($\Delta\epsilon = 9.9$; $\Delta\eta = 0.164$). Модуляция считывающего излучения осуществлялась за счет электрооптического

твист-эффекта. Питание модулятора осуществлялось прямоугольными импульсами с амплитудой 30–50 В. Частота следования импульсов менялась от 5 до 50 Гц, а длительность — в пределах от 5 до 25 мс.

Максимум спектральной чувствительности структуры α -Si:H-ЖК находится вблизи длины волны излучения He-Ne лазера ($\lambda = 0.633$ мкм), удобного для практических применений и часто используемого для построения систем оптической обработки информации в качестве источника когерентного излучения. Считывание в режиме “на просвет” осуществлялось непрерывным ИК излучением инжекционного полупроводникового лазера ($\lambda = 0.845$ мкм) в области сильного спада спектральной чувствительности α -Si:H.

Для исследования структур α -Si:H-ЖК по голографической методике с помощью He-Ne лазера на границе раздела ФП-ЖК формировалась картина интерференции двух плоских волновых фронтов. Интенсивности предметного и опорного пучков были одинаковы. Исследовалась зависимость поведения дифракционной эффективности в первом порядке дифракции от интенсивности записывающего излучения, пространственной частоты формируемой голографической решетки, а также от режимов питающего напряжения. На рис. 1 представлена зависимость дифракционной эффективности от интенсивности записывающего (предметного) пуч-

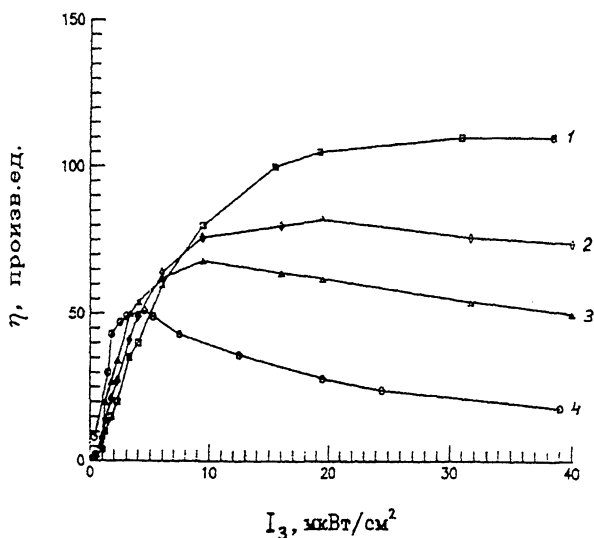


Рис. 1. Зависимость дифракционной эффективности голограмм на структуре α -Si:H-ЖК от интенсивности записывающего потока I_3 при различных амплитудах напряжения питания структуры U (пространственная частота $\nu_0 = 35$ мм⁻¹). 1 — $U = 55$ В, 2 — $U = 40$ В, 3 — $U = 30$ В, 4 — $U = 20$ В.

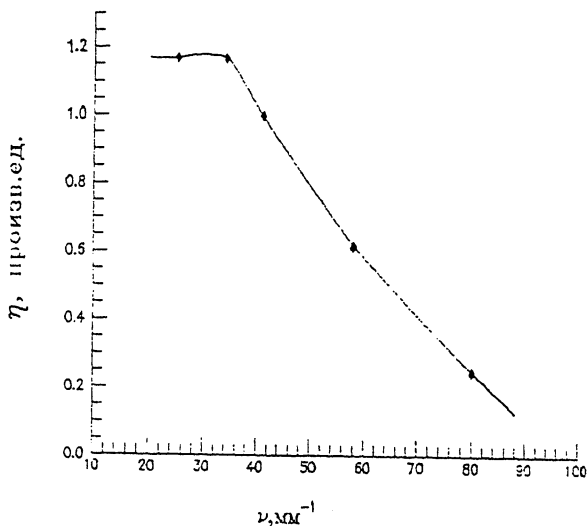


Рис. 2. Зависимость дифракционной эффективности от пространственной частоты голограмм на структуре α -Si:H-ЖК (амплитуда напряжения питания — 50 В).

ка при различных амплитудах питающего напряжения. По этим кривым можно судить о чувствительности структур α -Si:H-ЖК по критерию достижения максимальной дифракционной эффективности. Чувствительность, в зависимости от выбранного режима питания, лежит в диапазоне от 10^{-5} до $5 \cdot 10^{-5}$ Вт/см².

О разрешающей способности исследуемых структур можно судить из рис. 2, на котором представлена зависимость дифракционной эффективности от пространственной частоты регистрируемых голограмм. Для ряда задач оптической обработки информации, таких как запись голографических фильтров в корреляторах совместного преобразования, требуется разрешение порядка нескольких десятков пар линий/мм. Оптимизация соотношения толщин слоев ФП и ЖК позволила при достаточно высокой дифракционной эффективности (до 7%) получить необходимое разрешение.

О быстродействии структур α -Si:H-ЖК можно судить по рис. 3, где представлена зависимость дифракционной эффективности от частоты следования импульсов питающего напряжения. Высокое быстродействие достигается благодаря использованию *rip*-структуры ФП. Реверсивность записи голограмм обеспечивается стирающим воздействием импульса питания. Полное стирание предыдущей голограммы достигается во всем диапазоне частот от 5 до 50 Гц.

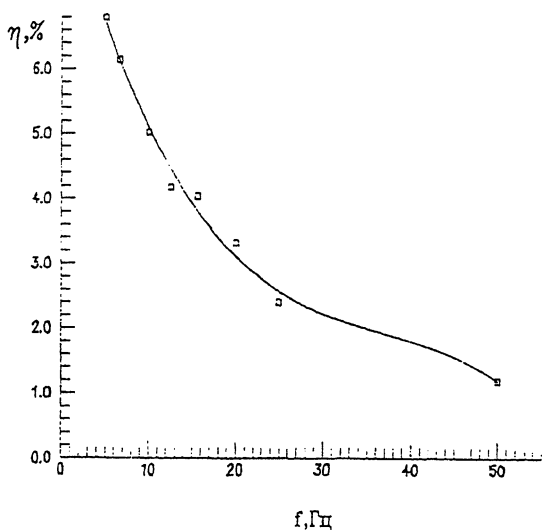


Рис. 3. Зависимость дифракционной эффективности голограмм от частоты питающего структуру α -Si:H-ЖК напряжения (пространственная частота $\nu_0 = 43 \text{ мм}^{-1}$, амплитуда питающего напряжения — 50 В).

Приведенные параметры структуры α -Si:H-ЖК получены при величине считывающего потока $I_R = 1.5 \times 10^{-3} \text{ Вт/см}^2$. При этом регистрация отклика может быть осуществлена с помощью современных телевизионных камер на ПЗС-матрицах, обладающих необходимой чувствительностью в ближнем ИК-диапазоне. Близкие по значениям параметры могут быть получены при использовании в качестве считывающего потока излучения He-Ne лазера, но величину считывающего потока при этом необходимо уменьшить на 4 порядка (до 10^{-7} Вт/см^2), для того чтобы сгладить влияние считывания на процесс записи голограмм. В этом случае требуются и более высокочувствительные регистрационные устройства.

Также следует отметить, что добиться увеличения чувствительности структуры к записываемому излучению на порядок с сохранением величины максимальной дифракционной эффективности можно путем уменьшения величины считывающего ИК-потока приблизительно в 10 раз.

Совокупность параметров, которыми обладает описанная в работе структура α -Si:H-ЖК, открывает возможность использования ее в устройствах оптической обработки информации в качестве быстродействующей реверсивной регистрирующей среды для записи голограмм в диа-

пазоне пространственных частот до 100 мм^{-1} . Например, эта структура может быть использована для записи голографических Фурье-фильтров в корреляторах совместно-го преобразования с обработкой в темпе телевизионного стандарта (25 Гц). Высокая чувствительность структуры $\alpha\text{-Si:H-ЖК}$ на длине волны 0.633 мкм позволит применять при создании архитектур когерентных оптических процессоров и нейронных сетей сравнительно маломощные малогабаритные He-Ne лазеры, а достигнутая на структуре дифракционная эффективность в сочетании с низкой чувствительностью к считываемому излучению позволит применять малогабаритные ИК лазерные диоды и компактные телекамеры.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (95-02-05892-а).

Список литературы

- [1] Ashley P.R., Davis J.H. // Appl. Opt. 1988. V. 27. N 9. P. 1797-1802.
- [2] Johnson K.M., Mao C.C. // Opt. Lett. 1990. V. 15. N 20. P. 1114-1116.
- [3] Иванова Н.Л., Никитин В.В., Онохов А.П. // Оптический журнал. 1993. № 7. С. 45-49.

Всероссийский научный центр
"Государственный оптический
институт им. С.И. Вавилова"
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
13 июля 1995 г.

