

06.2; 06.3; 07

© 1993

БЫСТРЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДЫ НА ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ- НЕЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ КРИСТАЛЛ ($CdTe - \alpha-Si$)

П.Г. К а ш е р и н и н о в, А.В. К и ч а е в,
С.Л. К у з ь м и н, М.М. М е з д р о г и н а,
И.Д. Я р о ш е ц к и й

В работе описывается новый принцип записи оптической информации в виде профиля электрического поля, обусловленного зарядом свободных фотоносителей, и реализованные на его основе новые быстрые нелинейные оптические среды – высокоомные полупроводниковые гетероструктуры электрооптический–неэлектрооптический кристалл ($CdTe - \alpha-Si$).

Принцип записи оптической информации базируется на обнаруженном авторами эффекте фотоиндуцированной пространственной перестройки электрического поля в структурах на высокоомных (полупроводниковых) кристаллах. Первоначально этот эффект был обнаружен в МПМ структурах на „чистых“ кристаллах $CdTe$ и объяснен наличием поверхностных барьеров для носителей тока типа туннельно прозрачных диэлектрических окисных слоев (ТД) на поверхности полупроводника [1]. Было показано, что реальные МПМ структуры на таких кристаллах представляют собой структуры типа М (ТД) П (ТД) М и наблюдаемый эффект обусловлен особенностями прохождения фототока через контактные барьеры, сопровождающееся аккумуляцией заряда свободных фотоносителей в приэлектродных областях. Далее было экспериментально показано [2], что изменение распределения электрического поля под действием света также имеет место при наличии только одного туннельного контакта, например, в структурах типа п-р (ТД) М при освещении со стороны обратного смещенного п-р перехода. При засветке p-слоя наблюдалось уменьшение напряженности электрического поля в ООЗ перехода практически до нуля и увеличение напряженности поля в области базы у туннельного контакта. При таком перераспределении поля все напряжение смещения (V_0) оставалось приложенным к полупроводниковому кристаллу толщиной L , т.е. $\int_0^L E(x) dx = V_0$.

При локальном освещении поверхности п-р перехода изменение распределения поля в кристалле наблюдалось только под освещаемыми участками его поверхности. Время перестройки поля при включении и выключении освещения было соизмеримо с временем пролета носителей в кристалле [3].

Представляется весьма перспективным заменить в такой структуре полупроводниковый монокристалл высокоомной гетерострукту-

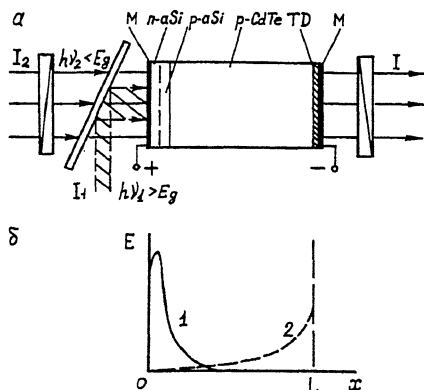


Рис. 1. Оптическая запись информации на п-р (ТД)М структуре, а - схема эксперимента, б - распределение напряженности электрического поля в структуре: 1 - в отсутствие записывающего света ($I_1 = 0$), 2 - при освещении ($I_1 > 0$).

рой: электрооптический-неэлектрооптический слой с прозрачной для носителей тока границей раздела между ними, для того чтобы с помощью освещения перемещать электрическое поле из одного слоя в другой. Тогда структура может быть использована как быстрая нелинейная оптическая среда, работающая на продольном электрооптическом эффекте.

Такие гетероструктуры удалось реализовать на системе теллурид кадмия - аморфный кремний ($CdTe-\alpha-Si$) (рис. 1, а). Слой высокоомного $\alpha-Si$ толщиной 1-3 мкм наносился методом плазменного напыления на одну из поверхностей плоскопараллельной пластины $p-CdTe$ (6x7x2,5 мм), вырезанной из слитка перпендикулярно кристаллографическому направлению $[100]$. Были реализованы гетероструктуры с п-р переходом как в $CdTe$, так и в слое $\alpha-Si$. п-р переход в $\alpha-Si$ создавался послойным напылением изолирующего слоя и слоя п-типа. На поверхность гетероструктуры, со стороны противоположной п-р, переходу наносился прозрачный металлический электрод.

Вольт-амперная характеристика полученных структур имела ярко выраженную зависимость от полярности приложенного напряжения. Освещение собственным светом со стороны п-р перехода сопровождалось протеканием сквозного фототока.

С помощью методики, основанной на измерении величины поперечного электрооптического эффекта [3], было установлено, что электрическое поле во всех исследованных образцах в отсутствие освещения находилось в ООЗ обратно смещенного п-р перехода; под действием света область сильного поля смещалась к туннельному контакту базовой области (рис. 1, б) за время $t = (3-5) \times 10^{-5}$ с.

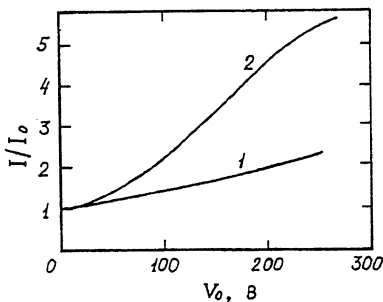


Рис. 2. Зависимость интенсивности считывающего светового потока на выходе системы поляризатор–структура–анализатор от напряжения смещения (где I_0 – фоновый сигнал при $V_0 = 0$) при различной интенсивности записывающего света I_1 : 1 – 0, 2 – 1.5 мВт/см².

Изучалась возможность использования структуры такого типа в качестве оптической среды для записи оптической информации и ее считывания с помощью продольного электрооптического эффекта. Для этого структура с п–р переходом в слое $\alpha\text{-Si}$ размещалась между скрещенными поляризаторами и освещалась со стороны п–р перехода одновременно записывающим светом ($\lambda_1 = 0.45\text{--}0.6$ мкм, $I_1 = 1.5$ мВт/см²) и проходящим считывающим светом ($\lambda_2 = 1.3$ мкм) (рис. 1, а). Напряжение изменялось в диапазоне $V_0 = 0\text{--}300$ В.

На рис. 2 представлены электрооптические характеристики исследованной структуры. Видно (рис. 2 (1)), что в отсутствие записывающего светового потока величина оптического сигнала на выходе слабо растет с ростом приложенного напряжения. Это свидетельствует о том, что не все приложенное напряжение падает на неэлектрооптическом слое $\alpha\text{-Si}$, и с увеличением V_0 увеличивается падение напряжения на электрооптическом кристалле CdTe . При освещении структуры записывающим светом постоянной интенсивности величина сигнала на выходе структуры увеличивается с ростом приложенного напряжения (рис. 2 (2)), что связано с перераспределением электрического поля между электрооптическим (CdTe) и неэлектрооптическим ($\alpha\text{-Si}$) слоями.

Максимальный контраст изображения (отношение сигналов на выходе при освещении управляющим светом и при его отсутствии) составлял $K = 2.1$, наблюдался при $V_0 = 200$ В. Пространственное разрешение составляло 3–5 лин/мм. При освещении структуры прямоугольным импульсом управляющего света импульс проходящего света на выходе имел передний фронт 40 мкс, задний фронт 100 мкс.

Таким образом, благодаря уникальному сочетанию свойств рассмотренной гетероструктуры (наличие проникаемой для носителей гетерограницы и туннельного контакта на высокоомном электрооптическом кристалле) показана возможность существенного повы-

шения скорости записи и считывания оптической информации по сравнению с существующими двухслойными средами типа МДП-ЖК, ФП-ЖК, быстродействие которых принципиально ограничено (ν (10^3 цикл/с [4]) из-за наличия непроходимой для носителей границы раздела между слоями.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К а ш е р и н и н о в П.Г. // ФТП. 1981. Т. 15. № 10. С. 1888-1893.
- [2] К а ш е р и н и н о в П.Г., К и ч а е в А.В. П е р е п е л и ц ы н Ю.Н., Х а р ц и е в В.Е., Я р о ш е ц к и й И.Д. // Сборник трудов 11 конференции „Оптические сети связи“ 1991. С. 64-67.
- [3] К а ш е р и н и н о в П.Г., К и ч а е в А.В. П е р е п е л и ц ы н Ю.Н., Х а р ц и е в В.Е., Я р о ш е ц к и й И.Д. // Препринт ФТИ - 1570. 1991. 62 с.
- [4] В а с и л ь е в А.А., К а с а с е н т Д., К о м п а н е ц И.Н., П а р ф е н о в А.В. Пространственные модуляторы света. М.: Радио и связь, 1987. 320 с.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию
14 апреля 1993 г.