

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Манукян Г. А., Ставкин М. Г. О распределении долговечностей при построении кривых коррозионной усталости // Теория и конструирование машин: Межвуз. тем. сб. науч. тр. по маш.—Ереван, 1989.—С. 109—114.
2. Ставкин М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник.—М.: Машиностроение, 1985.—232 с.
3. Ставкин М. Г., Манукян Г. А. О форме кривой коррозионной усталости при сложном нагружении // Изв. АН АрмССР, Сер. ТН—1989—Т. 42, № 5.—С. 213—218.
4. Олейник Н. В., Ставкин М. Г., Оганесян Л. Г. Вероятностная оценка параметров режима нагружения валов // Надежность и долговечность машин и сооружений: Росси. междунар. сб. науч. тр.—Киев, 1989.—Вып. 16.—С. 46—55.
5. Свободный Н. А., Лидчак Е. В. Методика испытания металлов на выносливость при циклическом изгибе и пульсирующем кручении // Забол. заб.—1983.—Т. 49, № 6.—С. 81—83.
6. Minoshima K., Okubo A., Komai K. Crack Initiation behavior of cyclic SCS under bending and torsional loads in high-strength steel // J. Soc. Mater. Sci., Jap.—1988.—57, № 417.—P. 670—675.
7. Расчетная оценка сопротивления усталости валов при совместном изгибе и кручении в воздухе и коррозионных средах /М. Г. Ставкин, Л. Г. Оганесян, Г. А. Манукян и др. // Тез. докл. III Всесоюз. симп. «Прочность материалов и элементов конструкции при сложном напряженном состоянии», Житомир, 24—26 окт. 1989 г.—Киев, 1989. Ч. 2—С. 51—52.
8. Ставкин М. Г., Манукян Г. А. Вероятностная оценка сопротивления усталости деталей, работающих в коррозионных средах // Теория и конструирование машин: Межвуз. тем. сб. науч. тр. по машин.—Ереван, 1986.—С. 21—25.

ЕрПИ им. К. Маркса

20 XI 1989

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 4, 1990, с. 168—173

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.315.592

В. Е. АРУТЮНЯН

### ИНДУЦИРОВАННЫЙ СВЕТОМ ПОВОРОТ ОПТИЧЕСКОЙ ИНДИКАТРИСЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛЕ СЕЛЕНИДА ЦИНКА

Экспериментально исследовано влияние мощности излучения подсветки и напряжения смещения на поворот и деформацию оптической индикатрисы показателей преломления в высокочистом кубическом монокристалле селенида цинка. Показано, что ответственными за фотоэлектрооптический эффект в высокочистом кубическом  $ZnSe$  являются мелкие уровни, расположенные на различной глубине в лазерной зоне полупроводника. При подсветке излучением, приходящемся в область собственного поглощения, высвобождаемые носители сильно влияют на электрооптические параметры исследуемого образца. Концентрация этих уровней определяет степень и знак деформации и поворота оптической индикатрисы показателей преломления, что может быть использовано при разработке электрооптических модуляторов на основе монокристаллов селенида цинка в системах связи, лазерной локации и др.

Ил. 3, Библ.погр., 4 назв.

Փարևակաևերն Էևտազոսոված է լույսի ճառագայթման հզորության և սեղաշարժի արվարձանի ազդեցությունը բնկման ցուծիների օպտիկական ինդիկատորիս շրջադարձի և դեֆորմացիայի մրա ցիկի սկիներդի բարձրօճմային խորանարդային մոնորյուրեղում: Եույց է տրրված, որ բարձրօճմային խորանարդային ֆոտոէլեկտրաօպտիկական երևույթի առաջացման նաևար պատասխանատու են կիսահաղորդի արդելված գոտու տարրեր խորոթյուններում տեղադրված ցածր մակարդակները: Անփական կլանման շրջանի ճառագայթմամբ լուսավորման դեպում ազատված կրոցները աղղում են Էևտազոսովոդ փորձանմուշի էլեկտրաօպտիկական դարմետերի վրա: Այդ մակարդակների ճամակներուեսումը որղում է բնկման ցուցիչների սթիկական ինդիկատորիս դեֆորմացիայի ու շրջադարձի աստիճանը և հշանը, որը կարող է սզաադրծվել ցիկի սկներդի մոնորյուրեղների հիմքով կապի ճամակարղերում: Լոգերային սկզբրջման և այլ դեպրերում էլեկտրաօպտիկական մոդուլարարձերի կախաղծման մամանակ:

В работе [1] сообщалось об исследовании в монокристалле селенида цинка влияния на оптические свойства индуцированной светом оптической анизотропии. Было установлено, что неоднородное освещение различных областей кристалла вызывает различные по знаку приращения электрооптических параметров.

В данной работе приводятся результаты исследования влияния мощности излучения подсветки и напряжения смещения (за поворот и деформацию оптической индикатрисы показателей преломления в высокоомном кубическом монокристалле селенида цинка. В основе экспериментов использовался известный динамический поляризационно-оптический метод [2]. Блок-схема установки представлена на рис. 1. Излучение He—Ne-лазера с длиной волны  $\lambda = 0,6328$  мкм проходит через поляризатор  $P_1$ , диафрагму  $D$ , линзу  $L_1$ , удерживаемый в электрическом поле от источника постоянного напряжения ИПП фазосдвигающий элемент МФЭ, исследуемый кристалл селенида цинка, анализатор  $A$ , светофильтр марки КС-11 и линзой  $L_2$  фокусируется на чувствительную площадку фотоприемника ФП. Сигнал полезного регистрируется селективным микровольтметром СВ-типа М2-8, выход которого подключен к сигнальному входу синхронного детектора СД типа В9-2. Анализатор установки снабжен верньерным устройством с оптоэлектронным счетчиком и блоком автоматической цифровой индикации угла поворота с точностью  $0,1^\circ$ . Для подсветки кристалла не использовалось излучение аргонового лазера типа ЛГ-106М с длиной волны  $\lambda = 0,488$  мкм, которое системой зеркал  $Z_1$  и  $Z_2$  фокусировалось на входную торцовую грань исследуемого кристалла и могло сканироваться с помощью юстировочного механизма. Кроме того, излучение подсветки может ослабляться с помощью поляризатора  $P_2$  и прерываться механическим модулятором  $M$  с регулируемой частотой вращения вала электродвигателя. Контроль частоты модуляции в диапазоне 20—4000 Гц производился электронным частотомером Ч типа ЧЗ-32 по сигналу оптопары, установленной напротив прорезей диска модулятора. Мощность излучения подсветки при необходимости контролировалась измерителем мощности лазерного излучения ИМ типа ИМО-2. На исследуемый образец помимо постоянного напряжения амплитудой до 1000 В от источника ИПП через развязывающее устройство РВ подавалось переменное напряжение амплитудой до 60 В с выхода генератора ГПН типа ГЗ-34.

Подсветка аргоновым лазером вызвала изменение электрооптических свойств кристалла  $ZnSe$ , и излучение  $He-Ne$ -лазера оказывалось промодулированным с частотой модуляции излучения подсветки. Сигнал, пропорциональный амплитуде этой модуляции  $U_{дэсп}$ , в дальнейшем называется сигналом фотоэлектрооптического эффекта (ФЭОП-эффекта). В ходе экспериментов использовался высокоомный кубический монокристалл селенида цинка в виде прямоугольного бруска размерами  $1,0 \times 1,2 \times 6,5$  мм<sup>3</sup>. Зондирующее излучение распространялось вдоль направления  $[110]$ , а электрическое поле было приложено вдоль направления  $[001]$ , поскольку в этой схеме достигается максимальная разность сдвига по фазе между обыкновенным и необыкновенным лучами [2].

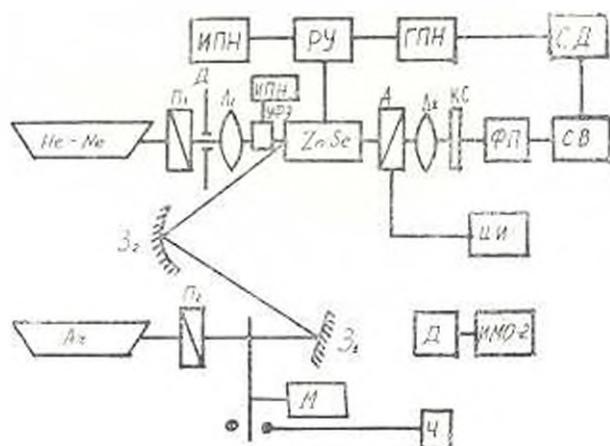


Рис. 1. Схема установки.

Как известно, пропускание системы «поляризатор — электрооптический кристалл — анализатор» описывается выражением [2]

$$\Phi = \cos^2(\beta - \alpha) - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2(\Gamma/2), \quad (1)$$

где  $\alpha$  — угол между главной плоскостью поляризатора и одной из наведенных электрическим полем осей оптической индикатрисы показателей преломления,  $\beta$  — угол между этой же осью и главной плоскостью анализатора,  $\Gamma = 2\pi l \Delta n$  — разность фаз между ортогональными компонентами излучения, проходящего через кристалл,  $l$  — длина кристалла,  $\Delta n$  — приращение главных осей сечения оптической индикатрисы. Для получения амплитудной модуляции обычно выбирают  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 135^\circ$  и тогда  $\Phi = \sin^2(\Gamma/2)$ . Если же  $\alpha = 45^\circ$ , а  $\beta = 90^\circ$ , то  $\Phi = 0,5$  и электрооптическая модуляция становится невозможной. В этом случае, если при подсветке оптическая индикатриса показателей преломления поворачивается на угол  $\xi$ , то  $\alpha = 45^\circ + \xi$  и  $\beta = 90^\circ + \xi$ . После простых преобразований выражения (1) получаем

$$\Phi = 0,5 |1 + \sin 4\xi \cdot \sin^2(\Gamma/2)|. \quad (2)$$

Из (2) легко получить аналитическое выражение для оценки угла поворота наведенных осей оптической индикатрисы

$$\xi = 0,25 \arcsin [(2P - 1) \sin^2 (\Gamma/2)]. \quad (3)$$

Ранее было установлено, что различным по знаку приращениям электрооптических параметров соответствуют различные по направлению повороты оптической индикатрисы [3]. Будем считать поворот положительным, если он происходит по часовой стрелке (если смотреть

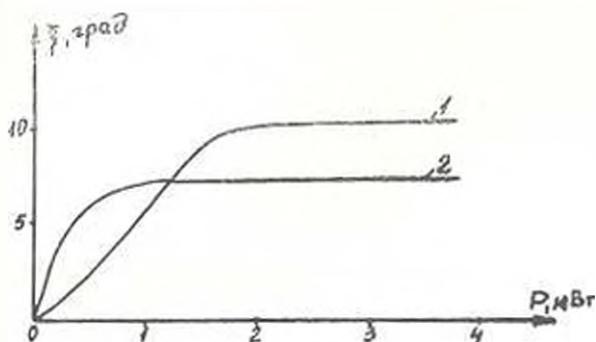


Рис. 2. Зависимость фотоиндуцированного поворота главных осей сечения оптической индикатрисы показателей преломления от мощности излучения подсветки: кривая 1 — поворот по часовой стрелке при подсветке в «+» точку, кривая 2 — поворот против часовой стрелки при подсветке в «-» точку.

навстречу лучу), и отрицательным, если наоборот. Кривые 1 и 2 (рис. 2) получены при непрерывной подсветке излучением аргонового лазера в присутствии постоянного напряжения смещения  $U_{см} = 300 В$  и синусоидального напряжения с амплитудой  $U_{ам} = 50 В$  на частоте  $f = 200 Гц$ . Ход кривых  $\xi = f(P)$  напоминает зависимость фотоиндуцированного приращения показателя преломления от мощности излучения подсветки  $\delta(\Delta n) = f(P)$ , рассмотренной в [1], т. е. поворот оптической индикатрисы определяет величину  $\delta(\Delta n)$  и ее зависимость от мощности  $P$ . Симметрия кристалла селенида цинка исключает возможность явления фотоактивности, поэтому одновременное воздействие электрического поля и излучения подсветки приводит к локальному нарушению симметрии кристалла. Одной из причин такого возмущения может служить деформация решетки вблизи возбужденного центра, рассмотренная в [3]. В процессе поиска характеристических точек фотоэлектрооптического эффекта освещаются различные участки кристалла. Высвобожденные светом носители из возбужденного центра изменяют эффективный радиус взаимодействия этого центра с кристаллической решеткой. В результате, решетка деформируется с соответствующим локальным нарушением симметрии кристалла. При подсветке в «+» точке происходит локальное сжатие, а в «-» точке — локальное растяжение кристаллической решетки.

Из сравнения кривых на рис. 2 видно, что положительный поворот и мощность точки насыщения больше по величине отрицательного поворота главных осей и мощности насыщения ( $\sim 4$  раза). Если предположить, что различные по знаку повороты осей связаны с возбуждением различных типов центров (обозначим их для удобства «+» центры для положительного поворота, а для отрицательного — «-» центры), тогда концентрация «+» центров значительно больше концентрации «-» центров. Воздействие различных типов центров на величину

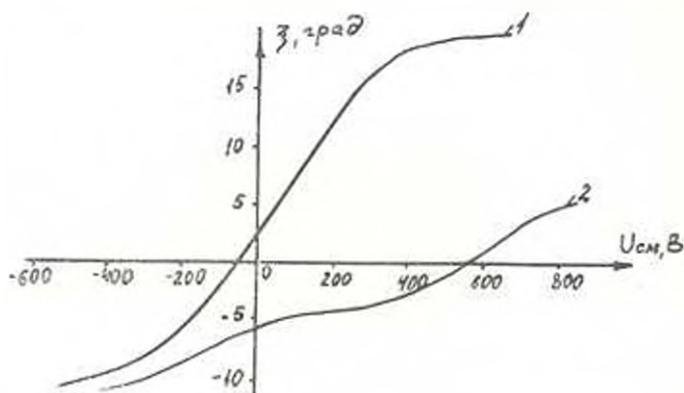


Рис. 3. Зависимость фотоиндуцированного поворота главных осей фотоиндикатрисы от напряжения смещения на кристалле: кривая 1 — при подсветке в «+» точку, кривая 2 — при подсветке в «-» точку

сигналы фотоэлектрооптической модуляции подтверждают результаты измерения инерционности эффекта (в «+» точке  $\tau = 2,3 \cdot 10^{-3}$  с, а для «-» точки  $\tau = 10^{-3}$  с). Для исследования зависимости оптической индикатрисы показателей преломления от величины электрического поля на образец подавалось постоянное напряжение смещения различной амплитуды. На рис. 3 приведены кривые зависимости  $\xi = f(U_{см})$ . В исходном состоянии  $U_{см} = 0$ , кривая 1 соответствует положительному, а кривая 2 — отрицательному повороту индикатрисы. Мощность излучения подсветки в эксперименте поддерживалась постоянной и равной  $10^{-3}$  Вт. Обе кривые асимметричны относительно начала координат и входят в режим насыщения. Асимметрия кривых связана с различной концентрацией возбужденных центров обоих типов, а на линейном участке  $\xi$  не зависит от амплитуды синусоидального напряжения, приложенного к кристаллу Zn Se, что наблюдалось и в [4]. Наличие области насыщения указывает на то, что в системе «кристалл — электрическое поле» наступило равновесие. В рамках предполагаемой деформационной модели ФЭОП-эффекта этот факт приобретает вполне конкретный физический смысл: решетка растягивается или сжимается до определенной величины. Поскольку концентрация «+» центров больше, то соответствующий максимально достижимый поворот значительно больше. Крутизна характеристики (кривая 1) на линейном участке также больше. Так как «-» центров меньше, то и крутизна соответствующей

характеристики (кривая 2) меньше, а напряжение, при котором наступает насыщение, больше в два раза. При подаче отрицательного напряжения смещения на кристалл обе кривые также входят в насыщение при различных напряжениях, но при равных углах  $\xi \approx 8^\circ$ .

Ответственными за фотоэлектроннооптический эффект в высокоомном кубическом монокристалле селенида цинка являются мелкие уровни, расположенные в запрещенной зоне полупроводника на различной глубине. При подсветке кристалла излучением, приходящимся в область собственного поглощения, высвобожденные носители сильно влияют на электрические параметры исследуемого образца. Концентрация этих уровней определяет степень и знак деформации и поворота оптической выдатрицы показателей преломления кристалла, что может быть использовано при разработке электрооптических модуляторов на основе селенида цинка в системах связи, лазерной локации и др.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян В. Е. и др. Эффект фотоиндуцированного двулучепреломления в кристаллах GaP и ZnSe // Тр. Всес. конф. по физике полупроводников.— Баку: Изд-во «Эдм», 1982. — Т. 2. — С. 58—59.
2. Сокин А. С., Вислювская А. С. Электрооптические кристаллы.— М.: Атомиздат, 1971.— 328 с.
3. Саломе Э. Ю. и др. Фотоиндуцированные изменения приращения показателя преломления в полупроводнике GaAs(Cr) // Докл. АН АзССР.— 1986. — Т. 42, в. 4.— С. 16—18.
4. Акопян Р. М. и др. Оптическая амплитудная подмодуляция составной АЗВ. Модулированная пространственно-загорской в ФТП — 1986.— Т. 20, № 8.— С. 1438—1443.

НТО ИРФЭ г. Степанакерте

20, IV, 1990

Изв. АН АрмССР (сер. ТН) т. XLIII, № 1, 1990, с. 173—177

### РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.3.049

В. М. АРУТЮНЯН, А. А. КАРАГЕЗОВ

## К АНАЛИЗУ НЕОДНОРОДНОСТИ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МАТРИЧНЫХ ФОТОПРИЕМНЫХ ПРИБОРОВ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

Исследуется неоднородность фоточувствительности поверхности матричных фотоприемников на приборах с зарядовой связью. Проанализированы ошибки, обусловленные указанным фактором при приеме оптического сигнала. Приведены экспериментальные результаты для матриц типа А1012.

Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

Հետազոտված է լիցքաչիվ կապով ֆոտոսնդուկներում մակերևութի ֆոտոզգայունության ցրտաբաշխման և անհամասեռության և նշված փաստով ստեղծվող սխալները ռադիոէլեկտրոնային սարքերի ընդունման ժամանակ: 1942 արտիք ստորիդանների համար բերված էլ փորձարարական արդյունքներ: