

нена с отражающим полом, векторная диаграмма строится для пяти поверхностей (четырех стен и потолка). Определяется результирующая этих векторов Σ и вычисляется его действительная часть (проекция результирующего вектора на действительную ось). Полученная величина суммируется с единицей и логарифмируется, т. е. при помощи векторных диаграмм значительно упрощается учет фазовых соотношений и определение величины неравномерности звукового поля заглушенной камеры.

Предлагаемый метод по сравнению с существующим позволяет получать характеристики звукового поля заглушенной камеры с учетом характеристик и положения поглощающих поверхностей при любых значениях запаздывания отраженного звука относительно прямого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raush W., Schubert H. Reflexionsarme Schallmeßräume // Frequenz. — 1959. — В. 13, № 10. — С. 324—331.
2. Сергеев М. В. Распространение звука в помещениях // В кн.: Борьба с шумом на производстве. — М.: Машиностроение, 1985. — С. 179—187.
3. Осипов Г. Л. Защита зданий от шума. — М.: Стройиздат, 1972. — 216 с.
4. Кудрявцев Ф. С., Лагунов Л. Ф. Методические указания по расчету и проектированию акустических камер для измерения шумовых характеристик машин. — М.: ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1978. — 77 с.

АрмНИИ общей гигиены
и профзаболеваний

30. III. 1989

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 4, 1990, с. 161—168

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 620.191.8

М. Г. СТАКЯН, Г. А. МАНУКЯН

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ УСТАЛОСТИ ВАЛОВ ПРИ СЛОЖНО-НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Рассмотрено влияние статических касательных напряжений на сопротивление коррозионной усталости образцов из стали 45 диаметром $d = 12$ мм при действии на них совместного циклического изгиба и статического кручения. Построены поверхности предельных напряжений в координатах $\sigma - N - \tau$ при постоянном отношении $\sigma/\tau = 0, 0,3$ и $0,6$, а для количественной оценки влияния τ предложены коэффициенты $K_{кор\tau}$ и $K_{кор\sigma\tau}$, которые учитывают изменения ограниченного предела выносливости и циклических долговечностей при различных вероятностях разрушения.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 8 назв.

Դիտարկված է ստատիկ շփման լարումների ազդեցությունը պարզապես 15 մմ-ից 12 մմ-ի շփման լարումների փոփոխմանը հոսքային ճեղքմանը և փոփոխմանը:

էրր վերջիններս փորձարկվում են համառոտ գիկլային/ ծովամար և ստատիկ արժեքներ: Փորձարկման յուրաքանչյուր շարքում հաստատուն պահելով $\tau/\sigma = 0, 0.3$ և 0.6 հարաբերությունը՝ $\sigma - N - \tau$ կոորդինատներում կառուցված է սահմանային լարումների մակերևույթը, իսկ τ -ի ազդեցության քանակական դեահատման համար առաջադրված են $K_{\text{KOT } \sigma}$ և $K_{\text{KOT } N}$ գործակիցները, որոնք հաշվի են առնում դիմացկունության չափավոր սահմանների և գիկլային երկարակենցության փոփոխությունը բազմացիկլային հոգեածության մարզում: Հաշվի առնելով շտաբայվելու հաճախականությունը:

Массовые испытания на коррозионную усталость [1] показали, что распределение циклических долговечностей на разных уровнях перенапряжений и для этого случая усталостного разрушения можно описать логарифмически нормальным законом распределения, для чего проведено комплексное статистическое исследование по проверке «нулевой гипотезы» соответствия совокупностей $\lg N$ данному закону по критериям согласия Шаниро—Уилка χ^2 , Колмогорова—Смирнова λ , Мизеса ω^2 и Пирсона χ^2 [2]. Выявлен также характер изменения дисперсий $\lg N$ по уровням перенапряжений σ .

Корректность проведения статистических оценок во многом зависит от соответствия принятой математической модели реальному физическому процессу коррозионно-усталостного разрушения, по-разному проявляющемуся при высоких и низких перенапряжениях. В [3] предложена модель в виде двух семейств квантильных кривых усталости, имеющих точку перелома при $N = (1-3) \cdot 10^6$ циклов и описываемых параметрическим уравнением

$$\lg N = (\lg \bar{N} + z_p s_{Nr}) - (\bar{m} + z_p s_m)(\lg \sigma - \lg \sigma_0) \quad (1)$$

или

$$\lg N = C - m \lg \sigma, \quad (2)$$

где $C = \bar{C} + z_p (s_m \lg \sigma_0 + s_{Nr})$, $\bar{C} = \lg \bar{N} + \bar{m} \lg \sigma_0$, $m = \bar{m} + z_p s_m$.

Изучение сопротивления коррозионной усталости деталей при сложно-напряженном состоянии (СНС) представляет определенный интерес, т. к. оно характерно для режимов работы большинства валов передаточных механизмов и технологического оборудования, работающих в условиях коррозионного воздействия среды. Частный случай СНС—совместное действие циклического изгиба и статического кручения ($\pm \sigma, \tau$) встречается при регулярном или близком к нему режимах нагружения валов. Особенностью этого вида СНС является взаимосвязанность касательных и нормальных напряжений, постоянно значений τ/σ для данного вала и инвариантность τ/σ к внешним силовым факторам. В [4] определены интервальные значения τ/σ в зависимости от расположения вала в кинематической цепи машины и вида концентратора напряжений для включения этих значений в план испытаний на усталость. Исследования в этой области крайне ограничены [5, 6], выполнены без системного подхода к режимам нагружения, методике проведения испытаний, принятию математической модели про-

песса и обработке экспериментальных данных, что связано с трудностями реализации подобных испытаний.

Для изучения влияния касательных напряжений на сопротивление коррозионной усталости валов проведены испытания на усталость гладких образцов ($d = 12$ мм, сталь 45, нормализация, $HV = 200$, $\tau_u = 680$ МПа, $\tau_{0.2} = 427$ МПа, $\tau_{-1} = 255$ МПа) в пресной воде при постоянном отношении $\tau/\sigma = 0, 0,3$ и $0,6$ внутри каждой серии испытаний, моделирующих режим работы валов рабочих органов камнерезных машин, в работе которых вода используется в качестве охлаждающей жидкости. Испытания проведены на машине [7], снабженной специальной коррозионной камерой и нагружающей вращающиеся образцы совместными переменными изгибными и постоянными касательными напряжениями. Результаты испытаний обработаны согласно методике [3].

Таблица

τ/σ	Зоны N	$\lg \sigma$	$\lg N$	$\bar{C}$	$\bar{m}$	s_m	$s_{\Delta N}$	r	σ_{RN} , МПа
0	$N < N_0$	2,4122	5,9576	22,0729	6,6607	0,8637	1,1757	0,9011	215
	$N > N_0$	2,3079	6,9005	40,6183	14,6096	2,182	0,2134	0,9039	
0,3	$N < N_0$	2,4096	5,9613	19,4782	5,6096	0,5102	0,1508	0,9502	200
	$N > N_0$	2,2812	6,9117	48,1177	18,0629	2,8270	0,1535	0,9245	
0,6	$N < N_0$	2,3686	5,9043	13,9773	3,4084	0,1513	0,1315	0,9194	155
	$N > N_0$	2,1073	6,9742	19,4556	5,9243	0,2175	0,1426	0,9693	

Как видно (табл.), с увеличением отношения τ/σ центры распределения ($\lg \sigma$; $\lg N$) для обеих ветвей кривых коррозионной усталости спускаются вниз и перемещаются в область больших долговечностей. Одновременно наблюдается тенденция уменьшения значений $\bar{C}$, $\bar{m}$, s_m и $s_{\Delta N}$, из-за чего происходит рост крутизны ветвей и сужение областей $\lg N$. Это подтверждается также уменьшением значений коэффициентов вариации $\bar{C}$, $\bar{m}$ и $\lg N$, которые для левой и правой ветвей принимают значения: $v_{\bar{C}} = 0,023-0,091$ и $0,024-0,134$, $v_{\bar{m}} = 0,045-0,129$ и $0,037-0,151$, $v_N = 0,024-0,030$ и $0,021-0,031$ (минимальные значения соответствуют $\tau/\sigma = 0,6$). Наименьшей вариации подвержена величина $\lg N$, которое вытекает из постоянства дисперсий $\lg N$ от уровня τ/σ [4].

Семейство поверхностей предельных напряжений (рис. 1), построенное согласно данным таблицы, иллюстрирует качественную сторону влияния касательных напряжений на прочность и долговечность. В интервале $N = 10^3-10^4$, где по условиям режима нагружения действуют значительные по величине τ , вызывающие упруго-пластическое скручивание образца, а коррозионная среда влияет как охлаждающий фактор, значения ограниченных пределов выносливости $\sigma_{RN \text{ lim}}$ при $\tau/\sigma = 0,3-0,6$ превосходят соответствующие исходные значения при



$\tau/\sigma = 0$ или остаются на их уровне. Инвариантность значений $\sigma_{RN_{кор}}$ к касательным напряжениям при $\tau/\sigma = 0-0,3$ сохраняется в интервале $N' = 10^6-10^7$ циклов и лишь при низких перенапряжениях и $\tau/\sigma = 0,6$, когда упрочняющий эффект от упруго-пластического скручивания из-за низких τ утрачен, а усиление общей напряженности от тех же τ становится превалирующим, в совокупности с длительным воздействием коррозионной среды приводят к резкому падению ограниченных пределов выносливости до $0,5\sigma_{RN_{кор}}$.

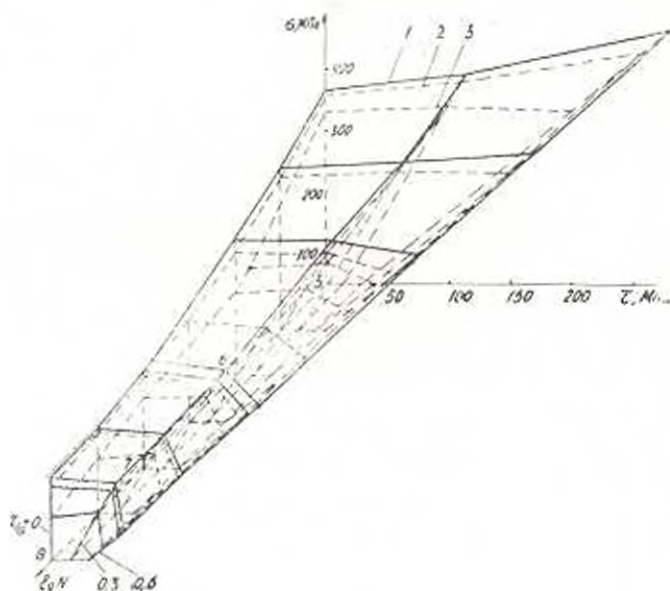


Рис. 1. Поверхность предельных напряжений. 1, 2 и 3 соответствуют $P(N) = 0,1, 0,5$ и $0,99$.

Для количественной оценки влияния τ на характеристики сопротивления коррозионной усталости при СНС воспользуемся методикой сравнения областей рассеяния $\lg N$ [8]. Изменение относительной прочности и долговечности в области многоциклового усталости оценим коэффициентами

$$K_{кор, \tau} = \frac{\sigma_{RN_{кор, \tau}}}{\sigma_{RN_{кор}}} \quad K_{кор, N} = \frac{N}{N'} \quad (3)$$

где $\sigma_{RN_{кор, \tau}}$, $\sigma_{RN_{кор}}$ — ограниченные пределы выносливости на заданном уровне N , рассчитанные согласно (2); N' , N — циклические долговечности при заданном уровне τ согласно (2) (индексом τ указаны соответствующие параметры при испытаниях с $\tau/\sigma \neq 0$). Наметим зоны N и σ , в процессах которых параметры функций $K_{кор, \tau} = f_1[N, P(N)]$ и $K_{кор, N} = f_2[\tau, P(N)]$ ($P(N)$ — уровень вероятности неразрушения) остаются неизменными (рис. 2): I — $N \leq N_n$, $\sigma > \sigma_{RN_{кор}}$; II — $N > N_n$, $\sigma_{RN_{кор}} > \sigma > \sigma_{RN_{кор, \tau}}$; III — $\sigma < \sigma_{RN_{кор, \tau}}$.

Учитывая, что $\lg K_{кор.э} = \lg \sigma_{RN_{кор.э}} - \lg \sigma_{RN_{кор.э}}$, $\lg K_{кор.э} = \lg N_э - \lg N$

и для упрощения расчетных процедур принимая $\bar{N}_{э} \approx \bar{N}_0$, при использовании уравнений (1)–(2) для сравнительных испытаний получаем следующие зависимости: для I, II зон N и I, III зон σ —

$$\lg K_{кор.э} = (C_{1,2} - m_{1,2} - C_{1,2} - m_{1,2}) - (1 - m_{1,2} - 1 - m_{1,2}) \lg N = \\ = S_{1,2} - M_{1,2} \lg N, \quad (4)$$

$$\lg K_{кор.э} = (C_{1,2} - C_{1,2}) - (m_{1,2} - m_{1,2}) \lg \sigma = \Delta C_{1,2} - \Delta m_{1,2} \lg \sigma; \quad (5)$$

для II зоны σ —

$$\lg K_{кор.э} = (C_2 - C_1) - (m_2 - m_1) \lg \sigma = \Delta C_2 - \Delta m_2 \lg \sigma. \quad (6)$$

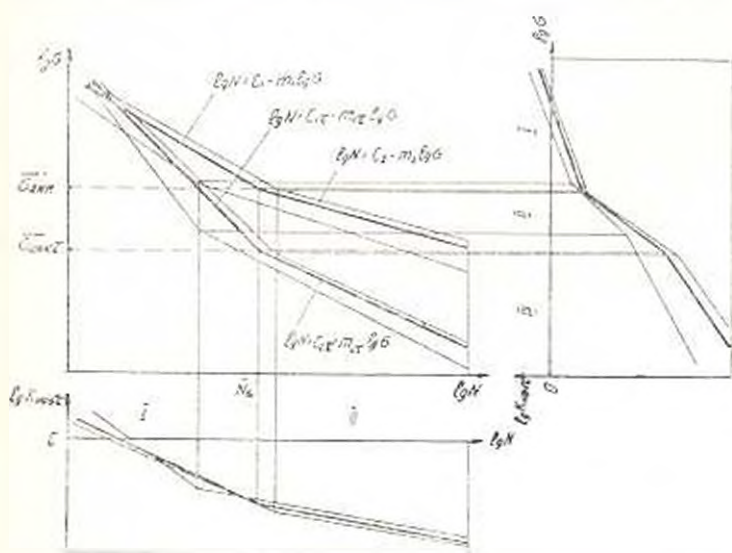


Рис. 2. Расчетная схема для определения функций $K_{кор.э} = f_1(N, P(\Delta))$ и $K_{кор.э} = f_2(\sigma, P(N))$.

На рис. 2 дана графическая интерпретация вычислений согласно (4)–(6). Вид функций $K_{кор.э}$, $K_{кор.э}$ (рис. 2) отражает интегральный эффект воздействия на сопротивление усталости одновременно протекающих, но разных по характеру и времени действия трех процессов: а) усиления общей напряженности микрообъемов поверхностного слоя детали от τ ; б) упрочнения того же слоя от упругопластического скручивания образцов при длительном периодическом нагружении под действием значительных τ ; в) коррозионного воздействия среды, по-разному проявляющегося в интервалах $N \leq N_0$. Изменение режимов и условий действия указанных процессов приводит к вариации размеров и взаимного расположения областей рассеяния $\lg N$ при сравнительных испытаниях, которое и формирует вид функций $K_{кор.э}$ и $K_{кор.э}$. Поэтому можно утверждать, что в (4)–(6) параметры $S_{1,2}$, $N_{1,2}$ и ΔC_2 характеризуют уровень, а $M_{1,2}$, $\Delta m_{1,2}$ и Δm_2 — интенсивность суммарного эффекта этих процессов.

Для обработки результатов экспериментов согласно (1)–(6) разработана комплексная вычислительная программа на языке Фортран-IV, которая реализована на ЭВМ ЕС-1045. Результаты вычислений представлены на рис. 3 и 4. Уровень и интенсивность суммарного эффекта

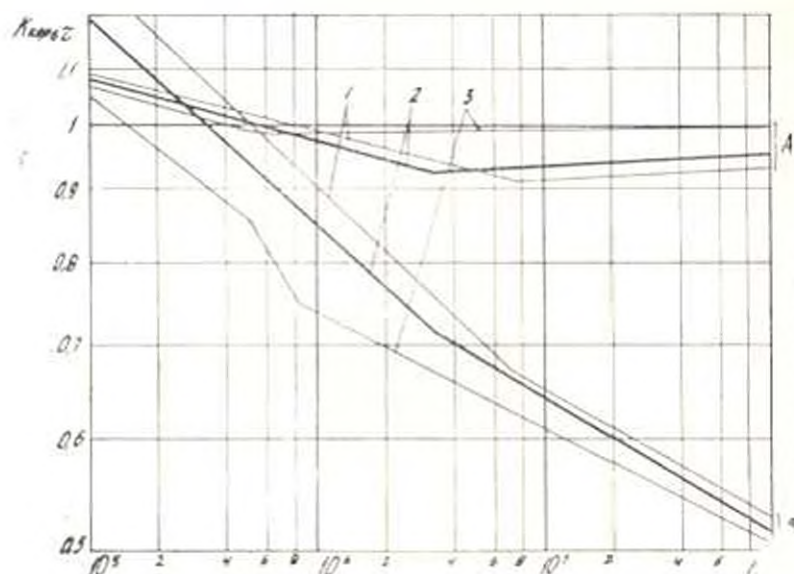


Рис. 3. Влияние касательных напряжений на относительную прочность: А — $\sigma/\sigma_0 = 0.3$; В — $\sigma/\sigma_0 = 0.6$. Линии 1, 2, 3 соответствуют $I(V) = 0.1$, 0.1, и 0.99%.

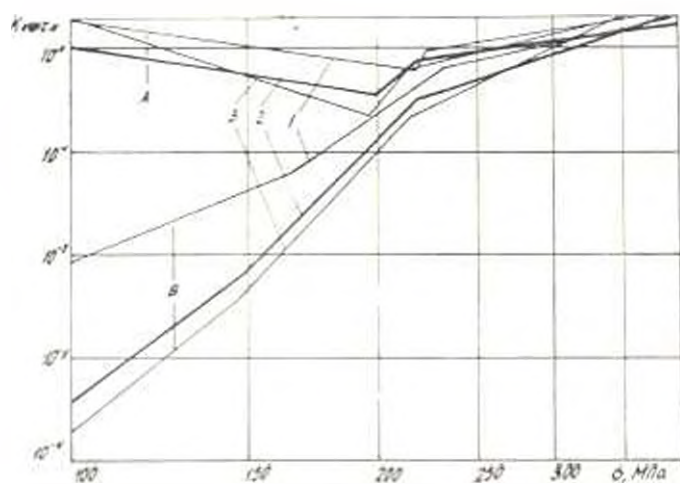


Рис. 4. Влияние касательных напряжений на относительную долговечность (бозначения аналогичны на рис. 3)

от действия прошивов в интервале $\sigma/\sigma_0 = 0-0.4$ незначительны: для левой ветви кривой ($V = 10^{-3}-3 \cdot 10^{-5}$) медианные значения $K_{крит}$ уменьшаются с 1.08 до 0.93 и затем, на $V = 10^{-6}$ остаются почти не-

изменными (0,93—0,96). Дисперсия величины $\overline{K_{кор, \tau}}$ также незначительна и максимальный разброс вероятностных значений $\overline{K_{кор, \tau}}$ при $N = 3 \cdot 10^5$ и $P(N) = 0,1—0,999$ составляет 0,91—1,01. Резкое изменение относительной прочности имеет место при $\tau = 0,6$: в интервале $N = 10^5—3 \cdot 10^6$ циклов $\overline{K_{кор, \tau}}$ меняется с 1,2 до 0,72, а разброс значений $\overline{K_{кор, \tau}}$ при $N = 10^6$ составляет 0,73—0,91. В интервале $N = 5 \cdot 10^6—10^8$ интенсивность изменения $\overline{K_{кор, \tau}}$ несколько уменьшается, но общее снижение прочности при $N = 10^8$ достигает до $\overline{K_{кор, \tau}} = 0,51$, что весьма существенно для расчетов на прочность. Наблюдаемое резкое снижение относительной прочности объясняется ускорением коррозионно-усталостных процессов (анодного растворения), происходящих в микротрещинах и технологических дефектах поверхностного слоя образца при усилении напряженно-деформированного состояния этих же слоев, а разность дисперсий $\overline{K_{кор, \tau}}$ при $N \leq N_0$ свидетельствует о разнородном характере влияния τ и протекания процессов в разных интервалах области многоциклового усталости.

Аналогичная картина наблюдается и для графиков функции $\overline{K_{кор, N}}$. Если при $\tau = 0,3$ в интервале $\sigma > \sigma_{RN, кор, \tau}$ снижение $\overline{K_{кор, N}}$ составляет с 1,78 до 0,43, которое затем восстанавливается до $\overline{K_{кор, N}} \approx 1$ ($\tau = 0,5 \sigma_{RN, кор, \tau}$), то при $\tau = 0,6$ сначала медленно ($\overline{K_{кор, N}}$ с 2,08 до 0,42 при $\tau > \sigma_{RN, кор, \tau}$), а затем интенсивнее происходит снижение $\overline{K_{кор, N}}$ до значения $0,45 \cdot 10^{-3}$ ($\tau = 0,63 \sigma_{RN, кор, \tau}$). На этом же уровне σ разброс вероятностных значений $\overline{K_{кор, N}}$ составляет (0,2—0,5) $\cdot 10^{-3}$.

Проведенное экспериментально-статистическое исследование и предложенный метод расчетной оценки сопротивления коррозионной усталости при переменном СИС и применение относительных коэффициентов $\overline{K_{кор, \tau}}$, $\overline{K_{кор, N}}$ позволяют в реальных диапазонах N и σ выполнять уточненные расчеты на прочность и долговечность с использованием обоснованных значений ограниченных пределов выносливости и циклических долговечностей. Сравнительная простота расчетного алгоритма облегчает использование метода в современных инженерных расчетах с применением доступных средств вычислительной техники. Метод пригоден также для сравнительного анализа и выбора оптимальных конструкторских, технологических и эксплуатационных параметров для повышения сопротивления коррозионной усталости деталей машин различного назначения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Манукян Г. А., Стакин 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. Стакин М. Г. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник. — М.: Машиностроение, 1985. — 232 с.
3. Стакин 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., Стакин М. Г., Оганесян Л. Г. Вероятностная оценка параметров режима нагружения валов // Надежность и долговечность машин и сооружений: Росси. междунац. сб. науч. тр. — Киев, 1989. — Вып. 16. — С. 46—55.
5. Своярчинский Н. А., Лидчак Е. В. Методика испытания металлов на выносливость при циклическом изгибе и пульсирующем кручении // Завод. лаб. — 1983. — Т. 49. № 6. — С. 81—83.
6. Minoshima K., Oshiki A., Komai K. Crack initiation behavior of cyclic S-N 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. Стакин, Л. Г. Оганесян, Г. А. Манукян и др. // Тез. докл. III Всесоюз. симп. «Прочность материалов и элементов конструкции при сложном напряженном состоянии», Житомир, 24 окт. 1989 г. — Киев, 1989. Ч. 2. — С. 51—52.
8. Стакин 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.

ЕрГН 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 высокоомном кубическом монокристалле селенида цинка. Показано, что ответственными за фотоэлектрооптический эффект в высокоомном кубическом $ZnSe$ являются мелкие уровни, расположенные на различной глубине и запыленной зоне полупроводника. При подсветке излучением, приходящемся в область собственного поглощения, высвобожденные 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. Библиогр. 1 назв.