

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Tellegen A. A. A general network theorem with application//Philips, res. rep — 1952. — P. 259—269.*
2. *Хачатрян В. С., Эгмекчян Э. А. Метод коррекции установившихся режимов электрических систем//Электричество.—1987.—№ 3.—С. 6—14.*
3. *Хачатрян В. С. К вопросу об определении производных от потерь активной и реактивной мощности по активным мощностям станционных узлов//Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт.—1970.—№ 2.—С. 101—108.*

ЕрПИ

№ 1.1991

Изв. АН Армении (сер. ТИ), т. XLV, № 1—2, 1992, с. 35—40

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.382.2

Г. С. КАРАЯН, А. А. МАКАРЯН, А. Г. МАНУКЯН, И. Р. ОГАНЯН

ФОТОВОЗБУЖДЕНИЕ МОЩНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТОКА В ЧЕТЫРЕХСЛОЙНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

Обсуждается возможность генерации мощных электрических колебаний в неоднородных (по типу проводимости) полупроводниковых структурах при воздействии постоянного оптического сигнала. Найденны выражения для периода колебаний, а также условия, налагаемые на параметры внешней цепи, обеспечивающие генерацию.

Ил. 3. Библиогр. 3 назв.

Քննարկվում է հազարգծիկների անհամասեղ կիսահաղորդչային կառուցվածքներում էլեկտրական հզոր տատանումների առաջացման հնարավորությունը հաստատուն օպտիկական ճառագայթման ազդեցության տակ: Գտնված են արտահայտություններ տատանման պարբերության համար, ինչպես նաև արտաքին շղթայի պարամետրերի վրա դրվող այն պայմանները, որոնք ապահովում են առաջացումը:

В электронике, в частности, оптоэлектронике, вычислительной технике и автоматике, успешно можно использовать явление генерации мощных электрических колебаний в неоднородных полупроводниковых структурах (ЦПС), индуцированных постоянным оптическим сигналом.

Рассмотрим простейшую четырехслойную *p-n-p-n*-структуру, модель которой показана на рис. 1. Пусть энергия фотона падающего света удовлетворяет условию

$$E_x - e l E_{np} - kT < h\nu < E_x - kT, \quad (1)$$

где E_x — ширина запрещенной зоны, l — средняя длина свободного пробега носителей тока, E_{np} — пороговое значение электрического поля в обратносмещенном переходе, обуславливающее край поглощения. Если среднее значение E электрического поля в обратносмещенном переходе превосходит E_{np} , то фотоны поглощаются в объеме перехода, создавая электронно-дырочные пары. Фоторожденные электроны и

дырки под влиянием электрического поля переходят в соседние для коллектора n - и p -области и уменьшают потенциальный барьер перехода, тем самым видоизменяя ВАХ структуры.

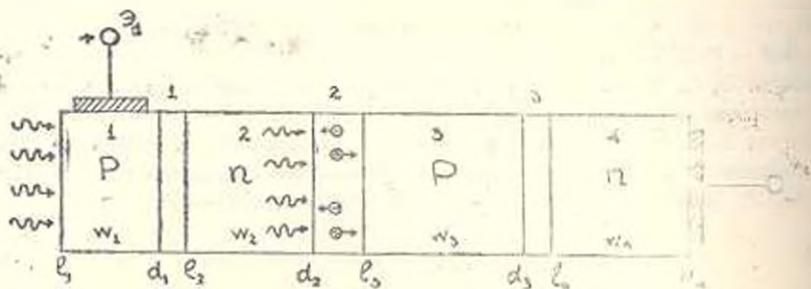


Рис. 1 Модель рассматриваемой структуры

Предположим, что интенсивность и частота света таковы, что ВАХ структуры при освещении принимает вид, показанный кривой 2 на рис. 2. Напряжение и нагрузочное сопротивление в внешней цепи можно выбрать так, чтобы нагрузочная линия имела вид кривой 3 на рис. 2. Тогда система без освещения имеет лишь одно стационарное состояние (точка $A(V_0, I_0)$). При освещении опять таки имеется одно стационарное состояние (точка $B(V_2, I_2)$). Состояние B может существовать при условии $E(B) \geq E_{кр}$, поэтому, если выбрать значение $E_{кр}$ таким, что $E(B) < E_{кр}$, состояние B запрещенное. Как показано на рис. 2, абсцисса точки B $V_2 \approx 1$ В, т. е. значение электрического поля мало и условие (1) не выполняется. Следовательно, система должна переходить в допустимое состояние, например, в соответствующее состояние на темновой ВАХ.

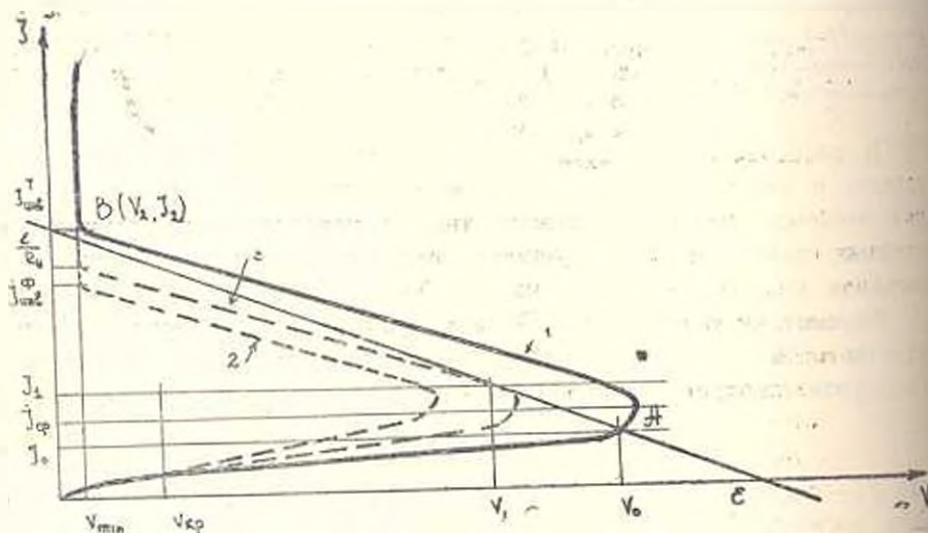


Рис. 2. Семейство ВАХ структуры при отсутствии (1) и наличии (2) и (3) освещения.

Под влиянием освещения система выходит из стационарного состояния A и (из-за отрицания состояния B) остается в динамическом режиме. Причем, напряжение на структуре все время остается больше некоторого критического напряжения $V_{кр}$, соответствующего электрическому полю $E_{кр}$. Во время нарастания напряжения на структуре оно достигнет некоторого значения V_1 (рис. 2), при котором нагрузочная линия касается одной кривой из семейства ВАХ при падении освещения. Очевидно, что амплитуда колебаний тока и напряжения соответственно равны

$$J_m = J_{кр} - J_1, \quad V_m = V_1 - V_{кр}. \quad (2)$$

Расчеты проведем для симметричной структуры ($i_1 = i_2$, $\beta_1 = \beta_2$, $\beta_1 = \beta_2$, $W_1 = W_2$, $V_1 = V_2$), ВАХ которой при $eV_2 > kT$ можно описать системой уравнений [1, 2]

$$\begin{cases} J = I_1 (\xi_1 - 1) - i_1 \beta_1 V \xi_1, \\ J = 2i_1 \beta_2 (\xi_1 - 1) - \frac{V_2}{r_2} + J_\Phi, \\ V > V_1(J), \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{где } \xi_1 = \exp \left\{ \frac{eV_1}{kT} \right\}, \quad J_\Phi = \int_{i_1}^{g_2} e g dx.$$

Здесь g —скорость фотогенерации носителей, i_1 —ток насыщения эмиттера, β_2 —коэффициент переноса неосновных носителей через вторую базу.

Во втором уравнении системы (3) пропущен член, связанный с фотогенерированными электронами и дырками, проходящими над барьером коллектора в соседние p - и n -области соответственно, а в первом—член, обусловленный переносом этих же носителей к эмиттерному переходу, поскольку они пренебрежимо малы.

Параметры J_1 и V_1 можно определить из условия, что нагрузочная линия является касательной к кривой $V(J)$ в точке (V_1, J_1) . В результате получается

$$J_1 = \frac{i_1 \beta_1^2}{4} \left[\left(\frac{2\beta_2}{\beta_1 - R_n} \right)^2 - 1 \right], \quad V_1 = z - \frac{R_n i_1 \beta_1^2}{4} \left[\left(\frac{2\beta_2}{\beta_1 - R_n} \right)^2 - 1 \right].$$

Используя эти формулы и зависимость $V(J)$, можно получить минимальное значение фототока $J_{кр}$, когда начинается фотогенерация:

$$J_{кр}^\Phi = \frac{i_1 \beta_1^2}{4} \cdot \frac{\left(1 + \frac{R_n}{r_2} \right)^2}{\frac{\beta_2}{\beta_1} - \frac{R_n}{r_2}} - \frac{z}{r_2}$$

Для определения минимального значения напряжения $V_{кр}$ предположим, что максимальное по времени электрическое поле в коллекторе $E_{max} = a^{-1} V \bar{V}_1$ уменьшается в n раз, т. е. $E_{кр} = E_{max} \cdot n^{-1}$, где $a = [2\epsilon\epsilon_0 x_2 x_3 (x_2 + x_3)^{-1} e^{-1}]^{1/2}$, x_2 — концентрация примесей в k -ой базе. Тогда $V_{кр} = \frac{V_1}{n^2}$, а для максимального значения тока $J_{кр}$ получаем

$$J_{кр} = i_1 \left(\beta_2^2 i_1^2 - \frac{\beta_2^2 V_{кр}}{i_1 r_2} + 2\beta_2 \delta_1 \sqrt{\frac{\delta_1^2}{4} - \frac{\beta_2^2 V_{кр}}{i_1 r_2}} \right).$$

Из системы (3) легко получить формулы для тока и напряжения срыва

$$J_{ср}^{\Phi} = J_{ср}^T = \frac{i_1 \delta_1^2}{4} \left[\left(\frac{2\beta_2}{\beta_2^2} \right)^2 - 1 \right], \quad (4)$$

$$V_{ср}^{\Phi} = V_{ср}^T - r_2 J_{ср}^{\Phi} = r_2 \frac{i_1 \delta_1^2}{4\beta_2^2} - r_2 J_{ср}^{\Phi} \quad (5)$$

где $\beta_2^* = 2\beta_2 - 1$, а индексы „Т“ или „Ф“ означают, что данная величина относится к ВАХ без освещения или при наличии освещения. Соотношения (4) и (5) показывают, что под влиянием света ток срыва не меняется, а напряжение линейно уменьшается в зависимости от фототока. Из той же системы уравнений (3) можно найти ток инверсий

$$J_{инв}^T = i_1 \delta_1^2 \frac{2\beta_2}{(\beta_2^*)^2} \quad (6)$$

$$J_{инв}^{\Phi} = \frac{\beta_2 i_1 \delta_1^2}{(\beta_2^*)^2} \left[1 - \frac{\beta_2^* J_{\Phi}}{\beta_2 i_1 \delta_1^2} + \sqrt{1 - \frac{4\beta_2^* J_{\Phi}}{i_1 \delta_1^2}} \right].$$

Найденные значения величины (4)–(6) дают возможность выбрать параметры внешней цепи

$$\frac{V_{ср}^{\Phi} - V_{min}}{J_{инв}^{\Phi} - J_{ср}} < R_p < \frac{V_{ср}^T - V_{min}}{J_{инв}^T - J_{ср}},$$

$$\frac{V_{ср}^{\Phi} J_{инв}^T - V_{min} J_{ср}}{J_{инв}^T - J_{ср}} < \xi < \frac{V_{ср}^T J_{инв}^{\Phi} - V_{min} J_{ср}}{J_{инв}^{\Phi} - J_{ср}}.$$

Обычно значение V_{min} имеет порядок ~ 1 В.

Для оценки частоты колебаний, следуя [1, 3], вычислим время переключения $\tau_{кр}$ из состояния (V_1, J_1) в $(V_{кр}, J_{кр})$ под влиянием фотоимпульса, т. к. g имеет инд. показанный на рис. 3, а для нулевого приближения

$$J_0 = e g W_{переход} \approx e g W_{переход}^{ср} = e \sqrt{\frac{e g_0 (x_2 + x_3) e r_2 i_1 \delta_1^2}{2 x_2 \beta_2^2}}.$$

Тогда для $\tau_{\text{ак}}$ получаем следующее соотношение [1, 3]:

$$\tau_{\text{ак}} = \tau_n \ln \left\{ \frac{J_{\text{кв}} - J_1}{c} + 1 \right\}, \quad (7)$$

где введены обозначения

$$c = \frac{4\gamma^2 \tau_n \ln(2\gamma + \sqrt{4\gamma^2 - 1})}{\tau \sqrt{4\gamma^2 - 1}} J_{\Phi},$$

$$\gamma = \left(1 + \frac{R_2}{r_2}\right)^{-1}, \quad \frac{1}{\tau_n} = \frac{D}{W_2} \ln(2\gamma + \sqrt{4\gamma^2 - 1})^{-1}. \quad (8)$$

W_2 — ширина второй базы.

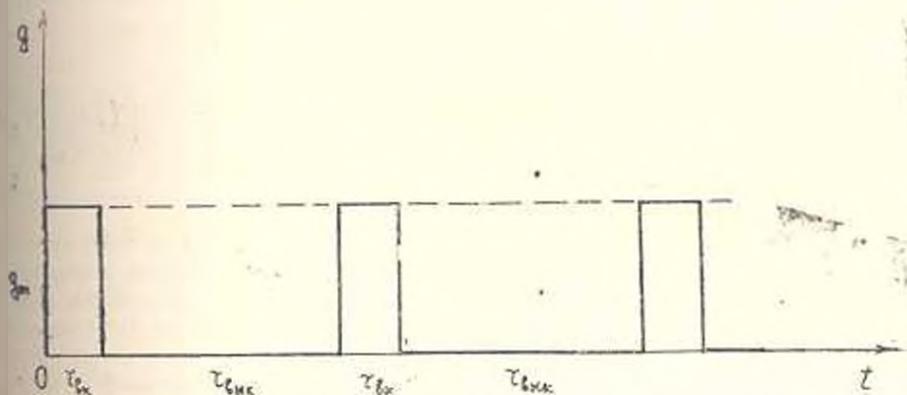


Рис. 3. Аппроксимация кривой скорости фотогенерации электронно-дырочных пар.

Формула (7) получена решением задачи переключения данной структуры, когда в функции $I(t)$ сохранен только монотонно возрастающий во времени член. Если считать, что время обратного перепада $\tau_{\text{ак}} \approx \delta_{\text{ак}}$ (что обычно выполняется для тиристора), то для периода колебаний получим

$$T \approx 6\tau_{\text{ак}}. \quad (9)$$

Из уравнений (7) — (9) вытекает, что частота электрических колебаний зависит от амплитуды колебаний тока, а также интенсивности света S : с ростом амплитуды колебаний тока частота уменьшается, а рост фототока увеличивает частоту. Для выбранного значения критического поля $E_{\text{кр}}$ пороговая частота падающего света, вызывающего генерацию электрических колебаний, задается формулой

$$\nu_{\text{порог}} \approx \frac{1}{h} (E_{\text{к}} - kT - eIE_{\text{кр}}).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Косин Г. С., Физические свойства неоднородных полупроводниковых структур // ФТП. — 1985. — № 7. — С. 1367.

2. Караян Г. С., Давидян А. А., Асатрян Р. С. Теоретическое исследование некоторых характеристик фотополупроводников // Изв. АН Арм. ССР. Сер. Физика — 1985. — № 2. — С. 85—90.
3. Чалогов В. Е., Елсеян Ю. А. Физические основы работы силовых полупроводниковых приборов. — М.: Энергия, 1973. — 280 с.

ЕрГУ, ИРФЭ АН Армянск

3. IX 1990

Изв. АН Армянск (сер. ТН), т. XLV, № 1—2, 1992, с. 40—41

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.383.33.639.013

Г. А. МАКАРЯН, А. А. ВАРДАНИЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОНИКАЮЩЕЙ РАДИАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ СИЛОВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ СЕРИИ 2ТН ДЛЯ БОРТОВОЙ ТЕХНИКИ

Рассматривается радиационная стойкость силовых биполярных транзисторов серии 2ТК. Определены основные изменения статических параметров транзисторов после облучения радиоизотопами и нейтронами. Разработаны методы определения коэффициента усиления и коэффициента передачи по току статического коэффициента усиления по току и коэффициента передачи по напряжению. Определены константы деградации. Даны рекомендации по повышению радиационной стойкости силовых биполярных транзисторов.

Ил. 3. Таблицы: 6 шт.

Փնտրվում է 2ТК սերիայի էլեկտրոնային սրտեղիանորմերի համազարգացման հարմարեցման հարցը. որոշված է արմատաբար ֆոնային առանցիկ պարամետրերի փոփոխության տիպիկալ առաջնությունը զամբա շրջաններում և էկստրեմներում համազարգացման մշակման և նոր սեռույան մեխանիզմ, որը թույլ է տալիս գնահատելու հասանքի փոփոխման առանցիկ գործակցի և կոնդիտոր-կոնդենսատոր հաղցման շարժան փոփոխությունները արհեստագործական իրադրության Եւ առաջնական փառլարաբայան հատկանիշները: Տրված են էլեկտրոնային սրտեղիանորմերի համազարգացման կարևորագույնը բարելավելու ուղիները:

Изменения статических параметров силовых биполярных транзисторов после облучения носят сложный характер. Структурные радиационные нарушения, возникающие под действием проникающего излучения, обуславливают устойчивые изменения статических характеристик транзисторов. Изменения этих параметров после воздействия облучения объясняется уменьшением времени жизни носителей заряда (НЗ) в базовой области транзисторной структуры (ТС). Радиационная стойкость маломощных транзисторов подробно исследована в [1]. Силовые транзисторы, рассчитанные на большие токи (от 30 А до 250 А), мало изучены.

Исследуемые транзисторные ключи (ТК) разрабатывались в двух исполнениях: в первом исполнении это четыре параллельно включенные ТС, а во втором это двухкаскадный транзистор Дарлинг-