

Универсальные возможности аппроксимации с помощью многослойного персептрона делают их полезным инструментом для решения задач идентификации, проектирования и моделирования нелинейных регуляторов [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Красовский А.А.* и др. Современная прикладная теория управления: Оптимизационный подход в теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. Ч.1. – 400 с.
2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н.Д. Егупова. 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 774 с.
3. *Зозуля Ю.И.* Интеллектуальные нейросистемы. Кн. 12. – М: Радиотехника, 2003.

Бублей Сергей Евгеньевич

Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371689.

Bubley Sergey Evgehevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University».

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371689.

УДК 004.7

М.Ю. Асланиди

ФИЗИКО-ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО КОММУТАТОРА

В статье показано принципиальная возможность создания интегрального многоканального коммутатора (ИМК). Приведены различные варианты исполнения коммутационных ячеек ИМК. Предложены схемотехнические пути создания вычислительных систем на основе ИМК. Показаны результаты экспериментальных исследований макетных образцов ИМК, позволяющие говорить о возможности создания промышленных образцов ИМК.

Интегральный многоканальный коммутатор (ИМК); коммутационная ячейка; оптическая ячейка; схемотехника; светодиод; фотодиод.

M.Yu. Aslanidi

FIZIKO-TOPOLOGICAL MODEL OF OPTOELECTRONIC SWITCHBOARDS

In article it is shown basic possibility of creation of the integrated multichannel switchboard (IMS). Various variants of execution of switching cells IMS are resulted. Offered circuitry's ways of creation computing systems on the basis of IMS. Results of experimental researches of the model samples IMS are shown, allowing speaking about possibility of creation of industrial samples ИМК.

Integrated multichannel switchboard; switching cell; optical cell; circuitry; light-emitting diode; photo diode.

В качестве базовой технологии может быть предложена технология изготовления освоенного в промышленности кристалла светодiodа[1]. Разница состоит лишь в том, что под областью излучения должно находиться одиннадцать фотодiodов. Структура кристалла разрабатываемого прибора, видимо, должна состоять из трех основных элементов: излучателя, области изоляции и фотоприемников, расположенных изолированно друг относительно друга под излучателем и имеющими каждый электрически изолированные выводы (рис. 1).

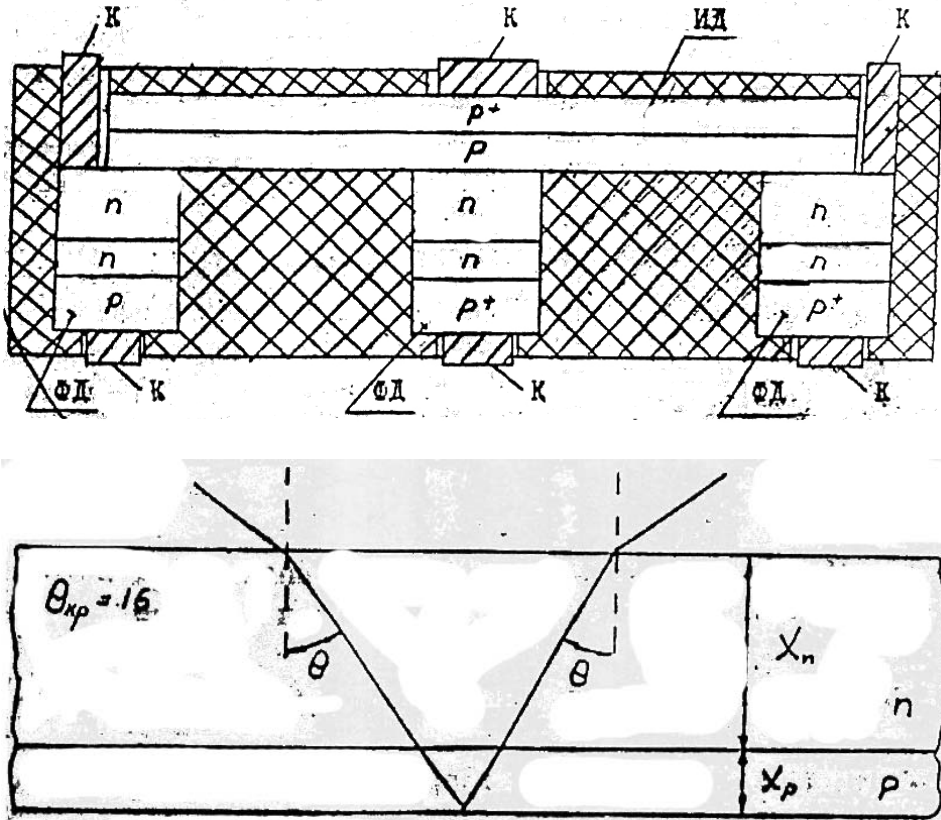


Рис. 1. Структура кристалла разрабатываемого прибора

Исходя из такого расположения областей можно сформулировать основные требования к ним. Слои, образующие область излучателя, должны обеспечивать требования к мощности излучения, быстродействию, а кроме того, быть практически прозрачными для излучения в рабочем диапазоне длин волн. Область изоляции должна быть также практически прозрачна для излучения в рабочем диапазоне длин волн и обладать необходимым сопротивлением изоляции. Слои, образующие область фотоприемников, должны обеспечивать требования по чувствительности и быстродействию. Причем максимум спектра излучения верхней излучающей области должен соответствовать максимуму спектральной зависимости чувствительности области фотоприемника.

В рассматриваемой структуре кристалла в качестве излучателя ИК-диапазона можно использовать гетероструктуру на основе $\text{GaAs-Al}_x\text{G}_{1-x}\text{As}$. Она характеризуется высоким квантовым выходом излучения и высоким быстродействием, и,

кроме того, при соответствующем подборе состава и толщины эпитаксиальных слоев такая структура может быть практически прозрачна для излучения в рабочем диапазоне волн.

Область изоляции должна быть выполнена на основе $Al_xGa_{1-x}As$. Причем выбор состава и толщины области будет определять прозрачность, а толщина и удельное сопротивление (концентрация носителей) будет определять сопротивление изоляции области в целом.

В качестве фотоприемников могут быть также использованы гетеропереходы $GaAs-Al_xGa_{1-x}As$. Таким образом, конструкция кристалла ОЭКП может быть реализована на многослойной эпитаксиальной структуре в системе $GaAs-Al_xGa_{1-x}As$ на подложке $GaAs$.

Рассмотрим плоскую конструкцию источника излучения (рис. 1). Как видно из рисунка, излучение, возникающее у р-п-перехода, выводится из кристалла арсенида галлия через п-область.

Критерием оценки оптимальной конструкции кристалла излучателя является КПД источника излучения. Полный поток мощности излучения для рассматриваемого случая можно представить в виде [2]

$$P = \int_0^\theta \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \eta(\lambda) pi(\lambda) T(\lambda, \theta) \exp[K_n \cdot X_n] \alpha \lambda d\theta + \int_0^\theta \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \eta(\lambda) pi(\lambda) T(\lambda, \theta) r(x) \exp[2K_p X_p - K_n X_n] \alpha \lambda d\theta, \quad (1)$$

где $\eta(\lambda)$ – коэффициент выхода излучения, т.е. та часть излучения, которая не претерпевает полного внутреннего отражения; $T(\lambda, \theta)$ – коэффициент пропускания лучей, выходящих из кристалла источника излучения; $pi(\lambda)$ – полный поток мощности излучения, генерируемый вблизи р-п-перехода в интервале длин волн λ_1/λ_2 ; $K_n(\lambda)$, $K_p(\lambda)$ – объемные коэффициенты поглощения излучения в п и р-областях в диапазоне длин волн λ_1/λ_2 соответственно; λ_1 , λ_2 – верхний и нижний пределы полосы длин волн излучения; $R(\lambda)$ – коэффициент отражения излучения от базового контакта; X_n , $2X_p$ – длина пути излучения в п- и р-областях кристалла, соответственно.

Из формулы (1) видно, что точное вычисление выходного потока мощности излучения сложно и связано с дополнительными исследованиями ряда перечисленных величин. Преобразуем выражение (1), используя средние значения первых четырех функций: pi – средняя величина полного потока мощности излучения в интервале длин волн λ_1/λ_2 ; K_n , K_p – средние объемные коэффициенты поглощения излучения в п-и р-областях в интервале длин λ_1/λ_2 ;

$$\rho = pi \eta [1 + r \exp(-2K_p X_p)] \exp(-K_n X_n) \int T(\theta) d\theta, \quad (2)$$

где

$$\eta = \frac{1}{2} [(1 - \cos \theta k p)^2 + \sin^2 \theta k p]. \quad (3)$$

Выражение (3) для коэффициента выхода излучения определяет долю потока мощности излучения, но претерпевающую полного внутреннего отражения. Если пренебречь поглощением в материале, то выражение (2) примет следующий вид:

$$P = \eta T_{cp} (1 + r) pi. \quad (4)$$

Оценим КПД конструкции кристалла (рис. 1). Пренебрегаем отражением от базового контакта и поглощение в материале, так как n – область кристалла может быть сделана тонкой, т.е. X_n – будет мала, отсюда $\text{Exp}(-Kg\{g\}) = \text{exp}(-1,0,01) = 1$. При $T_{cp} = 0,54$: $\eta = 0,085$ получим [3,3]:

$$\text{КПД} = \frac{P}{P_i} = T_{cp} \cdot \eta \cdot 100\% = 0,54 \cdot 0,085 \cdot 100\% = 4,6 \%$$

На рис. 2 представлена одномерная модель фотодиода с гетеропереходом. Фотодиод освещается со стороны p -области и $-I_0(\lambda)$ – плотность потока излучения на длине волны λ на поверхности полупроводника.

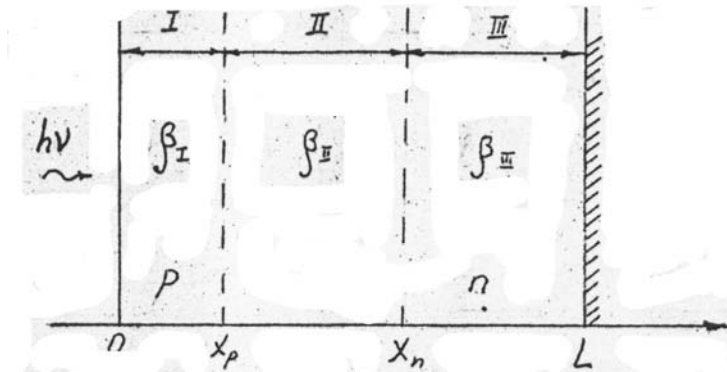


Рис. 2. Одномерная модель фотодиода с гетеропереходом

Чувствительность реального фотодиода с учетом того, что не все фотоносители разделяются p - n -переходом и принимают участие в фототоке, что часть излучения отражается от поверхности полупроводникового кристалла и т.д. имеет выражение [2]

$$S = (1-\tau) \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \frac{\lambda}{hc} \cdot k, \quad (5)$$

где τ – коэффициент отражения – $\tau = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$ для границы воздух – арсенид

галлия $\tau = 0,3$; γ – коэффициент собирания; k – конструктивный параметр.

Расчет квантовой эффективности фотон-электронного преобразования будем проводить с учетом граничных условий:

- ◆ ширина области пространственного заряда $d_{p-n} > L$;
- ◆ легирование n - и p -областей однородное;
- ◆ вся область пространственного заряда лежит в базовой слаболегированной n - области;
- ◆ все приложенное напряжение падает на области пространственного заряда, а p - и n -области являются квазинейтральными.

В общем виде квантовая эффективность всей структуры определяется как

$$\beta = \beta_I + \beta_{II} + \beta_{III}. \quad (6)$$

Уравнение непрерывности для определения величины j_ϕ имеет вид [4]

$$\frac{\partial p}{\partial t} = G - R_p - \frac{1}{e} \operatorname{div} j_p \quad (7)$$

(в стационарном случае величина $\frac{\partial p}{\partial t} = 0$).

В формуле (7)

$$G = \alpha I_0 e^{-\alpha x} \frac{\lambda}{hc} \quad (8)$$

♦ скорость генерации электронно-дырочных пар;

$$R = \frac{pn - n_i^2}{\tau_n(p_o + p_i) + \tau_p(n_o + n_i)} \quad (9)$$

♦ скорость рекомбинации носителей заряда.

В общем виде это выражение использовать нецелесообразно, а чтобы упростить его, необходимо оценить уровень воздействия (т.е. соотношения между равновесной и неравновесной концентрацией носителей заряда).

Исходные данные для расчета выберем следующим образом: $\alpha = 10^3 \text{ см}^{-1}$ – диаметр р-п-перехода 600 мкм; $\lambda = 0,85 \text{ мкм}$, $P_{\text{падмин}} = 20^6 \text{ Вт}$. Расчет с использованием формулы (15) дает для областей II и III $\Delta n = \Delta p = 5,10^{17} - 1,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

Таким образом, при использовании уровней легирования базовой области $\sim 10^{14} - 10^{16} \text{ см}^{-3}$ можно считать уровень возбуждения всегда высоким. Тогда формула (16) преобразуется в

$$R_p = \frac{\Delta p}{\tau_p} \quad (10)$$

С учетом выражений (7) и (8) одномерное уравнение непрерывности будет иметь решение

$$j_\phi = \frac{2\alpha I_0 L_n^2 \lambda}{(\alpha^2 L_n^2 - 1)hc} \left\{ \alpha e^{-\alpha xp} - \frac{(S + \alpha D_n) - e^{-\alpha xp} [Sh_n ch(\frac{xp}{L_n}) + D_n Sh(\frac{xp}{L_n})]}{Sh_n Sh(\frac{xp}{L_n}) + D_n ch(\frac{xp}{L_n})} \right\}; \quad (11)$$

$$\beta_i = \frac{\alpha L_n^2}{1 - \alpha^2 L_n^2} \left\{ \alpha e^{-\alpha xp} - \frac{1}{L_n} \frac{L_n (S + \alpha D_n) - e^{-\alpha xp} [Sh_n ch(\frac{xp}{L_n}) + D_n Sh(\frac{xp}{L_n})]}{Sh_n Sh(\frac{xp}{L_n}) + D_n ch(\frac{xp}{L_n})} \right\} \quad (12)$$

Для области II рассмотрим интервал $(X_p - X_n)$

$$\frac{djp}{dx} = e \alpha I_o e^{-\alpha x} \frac{\lambda}{hc} - \frac{djp}{dx} = e \alpha I_o e^{-\alpha x} \frac{\lambda}{hc} - e \frac{\Delta p}{\tau p}. \quad (13)$$

После интегрирования (13) в интервале (Xo-Xn)

$$jp = jo + jm = e \alpha I_o \underbrace{\frac{\lambda_o}{he} \int_{xp}^{xn} e^{-\alpha x} dx}_{j\phi} - e \underbrace{\frac{1}{\tau p} \int_{xp}^{xn} \Delta p(x) dx}_{jm}, \quad (14)$$

$$J_\phi = e I_o \frac{\lambda}{hc} (e^{-\alpha xn} - e^{-\alpha xp}). \quad (15)$$

Так как поглощение практически начинается с X=Xo, то

$$\beta_{II} = 1 - e^{-\alpha Xn}. \quad (16)$$

Для области III (рис. 2) рассмотрим интервал (XL-L).

Уравнение (19) решается аналогично для области I. Граничные условия:

$$\left. \begin{aligned} \Delta p(x=L) &= 0; \\ \Delta p(x=xn) &= \frac{\alpha I_o \lambda L p^2 e^{-\alpha xn}}{D_p h C (\alpha^2 \cdot L_p^2 - 1)}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Для j_ϕ и β_{III} имеем следующие выражения:

$$j_\phi = - \frac{e \alpha I_o \lambda L_p^2}{h C (\alpha^2 L_p^2 - 1)} \left[\alpha e^{-\alpha x} + \frac{e^{-\alpha x} ch \frac{x-xn}{Lp} + e^{-\alpha xn} ch \frac{l-x}{Lp}}{L_p \frac{l-xn}{Lp}} \right], \quad (18)$$

$$\beta_{III} = \frac{\alpha L_p^2}{(\alpha^2 L_p^2 - 1)} \left[\alpha e^{-\alpha x} \frac{e^{-\alpha x} ch \frac{x-xn}{Lp} + e^{-\alpha xn} ch \frac{l-x}{Lp}}{L_p \frac{l-xn}{Lp}} \right]. \quad (19)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов Е.В. Помехозащищенность информационных измерительных систем // Энергия, 1975. – 368 с.
2. Зангер Г. Электронные системы. Теория и применение. – М.: Мир, 1980. – 391 с.
3. Васильев В.С. Действие излучений на полупроводники – М.: Физматгиз, 1983. – 264 с.
4. Дмитриев В.П. и др. Волсторны – новый класс изделий электронной техники // Электронная промышленность. – 1983. – № 6. – С. 11-12.
5. Саттаров Д.К. Волоконная оптика. – Л.: Машиностроение. – 1973. – 368 с.
6. Бусурин В.И., Голубев С.С., Дмитриев В.П. Оптоэлектронные индикаторы жидких сред на основе плоских световодных структур // Приборы и системы управления. – 1986. – № 8. – С. 25-27.
7. Вержялис И.Ю., Гаршенин В.В., Купцов Ю.Ф., Мажсейкис Л.П. Отражательные оптроны // Приборы и системы управления. – 1986. – № 2. – С. 16-18.

8. Гаршенин В.В., Дмитриев В.П., Чарыков С.А. Системы параметров октронов // Электронная промышленность. – 1989. – № 63. – С. 27-30.
9. Методы повышения радиационной стойкости изделий электронной техники и электротехники. – М: Миноборонгиз. – 1984. – 368 с.
10. Акаев А.А. Оптические методы обработки информации. – М.: Радио и связь. –1988. – 237 с.

Асланиди Максим Юрьевич

ООО «Владикавказстрой».

E-mail: njut@yandex.ru.

г. Владикавказ, РСО-Алания, ул. Сибирская, 15.

Тел.: 89188268314.

Aslanidi Maxim Yuryevich

Work in ООО «Vladikavkazstroy».

E-mail: njut@yandex.ru.

15, Sibirskaia street, Vladikavkaz, RNO-Alaniya.

Phone: 89188268314.

УДК 621.3.049.774.2

А.Н. Залозный, М.Д. Бавижев, С.И. Рембеза, Д.М. Красовицкий

**СЕНСОРНЫЙ ДАТЧИК ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ
ALGAN/GAN С РТ ЗАТВОРОМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Исследована возможность изготовления и использования сенсорного датчика водорода на основе гетероструктуры AlGaIn/GaN с платиновым (Pt) затвором. Полупроводниковая гетероструктура была получена методом молекулярно-лучевой эпитаксии и последующим вакуумным напылением платины. Обнаружена чувствительность к угарному газу (CO), ацетилену (C₂H₂) и оксиду азота (NO₂).

Газовый сенсор; водород; двумерный электронный газ.

A.N. Zalozniy, M.D. Bavidjev, S.I. Rembeza, D.M. Krasovitskiy

**HYDROGEN SENSOR ON BASIS OF HETEROSTRUCTURE ALGAN/GAN
WITH PT GATE FOR EXTREME CONDITIONS OPERATION**

Possibility of manufacturing and use of a sensor control of hydrogen on the basis of heterostructure AlGaIn/GaN with platinum (Pt) a shutter is investigated. The semi-conductor heterostructure has been received by a method molekularno-beam epitaxy and the subsequent vacuum dusting of platinum. Sensitivity to carbonic oxide (CO), to acetylene (C₂H₂) and nitrous oxide (NO₂) is found out.

Gas sensor; hydrogen; two dimensional electron gas.

Введение. В настоящий момент применение водорода в военной технике является актуальной научно-технической проблемой. Водород может быть использован как топливо для воздушной, наземной и подводной техники, при этом в качестве продукта реакции водород + кислород, выступает вода, что делает любой объект «невидимым» для радаров.

С другой стороны, водород является пожаровзрывоопасным и относится к категории взрывоопасности ПС, группе взрывоопасности Т1 по ГОСТ 12.1.011. И утечки водорода могут привести к разрушительным последствиям [1, 2].

Решением проблем, связанных с утечкой водорода, является создание водородо-чувствительных сенсоров, работающих в экстремальных условиях (высокие температура, влажность, давление).