

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**ПРОБЛЕМЫ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ
БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ
(ЭМС – 2016)**

Сборник научных трудов второй международной
научно-технической конференции
Харьков 24 -25 мая 2016 г.

Харьков 2016

УДК 621.37/.39

Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи (ЭМС-2016): Сборник научных трудов второй международной научно-технической конференции, Харьков 24-25 мая 2016 г. / М-во образования и науки Украины, Харьковский национальный университет радиоэлектроники. – Харьков: ХНУРЭ, 2016. – 104 с.

В сборник включены научные доклады участников второй Международной научно-технической конференции «Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» (ЭМС-2016).

Издание подготовлено кафедрой телекоммуникационных систем
<http://tcs.kharkov.ua/>

61166, Украина, Харьков, просп. Ленина, 14.
Тел./факс: +380 (57) 702-13-20,
+380 (57) 702-55-92.

E-mail: ems.conference.kture@gmail.com
<http://emc-2016-ru.weebly.com/>

© Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, 2016

Председатель организационного комитета конференции:

Поповский В.В. академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой телекоммуникационных систем ХНУРЭ, член комитета IEEE, г.Харьков, Украина.

Организационный комитет ЭМС-2015:

Коляденко Ю.Ю. профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Серков А.А. академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой систем информации НТУ «ХПИ», член комитета IEEE, заслуженный изобретатель Украины, г. Харьков, Украина.

Зеленский А.А. академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой передачи, приема и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского, член Академии наук связи Украины, г. Харьков, Украина.

Агеев Д.В. член-корреспондент АН ПРЭ, профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, член комитета IEEE, г. Харьков, Украина.

Шостко И.С. член-корреспондент АН ПРЭ, профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г. Харьков, Украина.

Невлюдов И.Ш. академик АН ПРЭ, заведующий кафедрой технологий и автоматизации производства радиоэлектронных средств и электронно-вычислительных устройств ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Москалец Н.В. доцент, к.т.н., доцент кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Токарь Л.А. доцент, к.т.н., доцент кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Сычева О.В. ассистент кафедры технологии и автоматизации производства радиоэлектронных средств и электронно-вычислительных устройств ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.

Программный комитет

- Корсун В.И.** генеральный директор Украинского государственного центра радиочастот г.Киев, Украина.
- Калюжный Н.М.** академик АН ПРЭ, технический директор НТЦ АН ПРЭ, к.т.н., с.н.с. научного центра ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.
- Кравченко В.И.** академик АН ПРЭ, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, профессор, д.т.н., директор НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» г.Харьков, Украина.
- Серков А.А.** академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой систем информации НТУ «ХПИ», член комитета IEEE, заслуженный изобретатель Украины, г.Харьков, Украина.
- Чурюмов Г.И.** академик АН ПРЭ, профессор, д.ф.-м.н., профессор кафедры физических основ электронной техники ХНУРЭ, член комитета IEEE г.Харьков, Украина.
- Климаш М.М.** академик Академии Связи Украины и Международной академии информатизации, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой телекоммуникаций Национального университета «Львовская политехника», лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, г.Львов, Украина.
- Сукачев Э.А.** профессор, д.т.н., профессор кафедры технической электродинамики и систем радиосвязи Одесской национальной академии связи, г. Одесса, Украина.
- Титаренко Л.А.** член-корреспондент АН ПРЭ, профессор, д.т.н., профессор института компьютерной инженерии и электроники Зеленогурского университета, г.Зелена-Гура, Польша.
- Пономарев Л.И.** профессор, д.т.н., профессор кафедры «Радиоэлектроника летательных аппаратов» Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), г.Москва, Россия.

- Шахтарин Б.И.** академик РАЕН, профессор, д.т.н., лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки и техники РФ, почетный радист РФ, профессор кафедры «Автономные информационные управляющие системы» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г.Москва, Россия.
- Пономаренко Н.Н.** профессор, д.т.н., профессор кафедры передачи, приема и обработки сигналов Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского, г.Харьков, Украина.
- Безрук В.М.** академик АН ПРЭ, академик Академии связи Украины, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сетей связи ХНУРЭ, г.Харьков, Украина.
- Водолазский М.В.** директор, Украинский государственный центр радиочастот. Харьковский филиал. г.Харьков, Украина.
- Гаркуша С.В.** доцент, д.т.н., доцент кафедры документоведения и информационной деятельности в экономических системах ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», г.Полтава, Украина.
- Гепко И.А.** профессор, д.т.н., начальник отдела научного обеспечения научно-методического департамента Украинского государственного центра радиочастот г.Киев, Украина.
- Ерохин В.Ф.** профессор, д.т.н., заведующий кафедрой применения средств специальных телекоммуникационных систем Института специальной связи и защиты информации НТТУ «КПИ», г.Киев, Украина.
- Кравчук С.А.** доцент, д.т.н., доцент кафедры телекоммуникаций Института телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», заведующий научно-техническим центром микроволновых телекоммуникационных технологий научно-исследовательского института телекоммуникаций, г.Киев, Украина.

- Лошаков В.А.** академик АНПРЭ, д.т.н., профессор, профессор кафедры телекоммуникационных систем ХНУРЭ, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, г.Харьков, Украина.
- Лучанинов А.И.** профессор, д.ф.-м.н., профессор кафедры основ радиотехники ХНУРЭ, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, г.Харьков, Украина.
- Продиус И.Н.** профессор, д.т.н., директор института телекоммуникаций, радиоэлектроники и электронной техники Национального университета «Львовская политехника», заведующий кафедрой радиоэлектронных устройств и систем, г.Львов, Украина.
- Романов А.И.** профессор, д.т.н., профессор кафедры телекоммуникаций Института телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», г.Киев, Украина.
- Смирнов Н.И.** академик Международной академии информатизации при ООН, член-корреспондент Академии технологических наук РФ, д.т.н., профессор МТУСИ, г.Москва, Россия.
- Сундучков К.С.** профессор, д.т.н., лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, зам. директора по научным вопросам Научно-исследовательского института телекоммуникаций НТУУ «КПИ», г.Киев, Украина.
- Шматков С.И.** академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой теоретической и прикладной системотехники Института высоких технологий Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина, г. Харьков, Украина.
- Урывский Л.А.** академик АН ПРЭ, профессор, д.т.н., зав. Кафедры телекоммуникационных систем Института телекоммуникационных систем Национального технического университета Украины «КПИ», г.Киев, Украина.

4. Омельченко, В.А. Основы спектральной теории распознавания сигналов [Текст]/ В.А. Омельченко. - Харьков: Вища школа, 1983. - 156с.

ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СИСТЕМ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Во Зуй Фук, Зинченко М.В., Зиньковский Ю.Ф.

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

03056, г. Киев, ул. Политехническая, 12, корп. 17, каф. Конструирования и
производства радиоаппаратуры, тел. (044) 454-94-20

e-mail: voduyphuc@bigmir.net

The perspectives and features of secure communication systems with chaotic signal as carrier waves usage are examined. It is shown that in the process of masking the data signal may have a preliminary non-linear transformation by tunnel diode, which is the part of the chaos generator. The levels of brought non-linear products and their ratio depend on the shape parameters of the diode characteristics, the operating point and the modulating signal amplitude. Normalized parameters that allow to develop efficient algorithms for minimizing unreliable modulation modes are introduced.

ВСТУПЛЕНИЕ

Скрытая передача информации с помощью маскировки шумоподобными сигналами вышла на качественно новый этап развития с появлением автоколебательных систем, генерирующих детерминированный хаос. Динамический хаос обладает свойствами, которые полной мерой соответствуют системам секретной связи. К таким свойствам относятся: высокая скорость передачи информации, устойчивость широкополосных сигналов к замираниям при многолучевом распространении и возможность организации конфиденциальной связи в режиме реального времени. При этом хаотические процессы можно получать при помощи достаточно простых динамических систем.

Применение «хаоса» в системах передачи информации создает и ряд серьезных проблем. Для систем связи с хаотическим сигналом, которые основаны на традиционных структурных схемах приемопередатчиков, где хаос использовался в качестве поднесущих колебаний, модулирующих высокочастотный (сверхвысокочастотный) носитель, очень сложно реализовать сверхширокополосность, обеспечивающую высокую скорость передачи и формирование сигналов с большой базой [1, 2].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим схему системы скрытой передачи информации, которая основана на модулировании управляющего параметра передающего генератора «хаоса» информационным сигналом (рис. 1). Полезный сигнал $m(t)$ модулирует один из параметров передающего генератора $x(t)$ таким образом, чтобы между передающим $x(t)$ и принимающим $u(t)$ генераторами существовал режим полной хаотической синхронизации.

После вычитания сигналов передающего и принимающего устройств детектируется сигнал $m(t)$. Для возможности реализации режима синхронизации, параметры принимающего генератора должны быть идентичными параметрам передающего. Устойчивость к шумам для этой системы связи является ограниченной [3]. Так как идентичное повторение фрагментов колебательного процесса генераторами хаоса во многих случаях проблематично из-за наличия собственных шумов, приводящих к эффекту стохастизации хаотического сигнала. Также возникают переходные процессы при переключении (длительность которых может быть весьма продолжительной), что

проявляется во временной задержке включения в синхронный режим принимающего генератора. Поэтому практическая реализация в СВЧ диапазоне этой системы связи является достаточно непростой задачей.

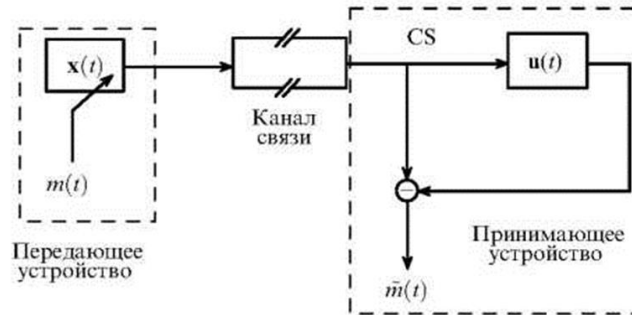


Рис. 1. Схема скрытой передачи информации

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

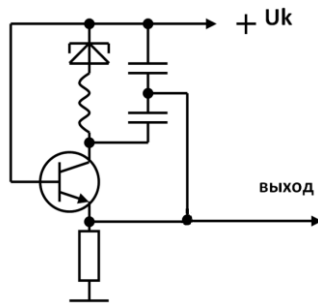


Рис. 2. Схема генератора хаоса на туннельном диоде

Рассмотрим генератор детерминированного хаоса на базе туннельного диода типа АИ201А (рис. 2). Хаотический режим в генераторе связан с наличием участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением (ОДС) на вольт-амперной характеристике (ВАХ) полупроводникового прибора. Возможны два режима управления работой генератора: изменением рабочей точки диода или величины положительной обратной связи [4]. Варьируя коллекторным напряжением, устанавливается положение рабочей точки, например, на отрицательном участке ВАХ. На рис. 3 представлена в относительных координатах область ОДС с помощью аппроксимирующей функции

$$I_{\text{отн}} = 0,5 \cdot (1 - \text{th}(k(\delta U_{\text{отн}}) \cdot (U_{\text{отн}} - 0,5))), \quad (1)$$

где $\delta U_{\text{отн}}$ – ширина области ОДС,
 $k(\delta U_{\text{отн}}) = 640 \cdot 2^{-10 \cdot \delta U_{\text{отн}}} \cdot \sin(\delta U_{\text{отн}})$ –
 масштабирующий коэффициент, в пределах
 $\delta U_{\text{отн}} = 0,2 \dots 0,4$ погрешность не превышает 1%.
 Применим к (1) разложение Тейлора пятого
 порядка и подставим в качестве переменной
 функцию $U(t) = U_0 + U_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi)$, где U_0 –
 напряжение смещения рабочей точки, U_m –
 амплитуда модулирующего сигнала, ω_0 –
 круговая частота, φ – начальная фаза. В

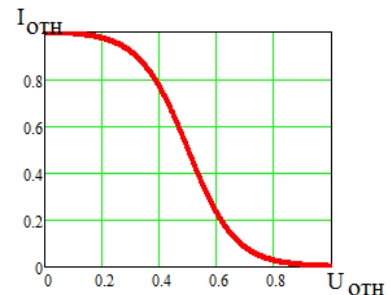


Рис. 3. Область ОДС,
 $\delta U_{\text{отн}} = 0,8$

результате получим в относительных значениях выражения для уровней второй и третьей гармоник ($I_2(U_{\text{отн}}, U_{0\text{отн}}, U_{m\text{отн}})$, $I_3(U_{\text{отн}}, U_{0\text{отн}}, U_{m\text{отн}})$); в силу громоздкости сами выражения не приводятся). На рис. 4 приведены зависимости уровней второй и третьей гармоник от $\delta U_{\text{отн}}$ и $U_{m\text{отн}}$, причем $U_{m\text{отн}} \geq \delta U_{\text{отн}}$. Из рисунка

видно, что отрицательная нелинейность при области ОДС не приводит к нарушению неравенства $I_2 \geq I_3$.

Рассмотрим нормированную аппроксимирующую функцию N-подобной формы ВАХ туннельного диода в виде

$$I_{\text{отн}} = (1,5 \cdot \alpha^2 + 2,9) \cdot \sin^3(\beta \cdot U_{\text{отн}}) - 3 \cdot \sin^2(\beta \cdot U_{\text{отн}}) + 0,5, \quad (2)$$

подобранную и масштабированную через приведенные параметры α и β таким образом, чтобы охватить все возможные соотношения между шириной $\delta U_{\text{отн}}$ и крутизной области с положительной нелинейностью $K_{\text{отн}}$ (рис. 5).

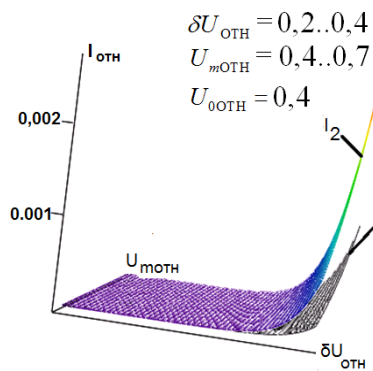


Рис. 4. Уровни второй и третьей гармоник

Согласно рис. 5, а при $\alpha = \text{var}$ и $\beta = \text{const}$ мы имеем увеличение (уменьшение) значений ширины области с отрицательной нелинейностью и крутизны области с положительной нелинейностью, причем соотношение между этими характеристиками равной остается постоянным. Параметр α можно трактовать как коэффициент, характеризующий растяжение (сужение) нормированной кривой ВАХ вдоль оси $U_{\text{отн}}$. В случае изменения двух параметров α и β (рис. 5, б) изменяются не только значения $\delta U_{\text{отн}}$ и $K_{\text{отн}}$, но и их соотношение $\delta U_{\text{отн}}/K_{\text{отн}}$. Параметр β характеризует степень различия между крутизной двух областей с положительной и отрицательной нелинейностью.

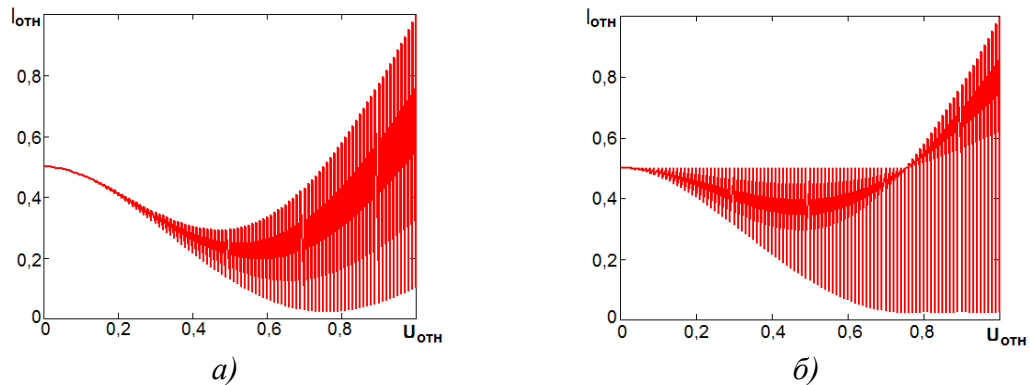


Рис. 5. Множество нормированных аппроксимирующих функций N-подобной формы ВАХ туннельного диода: а) $\alpha = 0..1$, $\beta = 1$; б) $\alpha = 0..1$, $\beta = 0..1$

Разложив функцию (2) в ряд Тейлора и подставив $|U_{\text{отн}}| = |U_{0\text{отн}} + U_{\text{м_отн}} \cdot \cos(\omega t)| \leq 1$, получим выражения для приведенных уровней второй и третьей гармоник:

$$I_{2\text{отн}} = -1,5 \cdot U_{\text{м_отн}}^2 \cdot \beta^2 + 1,5 \cdot U_{0\text{отн}} \cdot U_{\text{м_отн}}^2 \cdot \beta^3 \cdot (1,5 \cdot \alpha^2 + 2,9) + \beta^4 \times \\ \times \left(3 \cdot U_{0\text{отн}}^2 \cdot U_{\text{м_отн}}^2 + 0,5 \cdot \frac{U_{\text{м_отн}}^4}{8} \right) - \beta^5 \cdot \frac{(1,5 \cdot \alpha^2 + 2,9)}{2} \cdot (5 \cdot U_{0\text{отн}}^3 \cdot U_{\text{м_отн}}^2 + 2,5 \cdot U_{0\text{отн}} \cdot U_{\text{м_отн}}^4),$$

$$I_{3\text{отн}} = 0,25 \cdot U_{\text{мотн}}^3 \cdot \beta^3 \cdot (1,5 \cdot \alpha^2 + 2,9) + \beta^4 \cdot U_{0\text{отн}} \cdot U_{\text{мотн}}^3 -$$

$$- \beta^5 \cdot \frac{(1,5 \cdot \alpha^2 + 2,9)}{2} \cdot \left(2,5 \cdot U_{0\text{отн}}^2 \cdot U_{\text{мотн}}^3 + \frac{5}{16} \cdot U_{\text{мотн}}^5 \right). \quad (3)$$

Приняв за константы $U_{\text{мотн}}=1$ и $U_{0\text{отн}}=0,5$ в выражениях (3), на рис. 6 построено зависимость соотношения уровней третьей и второй гармоник преобразованного сигнала от параметров α и β .

Из рис. 6 видно, что существуют значения параметров α и β , при которых уровень третьей гармоники преобладает над уровнем второй ($I_3/I_2 \geq 1$). Поэтому, переменные α и β характеризуют не только форму ВАХ туннельного диода, но и достоверность надежной демодуляции информационного сигнала в рассмотренной системе скрытой связи.

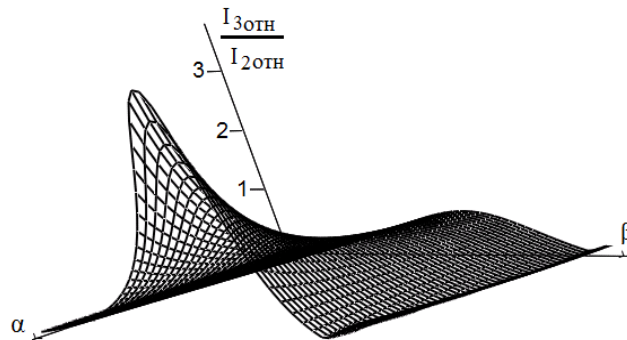


Рис. 6. Зависимость соотношения I_3/I_2 от параметров α и β

Зависимость соотношения I_3/I_2 от параметров α и β является функцией достоверности демодулированного сигнала $N(\alpha, \beta)$. Согласно рис. 6 для генераторов хаоса на туннельном диоде, когда рабочая точка находится на отрицательной ветви ВАХ полупроводникового прибора ($U_{0\text{отн}}=0,5$) и амплитуда модулирующего сигнала соизмерима (или превышает) с шириной области ОДС ($U_{\text{мотн}}=1$), при $\alpha=0,88..1$ и $\beta=0,46..0,64$, функция $N(\alpha, \beta) > 1$ (демодуляция является ненадежной). Например, для ВАХ диода АИ201А: $\alpha=0,72..1$ и $\beta=0,45..0,67$. Невозможность восстановления информационного сигнала в системе связи с генераторами хаоса на диоде АИ201А будет наблюдаться при смещении рабочей точки на отрицательную ветвь ВАХ и соизмеримой (или превышающей) с шириной области ОДС амплитуды модулирующего сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На управляющий параметром генератора хаоса информационный сигнал может воздействовать предварительное нелинейное преобразование с помощью полупроводникового прибора. В случае генератора на туннельном диоде уровни вносимых нелинейных продуктов и их соотношения зависят от параметров формы характеристики полупроводникового прибора, положения рабочей точки и амплитуды модулирующего сигнала. Причем, при определенных значениях этих величин наблюдается инверсия в соотношении уровней вносимых нелинейных продуктов. Это явление делает затруднительной надежную демодуляцию информационного сигнала в системе скрытой передачи информации с маскированием информационного сигнала детерминированным хаосом путем изменений

параметра передающего генератора хаоса. Использование методики восстановления информационного сигнала с помощью введенных нормированных параметров α и β позволяет применить эффективные алгоритмы минимизации малонадежных режимов модуляции.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Дмитриев А.С. Динамический хаос. Новые носители информации для систем связи / А.С. Дмитриев, А.И. Панас: М. Физматлит, 2002. – 252 с.
2. Cuomo K.M. Synchronization of Lorenz-based chaotic circuits with application to communications / К.М. Cuomo, А.У. Oppenheim, S.H. Strogatz // IEEE Trans. Circ. Syst. 1993. II. 40. 10. – PP. 626-633.
3. Dedieu H. Chaos shift keying: Modulation and demodulation of a chaotic carrier using self-synchronizing Chua's circuits / H. Dedieu, M.P. Kennedy, M. Hasler // IEEE Trans. Circuit sand Systems. Oct. 1993. V. CAS-40. № 10. – PP. 634.
4. Беляев Н.В. Физическая модель генератора хаоса с нелинейным элементом и управляемой нелинейностью / Н.В. Беляев // Естественные и технические науки. №2 (34). 2008. – СС. 47 – 55.

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ВХОДНОГО ТОРЦА ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА

Донсков А.Н., Филипенко А.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. Технологии и автоматизации

производства РЭС и ЭВС, тел. (057) 702-14-86, E-mail: tapr@kture.kharkov.ua

In this work we presented the results of geometry optimization of input end 2D photonic crystal waveguide. Removing only the two pillars at the left central part of the waveguide can increase the magnitude of the normalized radiation power flow through the waveguide

Для создания оптического волновода в фотонном кристалле с $d=395$ нм и $\Lambda=750$ нм мы удалили ряд столбиков вдоль центральной части фотонного кристалла. Геометрическая структура полученного волновода представлена на рис. 1.

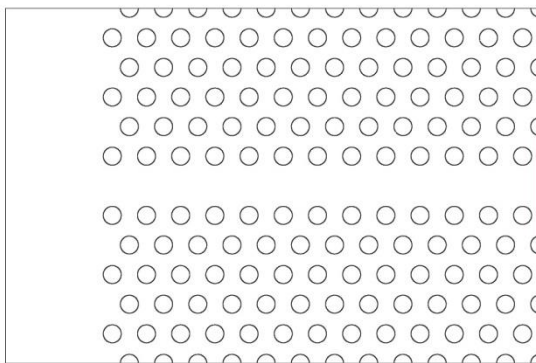


Рисунок 1 – Геометрическая структура исследуемого волновода с $d=395$ нм и $\Lambda=750$ нм

Вторая международная научно-техническая конференция
Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей
связи

Алфавитный список

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|
| А | З | Р |
| Ali Salem Ali 15 | Зима И.И. 33 | Разумов-Фризюк Е.А. 80 |
| Ayumen M. Al-Dulaimi 7 | Зинченко М.В. 25 | Рожнова Т.Г. 84 |
| Ali Al-Ansari 99 | Зиньковский Ю.Ф. 25 | С |
| Ayumen M. Al-Dulaimi 99 | И | Сабрекова А. И. 40 |
| В | Иваненко С.А. 23 | Сабурова С.А. 87 |
| Bespalchuk B.I. 20 | К | Сакун О.А. 64 |
| Г | Кадацкая О.И. 87 | Сеилханов Р.Л. 75 |
| Fomovskyi F.V. 20 | Колесников А.Н. 36 | Сычёва О. В. 67 |
| Н | Кулиш С.Н. 71 | Стародубцев Н.Г. 102 |
| Nevar Adnan 11 | Куля Ю.Э. 93 | Т |
| Л | Курило Д. А. 40 | Теслюк С.И. 80 |
| Loshakov V.A. 11 | Л | Токарева О.В. 57 |
| М | Лега А.С. 47 | Токарь Л. А. 91 |
| Marchenko D. 11 | Лемешко А.В. 49 | Ф |
| Martynchuk A.A. 11 | Лебедев В.О. 43, 54 | Филипенко А.И. 29 |
| У | М | Филиппенко О.И. 93 |
| Yurko A.A. 20 | Макаров С.А. 43, 54 | Фомовська О.В. 64 |
| Б | Малик Б. О. 57 | Ш |
| Безрук В.М. 23 | Москалец Н.В. 91, 95 | Шостко И.С. 93 |
| Боцман А.С. 31 | Н | |
| В | Наритник Т.М. 61 | |
| Висоцький О.В. 54 | Нгугу Нкая Сети 73 | |
| Во Зуй Фук 25 | Нетикова Л. И. 91 | |
| Водолазский М.В. 36 | Никифоров В.В. 64 | |
| Г | Новоселов С. П. 40, 47, 67 | |
| Гарагуля А.В. 36 | О | |
| Грицан Ю.В. 75 | Олейник В.П. 71 | |
| Д | П | |
| Донсков А.Н. 29 | Павліченко О.А. 43 | |
| Е | Пастушенко Н.С. 73 | |
| Еременко А.С. 49 | Поздняк В.П. 54 | |
| Ж | Пономарева А.В. 75 | |
| Жарикова И.В. 31 | Поповский В.В. 95 | |
| Жирнов В.В. 33 | | |