



# КрымМуКо 2010 CriMiCo

31

34

## 20-я Международная Крымская конференция СВЧ-техника телекоммуникационные технологии Материалы конференции

36

38

13—17 сентября 2010 г.  
Севастополь, Крым, Украина

40

42

## 2010 20<sup>th</sup> International Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology Conference Proceedings

44

46

48

50

September 13—17, 2010  
Sevastopol, Crimea, Ukraine

52

54

В двух томах  
In Two Volumes

56

Том 2  
Volume 2

58

60



Moscow • Kiev • Minsk • Sevastopol  
2010

62

III

8.15	МИКРОВОЛНОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ СЫРОЙ НЕФТИ ПРИ ИНВЕРСИИ ВОДО-НЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ Макеев Ю. В., Лифанов А. П., Совлуков А. С. ....	1087
8.16	МИКРОВОЛНОВОЙ ДАТЧИК ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА В ПОТОКЕ Беляйц А. Ч., Семенчик В. Г. ....	1089
8.17	МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЛИСТОВЫХ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ Семененко В. Н., Чистяев В. А. ....	1091
8.18	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЧ И СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВОДОНЕФТЯНЫЕ ЭМУЛЬСИИ, ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЕ МАГНИТНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ Калинин Ю. А., Стародубов А. В., Моисеенко А. В. ....	1093
8.19	ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОГРЕВА И ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ В ПЛАСТЕ Сысоев С. М., Заводовский А. Г., Кислицын А. А. ....	1095
8.20	УСТРОЙСТВО НАГРЕВА ВЕЩЕСТВА В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ПОЛЕ Вичкань А. В., Мельяновский П. А., Шуть А. И. ....	1097
8.21p	ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ СХЕМ ПИТАНИЯ СВЧ МАГНЕТРОНА СРЕДНЕГО УРОВНЯ МОЩНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ Мадвейко С. И. ....	1099
8.22p	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ Абакачева Е. М., Сулейманов Д. Ф., Шулаев Н. С. ....	1101
8.23p	РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В КОЛОННЕ ОСУШИТЕЛЯ ГАЗА ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ АДСОРБЕНТА Аюпов Т. А., Воробьев Н. Г., Воробьева Е. Г. ....	1103
8.24p	ПРИМЕНЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ГАЗОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ТГц ДИАПАЗОНА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СУПЕРЭКОТОКСИКАНТОВ И СДЯВ Вакс В. Л., Домрачева Е. Г., Приползин С. И., Собакинская Е. А., Черняева М. Б. ....	1105

## СЕКЦИЯ 8a/1. СВЧ-ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ БИООБЪЕКТОВ

8a.1	СИНХРОНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ РАСТЕНИЙ Харланов А. В. ....	1109
8a.2	ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ Дёмин Д. А., Каленик И. Е. ....	1111
8a.3	РАДИОТЕПЛОМЕТРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В РАДИОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ Кулиш С. Н., Олейник В. П., Шулепов В. Ю., Аль Отти Самы ....	1113
8a.4	ТЕРАГЕРЦОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ — МЕДИЦИНЕ Чекрыгина И. М., Чекрыгин А. Э., Чекрыгин В. Э. ....	1115
8a.5	ВЛИЯНИЕ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРЕННОГО ВОЗДУХА В ВОДЕ Емец Б. Г., Алмазова Е. Б., Емец Н. Л. ....	1117
8a.6	ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЧАСТОТНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА Кочина М. Л., Фирсов А. Г., Каминский А. А. ....	1119
8a.7p	ОЦЕНКА РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ Ситников А. С., Смоляр В. А. ....	1121
8a.8p	ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЗЕРЕН ЗЛАКОВЫХ Харланов А. В. ....	1123
8a.9p	ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ МАССУ СЕЯНЦЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ Войнов Г. М., Головач А. А., Гришкевич Е. Ф. ....	1125
8a.10p	УСТРОЙСТВО ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА ДЛЯ ФОТОННОЙ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАФИИ Ткачук Р. А., Яворский Б. И. ....	1127

# УСТРОЙСТВО ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА ДЛЯ ФОТОННОЙ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАФИИ

Ткачук Р. А., Яворский Б. И.

Национальный технический университет имени Ивана Пулюя  
г. Тернополь, ул. Руська 56, 46001, Украина  
тел.: 0532-283552, e-mail: Kaf\_BT@tu.edu.ua

**Аннотация** — Разработаны принципы построения светодиодного устройства управления возбуждением сетчатки глаза во время фотонной ретинографии. Получены электромагнитные поля оптического диапазона очень низкой интенсивности. Исследованы возможности интерактивного и автоматизированного управления интенсивностью, частотой и координатами главного направления светодиодного излучения.

## I. Введение

Для обнаружения нейротоксикации человека наночастицами перспективно применение электроретинографии [1]. Ретинографические исследования применяются в офтальмологии. При этом плотность энергии возбуждения сетчатки глаза составляет  $(0.01-30) \text{ Кд}\cdot\text{сек}/\text{м}^2$  [2]. Для идентификации типа нейротоксикации, оценке её степени необходимо уменьшение интенсивности светового возбуждения сетчатки на несколько порядков. Высокая чувствительность глаза до уровня возбуждения его светом (несколько фотон) известна [3]. Возможности визуальной системы человека к обнаружению слабых оптических сигналов при научных исследованиях в квантовой физике, нейробиологии, неврологии сейчас интенсивно изучаются [4]. Однако для исследований в области нанотоксикологии оказалось необходимым создание более компактных, управляемых, метрологически нормируемых устройств. В данной работе наведены результаты построения устройства управляемого светодиодного возбуждения сетчатки глаза для фотонной ретинографии.

## II. Результаты построения

На рис. 1 наведено схему имитационной модели управляемого светодиодного источника электромагнитного излучения (в оптическом диапазоне) представленную в формате программной среды NI Multisim™ 11.0.

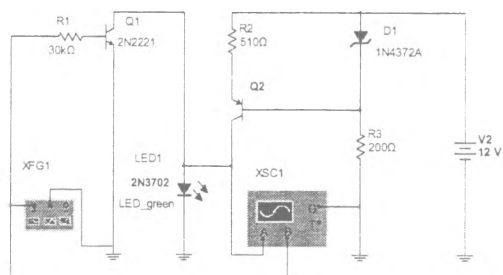


Рис. 1. Схема питания светодиода импульсами тока (XFG1 — генератор импульсов напряжения; XSC1 — осциллограф; LED1 — светодиод; Q2, D1, R2, R3 — источник постоянного тока; Q1, R1 — ключ).

Fig. 1. A diagram for a light emitting diode pulse current supply (XFG1 — pulse voltage generator; XSC1 — oscilloscope; LED1 — light emitting diode; Q2, D1, R2, R3 — direct current source; Q1, R1 — key)

Питание светодиода управляется изменением скважности  $D = t_p / T$  прямоугольных импульсов напряжения (от генератора импульсов XFG1, рис. 1) шириной  $t_p$  с периодом  $T$  их повторения с помощью ключа на транзисторе Q1 шунтирующего светодиод LED1, чем осуществляется уменьшение в  $D$  раз значение среднего тока через него. При этом  $T \leq 40$  мсек (для учета инерционности глаза), а длительность времени подачи импульсов равна стандартному для ретинографии времени возбуждения сетчатки (от 5 мсек, [2]). Величина тока от источника тока на транзисторе Q2 определяется паспортным значением прямого тока  $I_F$  светодиода,  $I_F \approx U_{cm} / R2$ , где  $U_{cm}$  — напряжение на стабилитроне D1. Энергия  $E_\phi$  фотона света излучаемого светодиодом связана с энергией  $E_s$  запрещенной зоны полупроводника светодиода напряжением  $U_n$  порога запрещенной зоны:

$$E_\phi = E_s = eU_n,$$

где  $e$  — заряд электрона с потока электронов (тока) через светодиод (рис. 1); этот ток равен прямому току  $I_F$  светодиода. Энергия фотона излучаемого света связана с частотой волны излучения уравнением Планка-Айнштейна (Einstein)

$$E_\phi = hf_\phi,$$

где  $f_\phi = c / \lambda_\phi$  — частота, а  $\lambda_\phi$  — длина волны фотона,  $c = 3 \times 10^8$  м/сек,  $h = 6.62606896 \times 10^{-34}$  Дж·сек. Энергия  $E_\phi$  каждого фотона возникающего при преодолении каждым электроном тока запрещенной зоны полупроводника в светодиоде определяет энергию  $E_c$  света излучаемого светодиодом. Обобщенное выражение количества фотонов

$$n = E_c / E_\phi.$$

Энергия  $E_c$  определяется оптической эффективностью  $\eta_o$  [лм/Вт], интенсивностью (силой) света  $I_v$  [Кд] группы данного типа светодиода, спектральной характеристикой и диаграммой направленности излучения светодиода, а также расстоянием до поверхности глаза и временем излучения. Количество фотонов определялось по формуле

$$n = E_c \lambda_\phi / hc.$$

С учетом спектральной характеристики светодиода сила света  $I_v = 683.002 \int_0^\infty \bar{V}(\lambda) I(\lambda) d\lambda$ , где  $I_v$  — интенсивность (сила) света в канделах (Кд),  $I(\lambda)$  — спектральная интенсивность излучения светодиода в ваттах на стерадиан (Вт/ср),  $\bar{V}(\lambda)$  — стандартная функция спектральной чувствительности глаза. (Для монохроматического источника излучения  $I_v = 683.002 \cdot I$ ). При учете диаграммы направленности светодиода

$$E_c = 683.002 \cdot \left( \frac{I_V}{I_{V,2mA}} \right) \int_0^\Theta I_{V,2mA}(\theta) d\theta,$$

где  $\Theta$  - телесный угол (апертура). Однако, для малых углов

$$\tilde{E}_c = 683.002 \cdot \frac{l}{L} \left( \frac{I_V}{I_{V,2mA}} \right) I_{V,2mA} t_e,$$

Тогда формула для определения количества фотонов

$$\tilde{n} = 683.002 \cdot \frac{l}{L} \left( \frac{I_V}{I_{V,2mA}} \right) I_{V,2mA} t_e \frac{\lambda_\phi}{hc},$$

где  $t_e$  - продолжительность возбуждения сетчатки,  $L$  — расстояние от глаза до светодиода,  $l$  — диаметр зрачка глаза (1-5) мм.

### III. Интерпретация результатов испытаний

Выполнены расчеты количества фотонов. Например, для светодиода LG 3369 E1 фирмы Opto Semiconductors при  $\lambda_\phi = 565$  нм,  $I_{V,2mA} = 0.71$  мкд и других паспортных данных (таблица 1), для  $l/L = 0.1$ ,  $t_e = 0.5$  сек результат расчета по приближенной формуле приведен на рис.2.

Табл. 1. Параметры светодиода

Table 1. LED parameters

$D$	$t_p$ , мсек	$I_F$ , mA	$I_V / I_{V,2mA}$
1	-	2	1
0.5	5	1	0.35
0.4	4	0.8	0.27
0.3	3	0.6	0.17
0.2	2	0.4	0.09
0.1	1	0.2	0.03
0.05	0.5	0.1	0.01

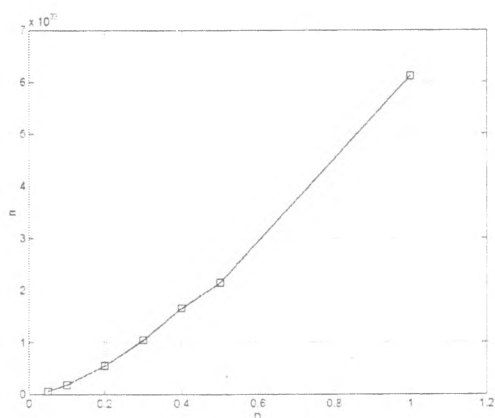


Рис. 2. Зависимость количества фотонов от скважности импульсов тока.

Fig. 2. A dependence of the photons number vs. the duty cycle of current pulses

### IV. Заключение

Благодаря применению импульсного питания, учету времени излучения и выбору светодиода возможно получение очень низких интенсивностей возбуждения сетчатки глаза в автоматизированном или интерактивном режимах с нормируемыми метрологическими характеристиками.

Работа выполнена в «Отделе медицинского приборостроения» НТУ имени Ивана Пулюя.

### V. Список литературы

- [1] *Environmental Health Criteria* 223. Neurotoxicity Risk Assessment For Human Health: Principles And Approaches <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc223.htm> (дата обращения: (12.05.2010).
- [2] *Marmor M.F. et al.* ISCEV Standart for full-field clinical electroretinography // *Doc Ophthalmol* 2009 118 P. 69—77
- [3] *Hecht S. et al.* Energy, Quanta, and Vision // *Journal of General Physiology* 1942 July 20 P. 819—840.
- [4] *Detection of weak optical signals by human visual system: Perspectives in Neuroscience and in Quantum Physics* [http://home.etu.unige.ch/~alvarra0/Roberto\\_ALVAREZs\\_Personal\\_Page/About\\_Me\\_files/Eye\\_project.pdf](http://home.etu.unige.ch/~alvarra0/Roberto_ALVAREZs_Personal_Page/About_Me_files/Eye_project.pdf) (дата обращения 15.05.2010).

## DEVICE FOR EXCITATION OF EYE RETINA FOR PHOTON ELECTRORETINOGRAPHY

Tkachuk R. A., Yavorsky B. I.

National Technical University named after Ivan Pului  
56, Rus'ka Str, Ternopil, 46001, Ukraine  
Phone: 0352-283552, e-mail: Kaf\_BT@tu.rdu.te.ua

*Abstract* — Principles of construction of the light-emitting diode device for control of excitation of a retina of an eye during photon retinography are developed. Opportunities for interactive and automation control of intensity, frequency and coordinates of main direction of light-emitting diode radiation are investigated.

### I. Introduction

For detection of nanoparticles neurotoxicity of the human application of retinography is perspective [1]. The density of energy of light excitation of a retina of an eye is (0.01-30) cd·s/m<sup>2</sup> [2]. When identification of type of neurotoxicity and estimation of its degree are required, the reduction of intensity of light excitation of an eye in some orders is necessary. High sensitivity level of an eye at several photons is known [3]. Opportunities of visual system of the human to detection of weak optical signals are intensively studied now [4]. In the present work, results of creation of a controlled light-emitting diode device for excitation of a retina of an eye at the photon retinography are given.

### II, III. Main Part

Fig.1 presents the circuit of a simulation model of a controlled LED source of electromagnetic radiation (in an optical range). The period  $T \leq 40$  ms of pulses for the account of the eye inertia and their duration is standard for retinography (from 5 msec, [2]). Therefore, it is a control of mean current throw the light emitting diode by pulses duty cycle varying. The approached formula for determination of a number of photons

$$\tilde{n} = 683.002 \cdot \frac{l}{L} \left( \frac{I_V}{I_{V,2mA}} \right) I_{V,2mA} t_e \frac{\lambda_\phi}{hc}.$$

For light-emitting diode LG 3369 E1 at  $\lambda_\phi = 565$  nm,  $I_{V,2mA} = 0.7$  mcd, and given in table 1, when  $l/L = 0.1$  (sine of aperture angle) and  $t_e = 0.5$  s (duration of pulses train) the result of calculation is presented on fig. 2.

### IV. Conclusion

Due to application of a pulse supply, the account of time of radiation and a choice of a light-emitting diode type the reception of very low intensity excitation of a retina of an eye in the automated or interactive modes with normalized metrological characteristics are achieved.