

## **КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

### **СЕКЦИЯ С**

## **ДИАГНОСТИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

### **НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГЕО- И ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

**И.А. Белашова, В.В. Бочкарев**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
inkin91-91@mail.ru

### **NONLINEAR FILTERING OF TIME SERIES OF GEO- AND HELIOPHYSICAL PARAMETERS**

**I.A. Belashova, V.V. Bochkarev**

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

В настоящее время широкой популярностью пользуется такой метод обработки сигналов, как пороговая вейвлет-фильтрация. Основной ее принцип заключен в следующем: при фильтрации оставляются коэффициенты, содержащие наибольший объем информации о фильтруемом сигнале, что в случае использования критерия минимума квадратичного отклонения эквивалентно выбору самых больших по модулю коэффициентов. Применение данной стратегии может быть некорректно, когда речь заходит о рядах с распределением флуктуаций, существенно отличающимся от нормального.

В таком случае может быть предпочтительным применение других критериев качества, например критерия максимального правдоподобия. Поскольку вид данной функции может сложным образом зависеть от параметров, для нахождения ее минимума предлагается использовать методы оптимизации (генетические алгоритмы, метод имитации отжига, методы детерминированного поиска). В данной работе рассматривается возможность применения фильтрации по критерию максимального правдоподобия к анализу рядов числа солнечных пятен, а также рядов ионосферных параметров.

Today threshold wavelet filtering is a widely popular method of signal processing. It's basic principle is concluded as follows: filtering coefficients are left, containing the largest amount of information about the filtered signal that the use of the criterion of minimum deviation is equivalent to choosing the largest module coefficient. Using of this strategy may be incorrect, when we talk about the ranks of the distribution of fluctuations, which are materially different from normal.

In this case, it may be preferable to use other quality criterions, such as maximum likelihood criterion. Since the form of this function may depend in a complicated way on the options, for finding a minimum it is suggested to use optimization techniques (genetic algorithms, simulated annealing method, deterministic methods of searching). In this paper we consider the possibility of filtering by maximum likelihood criterion analysis to the sunspot number series as well as series of ionospheric parameters.

### **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОДИНОЧНЫХ МОЛЕКУЛ ВБЛИЗИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

**С.В. Бойченко**

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
ste89@yandex.ru

## **HIGH-EFFICIENT VISUALIZATION OF ARBITRARILY ORIENTED SINGLE MOLECULES NEAR THE METAL SURFACE**

**S.V. Boichenko**

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Флюоресцентная визуализация произвольно ориентированных одиночных молекул (ОМ) исключительно важна для некоторых приложений, но она не может быть реализована с помощью обычной флюоресцентной микроскопии. Однако она может быть выполнена с применением эллиптически-поляризованных цилиндрических векторных пучков в лазерной конфокальной сканирующей флюоресцентной микроскопии (ЛКСФМ). Мы моделируем расчетным путем визуализацию произвольно ориентированных ОМ родамина 6G, находящихся в пленке полиметилметакрилата под плоским слоем серебра, реализуемую с применением данной методики. Чтобы описать количественно зависимость максимума интенсивности ЛКСФМ изображения ОМ от ориентации данной ОМ, мы используем параметр эффективности визуализации, который может принимать значения между 0 и 1. Чем больше значение данного параметра, тем качественнее визуализация. Показано, что достижимо значение параметра эффективности  $>90\%$  при расстояниях между молекулой ОМ и металлическим слоем  $>150$  нм.

For some applications the fluorescence visualization of arbitrarily oriented single molecules (SMs) is of high importance, but it cannot be performed by means of conventional fluorescence microscopy. However, it can be performed by using elliptically polarized cylindrical vector beams in laser-scanning confocal fluorescence microscopy (LSCFM). We theoretically simulate the visualization of arbitrarily oriented Rhodamine 6G SMs situated in a poly (methyl methacrylate) film under a plane silver surface, performed by means of this technique. To quantify the dependence of the intensity maximum of the LSCFM image of a SM on the molecule orientation, we used the visualization efficiency parameter, which can amount between 0 and 1. The larger this parameter is, the better the visualization is. We have shown that the efficiency parameter of  $>90\%$  is reachable when the distance between the metal layer and a SM is  $>150$  nm.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РАДИАЦИОННЫХ И ПРИМЕСНЫХ НАНОДЕФЕКТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ РОСТА ИОННОГО КРИСТАЛЛА**

<sup>1</sup>Л.И. Брюквина, <sup>2</sup>А.В. Леонова, <sup>1</sup>М.Д. Зимин, <sup>3</sup>Н.В. Леонова

<sup>1</sup>Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
baikal@ilph.irk.ru

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия  
ann3leo@gmail.com

<sup>3</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия  
anleonova@mail.ru

## **INVESTIGATION OF PROPERTIES OF RADIATION AND IMPURITY NANODEFECTS DEPENDING ON CONDITIONS OF IONIC CRYSTAL GROWTH**

<sup>1</sup>L.I. Bryukvina, <sup>2</sup>A.V. Leonova, <sup>1</sup>M.D. Zimin, <sup>3</sup>N.V. Leonova

<sup>1</sup>Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>3</sup>Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Диагностика распределения радиационных и примесных нанодефектов и форм вхождения их в кристалл имеют большое значение, так как ионные кристаллы, такие как LiF и NaF, широко применяются в качестве дозиметров радиационного и лазерного излу-

чений, а в последнее время — в качестве микро- и наноустройств, записываемых в кристалле фемтосекундными лазерными импульсами. Особенности выращивания кристаллов влияют на свойства люминесцирующих центров окраски, наводимых радиационным излучением, и определяют их использование.

Нами изучены зависимости распределения точечных дефектов в кристалле от законов изоморфного замещения и форм вхождения катионных и анионных примесей от условий насыщения расплава примесями и от образования твердых растворов замещения или внедрения.

Подбор необходимых параметров и анализ условий роста кристалла позволяет управлять однородностью распределения радиационных и примесных наноструктур в кристалле.

Diagnostics of distribution of radiation and impurity nanodefects and forms of defects imbedding in a crystal are of great importance since ionic crystals, such as LiF, NaF, have broad application as radiations dosimeters, laser media, and recently as micro and nano-devices which are written down in a crystal by femtosecond laser pulses. Features of a crystal growth influence on properties of the luminescent color centers induced by radiation and define their using.

We studied dependences of distribution of point defects in a crystal from laws of isomorphic replacement and kinds of cation and anion complexes, from conditions of melt saturation by impurities and from creation of solid solutions of replacement or introduction.

Selection of necessary parameters and the analysis of conditions of a crystal growth allow operating homogeneous distribution of nanostructures induced by radiation and impurity in a crystal.

## **РАСЧЕТ ТЕКУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ КОРРЕКТИРУЕМОЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ МОДЕЛИ**

**<sup>1</sup>Е.М. Вдовин, <sup>1</sup>С.И. Книжин, <sup>2</sup>А.А. Мыльникова, <sup>1</sup>В.И. Сажин**

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
sazhin@physdep.isu.ru

<sup>2</sup> Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

## **COLCULATION OF CURRENT VALUES OF THE IONOSPHERE TOTAL ELECTRON CONTENT FROM CORRECTED MONTHLY AVERAGE MODEL**

**<sup>1</sup>Е.М. Vdovin, <sup>1</sup>S.I. Knizhin, <sup>2</sup>A.A. Mylnikova, <sup>1</sup>V.I. Sazhin**

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Проводится оценка эффективности определения текущих значений полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы на основе коррекции среднемесячной ионосферной модели, дающей высотный профиль электронной концентрации. Для пункта Иркутска использованы данные по критической частоте, полученные при вертикальном зондировании (ВЗ) ионосферы, проводимом в ИСЗФ СО РАН, и данные, взятые из известной базы данных SPIDR. Эффективность коррекции оценивалась сравнением величин ПЭС, рассчитанных по скорректированной модели, и данных по ПЭС глобальных ионосферных карт GIM лаборатории CODE, размещаемых в Интернет, а также данных измерений на двухчастотном приемнике в системе GPS/ГЛОНАСС. Данные обработаны по методике, разработанной в ИСЗФ СО РАН. Кроме того, оценивается возможность использования вместо данных ВЗ значений ПЭС, найденных из измерений, для оперативной коррекции среднемесячной модели ионосферы.

The effectiveness of evaluation of the current value of the total electron content (TEC) of the ionosphere has been assessed on the basis of corrected monthly average model providing the altitude profile of the electron density. Data on the critical frequency for Irkutsk are received by means of vertical probing, carrying at Institute of Solar-Terrestrial Physics (ISTP), and also taken from known database SPIDR. The correction effectiveness is evaluated by means of comparison of TEC values calculated by corrected model and TEC data lab CODE's global ionospheric maps GIM, which are set in the Internet. Also for this purpose the TEC values calculated by corrected model were collated with data, received by measurements of double-frequency receiver GPS/GLONASS. All data were processed according to the procedure, developed by ISTP. As well possibility to use measured TEC values for actual correction of monthly average model of ionosphere instead of the vertical probing data is estimated.

**ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕРЦАНИЙ  
ДИСКРЕТНОГО РАДИОИСТОЧНИКА НА ИРКУТСКОМ РАДАРЕ  
НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

**М.В. Глоба, Р.В. Васильев, Д.С. Кушнарев, А.В. Медведев**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
globa@iszf.irk.ru

**INTERFEROMETRIC OBSERVATIONS OF DISCRETE RADIO SOURCE  
SCINTILLATIONS AT IRKUTSK INCOHERENT SCATTER RADAR**

**M.V. Globa, R.V. Vasilyev, D.S. Kushnarev, A.V. Medvedev**

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Приведены результаты наблюдений ионосферных мерцаний радиосточника Лебедь-А на Иркутском радаре НР с 2012 по 2014 г. Для анализа мерцаний были построены изображения радиосточника с периодом 18 с и для каждого изображения определены основные статистические параметры, отражающие положение и угловой размер радиосточника. Показано, что изменение этих статистических характеристик не коррелирует с изменениями мощности (мерцаниями) радиосточника, возникающими вследствие прохождения радиосигнала через ионосферные неоднородности.

Results of observations of radiosource Cygnus-A ionospheric scintillations at Irkutsk Incoherent scatter Radar during the period of 2012–2014 are presented. For scintillations analysis the images of radiosource with period of 18 seconds were constructed and basic statistical parameters representing position and angular size of the radiosource are calculated for each image. It is shown that changes of these statistical characteristics do not correlate with fluctuations in power (scintillations) of the signal caused by radio wave propagation through ionospheric irregularities.

**ОЦЕНКА ВЫСОТЫ ОТРАЖЕНИЯ МОЩНОЙ РАДИОВОЛНЫ  
И ГРАНИЦ ОБЛАСТИ ПЛАЗМЕННЫХ РЕЗОНАНСОВ ИОНОСФЕРЫ  
МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ДЛЯ НАГРЕВНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА СТЕНДЕ СУРА В АВГУСТЕ 2014 г.**

**<sup>1</sup>В.О. Дементьев, <sup>1</sup>И.А. Насыров, <sup>2</sup>А.Б. Белецкий, <sup>3</sup>С.М. Грач**

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
vdemen@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

<sup>3</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

**THE ESTIMATION OF THE POWERFUL RADIO WAVE REFLECTION HEIGHT  
AND THE BOUNDARIES OF A PLASMA RESONANCE REGION  
OF THE IONOSPHERE BY MATHEMATICAL MODELING METHODS FOR  
THE HEATING EXPERIMENTS AT SURA FACILITY IN AUGUST 2014**

**<sup>1</sup>V.O. Dementyev, <sup>1</sup>I.A. Nasyrov, <sup>2</sup>A.B. Beletsky, <sup>3</sup>S.M. Grach**

<sup>1</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

<sup>3</sup>Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod, Russia

В работе на основе международной справочной модели ионосферы IRI-2012 рассматриваются численные эксперименты по нахождению высоты отражения лучевых траекторий радиоволн и границ высот области плазменных резонансов ионосферы для нагревных экспериментов на стенде СУРА (56°8'37.28" N, 46°5'56.57" E) в августе 2014 г. В результате анализа показано, что слой плазменных резонансов расположен на высотах от 240 до 310 км. Границы высот плазменных резонансов и высоты отражения траекторий уменьшаются с уменьшением частоты передатчика. С уменьшением критической частоты ионосферы  $f_oF2$  границы высот плазменных резонансов и высоты отражения траекторий радиоволн увеличиваются. Толщина слоя плазменных резонансов составляет в среднем от 7 до 9 км. Высота отражения траекторий находится выше примерно на 1–2 км от верхней границы ленгмюровского резонанса. Полученные результаты согласуются с данными проведенных в нескольких приемных пунктах оптических измерений одновременно, в ходе которых было замечено искусственное оптическое свечение ионосферы.

In this work, based on the International Reference Ionosphere Model IRI-2012 conducted numerical experiments for finding the reflection height of ray paths of radio waves and the height boundaries of the ionosphere plasma resonances for heating experiments at SURA facility (56°8'37.28" N, 46°5'56.57" E) in August 2014. The analysis shows that the plasma resonances layer located at altitudes from 240 to 310 km. Boundary heights of plasma resonances and reflection heights of trajectories decrease with decreasing transmitter frequency. With a decrease in the ionosphere critical frequency  $f_oF2$  a boundary heights of plasma resonances and a height of reflection radio waves paths increases. The layer thickness of a plasma resonance is an average from 7 to 9 km. The reflection height of the trajectories is higher by about 1–2 km from the upper boundary of the Langmuir resonance. These results are consistent with the data of optical measurements carried out simultaneously in several receiving points. During measurements artificial optical emission of the ionosphere was observed.

**ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ  
С ИМПЛАНТИРОВАННЫМИ ИОНАМИ СЕРЕБРА**

**<sup>1</sup>В.П. Дресвянский, <sup>1</sup>Е.Ф. Мартынович, <sup>2</sup>О.И. Шипилова, <sup>2</sup>А.А. Черных**

<sup>1</sup>Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
4me4you@bk.ru

**THE LUMINESCENT PROPERTIES OF DIELECTRIC CRYSTALS  
WITH IMPLANTED SILVER IONS**

**<sup>1</sup>V.P. Dresvyansky, <sup>1</sup>E.F. Martynovich, <sup>2</sup>O.I. Shipilova, <sup>2</sup>A.A. Chernyh**

<sup>1</sup>Irkutsk Division of Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Представлены результаты исследований люминесцирующих дефектов, индуцированных при облучении диэлектрических кристаллов ионами серебра. В качестве исследуемых образцов были использованы щелочно-галлоидные кристаллы фторида лития и фто-

рида кальция. Исследуемые образцы были облучены ионами в следующем режиме: флюенс порядка  $10^{13}$  ион/см<sup>2</sup>, энергия 150 кэВ, после чего были проведены исследования люминесценции центров, наведенных радиацией. Экспериментально исследовалось поглощение образцов, спектры и кинетика их люминесценции после воздействия радиации с помощью конфокального сканирующего микроскопа MicroTime 200, доукомплектованного спектрометром Ocean Optics 65000.

Исследования показали, что в спектрах поглощения кристаллов фторида лития, подверженных облучению ионами серебра, наблюдается несколько полос с максимумами поглощения на 250, 441 и 410 нм. Первые две полосы характерны для радиационно-окрашенных кристаллов фторида лития и отвечают за поглощение F- и F<sub>2</sub>- (F<sub>3</sub><sup>+</sup>)-центров окраски соответственно. Третья — так называемая плазмонная полоса, обусловленная имплантированными ионами серебра. В спектрах свечения облученных кристаллов фторида лития при возбуждении люминесценции лазером с длиной волны 375 нм, наряду с характерными для F<sub>3</sub><sup>+</sup>- и F<sub>2</sub>-центров окраски полосами с максимумами на 530 и 680 нм соответственно, обнаружена полоса свечения с максимумом на 420 нм. Аналогичная полоса свечения наблюдается и в спектрах люминесценции кристаллов фторида кальция, облученных ионами серебра. Определена кинетика данной люминесценции.

Авторы полагают, что наблюдаемая в кристаллах фторида лития и фторида кальция люминесценция с максимумом свечения на 420 нм обусловлена серебром, имплантированным в диэлектрическую матрицу в виде ионов Ag<sup>+</sup> или молекулярных ионов (Ag<sub>n</sub><sup>m+</sup>). Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований СО РАН (проект № II.8.1.6).

The paper presents the results of studies of luminescent defects induced by irradiation of dielectric crystals with silver ions. The alkali-halide crystals of lithium fluoride and calcium fluoride as the test samples have been used. The samples were irradiated with ions in the following way: fluence of the order of  $10^{13}$  ions / cm<sup>2</sup>, the energy of 150 keV – and then the luminescence centers induced by radiation were studied. Absorption of the samples, the spectra and the kinetics of their luminescence after exposure were investigated experimentally using a confocal scanning microscope MicroTime 200 equipped of Ocean Optics 65000.

The studies have shown that in absorption spectra of lithium fluoride crystals exposed to irradiation by ions of silver there are several bands with absorption maxima at 250 nm, 441 nm and 410 nm. First two bands are characteristic of radiation-colored crystals of lithium fluoride and are responsible for the absorption of F and F<sub>2</sub> (F<sub>3</sub><sup>+</sup>) are the color centers respectively. The third one is the so-called plasmon band due to the implanted silver ions. The emission spectra of the irradiated crystals of lithium fluoride under the luminescence excitation of laser irradiation of 375 nm wavelength along with characteristic F<sub>3</sub><sup>+</sup> color centers and F<sub>2</sub> bands with peaks at 530 and 680 nm, respectively, detected luminescence band with a maximum at 420 nm. Similar luminescence band is observed in the luminescence spectra of crystals of calcium fluoride, irradiated by ions of silver. The kinetics of the luminescence is determined.

The authors suggest that luminescence with a peak emission at 420 nm observed in crystals of lithium fluoride and calcium fluoride are due to the silver implanted into the dielectric matrix in the form of Ag<sup>+</sup> ions or molecular ions (Ag<sub>n</sub><sup>m+</sup>). This work is supported with the Program for Basic Research of SB RAS (the project II.8.1.6).

## **АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕНОСА ТУРБУЛЕНТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ АТМОСФЕРЫ ПО ВИДЕОРЕЯДУ НЕКОГЕРЕНТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**В.В. Дудоров, А.С. Еремина**

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия  
magnet@sibmail.com

## **APPROBATION OF METHOD OF DETERMINING TRANSPORT VELOCITY OF ATMOSPHERIC TURBULENT INHOMOGENEITIES FROM VIDEO PORTION OF INCOHERENT IMAGES**

**V.V. Dudorov, A.S. Eremina**

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Численно исследуется влияние турбулентных неоднородностей атмосферы на искажение изображения атмосферного объекта. Предлагается способ пассивного измерения поперечной составляющей скорости ветра. Искажения изображения, вызванные турбулентными неоднородностями, располагающимися на разных расстояниях от приемного телескопа, различны. Анализируется влияние выбора оптимального ядра сглаживания и углового размера изображения наблюдаемого объекта на точность определения скорости переноса турбулентных неоднородностей атмосферы.

An effect of atmospheric turbulent inhomogeneities, on distortions of atmospheric object images is analyzed on the basis of numerical simulation. The technique for passive measurements of the transverse wind-speed component is suggested. The object image distortions due to turbulent inhomogeneities at different distances from receiving telescope are different. The effect of optimal smoothing kernel and angular size of an object on accuracy of the atmospheric inhomogeneity wind drift is analyzed.

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С КРИСТАЛЛАМИ АЛМАЗА ПРИ МЕЖЗОННОМ И ВНУТРИЦЕНТРОВОМ ВОЗБУЖДЕНИИ**

**А.С. Емельянова**

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
nastasia705@mail.ru

## **INTERACTION OF LASER RADIATION WITH DIAMOND CRYSTALS UNDER BAND-TO-BAND AND INTRACENTER EXCITATIONS**

**A.S. Emelyanova**

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Алмазы содержат большой набор центров свечения, регистрируемых при внутрицентровом возбуждении. Большинство из этих примесных и собственных центров хорошо изучены, и выяснена их природа. Однако при межзонном возбуждении практически все алмазы дают однообразную картину свечения, называемую А-полосой люминесценции. Рекомбинационный механизм возбуждения для различных люминофоров является универсальным, поскольку может реализовываться при разных способах возбуждения свечения: фото-, гамма-, рентгеновском. Однако для алмазов это не так. В работе используется оптическое межзонное возбуждение, что, как предполагается, даст новую информацию о природе А-полосы люминесценции.

Diamonds contain a large set of luminescence centers observed under intracenter population excitation. Most of these impurity centers and intrinsic centers are well studied and their nature is ascertained. However an unvaried luminescence pattern called A-band luminescence is observed in almost all of the diamonds under band-to-band excitation. Recombination mechanism for different phosphors is universal since it works under different luminescence excitation methods: photo-, gamma-, X-ray. This isn't true for diamonds, however. In this study we use optical band-to-band excitation, which is expected to give us new information about the nature of the A-band luminescence.

## **КОРРЕКЦИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ОШИБОК ВТОРОГО ПОРЯДКА В ДВУХЧАСТОТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ГНСС**

**<sup>1</sup>Е.В. Конецкая, <sup>1,2</sup>М.В. Тинин**

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
spb7.12.2010@gmail.com

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

## **CORRECTION OF SECOND-ORDER IONOSPHERIC ERRORS IN DUAL-FREQUENCY GNSS MEASUREMENTS**

**<sup>1</sup>E.V. Konetskaya, <sup>1,2</sup>M.V. Tinin**

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Анализируются возможности устранения ионосферной ошибки второго порядка, связанной с эффектами магнитного поля Земли, в двухчастотных измерениях глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС). Представлена методика повышения точности местоопределения. Описываются границы применимости предлагаемой методики, а также проанализированы особенности пространственного распределения ионосферной ошибки второго порядка и поправок к координатам приемников с учетом эффектов геомагнитного поля.

The paper is devoted to analysis of the possibilities of elimination of the second-order ionospheric errors at dual-frequency measurements of the global navigational satellite systems (GNSS), which are associated with the effects of Earth's magnetic field. The technique to improve location accuracy is presented. In the study we describe the limits of applicability of the technique and analyze the features of the spatial distribution of second-order ionospheric error and corrections to the receiver position, taking into account the effects of the geomagnetic field.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ КРОН**

**А.С. Кузаков, М.Д. Зимин**

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
rangaid@mail.ru

## **STUDYING THE OPTICAL ABSORPTION OF SILICATE CROWNS**

**A.S. Kuzakov, M.D. Zimin**

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Сегодня крайне актуальны исследования аморфных материалов. В первую очередь, это связано с их уникальным строением. В работе осуществлен синтез кварцевых крон состава  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ , легированных железом (+2/+3), исследовано оптическое поглощение натриевой силикатной кроны с применением стохастического моделирования. Стохастическая модель силикатной кроны адекватно описывает оптическое поглощение этого материала, обусловленное наличием I-центров. Согласно моделированию, I-центры образуются за счет стабилизации «хвостовых» кислородов катионами щелочных металлов и катионами железа (+3). Образование I-центров возможно также за счет распада пероксидных групп в кварце, однако такой механизм не является преобладающим. Образованные различными механизмами I-центры имеют разные линии поглощения за счет структурных вариаций в аморфной системе.

Today amorphous materials are highly topical subject of research. This is primarily due to their unique structure. In this paper the synthesis of quartz crowns of  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ , doped with iron (+2/+3) carried out and the optical absorption of sodium silicate crown using a stochastic model

is investigated. Stochastic model of the silicate crown adequately describes the optical absorption of the material due to the presence of I-centers. According to the simulation I-centers are formed through stabilization of the “tail” oxygens by alkali metal cations and iron cations (3). Formation of I-centers may also be due to the decay of peroxide groups in quartz but the mechanism is not dominant. I-centers formed by different mechanisms have different absorption lines due to the structural variations in the amorphous system.

### **ВЛИЯНИЕ НАНОУГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТРУКТУРУ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИАМИДА-6**

**<sup>1</sup>Н.Б. Курбонов, <sup>2</sup>Г.Б. Курбонов**

<sup>1</sup>Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

<sup>2</sup>Худжандский государственный университет им. Б.Г. Гафурова, Худжанд, Таджикистан  
nomvarjon\_90@mail.ru

### **EFFECT OF NANOCARBON MATERIALS ON STRUCTURE, MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF POLYAMIDE-6**

**<sup>1</sup>N.B. Kurbonov, <sup>2</sup>G.B. Kurbonov**

<sup>1</sup>Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

<sup>2</sup>Khujand State University, Khujand, Tajikistan

Изучено влияние наноуглеродных материалов (фуллереновая сажа, фуллерен C<sub>60</sub>, фуллереновая чернь и наноалмазы) на структуру, тепловые и механические свойства полиамида-6. Показано, что внедрение малых количеств наноуглеродных материалов оказывает специфичное влияние на структуру и физические свойства полиамида.

We studied the effect of nanocarbon materials (fullerene soot, fullerene C<sub>60</sub>, fullerene black and nanodiamonds) on structure, thermal and mechanical properties of polyamide-6. It is shown that the introduction of small amounts of nanocarbon materials has a specific effect on the structure and physical properties of polyamide.

### **УЧЕТ ВЛИЯНИЯ АНТЕННЫ ИРКУТСКОГО РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ФОРМУ И ПАРАМЕТРЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА**

**<sup>1</sup>И.А. Лавыгин, <sup>2</sup>В.П. Лебедев**

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
ivan\_1422@inbox.ru

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

### **TAKING INTO ACCOUNT OF IRIS ANTENNA INFLUENCE ON THE SHAPE AND PARAMETERS OF WIDEBAND SIGNAL**

**<sup>1</sup>I.A. Lavygin, <sup>2</sup>V.P. Lebedev**

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Рассматриваются достоинства использования широкополосного ЛЧМ-сигнала в радиолокации. Получены модели излученного сигнала и принятого широкополосного ЛЧМ-сигнала с учетом амплитудной и фазовой диаграмм направленности антенны ИРНР. Результаты моделирования использовались при обработке РЛ-данных, полученных в космическом эксперименте «Радар–Прогресс».

The report describes advantages of wideband chirp usage in radiolocation. Transmitted and received wideband chirp models are constructed taking into account the influence of antenna

phase and amplitude radiation patterns. Modelling results were used in processing Radar–Progress space experiment data.

## **РАДИАЦИОННО-СОЗДАННЫЕ КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ КАК ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ЗОНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТАВА МАТЕРИАЛА**

**Н.Л. Лазарева**

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
alberet94@mail.ru

## **A QUANTUM SYSTEMS CREATED BY RADIATION AS LUMINESCENT PROBE FOR MONITORING THE COMPOSITION OF MATERIALS**

**N.L. Lazareva**

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Фторид лития является перспективным материалом и применяется в различных областях науки и техники. Центры окраски LiF являются рабочими центрами в лазерных средах и насыщающихся затворах, детекторах радиации, созданных на основе данного материала. Созданы объемные и многослойные флуоресцентные носители для записи информации в цифровых форматах или в виде изображений.

В предложенной работе исследована микроструктура пленок фторида лития, нанесенных на стеклянную подложку методом термовакuumного напыления. Известно, что кристаллы LiF выращиваются на воздухе. Это послужило причиной того, что дополнительный отжиг образцов был произведен нами также на воздухе, а не в вакууме. Исследования полученных пленок, проведенные с помощью оптического и атомно-силового зондового микроскопа, показали, что при повышении температуры отжига происходит преобразование поверхности пленок, изменение среднего размера зерен, составляющих пленку. Сделано предположение, что происходит преобразование вещества, составляющего пленку.

Для проверки данного предположения нами был использован следующий метод. Образцы были облучены рентгеновским излучением для создания в них центров окраски, люминесцентные свойства которых могут отражать состав вещества и его изменения в ходе каких-либо превращений.

Установлено, что с увеличением температуры отжига по мере увеличения размера зерен происходит исчезновение характерных полос фотолюминесценции центров окраски фторида лития и возникновение новых, не характерных для него спектральных полос люминесценции. Рентгеноструктурные исследования показали, что в ходе отжига существенно снижается интенсивность дифракционного сигнала от фторида лития и возникают сигналы от фторида кальция и других соединений, формируемых в результате протекающих реакций. Микрочастицы фторида лития химически взаимодействуют с веществом подложки в основном во время тепловой обработки пленок, помещенных на стеклянную подложку. В результате этого изменяется химический состав микрочастиц и увеличивается их размер.

Работа поддержана в рамках проекта П.10.1.6 Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук Российской Федерации.

Lithium fluoride is a perspective material used in various fields of science and technology. LiF color centers were work centers in laser media and in passive saturable media, radiation detectors based on this material. Volumetric and multilayer fluorescent carriers have been created for writing information in digital or visual formats.

In this study, we studied the microstructure of the lithium fluoride film deposited on a glass substrate by thermal vacuum deposition method. It is known that the LiF crystals grown in air. They are stable to air at a heating. This was the reason that the additional annealing of the sam-

ples was made also in the air, but not in a vacuum. Obtained films were examined using an optical microscope and an atomic force microscope. They showed that the surface of the film is transformed when the annealing temperature rises. The average grain size in the film increased significantly. It is suggested that there is a transformation of matter forming the film.

To test this hypothesis, we used the following method. Samples were irradiated with X-rays to create color centers in them. Fluorescent properties of these color centers can show the composition of matter and its changes during any transformations.

It was found that the photoluminescence characteristic bands of color centers of lithium fluoride disappear with increasing annealing temperature when the grain size increases. New spectral luminescence bands are arise that are not typical for lithium fluoride. X-ray diffraction study has shown that during annealing the intensity of diffraction signal of a lithium fluoride is significantly reduced. New signals are appear from calcium fluoride and other compounds formed as the result of the occurring reactions. Microparticles of lithium fluoride substance react chemically with the substrate mainly during the thermal treatment of the films deposited on the glass substrate. This process causes a change in the chemical composition of the microparticles, their size increases.

This work was supported by the project II.10.1.6 of the Program of Fundamental Research of the State Academies of Sciences of the Russian Federation.

## **ОБРАЗОВАНИЕ ЦЕНТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КЕРАМИКАХ ФТОРИДА ЛИТИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

**М.А. Моисеева, В.П. Дресвянский, Е.Ф. Мартынович**

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
sasha.moiseeva@mail.ru

## **FORMATION OF LUMINESCENCE CENTERS IN LiF CERAMICS UNDER FEMTOSECOND LASER PULSES**

**M.A. Moiseeva, V.P. Dresvyansky, E.F. Martynovich**

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia  
sasha.moiseeva@mail.ru

Задачей данной работы являлось экспериментальное исследование взаимодействия оптических керамик фторида лития с фемтосекундным лазерным излучением в режиме филаментации. Изучалось образование центров люминесценции в керамиках фторида лития под действием серии (10–100) импульсов лазерного излучения.

Показано, что под действием фемтосекундного лазерного излучения ближней инфракрасной области спектра в оптических керамиках на основе широкозонных кристаллических соединений фторида лития эффективно создаются центры окраски, характерные для радиационно-окрашенных монокристаллов. Механизм создания центров окраски включает высоконелинейную генерацию электронно-дырочных пар в области прохождения филаментов или в области принудительной внешней фокусировки излучения, их рекомбинацию с образованием анионных экситонов, распад экситонов на френкелевские дефекты, их перезарядку, миграцию и агрегацию.

The objective of this paper was the experimental study of the interaction of lithium fluoride based optical ceramics with femtosecond laser emission in filamentation mode. We studied the formation of luminescence centers in LiF ceramics under a number (10–100) of laser emission pulses.

It is shown that the colour centers typical of the radiation-coloured monocrystals are created effectively in optical ceramics based on wide-gap crystalline compounds of LiF under the action of near infrared femtosecond laser radiation.

The mechanism of color centers creation includes the high-nonlinear generation of electron-hole pairs in the field of filaments passage or in the field of forced external focusing of radi-

БШФФ-2015. Секция С. Диагностика естественных неоднородных сред и математическое моделирование  
ation, their recombination with the formation of anionic exciton, the decay of excitons into Frenkel defects, their recharge, migration and aggregation.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА С ПОМОЩЬЮ ЛЧМ-СИГНАЛА

<sup>1,2</sup>А.А. Науменко, <sup>1</sup>А.В. Подлесный

<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
naym13@mail.ru

<sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

## RESULTS OF MEASURING QUADRUPOLE TRANSFER FUNCTION WITH THE HELP OF LFM-SIGNAL

<sup>1,2</sup>A.A. Naumenko, A.V. Podlesny

<sup>1</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia  
<sup>2</sup>Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Измерения передаточной функции проводились на макете последовательного колебательного контура с заранее рассчитанными АЧХ и ФЧХ. Характеристики макета были проконтролированы с помощью гармонического сигнала согласно определению передаточной функции. Измеренные с помощью ЛЧМ-сигнала АЧХ и ФЧХ макета хорошо согласуются с результатами, полученными с помощью гармонического сигнала, и с результатами численного моделирования.

To perform simulation, we manufactured the model that was series oscillatory circuit with pre-calculated characteristics. Characteristics of manufactured model were measured by harmonic signal according to the definition of the transfer function. Amplitude-frequency characteristics and phase-frequency characteristics, obtained using method of LFM sounding, agree well with the mathematical model and results obtained with the use of harmonic signal.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ФОТОНОВ, ИЗЛУЧЕННЫХ СВОБОДНЫМИ НЕСТАБИЛЬНЫМИ ЯДРАМИ В ТЕРМОСТАТЕ

Ю.Ю. Пантелеева, А.Н. Валл

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
panteleevajuliya@mail.ru

## ENERGY SPECTRUM OF PHOTONS RADIATED BY FREE UNSTABLE NUCLEI IN A THERMOSTAT

J.Yu. Panteleeva, A.N. Vall

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Работа посвящена нахождению и анализу энергетического спектра поглощения и излучения в процессах  $M+\gamma\rightarrow M^*$  (процесс поглощения  $\gamma$ -кванта стабильным ядром массы  $M$ ) и  $M^*\rightarrow\gamma+M$  (процесс излучения  $\gamma$ -кванта нестабильным ядром массы  $M^*$ ). Эти процессы лежат в основе эффекта Мессбауэра. Новым является получение аналитического выражения для энергетического спектра, позволяющего вычислить в любой момент среднее значение  $\langle E_\gamma^h \rangle$  по распределению  $\phi(E_\gamma)$ , т. е. величину  $\langle E_\gamma^h \rangle = \int E_\gamma^h \phi(E_\gamma) dE_\gamma$ . Насколько нам известно, явный вид функции распределения  $\phi(E_\gamma)$  нигде не приводится. При его получении мы используем закон сохранения энергии-импульса для асимптотически свободных состояний указанных выше процессов и распределение Максвелла по скоростям системы свободных ядер в термостате. После вычислений получено окончательно:

$$\phi(E_\gamma^{\text{rad}}) = B \exp\left[-A\left(E_\gamma^{\text{rad}} - (E_0 - R)\right)^2\right], \quad \phi(E_\gamma^{\text{abs}}) = B' \exp\left[-A'\left(E_\gamma^{\text{abs}} - (E_0 + R)\right)^2\right],$$

где  $A, B, A', B', E_0$  и  $R$  — известные константы, зависящие от масс ядер, температуры  $T$  и времени жизни нестабильных ядер.

The article is devoted to finding and analyzing of absorption and radiation energy spectrum in  $M+\gamma\rightarrow M^*$  process (the process of absorption of  $\gamma$ -quantum by stable nucleus of mass  $M$ ) and  $M^*\rightarrow\gamma+M$  process (the process of radiation of  $\gamma$ -quantum by unstable nucleus of mass  $M^*$ ). These processes are the basis of the Mossbauer Effect. Our original result is an analytical expression of energy spectrum that allows to calculate an average value  $\langle E_\gamma^h \rangle$  of the distribution  $\phi(E_\gamma)$ , i. e. the integral  $\langle E_\gamma^h \rangle = \int E_\gamma^h \phi(E_\gamma) dE_\gamma$ . As we know, the explicit form of distribution function  $\phi(E_\gamma)$  is not given in the literature. We use conservation law of energy-momentum for asymptotically free states of the above processes and Maxwell distribution for the velocities of free nuclei in a thermostat. As a result of calculations we have obtained finally:

$$\phi(E_\gamma^{\text{rad}}) = B \exp\left[-A\left(E_\gamma^{\text{rad}} - (E_0 - R)\right)^2\right], \quad \phi(E_\gamma^{\text{abs}}) = B' \exp\left[-A'\left(E_\gamma^{\text{abs}} - (E_0 + R)\right)^2\right],$$

where  $A, B, A', B', E_0$  и  $R$  and  $R$  are known constants dependent on masses of nuclei, temperature  $T$  and lifetime of unstable nuclei.

## РЕГИСТРАЦИЯ ВАРИАЦИЙ АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ СИГНАЛОВ НАВИГАЦИОННЫХ СДВ-ПЕРЕДАТЧИКОВ

**А.С. Полетаев, А.Г. Ченский, Д.А. Токмачев**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия  
sardaukar9@yandex.ru

## REGISTRATION OF AMPLITUDE AND PHASE VARIATIONS OF SIGNALS OF NAVIGATIONAL VLF TRANSMITTERS

**A.S. Poletaev, A.G. Chensky, D.A. Tokmachev**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Сверхдлинные радиоволны (СДВ) нашли широкое применение в радионавигационных системах, а также в системах передачи сигналов единого времени и эталонных частот. Сигналы СДВ-передатчиков распространяются на тысячи километров, отражаясь от земной поверхности и нижних слоев ионосферы. Непрерывная регистрация вариаций амплитуды и фазы СДВ-сигналов позволяет проводить долговременный мониторинг ионосферы. Однако сигналы практически всех современных СДВ-передатчиков манипулированы по частоте методом MSK (minimal shift keying), и при фазовых измерениях возникает задача разделения фазового дрейфа в волноводе Земля–ионосфера и изменений фазы, обусловленных модуляцией. В статье рассматриваются способ оценки фазы центральной несущей частоты и аппаратно-программный комплекс регистрации параметров СДВ-радиосигналов. Приведены результаты моделирования, а также представлены экспериментальные данные.

Very low frequency (VLF) radio waves are commonly used in radio navigational systems and the systems transmitting signals of universal time and reference frequencies. VLF transmitter signals propagate over thousands of kilometers via reflecting between the Earth surface and the bottom layers of the ionosphere. Continuous registration of VLF signal amplitude and phase variations enables to organize long-term monitoring of the ionosphere. However, the majority of the VLF transmitters use minimum shift keying (MSK) method, thus phase measurements involve

separating the phase drift in the Earth–Ionosphere waveguide from the phase changes caused by the modulation. The article describes a VLF receiver structure and demonstrates a method of evaluating the central frequency carrier phase. Results of modeling and experimental data are also presented.

## **РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА**

**М.А. Попов, Р.Р. Латыпов**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
ministermaxxx@gmail.com

## **DEVELOPMENT OF HIGH-SENSITIVITY SENSITIVE CAPACITIVE SENSOR**

**М.А. Попов, R.R. Latypov**

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Собранное устройство предназначено для управления параметрами различных систем путем изменения емкости частото задающей цепи в генераторе.

В состав датчика входят два генератора сигналов прямоугольной формы: частота одного из них управляется потенциометром, частота второго определяется положением антенны относительно проводящих материалов. Сигналы с двух генераторов подаются на смеситель, на выходе которого образуется сигнал разностной частоты.

The developed device is designed to control parameters of different systems by variation the capacitance of frequency control circuit in the generator.

The probe includes two square waveform generators: the frequency of the first one is changed by potentiometer, and the frequency of the second one is determined by the position of the antenna relative to conductive materials. Signals from two oscillators are fed to a mixer, where the signal of difference frequency is formed.

## **ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФУНКЦИЯМ ФРАГМЕНТАЦИИ В ЖЕСТКИХ ПРОЦЕССАХ**

**<sup>1</sup>О.Б. Самойлов, <sup>1,2</sup>А.К. Сокольникова**

<sup>1</sup>Лаборатория ядерных проблем им. В.П. Дзелепова,  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
AEdemsk@gmail.com

## **PHENOMENOLOGICAL APPROACH FOR FRAGMENTATION FUNCTIONS IN HARD PROCESSES**

**<sup>1</sup>O.B. Samoilov, <sup>1,2</sup>A.K. Sokolnikova**

<sup>1</sup>Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

<sup>2</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Рассмотрены реакции с рождением кварков: аннигиляция  $e+e-$  и глубоко неупругое рассеяние заряженных лептонов и (анти-)нейтрино с нуклонами в терминах функции фрагментации. Проведено моделирование по методу Монте-Карло с целью получения относительных сечений рождения (полные функции фрагментации) заряженных пионов, а также разделения партонных вкладов в зависимости от взаимодействующего кварка. Построена схема извлечения партонных и фрактурных функций фрагментации из полученных моделированных событий. Проведена численная оценка вкладов в полную функцию фрагментации.

We discuss quark productions such as  $e+e-$  annihilation and deep inelastic scattering of charged leptons and (anti-) neutrinos with nucleons in terms of fragmentation functions. We performed Monte Carlo simulations in order to obtain relative cross sections (complete fragmentation function) of charged pions and to divide parton contributions depending on struck quarks. We developed a scheme of extracting parton and fracture fragmentation functions from simulated events. There was held the numerical evaluation of contributions to the total fragmentation function.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ МИНИАТЮРНОЙ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ**

**А.А. Световидов, Р.Р. Латыпов**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
andreysvetovidov@mail.ru

## **MODELING OF RADIATION PATTERNS OF MINIATURE ANTENNA SYSTEM**

**A.A. Svetovidov, R.R. Latypov**

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Построение диаграмм направленности антенн является классической задачей изучения распространения электромагнитных волн. В данной работе внимание уделено анализу излучения не только антенны, но и связанных с ней электрических цепей.

С этой целью были смоделированы диаграммы направленности микрополосковой антенны и цепей подводки питания. Также было учтено влияние таких факторов, как корпусирование печатной платы.

The construction of the antenna radiation pattern is a classic problem of studying the electromagnetic wave propagation. In this project, attention is paid to radiation not only of the antenna but also of the associated electrical circuits.

For this purpose, the microstrip antenna and supply circuits radiation patterns were simulated. Also, factors such as printed circuit board packaging were taken into account.

## **КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА ДЕФОРМАЦИЙ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ПОРОД В СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ НА ПОЛУОСТРОВЕ КАМЧАТКА**

**А.А. Солдчук**

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,  
Паратунка, Россия  
aleksandra@ikir.ru

## **COMPLEX DIAGNOSTICS OF NEAR-SURFACE ROCK DEFORMATIONS IN A SEISMICALLY ACTIVE REGION OF KAMCHATKA PENINSULA**

**A.A. Solodchuk**

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Paratunka, Russia

В сейсмоактивном регионе на полуострове Камчатка в двух пунктах наблюдений проводится комплексный мониторинг деформаций приповерхностных пород. Он включает совместные геоакустические и деформационные измерения. Для регистрации геоакустической эмиссии в диапазоне от 0.1 Гц до 11 кГц используются различные акустические системы, установленные в естественных и искусственных водоемах: совмещенные разнонаправленные гидрофоны, пространственно-разнесенные гидрофоны и комбинированные векторные приемники. Деформации земной поверхности измеряются лазерным деформографом-интерферометром и оцениваются на основе данных наклономера. Результаты совместных исследований эмиссии и деформаций подтвердили наличие связи между активацией деформационных процессов в приповерхностных осадочных породах и аномалиями

в геоакустических сигналах в диапазоне частот от единиц до первых десятков кГц. Наиболее ярко она проявляется на заключительной стадии подготовки землетрясений.

Complex monitoring of near-surface rock deformations is carried out at two observation sites in a seismically active region of Kamchatka peninsula. It includes joint geoaoustic and deformation observations. Different acoustic systems installed at natural and artificial reservoirs are used to register geoaoustic emission in the range from 0.1 Hz to 11 kHz, they are: joint multidirectional hydrophones, spaced hydrophones and combined vector receivers. The earth surface deformations are measured by a laser strainmeter-interferometer and are evaluated on the basis of data registered by an tiltmeter. The results of joint investigations of the emission and deformations confirmed the relation between intensification of deformation processes in the near-surface sedimentary rocks and anomalies of geoaoustic emission in the frequency range from units to the first tens of kilohertz. The most vividly this relation appears at the final stage of earthquake preparation.

## **КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С КРИСТАЛЛАМИ АЛМАЗОВ**

**Ф.А. Степанов**

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
Научно-исследовательский институт прикладной физики ИГУ, Иркутск, Россия  
fil.step@yandex.ru

## **KINETICS OF THE INTERACTION OF LASER RADIATION WITH DIAMOND CRYSTALS**

**F.A. Stepanov**

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia  
Applied Physics Institute of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Методом конфокальной сканирующей люминесцентной микроскопии исследованы временные характеристики люминесценции алмазов из россыпей провинции Жуина в красной области спектра при возбуждении пикосекундным лазерным излучением с длинами волн 375, 405, 470, 532 нм. В спектрах люминесценции изученных кристаллов наблюдается широкая полоса с максимумом ~700 нм. Время затухания свечения в этой полосе составляет 32 нс при 80 К, 23 нс при 300 К и 3 нс при 480 К. Это существенно расходится с известными из литературы значениями времени затухания люминесценции NV-центров. Время затухания люминесценции NV0-центров в бесфононной линии 575 нм и ее электронно-колебательном крыле имеет неожиданно большое значение 83 нс и фактически не зависит от температуры в диапазоне 80–480 К. По всей видимости, отмеченные особенности исследованных образцов алмазов обусловлены их астеносферным происхождением.

We investigated the luminescence temporal characteristics of diamonds from the province Juina placers in red area of spectrum under excitation by picosecond laser radiation with wavelengths of 375, 405, 470, 532 nm. A broad band with maximum at ~700 nm is observed in the luminescence spectra of the studied crystals. The luminescence decay time of this band is 32 ns at 80 K, 23 ns at 300 K, and 3 ns at 480 K; these are significantly different to those values of NV-centers luminescence decay time known from the literature. The NV0 centers luminescence decay time in the zero-phonon line at 575 nm and phonon sideband has an unexpectedly large value of 83 ns and, in fact, does not depend on temperature in the range of 80–480 K. Apparently the aforementioned peculiarities of the studied diamond samples are caused by their asthenospheric origin.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ IPDA-ЛИДАРА С ГЕТЕРОДИННЫМ ПРИЕМНИКОМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ИЗ КОСМОСА**

**А.Я. Суханов, Г.Г. Матвиенко, С.В. Бабченко**

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия  
say@iao.ru

**POSSIBILITIES OF USING IPDA-LIDAR WITH HETERODYNE RECEIVER FOR MEASURING SURFACE CARBON CONCENTRATION WHEN SOUNDING FROM SPACE**

**A.Ya. Sukhanov, G.G. Matvienko, S.V. Babchenko**

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Ранее в наших работах и работах зарубежных авторов (Matvienko G., Krekov G., Sukhanov A., Ehret G., et al.) была показана принципиальная возможность измерений концентраций некоторых парниковых газов (метан, углекислый газ, закись азота) с орбиты 450 км при применении технологии IPDA-зондирования (интегральное дифференциальное поглощение по трассе). Данная технология основана на приеме отраженного от топографической мишени сигнала и оценке приповерхностной концентрации газа с использованием весовых функций. В качестве приемников рассматриваются приемники прямого детектирования. С применением усиления в инфракрасном диапазоне они имеют высокий уровень шумов. Оптическое смешение сигналов и гетеродин-прием являются перспективными механизмами для понижения влияния шумов, что может понизить требования к мощности излучателя сигнала и размеру приемного телескопа по сравнению со схемой прямого детектирования. В данной работе оценивается погрешность измерений концентрации парниковых газов при гетеродин-приеме. Приводятся параметры лидарной системы, при которых случайная погрешность восстановления приповерхностной относительной концентрации CO<sub>2</sub> ниже 0.2 %.

It has been shown (Matvienko G., Krekov G., Sukhanov A., Ehret G., et al.) principle possibility to measure the concentrations of greenhouse gases (methane, carbon dioxide, nitrous oxide) from an orbit of 450 km in the application of technology IPDA sensing (integral path differential absorption). This technology is based on return signal accumulation from the target and topographical evaluation subsurface gas concentration using weighting functions. As we have examined the receiver for direct detection receivers, these receivers using infrared amplification have a high noise level. Optical mixing of signals and heterodyne receiving are mechanisms for reducing the prospective effect of noise, that can reduce power of laser and receiving telescope aperture compared with direct detection scheme. In this paper, the measurement error of concentrations of greenhouse gases is estimated in heterodyne detection. Parameters lidar system in which random error recovery subsurface relative CO<sub>2</sub> concentration below 0.2 % are presented.

**РАЗРАБОТКА ИНДУКЦИОННОГО МАГНИТОМЕТРА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ИНТ-1 И РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА НА МАГНИТНОЙ СТАНЦИИ БАЙГАЗАН**

**Е.О. Учайкин, Д.В. Кудин, А.Ю. Гвоздарев**

Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия  
evgeniy\_uch@mail.ru

**DESIGN OF INDUCTION COIL MAGNETOMETER BASED ON INT-1 SENSOR AND RESULTS OF MONITORING AT MAGNETIC STATION BAYGAZAN**

**E.O. Uchaikin, D.V. Kudin, A.Yu. Gvozдарев**

Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russia

Разработан индукционный магнитометр на основе датчика ИНТ-1, осуществляющий регистрацию *D*-, *H*-компонент геомагнитного поля с частотой дискретизации 100 Гц. Магни-

тометр позволяет регистрировать как геомагнитные вариации с периодом короче 200 с, так и резонансы ионосферного волновода на частотах 8, 14, 20 Гц (шумановские резонансы).

We developed the induction magnetometer based on INT-1 sensor, responsible for the registration  $D$ -,  $H$ -components of geomagnetic field with a sampling rate of 100 Hz. The magnetometer allows us to register both geomagnetic variations with periods shorter than 200 s, and the ionospheric resonances of the waveguide at frequencies of 8, 14, 20 Hz (Schumann resonance).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НА РАДАРЕ ЕКВ SUPERDARN**

**Р.Р. Федоров, К.В. Гркович, О.И. Бернгардт**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
fedrr@iszf.irk.ru

## **USE OF SYMMETRICAL SOUNDING SEQUENCES AT EKB SUPERDARN RADAR**

**R.R. Fedorov, K.V. Grkovich, O.I. Berngardt**

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Когерентные радары сети SuperDARN позволяют проводить непрерывный мониторинг высокоширотной ионосферы и ее динамики. В среднеширотной ионосфере метод обратного рассеяния радиоволн на вытянутых ионосферных неоднородностях, являющийся базовым для подобных радаров, используется реже. Это связано с недостатком достаточно сильных электрических полей в ионосфере, необходимых для создания неоднородностей, ориентированных вдоль магнитного поля Земли. Такие электрические поля появляются обычно лишь во время существенных возмущений космической погоды. Таким образом, среднеширотные радары SuperDARN зачастую принимают только сигналы, преломленные ионосферой и отраженные от Земли (ground backscatter). Особенность таких сигналов состоит в малом доплеровском смещении и узком спектре. Поэтому требуются зондирующие последовательности, более сложные, чем те, что были созданы для исследований в высокоширотных областях.

Задачами работы являются теоретический анализ и апробация симметричных зондирующих последовательностей. Они основаны на квазиоптимальных голомбовских последовательностях, полученных авторами ранее [Berngardt et al. // Radio Sci. 2015 (in press)], и на принципе построения симметричных последовательностей, предложенном в [Greenwald et al. // GRL. 2008. 35 (3), L03111].

В работе проанализированы симметричные последовательности, проведены эксперименты по зондированию новыми последовательностями и выполнено сравнение ионосферных параметров, полученных с помощью стандартной и новой зондирующей последовательностей. Получены первые результаты по детальному спектральному анализу сигналов возвратно-наклонного зондирования, полученных на радаре ЕКВ SuperDARN.

SuperDARN coherent radars provide continuous monitoring of high latitude ionosphere and its dynamic. Backscatter of radiosignals from the field-aligned ionospheric irregularities (basic technique for such radars) is used rarely at mid-latitudes. This is due to there are no powerful enough electric fields necessary for creating field-aligned irregularities. The electric field usually appear during significant disturbances of space weather. So the most frequently mid-latitude SuperDARN radars receive only signals refracted by the ionosphere and scattered from the ground (ground backscatter). Significant features of the signals are low Doppler shift and narrow spectrum. Therefore more complicated sounding sequences are required instead of standard sequences developed for high-latitude investigations.

The aims of the paper are the theoretical search and experimental testing of symmetrical sounding sequences. They are based on quasi-optimal Golomb sequences, which have been found

*БШФФ-2015. Секция С. Диагностика естественных неоднородных сред и математическое моделирование*  
earlier [Bergardt et al. // Radio Sci. 2015. (in press)], and on the technique of symmetrical sequences, suggested in [Greenwald et al. // GRL. 2008. 35 (3), L03111].

In the paper, we made the analysis of symmetrical sequences, presented the experiments with new sequences and made a comparison of ionospheric parameters obtained by standard and new sequences. The first results are presented of detailed spectral analysis of groundbackscatter obtained at EKB SuperDARN radar.

## **ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДА БИХАРАКТЕРИСТИК И FDTD-МЕТОДА ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН**

**Я.М. Черняк, Д.С. Лукин**

Московский физико-технический институт (государственный университет), Долгопрудный, Россия  
jackch@mail.ru

## **INTEGRATION OF BICHARACTERISTIC METHOD WITH FDTD-METHOD FOR NUMERICAL CALCULATION OF ELECTROMAGNETIC WAVE PROPAGATION**

**Ya.M. Chernyak, D.S. Lukin**

Moscow Institute of Physics and Technology (State University), Dolgoprudny, Russia

При численном расчете распространения электромагнитных волн методом бихарактеристик в неоднородной среде встречается проблема расчета распределения поля в фокуировках. Одним из способов решения этой задачи является использование метода канонического оператора Маслова. Предложен альтернативный способ расчета поля на каустиках с помощью метода конечных разностей во временной области (FDTD-метод). Рассмотрены преимущества и недостатки метода, его возможности, а также показаны границы его применимости.

There is a problem of the field distribution calculation on caustics for the numerical calculation of electromagnetic wave propagation in inhomogeneous media with the method of bi-characteristics. One way to solve this problem is to use the Maslov canonical operator. There is an alternative method for field calculation on caustics that uses finite difference time domain method (FDTD-method). The advantages and disadvantages of this method, its capabilities, as well as the limits of its applicability are shown.

## **СИСТЕМА АНАЛИЗА ПОЛОЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЗОНДА**

**М.М. Чупин, Р.Р. Латыпов**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
grey2paul@gmail.com

## **ANALYZING SYSTEM OF MEASURING PROBE POSITION**

**M.M. Chupin, R.R. Latypov**

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

В данной работе представлена разработка измерительного зонда. В основе устройства входит подпружиненный крюк, изменение положения которого регистрируется парой светодиодов и парой фотодиодов. Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой и обрабатывается микроконтроллером, который, в свою очередь, передает информацию на ПК.

The project represents the development of measuring probe. The basis of the device is a spring-loaded hook, whose position changes are detected by a pair of LEDs and photodiodes pair. The analog signal is digitized and processed by the microcontroller which in turn transmits the information to the PC.