



ISSN 0368-7147

# КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Том 51, № 8 (590), с.655 – 750

Август, 2021

Ежемесячный журнал, издание основано Н.Г.Басовым в январе 1971 г.  
Переводится на английский язык и публикуется под названием  
«Quantum Electronics» издательством «Turpion Ltd», Лондон, Англия

**Учредители:** Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Международный учебно-научный лазерный центр МГУ им. М.В.Ломоносова, НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха, Государственный оптический институт им. С.И.Вавилова, НПО «Астрофизика», Институт лазерной физики СО РАН, трудовой коллектив редакции журнала

**Главный редактор** О.Н.Крохин, *заместители главного редактора* И.Б.Ковш, А.С.Семёнов

**Редакционный совет :** С.Н.Багаев, С.В.Гапоненко (Беларусь), С.Г.Гаранин, А.З.Грасюк, В.И.Конов, Ю.Н.Кульчин, В.А.Макаров, Г.Т.Микаелян, А.Пискарскас (Литва), В.В.Тучин, А.М.Шалагин, И.А.Щербаков

**Редакционная коллегия:** А.П.Богатов, В.Ю.Венедиктов, С.Г.Гречин, Н.Н.Евтихийев, В.Н.Задков, И.Г.Зубарев, Н.Н.Ильичёв, Н.Н.Колачевский, Ю.В.Курочкин, А.И.Маймистов, А.А.Мармалюк, А.В.Масалов, О.Е.Наний, В.Г.Низьев, Н.А.Пихтин, Ю.М.Попов, А.В.Приезжев, А.Б.Савельев, С.Л.Семёнов, Е.А.Хазанов, Г.А.Шафеев

**Адрес редакции :** Россия, 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский просп., 53, ФИАН  
Тел.: +7(495) 668 88 88, после ответа автоинформатора следует набрать 66 66 или 66 60

**Электронная почта :** ke@lebedev.ru

**Интернет :** <http://www.quantum-electron.ru> (Quantum Electronics – <http://www.turpion.org>)  
Зав.редакцией Е.Ю.Запольская

Редсовет, редколлегия и редакция журнала «Квантовая электроника» с глубоким прискорбием сообщают о смерти на 85-м году жизни выдающегося российского ученого, крупнейшего специалиста в области акустооптики, акустоэлектроники и оптоэлектроники, автора идеи использования интерферометра Майкельсона для регистрации гравитационных волн, лауреата пяти Государственных премий, многолетнего автора КЭ, академика РАН

**Владислава Ивановича Пустовойта**

и выражают соболезнования его семье и коллегам.

# КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, том 51, №8 (590), с. 655 – 750 (2021)

содержание

## Обзор

- Козий А.А., Лосев А.В., Заводиленко В.В., Курочкин Ю.В., Горбачев А.А.** Современные методы детектирования одиночных фотонов и их применение в квантовых коммуникациях ..... 655

## Лазеры

- Кузнецов А.В., Дормидонов А.Е., Компанец В.О., Чекалин С.В., Кандидов В.П.** Формирование волновода в кристалле LiF световой пулей среднего ИК диапазона ..... 670
- Купцов Г.В., Петров В.А., Петров В.В., Лаптев А.В., Коновалова А.О., Кирпичников А.В., Пестряков Е.В.** Лазерное усиление в активном зеркале из Yb:YAG с большим градиентом температур ..... 679

## Управление параметрами лазерного излучения

- Сизмин Д.В., Пугачёва В.Н., Стародубцев К.В., Душина Л.А., Горчаков О.И., Деркач В.Н., Воронич И.Н.** Пассивный метод сглаживания лазерного излучения с помощью спектральной дисперсии ..... 683
- Сизмин Д.В., Пугачёва В.Н., Стародубцев К.В., Душина Л.А., Горчаков О.И., Деркач В.Н., Воронич И.Н.** Система оптоволоконного сглаживания лазерного излучения на установке «Луч» ..... 687
- Мажирина Ю.А., Мельников Л.А., Сысолятин А.А., Конюхов А.И., Гочелашвили К.С., Венкитеш Д., Саркар С.** Параметрическое усиление в световодах с изменяющейся по длине дисперсией ..... 692

## Воздействие лазерного излучения на вещество

- Водопьянов А.В., Гарахин С.А., Забродин И.Г., Зуев С.Ю., Лопатин А.Я., Нечай А.Н., Пестов А.Е., Перекалов А.А., Плешков Р.С., Полковников В.Н., Салащенко Н.Н., Смертин Р.М., Уласевич Б.А., Чхало Н.И.** Измерения абсолютных интенсивностей спектральных линий ионов Kr, Ag и O в диапазоне длин волн 10 – 18 нм при импульсном лазерном возбуждении ..... 700
- Кузнецов И.И.** Активные элементы в виде тонких стержней квадратного сечения для многоканальных лазерных усилителей ..... 708

## Нелинейно-оптические явления

- Зверев А.С., Каленский А.В., Овчинников Г.Е., Звекос А.А., Галкина Е.В.** Нелинейное поглощение лазерного излучения частицами алюминия в матрице бромида калия ..... 712

## Квантовая фотоника

- Цуканов А.В.** Принцип измерения электронной населенности квантовой точки с помощью однофотонного транзистора на основе массива квантовых точек ..... 718
- Гейнц Ю.Э., Минин О.В., Минин И.В.** Концепция миниатюрного фотонного пространственного переключателя на основе внеосевой зонной пластины ..... 727
- Хазра Р., Хоссейн М.М.** Теоретическое исследование группового показателя преломления  $n_g$  в четырехуровневой инвертированной системе Y-типа при взаимодействии атома  $^{87}\text{Rb}$  с лазерным излучением ..... 730

## Работы по квантовой запутанности

- Се Ю.Д., Ву Ц., Ли Х.С., Гао Ю., Чжан П., Ву С.Дж., Лю Ю.Ю., Чжан Н.** Кто является ведущим игроком в экспериментальном изучении квантовой запутанности? Библиометрический анализ ..... 744

## Новые приборы

- LASSARD:** Волоконно-оптические кабели от производителя ..... 3-я стр. обл.
- Coherent:** Семейство титан-сапфировых осцилляторов ультракоротких импульсов Vitara ..... 4-я стр. обл.

Редсовет, редколлегия и редакция журнала «Квантовая электроника»  
сердечно поздравляют крупного специалиста в области нелинейной оптики,  
доктора физико-математических наук профессора  
**Давида Николаевича Никогосяна**  
**с 75-летием**  
и желают ему доброго здоровья, счастья и новых творческих успехов.

# QUANTUM ELECTRONICS, vol. 51, No8 (590), pp655 – 750 (2021)

contents

## Review

<b>Koziy A.A., Losev A.V., Zavodilenko V.V., Kurochkin Yu.V., Gorbatshevich A.A.</b> Modern methods of detecting single photons and their application in quantum communications .....	655
---	-----

## Lasers

<b>Kuznetsov A.V., Dormidonov A.E., Kompanets V.O., Chekalin S.V., Kandidov V.P.</b> Formation of a waveguide in a LiF crystal by a mid-IR light bullet. ....	670
<b>Kuptsov G.V., Petrov V.A., Petrov V.V., Laptev A.V., Kononova A.O., Kirpichnikov A.V., Pestryakov E.V.</b> Laser amplification in an Yb:YAG active mirror with a significant temperature gradient .....	679

## Control of laser radiation parameters

<b>Sizmin D.V., Pugacheva V.N., Starodubtsev K.V., Dushina L.A., Gorchakov O.I., Derkach V.N., Voronich I.N.</b> Passive method of laser radiation smoothing using spectral dispersion .....	683
<b>Sizmin D.V., Pugacheva V.N., Starodubtsev K.V., Dushina L.A., Gorchakov O.I., Derkach V.N., Voronich I.N.</b> System of fibre-optic smoothing of laser radiation on the Luch laser facility. ....	687
<b>Mazhirina Yu.A., Melnikov L.A., Sysolyatin A.A., Konyukhov A.I., Gochelashvili K.S., Venkitesh D., Sarkar S.</b> Parametric amplification in optical fibre with longitudinally varying dispersion .....	692

## Interaction of laser radiation with matter

<b>Vodopyanov A.V., Garakhin S.A., Zabrodin I.G., Zuev S.Yu., Lopatin A.Ya., Nechai A.N., Pestov A.E., Perekalov A.A., Pleshkov R.S., Polkovnikov V.N., Salashchenko N.N., Smertin R.M., Ulasevich B.A., Chkhalo N.I.</b> Measurements of the absolute intensities of spectral lines of Kr, Ar, and O ions in the wavelength range of 10–18 nm under pulsed laser excitation .....	700
<b>Kuznetsov I.I.</b> Active elements in the form of thin rods of square cross section for multichannel laser amplifiers .....	708

## Nonlinear-optical phenomena

<b>Zverev A.S., Kalenskii A.V., Ovchinnikov G.E., Zvekov A.A., Galkina E.V.</b> Nonlinear absorption of laser radiation by aluminium particles in a potassium bromide matrix. ....	712
--	-----

## Quantum photonics

<b>Tsukanov A.V.</b> Principle of measuring the electron population of a quantum dot using a single-photon transistor based on an array of quantum dots .....	718
<b>Geints Yu.E., Minin O.V., Minin I.V.</b> Concept of a miniature photonic spatial switch based on an off-axis zone plate. ....	727
<b>Hazra R., Hossain M.M.</b> A theoretical study of the group refractive index $n_g$ in a four-level inverted Y-type system formed by $^{87}\text{Rb}$ atom–laser radiation interaction. ....	730

## Works on quantum entanglement

<b>Xie Y.D., Wu Q., Li X.C., Gao Y., Zhang P., Wu S.J., Liu Y.Y., Zhang N.</b> Who are the dominant players in the experimental field of quantum entanglement? A bibliometric analysis .....	744
--	-----

## New instruments

<b>LASSARD:</b> Optical cables and fibers made in Russia .....	3rd cover page
<b>Coherent:</b> Ultrashort pulse Ti:sapphire oscillator family Vitara .....	4th cover page

### Уважаемые подписчики журнала «Квантовая электроника»!

Вы можете подписаться на наш журнал в агентствах  
«Урал-Пресс» (<http://www.ural-press.ru>, тел. +7 (499) 700-05-07) и  
«Книга-Сервис» (<http://www.akc.ru>,  
тел. +7 (495) 680-90-88, +7 (495) 680-89-87).

Электронную версию можно приобрести на сайтах [akc.ru](http://akc.ru), [pressa-rf.ru](http://pressa-rf.ru).

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, т. 51, № 8, 2021

Научные редакторы А.И.Маслов, А.Б.Савельев, А.С.Семёнов

Редакторы М.Л.Гартаницкая, Т.А.Рештакова, Н.И.Назарова, Л.В.Стратонникова

Редакторы–операторы ЭВМ Т.С.Волохова, А.И.Корнилова, И.В.Безлапотнов, Е.В.Коновалова

Секретарь редакции Е.В.Коновалова

Формат 60 × 88/8. Усл.-печ. л. 12.01. Уч.-изд. л. 13.41. Цена 1350 руб.

Издательский № 1185

Набрано и сверстано с использованием программного пакета Adobe Creative Suite

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «Издательско-информационное агентство

«Пресс-Меню», 129128, г. Москва, ул. Малахитовая, дом 21, подв. 1, ком. 2, Тел. +7 (925) 500 7137, e-mail: [press-menu@mail.ru](mailto:press-menu@mail.ru)