



ISSN 0368–7147

# КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Том 51, № 12 (594), с.1051 – 1160

Декабрь, 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

# КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, том 51, № 12 (594), с. 1051 – 1160 (2021)

## содержание

Подборка докладов, представленных на 8-й Всероссийской конференции по волоконной оптике (5 – 8 октября 2021 г., Пермь) (редактор-составитель С.Л.Семёнов)

<b>Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Вольф А.А., Достовалов А.В., Чуринов А.Е., Егорова О.Н., Семёнов С.Л., Проскурина К.В., Бабин С.А.</b> Одночастотный эрбиевый лазер со случайной распределенной обратной связью на основе неупорядоченных структур, созданных фемтосекундным лазерным излучением .....	1051
<b>Худяков М.М., Левченко А.Е., Вельмискин В.В., Бобков К.К., Алёшкина С.С., Бубнов М.М., Яшков М.В., Гурьянов А.Н., Котов Л.В., Лихачёв М.Е.</b> Оптимизация эффективности эрбиевого волоконного световода-конуса ..	1056
<b>Иваненко А.В., Нюшков Б.Н., Смирнов С.В.</b> Генерация высокоэнергетичных одиночных импульсов и импульсных кластеров в волоконных итербиевых лазерах с квазисинхронной модуляцией мощности накачки .....	1061
<b>Яценко Ю.П., Гладышев А.В., Буфетов И.А.</b> Суперконтинуум среднего ИК диапазона, инициируемый двухкаскадным ВКР в револьверном световоде, заполненном дейтерием .....	1068
<b>Богданов С.А., Сидельников О.С., Редюк А.А.</b> Применение комплексных полносвязных нейронных сетей для компенсации нелинейности в волоконно-оптических линиях связи с поляризационным уплотнением каналов .....	1076
<b>Денисов А.Н., Семёнов С.Л.</b> Полностью стеклянные одномодовые микроструктурированные волоконные световоды с сердцевинной большой диаметром и малыми изгибными потерями. ....	1081
<b>Кузнецов А.Г., Каблуков С.И., Подивиллов Е.В., Бабин С.А.</b> Исследование пространственных характеристик выходного пучка каскадного ВКР-лазера с многомодовой диодной накачкой .....	1090
<b>Егорова О.Н., Журавлев С.Г., Пустовой В.И., Семёнов С.Л.</b> Чувствительный элемент датчика изгиба на многосердцевинном световоде с внутриволоконными интерферометрами Фабри – Перо .....	1096
<b>Попов С.М., Бутов О.В., Колосовский А.О., Волошин В.В., Воробьев И.Л., Исаев В.А., Ряховский Д.В., Вяткин М.Ю., Рыбалтовский А.А., Фотиади А.А., Ли Ся, Чжоин Ван, Липатов Д.С., Чаморовский Ю.К.</b> Оптические волокна с массивом волоконных брэгговских решеток для сенсорных систем и случайных лазеров ..	1101
<b>Калмыков Н.И., Коваленко Д.А., Лобач И.А., Каблуков С.И.</b> Искажение формы рефлектограммы в распределенных волоконных системах при наличии спонтанного шума в зондирующем излучении. ....	1107
<b>Томышев К.А., Долженко Е.И., Бутов О.В.</b> Влияние диаметра световода на характеристики сенсоров на основе наклонных волоконных брэгговских решеток .....	1113
<b>Седов Е.В., Чеховской И.С., Прилепский Я.Е.</b> Нейронная сеть для вычисления прямого и обратного нелинейного преобразования Фурье. ....	1118

## Лазерные пучки

<b>Низьев В.Г., Нестеров-Мюллер А.</b> Особенности расходимости лазерных пучков с угловым моментом .....	1122
--	------

## Управление параметрами лазерного излучения

<b>Паршков О.М.</b> Электромагнитно-индуцированная прозрачность при фазовой модуляции взаимодействующих излучений .....	1127
---	------

## Применения лазеров и другие вопросы квантовой электроники

<b>Хуан Л., Ли Ю., Чжао Ш., Линь Т., Ли С., Ван Г., Чжу Ц.</b> Функциональное гибкое измерение частоты с помощью фотоники на основе комбинации вынужденного рассеяния Мандельштама – Бриллюэна и интерферометра Маха – Цендера .....	1135
<b>Сошенко В.В., Кожокару И.С., Большедворский С.В., Рубинас О.Р., Смолянинов А.Н., Воробьев В.В., Сорокин В.Н., Акимов А.В.</b> Измерение времени продольной релаксации ядерного спина азота в центре окраски азот-вакансия в алмазе .....	1144

## Поправка

<b>Семенко А.В., Белотелов Г.С., Сутирин Д.В., Слюсарев С.Н., Юдин В.И., Тайченачев А.В., Овсянников В.Д., Пальчиков В.Г.</b> Анализ неопределенностей стандарта частоты на холодных атомах итербия с использованием операционных параметров оптической решетки («Квантовая электроника», 2021, т. 51, № 6, с. 484 – 489) .....	1147
Авторский указатель журнала «Квантовая электроника» за 2021 г. (т. 51, № 1 – 12) .....	1148

## Новые приборы

<b>LASSARD:</b> Волоконно-оптические кабели от российского производителя .....	3-я стр. обл.
<b>Coherent:</b> Семейство титан-сапфировых осцилляторов ультракоротких импульсов Vitara .....	4-я стр. обл.

**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).

# QUANTUM ELECTRONICS, vol. 51, No 12(594), pp 1051 – 1160 (2021)

contents

Selection of reports presented at the 8th All-Russian conference on fibre optics (5–8 October 2021, Perm) (compiled and edited by S.L.Semjonov)

<b>Skvortsov M.I., Abdullina S.R., Volf A.A., Dostovalov A.V., Churin A.E., Egorova O.N., Semjonov S.L., Proskurina K.V., Babin S.A.</b> Single-frequency erbium-doped fibre laser with random distributed feedback based on disordered structures produced by femtosecond laser radiation .....	1051
<b>Khudyakov M.M., Levchenko A.E., Velmiskin V.V., Bobkov K.K., Aleshkina S.S., Bubnov M.M., Yashkov M.V., Guryanov A.N., Kotov L.V., Likhachev M.E.</b> Optimisation of the efficiency of an erbium-doped fibre cone .....	1056
<b>Ivanenko A.V., Nyushkov B.N., Smirnov S.V.</b> Generation of high-energy single pulses and pulsed clusters in ytterbium fiber lasers with quasi-phase-matched pump power modulation .....	1061
<b>Yatsenko Yu.P., Gladyshev A.V., Bufetov I.A.</b> Mid-IR supercontinuum generation due to two-cascade stimulated Raman scattering in D <sub>2</sub> -filled revolver fibre .....	1068
<b>Bogdanov S.A., Sidelnikov O.S., Redyuk A.A.</b> Application of complex fully connected neural networks to compensate for nonlinearity in fibre-optic communication lines with polarisation division multiplexing .....	1076
<b>Denisov A.N., Semjonov S.L.</b> All-glass single-mode microstructured fibres with large core diameters and low bending losses .....	1081
<b>Kuznecov A.G., Kablukov S.I., Podivilov E.V., Babin S.A.</b> Study of the spatial characteristics of the output beam of a cascade Raman laser with multimode diode pumping .....	1090
<b>Egorova O.N., Zhuravlev S.G., Pustovoi V.I., Semjonov S.L.</b> Sensitive element of a bend sensor based on a multicore fibre with intra-fibre Fabry–Perot interferometers .....	1096
<b>Popov S.M., Butov O.V., Kolosovskii A.O., Voloshin V.V., Vorob'ev I.L., Isaev V.A., Ryakhovskii D.V., Vyatkin M.Yu., Rybaltovskii A.A., Fotiadi A.A., Xia Li, Wang Zhuoying, Lipatov D.S., Chamorovsky Yu.K.</b> Optical fibres with an inscribed fibre Bragg grating array for sensor systems and random lasers .....	1101
<b>Kalmykov N.I., Kovalenko D.A., Lobach I.A., Kablukov S.I.</b> Distortion of the reflectogram shape in distributed fibre systems in the presence of spontaneous noise in the probe radiation .....	1107
<b>Tomyshev K.A., Dolzhenko E.I., Butov O.V.</b> Influence of the fiber diameter on the characteristics of sensors based on inclined fiber Bragg gratings .....	1113
<b>Sedov E.V., Chekhovskoy I.S., Prilepsky J.E.</b> Neural network for calculating direct and inverse nonlinear Fourier transform .....	1118

## Laser beams

<b>Niziev V.G., Nesterov-Mueller A.</b> Divergence features of laser beams with angular momentum .....	1122
--	------

## Control of laser radiation parameters

<b>Parshkov O.M.</b> Electromagnetically induced transparency under phase modulation of interacting radiations .....	1127
--	------

## Laser applications and other topics in quantum electronics

<b>Huang L., Li Y., Zhao Sh., Lin T., Li X., Wang G., Zhu Z.</b> Functional flexible photonics-assisted frequency measurement based on combination of stimulated Brillouin scattering and Mach–Zehnder interferometer .....	1135
<b>Soshenko V.V., Cojocaru I.S., Bolshedvorskii S.V., Rubinas O.R., Smolyaninov A.N., Vorobyev V.V., Sorokin V.N., Akimov A.V.</b> Measurement of the longitudinal relaxation time of the nuclear spin of nitrogen at the colour centre nitrogen vacancy in diamond .....	1144

## Erratum

<b>Semenko A.V., Belotelov G.S., Sutyurin D.V., Slyusarev S.N., Yudin V.I., Taichenachev A.V., Ovsyannikov V.D., Palchikov V.G.</b> Analysis of uncertainties of a cold ytterbium atomic frequency standard using operating parameters of its optical lattice («Kvantovaya Elektronika», 2021, Vol. 51, No. 6, pp 484–489) .....	1147
Author's index of Kvantovaya Elektronika for 2021 (v. 51, Nos 1–12) .....	1148

## New instruments

<b>LASSARD:</b> Optical cables and fibers made in Russia .....	3rd cover page
<b>Coherent:</b> Ultrafast Ti:sapphire amplifier Astrella .....	4th cover page

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, т. 51, № 12, 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. 13.47. Уч.-изд. л. 13.25. Цена 1350 руб.

Издательский № 1189

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