



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.Пискаркас (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 иттербиевых 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 диаметра 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 много-сердцевинном световоде с внутриволоконными интерферометрами Фабри – Перо . . . . .	1096
<b>Попов С.М., Бутов О.В., Колосовский А.О., Волошин В.В., Воробьёв 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., Сорочкин 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., Сутырин 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 иттербия 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://www.akc.ru), [pressa-uf.ru](http://pressa-uf.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., Rybaltofskii 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., Sutyryn 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