



ISSN 0368-7147

# КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Том 51, №9 (591), с.751 – 860

Сентябрь, 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 «Полус» 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, т. 51, № 9, 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. 13.72. Уч.-изд. л. 15.39. Цена 1350 руб.

Издательский № 1186

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)

# КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, том 51, №9 (591), с.751 – 860 (2021)

содержание

Взаимодействие экстремальных световых полей с веществом

<b>Фурмо С., Киффер Ж.К.</b> Порог лазерного повреждения оптики мощных лазерных систем и эффекты инкубации . . . .	751
<b>Мухин И.Б., Соловьев А.А., Перевезенцев Е.А., Шайкин А.А., Гинзбург В.Н., Кузьмин И.В., Мартыанов М.А., Шайкин И.А., Кузьмин А.А., Миронов С.Ю., Яковлев И.В., Хазанов Е.А.</b> Дизайн стартовой части субэкзаваттного лазера проекта XCELS . . . . .	759
<b>Иванов К.А., Шуляпов С.А., Горлова Д.А., Мордвинцев И.М., Цымбалов И.Н., Савельев А.Б.</b> Роль контраста релятивистского фемтосекундного лазерного импульса при его взаимодействии со сплошными и структурированными мишенями . . . . .	768
<b>Серебряков Д.А., Костюков И.Ю., Мураками М.</b> Генерация электрон-позитронных пар в результате лазерно-ионной имплозии мишени со сферической микрополостью внутри . . . . .	795
<b>Попруженко С.В., Калымбетов Е.Б.</b> Особенности излучения, возникающего при туннельной ионизации атомов в лазерных пучках экстремальной интенсивности. . . . .	801
<b>Филипович М., Бауманн К., Пухов А.М., Самсонов А.С., Костюков И.Ю.</b> Влияние поперечного смещения пучков заряженных частиц на квантово-электродинамические процессы при их столкновении. . . . .	807
<b>Валяльщикова М.А., Харин В.Ю., Рыкованов С.Г.</b> Метод поляризованного окна в нелинейном рассеянии Комптона: влияние радиационного трения и неидеальности электронного пучка . . . . .	812
<b>Кузнецов С.В.</b> Опрокидывание нелинейной кильватерной волны, возбуждаемой лазерным импульсом при его взаимодействии с полуграниченной плазмой. . . . .	819
<b>Пугачёва Д.В., Андреев Н.Е.</b> О лазерно-плазменном ускорении поляризованных электронов до энергий в несколько ТэВ . . . . .	826
<b>Шен С.Ф., Пухов А.М., Перевалов С.Е., Соловьев А.А.</b> Ускорение электронов лазерным импульсом при его параллельном падении на твердую мишень . . . . .	833
<b>Семенов Т.А., Иванов К.А., Лазарев А.В., Цымбалов И.Н., Волков Р.В., Жвания И.А., Джиджоев М.С., Савельев А.Б., Гордиенко В.М.</b> Широкополосная генерация рентгеновского излучения при воздействии на крупные кластеры криптона релятивистских фемтосекундных лазерных импульсов . . . . .	838
<b>Флегентов В.А., Сафронов К.В., Гаврилов Д.С., Какшин А.Г., Пхайко Н.А., Потапов А.В.</b> Ускорение электронов в пустотелых стеклянных капиллярах под действием высокоинтенсивных пикосекундных лазерных импульсов . . . .	846
<b>Голованов А.А., Костюков И.Ю.</b> Генерация ИК излучения при взаимодействии предельно короткого лазерного импульса с газовой струей. . . . .	850
<b>Волкова Т.М., Неруш Е.Н., Костюков И.Ю.</b> Использование методов машинного обучения для анализа результатов численного моделирования лазерно-плазменного ускорения электронов . . . . .	854

Новые приборы

<b>LASSARD:</b> Оптические столы от российского производителя . . . . .	3-я стр. обл.
<b>Coherent:</b> Сверхбыстрый титан-сапфировый усилитель Astrella . . . . .	4-я стр. обл.

Коллектив сотрудников Отделения квантовой радиофизики ФИАН, редсовет, редколлегия и редакция журнала «Квантовая электроника» с глубоким прискорбием сообщают о кончине на 76-м году жизни после тяжелой продолжительной болезни главного научного сотрудника Лаборатории диагностики плазмы Отдела лазерной плазмы ОКРФ, доктора физико-математических наук, профессора, лауреата Государственной премии СССР

## Андрея Сергеевича Шиканова

и выражают искренние соболезнования его родным и близким. Память об этом талантливом ученом, который был одним из пионеров в области экспериментальных исследований по лазерному термоядерному синтезу в ФИАНе, добрым и отзывчивым человеке, обладавшем замечательным чувством юмора, навсегда сохранится в наших сердцах.

**QUANTUM ELECTRONICS**, vol. 51, No9 (591), pp751 – 860 (2021)

*contents*

Interaction of extreme light fields with matter

<b>Fourmaux S., Kieffer J.C.</b> Laser induced damage threshold and incubation effects of high-power laser system optics . . . . .	751
<b>Mukhin I.B., Soloviev A.A., Perevezentsev E.A., Shaykin A.A., Ginzburg V.N., Kuzmin I.V., Martyanov M.A., Shaikin I.A., Kuzmin A.A., Mironov S.Yu., Yakovlev I.V., Khazanov E.A.</b> Design of the front end of the XCELS subexawatt laser . . . . .	759
<b>Ivanov K.A., Shulyapov S.A., Gorlova D.A., Mordvintsev I.M., Tsymbalov I.N., Savel'ev A.B.</b> Role of contrast of a relativistic femtosecond laser pulse interacting with solid and structured targets . . . . .	768
<b>Serebryakov D.A., Kostyukov I.Yu., Murakami M.</b> Generation of electron–positron pairs by laser-ion implosion of a target with a spherical microcavity inside . . . . .	795
<b>Popruzenko S.V., Kalymbetov E.B.</b> Specific features of radiation emitted upon tunnel ionisation of atoms in extremely intense laser fields. . . . .	801
<b>Filipovic M., Baumann C., Pukhov A.M., Samsonov A.S., Kostyukov I.Yu.</b> Effect of transverse displacement of charged particle beams on quantum electrodynamic processes during their collision . . . . .	807
<b>Valyalshchikov M.A., Kharin V.Yu., Rykovanov S.G.</b> Polarisation window method in nonlinear Compton scattering: effect of radiation friction and nonideal electron beam . . . . .	812
<b>Kuznetsov S.V.</b> Breaking of a nonlinear wake wave excited by a laser pulse during its interaction with a semi-infinite plasma. . . . .	819
<b>Pugacheva D.V., Andreev N.E.</b> Laser-plasma acceleration of polarised electrons to energies of several TeV . . . . .	826
<b>Shen X., Pukhov A.M., Perevalov S.E., Soloviev A.A.</b> Electron acceleration in intense laser-solid interactions at parallel incidence . . . . .	833
<b>Semenov T.A., Ivanov K.A., Lazarev A.V., Tsymbalov I.N., Volkov R.V., Zhvaniya I.A., Dzhidzhoev M.S., Savel'ev A.B., Gordienko V.M.</b> Broadband X-ray generation by large krypton clusters under the effect of relativistic femtosecond laser pulses. . . . .	838
<b>Flegentov V.A., Safronov K.V., Gavrillov D.S., Kakshin A.G., Pkhaiko N.A., Potapov A.V.</b> Acceleration of electrons in hollow glass capillaries under the action of high-intensity picosecond laser pulses . . . . .	846
<b>Golovanov A.A., Kostyukov I.Yu.</b> Generation of IR radiation during the interaction of an extremely short laser pulse with a gas jet. . . . .	850
<b>Volkova T.M., Nerush E.N., Kostyukov I.Yu.</b> Using machine-learning methods to analyse the results of numerical simulation of laser-plasma acceleration of electrons . . . . .	854

New instruments

<b>LASSARD:</b> Optical tables made in Russia . . . . .	3rd cover page
<b>Coherent:</b> Ultrafast Ti : sapphire amplifier Astrella . . . . .	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://www.akc.ru),  
[pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru).