

Отзыв

официального оппонента

на диссертационную работу Кияевского Игоря Олеговича «Генерация второй гармоники, суммарных и разностных частот излучения лазера на окиси углерода в кристаллах ZnGeP₂ и GaSe», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Лазерные источники среднего инфракрасного (ИК) играют важную роль для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач. Лазерные источники на окиси углерода позволяют достичь высокой энергии и спектральной яркости излучения среднего ИК-диапазона и являются мощным инструментом газового анализа и фотохимии. Нелинейно-оптические процессы генерации гармоник, а также суммарной и разностной частоты позволяют существенно расширить область применения таких лазеров. В диссертации И.О. Кияевского рассматриваются важные вопросы, связанные с реализацией таких процессов преобразования частоты для излучения СО-лазера.

В проведенных ранее работах эффективность преобразования частоты излучения СО-лазера в нелинейных кристаллах не превышала нескольких процентов. Благодаря выполненным в диссертации исследованиям этот удалось значительно повысить эффективность преобразования частоты. Таким образом, тема диссертации И.О. Кияевского безусловно актуальна.

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение и список литературы, изложенные на 130 страницах.

В введении представлены: актуальность темы исследований, цель работы, научная новизна, научная и практическая ценность работы, отмечены достоверность результатов и личный вклад соискателя. Также во введении представлены выносимые на защиту положения, сведения об апробации работы и публикациях, а также описана структура диссертации.

В первой главе представлен обзор работ, показывающих достижения в развитии СО-лазера, подробно рассматриваются импульсные СО-лазерные системы с высокой мощностью излучения. Проведен обзор работ по газовому анализу и лазерной химии с применением СО-лазера и рассматривается перспектива использования излучения СО-лазера, преобразованного в нелинейных кристаллах. Также проведен обзор и анализ нелинейных кристаллов, подходящих для преобразования частоты излучения СО-лазера, на основе которого выбраны кристаллы для представленных в диссертации исследований.

Во второй главе представлен комплекс теоретических исследований фазового синхронизма. Проводятся расчёт и анализ углов, спектральной и угловой ширины фазового синхронизма для генерации второй гармоники, суммарных и разностных частот излучения СО-лазера в кристаллах ZnGeP₂ и GaSe. На основе данных расчётов во второй главе предложена схема двухкаскадного преобразования частоты.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования генерации второй гармоники, суммарных и разностных частот излучения СО-лазера низкого давления с модуляцией добротности резонатора. Осуществлена широкополосная генерация второй гармоники и суммарных частот в нелинейных кристаллах ZnGeP₂ и GaSe. Экспериментально продемонстрировано широкополосное двухкаскадное преобразование частоты в кристалле ZnGeP₂, которое позволило получить одновременно ~670 спектральных линий в интервале длин волн от 2.5 мкм до 8.3 мкм.

Четвертая глава посвящена исследованию преобразования частоты мощных наносекундных импульсов СО-лазера в нелинейных кристаллах ZnGeP₂ и GaSe. Значительная часть главы касается разработки и исследования наносекундной СО-лазерной системы задающий генератор – лазерный усилитель. Проводится подробное исследование усиления наносекундных импульсов излучения в СО-лазерном усилителе, определена интенсивность насыщения усиления. Подбор режима работы СО-лазерной системы, оптимального для преобразования частоты, позволил получить генерацию второй гармоники с эффективностью 37% в кристалле ZnGeP₂ и 5% в кристалле GaSe. Также, в четвертой главе осуществлено селективное двухкаскадное преобразование частоты (генерация второй гармоники и разностной частоты) излучения мощной наносекундной СО-лазерной системы, работающей в режиме синхронной генерации на двух спектральных линиях.

После всех глав приводится заключение, в котором сформулированы и обсуждаются наиболее важные результаты диссертационной работы, соответствующие цели и задачам работы. Полученные результаты являются оригинальными и представляют значительный интерес с научной и практической точки зрения. Положения, выносимые на защиту, являются обоснованными. Достоверность результатов не вызывает сомнений и подтверждается высоким научно-техническим уровнем проведенных экспериментов, а также сравнительным анализом с результатами работ других авторов.

В диссертационной работе имеются следующие недостатки:

1. Вызывает много вопросов представление результатов экспериментов, посвященных исследованию зависимости эффективности генерации второй гармоники от энергии излучения накачки. Приведенные на рис. 4.33 и 4.34 экспериментальные точки характеризуются значительным разбросом и во многих

случаях немонотонным поведением. В диссертации отсутствует обсуждение причин таких особенностей эффективности генерации второй гармоники от энергии излучения накачки. Если это результаты одного эксперимента, то как можно было их вынести в диссертацию, не убедившись в достоверности и воспроизводимости результатов? Если это результат многих экспериментов, то почему на графиках отсутствуют экспериментальные ошибки? Учитывая, что во многих случаях зависимость эффективности генерации второй гармоники от энергии излучения накачки оказывается немонотонной, почему нельзя было исследовать это поведение более детально, не ограничиваясь тремя – четырьмя значениями энергии (в автореферате на рис. 7 прямая проведена даже всего по двум экспериментальным точкам);

2. Экспериментальные точки, полученные при фиксированном положении кристалла относительно фокальной плоскости фокусирующего излучение накачки зеркала, соединены прямыми. В тексте диссертации не объясняется, чему соответствуют эти прямые. Видно, что четыре экспериментальные точки, соответствующие $\Delta L = 0.8$ см, никак не могут быть аппроксимированы линейной зависимостью. Тем не менее, через них проведена прямая.

3. Как следует из приведенных на рис. 4.33 и 4.34 результатов, эффективность генерации второй гармоники сильно зависит от положения кристалла относительно фокальной плоскости фокусирующего излучение накачки зеркала. Причины такого поведения эффективности генерации второй гармоники не объясняются;

4. Максимальная эффективность генерации второй гармоники (25%) на с. 101 диссертации объясняется тем, что при данном расположении кристалла «расходящийся лазерный пучок излучения накачки компенсирует действие керровской линзы, поэтому распределение в кристалле более однородное и средняя по длине кристалла интенсивность выше». Доказательств этих утверждений в диссертации не приводится;

5. На рис. 4.43 приводится зависимость эффективности генерации второй гармоники от энергии накачки. Максимальная эффективность генерации второй гармоники в этом эксперименте ограничена оптическим пробоем кристалла. Для понимания порога пробоя необходимо знать интенсивность и/или плотность энергии излучения. Эти величины в работе не приводятся. Информация о размере пучка также отсутствует. Приведенные экспериментальные данные, к сожалению, исчерпываются лишь четырьмя точками, одна из которых лежит за порогом разрушения кристалла. Ввиду скудности экспериментального материала не представляется возможным судить о том, всегда ли пробой является главным ограничивающим фактором и нельзя ли достичь больших эффективностей преобразования изменением диаметра

пучка, смещением кристалла относительно фокуса пучка накачки или других параметров. Ошибки измерения на этом графике также отсутствуют

Сделанные замечания не снижают общую высокую оценку работы. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и представлены на международных и российских конференциях. Оформление диссертации и автореферата соответствует установленным нормам ВАК РФ. Автореферат и опубликованные работы отражают содержание диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Киняевского Игоря Олеговича полностью отвечает всем требованиям ВАК РФ, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Официальный оппонент,
Профессор физического факультета
Московского государственного университета
имени М.В.Ломоносова
доктор физико-математических наук,



A.M. Желтиков
02.09.2015

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Россия, 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1
тел. +7(495)939-39-59, e-mail: zheltikov@top.phys.msu.su

Подпись Алексея Михайловича Желтикова заверяю.

Декан физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор



Н.Н. Сысоев

Список публикаций официального оппонента Желтикова Алексея Михайловича, опубликованных за последние пять лет по теме диссертации Киняевского Игоря Олеговича «Генерация второй гармоники, суммарных и разностных частот излучения лазера на окиси углерода в кристаллах ZnGeP₂ и GaSe», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

1. T. Balciunas, C.F. Dutin, G. Fan, T. Witting, A.A. Voronin, A.M. Zheltikov, G. Frédéric, G.G. Paulus, A. Baltuska, and F. Benabid, " Sub-Cycle Gigawatt Peak Power Pulses Self-Compressed by Optical Shock Waves," *Nature Communications*, **6**, 6117 (2015).
2. E. E. Serebryannikov, A. M. Zheltikov, "Quantum and Semiclassical Physics behind Ultrafast Optical Nonlinearity in the Midinfrared: The Role of Ionization Dynamics within the Field Half Cycle," *Phys. Rev. Lett.* **113**, 043901 (2014)
3. P.A. Zhokhov, A.M. Zheltikov "Attosecond Shock Waves," *Phys. Rev. Lett.* **110**, 183903 (2013).
4. P.A. Zhokhov and A.M. Zheltikov, "Field-Cycle-Resolved Photoionization in Solids," *Phys. Rev. Lett.* **113**, 133903 (2014).
5. T. Balciunas, A.J. Verhoef, A.V. Mitrofanov, G. Fan, E.E. Serebryannikov, M.Y. Ivanov, A.M. Zheltikov, and A. Baltuska, "Optical and Terahertz signatures of subcycle tunneling dynamics," *Chemical Physics* **414**, 92–99 (2013).
6. A.V. Mitrofanov, A.J. Verhoef, E.E. Serebryannikov, J. Lumeau, L. Glebov, A.M. Zheltikov, and A. Baltuska, "Optical Detection of Attosecond Ionization Induced by a Few-Cycle Laser Field in a Transparent Dielectric Material," *Phys. Rev. Lett* **106**, 147401 (2011).
7. A.M. Zheltikov, A.A. Voronin, M. Kitzler, A. Baltuška, and M. Ivanov, Optical Detection of Interfering Pathways in Subfemtosecond Multielectron Dynamics, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 033901 (2009)
8. A.M. Zheltikov, A.A. Voronin, R. Kienberger, F. Krausz, and G. Korn, Frequency-Tunable Multigigawatt Sub-Half-Cycle Light Pulses from Coupled-State Dynamics of Optical Solitons and Impulsively Driven Molecular Vibrations. *Phys. Rev. Lett.* **105**, 103901 (2010).
9. A.J. Verhoef, A.V. Mitrofanov, E.E. Serebryannikov, D.V. Kartashov, A.M. Zheltikov, and A. Baltuska, Optical Detection of Tunneling Ionization. *Phys. Rev. Lett.*, v.104, p.163904(1-4) (2010).
10. F. Reiter, U. Graf, E.E. Serebryannikov, W. Schweinberger, M. Fiess, MSchultze., A.M. Azzeer, R. Kienberger, F. Krausz, A.M. Zheltikov, and E. Goulielmakis, Route to Attosecond Nonlinear Spectroscopy. *Phys. Rev. Lett.* **105**, 243902 (2010).
11. J. M. Mikhailova, M. V. Fedorov, N. Karpowicz, P. Gibbon, V. T. Platonenko, A. M. Zheltikov, and F. Krausz, "Isolated Attosecond Pulses from Laser-Driven Synchrotron Radiation," *Phys. Rev. Lett.* **109**, 245005 (2012).
12. I.V.Fedotov, L.V.Doronina-Amitonova, A.A.Voronin, A.O.Levchenko, S.A.Zibrov, D.A.Sidorov-Biryukov, A.B.Fedotov, V.L.Velichansky, A.M.Zheltikov "Electron spin manipulation and readout through an optical fiber," *Scientific Reports* **4**, 5362(6) (2014); <http://www.nature.com/srep/2014/140716/srep05362/full/srep05362.html>.
13. A.A. Ivanov, A.A. Voronin, A.A. Lanin, D.A. Sidorov-Biryukov, A.B. Fedotov, A.M. Zheltikov, "Pulse-width-tunable 0.7 W mode-locked Cr: forsterite laser," *Optics Letters* **39**, 205-208 (2014).
14. A.V. Mitrofanov, A.A. Voronin, D.A. Sidorov-Biryukov, G.Andriukaitis, T.Flöry, A.Pugžlys, A.B. Fedotov, J.M. Mikhailova, V.Ya. Panchenko, A.Baltuška, and A.M. Zheltikov, "Post-filament self-trapping of ultrashort laser pulses, *Optics Letters* **39** (16), 4659- 4662 (2014).
15. A.A. Lanin, I. V. Fedotov, A.B. Fedotov, D.A. Sidorov-Biryukov, and A.M. Zheltikov, "The phase-controlled Raman effect," *Scientific Reports* **3**, 1842, (2013); <http://www.nature.com/srep/2013/130530/srep01842/full/srep01842.html>.
16. L.V. Doronina-Amitonova, I.V. Fedotov, O. I. Ivashkina, M.A. Zots, A.B. Fedotov, K.V. Anokhin, and A.M. Zheltikov, "Implantable fiber-optic interface for parallel multisite long-term optical dynamic brain interrogation in freely moving mice," *Scientific Reports* **3**, 3265 (2013); <http://www.nature.com/srep/2013/131120/srep03265/full/srep03265.html>.
17. A.A. Lanin, A.A. Voronin, A.B. Fedotov, and A.M. Zheltikov, "Time-domain spectroscopy in the mid-infrared," *Scientific reports* **4**, 6670 (2014); <http://www.nature.com/srep/2014/141020/srep06670/full/srep06670.html>
18. I. V. Fedotov, L. V. Doronina-Amitonova, D. A. Sidorov-Biryukov, N. A. Safronov, S. Blakley, A. O. Levchenko, S. A. Zibrov, A. B. Fedotov, S. Ya. Kilin, M. O. Scully, V. L. Velichansky, and A. M. Zheltikov, "Fiber-optic magnetic-field imaging," *Opt. Lett.* **39**, 6954-6957 (2014).

19. I. V. Fedotov, L. V. Doronina-Amitonova, D. A. Sidorov-Biryukov, N. A. Safronov, A. O. Levchenko, S. A. Zibrov, S. Blakley, H. Perez, A. V. Akimov, A. B. Fedotov, P. Hemmer, K. Sakoda, V. L. Velichansky, M. O. Scully, and A. M. Zheltikov, "Fiber-optic magnetometry with randomly oriented spins," *Opt. Lett.* **39**, 6755-6758 (2014).
20. A. A. Lanin, A. A. Voronin, E. A. Stepanov, A. B. Fedotov, and A. M. Zheltikov, "Frequency-tunable sub-two-cycle 60-MW-peak-power free-space waveforms in the mid-infrared," *Opt. Lett.* **39**, 6430-6433 (2014).
21. L. Haizer, I. Bugar, E. Serebryannikov, D. Lorenc, F. Uherek, E. Goulielmakis, and A. Zheltikov, "Intense Cr:forsterite-laser-based supercontinuum source," *Opt. Lett.* **39**, 5562-5565 (2014).
22. A.A. Voronin and A.M. Zheltikov, "Subcycle solitonic breathers," *Phys. Rev. A* **90**, 043807 (2014).
23. E.E. Serebryannikov and A.M. Zheltikov, "Subcycle waveform generation by nonrecolliding tunneling electron wave packets," *Phys. Rev. A* **90**, 043811 (2014).
24. I.V. Fedotov, L.V. Doronina-Amitonova, D.A. Sidorov-Biryukov, A.O. Levchenko, S.A. Zibrov, A.B. Fedotov, V.L. Velichansky, and A.M. Zheltikov, "Spin on a Fiber," *Optics and Photonics News* **25**, №12, p. 43 (2014).
25. P.A. Zhokhov and A.M. Zheltikov, "Scaling laws for laser-induced filamentation". *Phys. Rev. A* **89**, 043816 (2014).
26. J. V. Thompson, C. W. Ballmann, H. Cai, Z. Yi, Y. V. Rostovtsev, A. V. Sokolov, P. Hemmer, A. M. Zheltikov, G. O. Ariunbold, and M. O. Scully, "Pulsed cooperative backward emissions from non-degenerate atomic transitions in sodium," *New Journal of Physics* **16**, 103017 (2014).
27. I.V. Fedotov, S. Blakley, E.E. Serebryannikov, N.A. Safronov, V.L. Velichansky, M.O. Scully, and A.M. Zheltikov, "Fiber-based thermometry using optically detected magnetic resonance," *Appl. Phys. Lett.* **105**, 261109 (2014).
28. I.V. Fedotov, L.V. Doronina-Amitonova, D. A. Sidorov-Biryukov, A. B. Fedotov, K.V. Anokhin, S.Ya. Kilin, K. Sakoda and A. M. Zheltikov. "Enhanced-locality fiber-optic two-photon-fluorescence live-brain interrogation" *Appl. Phys. Lett.* **104** , 083702 (2014).
29. A.A. Lanin, A.B. Fedotov, and A.M. Zheltikov "Ultrabroadband XFROG of few-cycle mid-infrared pulses by four-wave mixing in a gas," *J. Opt. Soc. B* **31**, 1901-1905 (2014).
30. A.A. Voronin, Y. Nomura, H. Shirai, T. Fuji, and A.M. Zheltikov, "Half-cycle pulses in the mid-infrared from a two-color laser-induced filament," *Appl. Phys. B* **117**, 611-619 (2014).
31. J. Li, L. Chai, J. Shi, B. Liu, B. Xu, M. Hu, Y. Li, Q. Xing, C. Wang, A.B. Fedotov, A.M. Zheltikov, "Efficient terahertz wave generation from GaP crystals pumped by chirp-controlled pulses from femtosecond photonic crystal fiber amplifier," *Applied Physics Letters* **104**, 031117 (2014).
32. D. Kartashov, S. Ališauskas, A. Pugžlys, A. Voronin, A. Zheltikov, M. Petrarca, P. Béjot, J. Kasparian, J.-P. Wolf, and A. Baltuška, "Mid-infrared laser filamentation in molecular gases," *Opt. Lett.* **38**, 3194-3197 (2013).
33. A.A. Voronin, J.M. Mikhailova, M. Gorjan, Zs. Major, and A.M. Zheltikov "Pulse compression to subcycle field waveforms with split-dispersion cascaded hollow fibers," *Optics Letters* **38**, 4354-4357 (2013).
34. X. Hu, Y. Li, F. Fang, X. Li; J. Li, Y. Chen, X. Zhang, L. Chai, C. Wang, A.B Fedotov, and A.M. Zheltikov "Enhancement of terahertz radiation from GaP emitters by subwavelength antireflective micropyramid structures," *Optics Letters* **38**, 2053-2055 (2013).
35. P.A. Zhokhov, A.A. Voronin, I.V. Fedotov, A.B. Fedotov, and A.M. Zheltikov "Coherence readout from supercontinua in multiple filaments: Experiments and supercomputer simulations," *Physical Review A* **87**, 013819 (2013).
36. A.M. Zheltikov, "Self-focusing and spatial modes in free space and nonlinear waveguides," *Phys. Rev. A* **88**, 063847 (2013).
37. Hsiang-Yu Chung, Wei-Cheng Kuo, Yu-Hsiang Cheng, Che-Hang Yu, Shih-Hsuan Chia, Cheng-Yung Lin, Jie-Shin Chen, Huai-Jen Tsai, A.B. Fedotov, A.A. Ivanov, A.M. Zheltikov, Chi-Kuang Sun, "Blue-ray disk lens as the objective of a miniaturized two-photon fluorescence microscope," *Opt. Express* **21**, 31604-31614 (2013).
38. A.A. Voronin, A.M. Zheltikov, T. Ditmire, B.Rus, G.Korn "Subexawatt few-cycle lightwave generation via multipetawatt pulse compression," *Optics Communications*, **291**, 299-303 (2013).
39. X.-H. Fang, M.-L. Hu, B.-W. Liu, L. Chai, C.-Y. Wang, C.-Y. Wei, W.-J. Tong, J. Luo, C.-K. Sun, A.A. Voronin, and A.M. Zheltikov, "An all-photonic-crystal-fiber wavelength-tunable source of high-energy sub-100 fs pulses," *Optics Communication*, **289**, 123-126 (2013).
40. A.V. Mitrofanov, A.A. Lanin, A.B. Fedotov, S. Blakley, D.A. Sidorov-Biryukov, A.M. Zheltikov, "Waveform shaping of stretched-pulse fiber laser output with a hollow photonic-crystal fiber," *Appl. Phys. Lett.* **102**, 171113 (2013).
41. L.V. Doronina-Amitonova, I.V. Fedotov, A.B. Fedotov, A.M. Zheltikov "High-resolution wide-field Raman imaging through a fiber bundle," *Appl. Phys. Lett.* **102**, 161113(3) (2013).

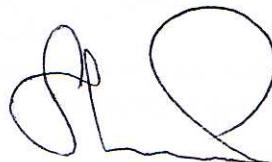
42. L.V. Doronina-Amitonova, A.A. Lanin, I.V. Fedotov, O.I. Ivashkina, M.A. Zots, A.B. Fedotov, K.V. Anokhin, and A.M. Zheltikov "Dark-field third-harmonic imaging" *Applied Physics Letters* **103**, 093701 (2013).
43. A.A. Lanin, A.B. Fedotov, and A.M. Zheltikov, "Generation of ultrashort pulses of electromagnetic radiation in the mid- and far-infrared ranges," *JETP Letters* **98**, 369 – 372 (2013).
44. I.V. Fedotov, A.A. Voronin, N. Altangerel, S. Blakley, H. Perez, G.O. Ariunbold, and A.M. Zheltikov, "All-fiber ultralow-energy soliton management at 1.55 μm ," *Laser Phys. Lett.* **11**, 125801 (2014).
45. L.Shu, Y. Li, L. Chen, J. Shi, L. Chai, C.Wang, A.B. Fedotov, A.M.Zheltikov "Quarter-cycle engineering of terahertz field waveforms" *Laser Physics Letters*, 11, 085404 (2014).
46. J.Li, L.Chai, J. Shi, F. Liu, B. Liu, B. Xu, M. Hu, Y. Li, Q. Xing, C. Wang, A.B. Fedotov, A.M. Zheltikov, "Generation of 0.3 mW high-power broadband terahertz pulses from GaP crystal pumped by negatively chirped femtosecond laser pulses," *Laser Physics Letters* **10**, 125404 (2013).
47. A.A. Voronin, I.V. Fedotov, J. Kobelke, M. Jäger, K. Schuster, A.B. Fedotov, H. Bartelt, and A.M. Zheltikov, "Polarization instability of ultrashort pulses as a source of vectorial supercontinuum," *Opt. Lett.* **37**, 5163-5165 (2012).
48. A.M. Zheltikov, "Understanding the nonlinear phase and frequency shift of an ultrashort light pulse induced by an inertial third-order optical nonlinearity," *Phys. Rev. A* **79**, 023823 (2009).
49. A.M. Zheltikov, "Controlling the Raman response of inhomogeneously distributed multiple vibrational modes with optimally shaped light fields," *Opt. Lett.* **34**, 575-577 (2009).
50. A.M. Zheltikov, "Spectral broadening and compression to few-cycle pulse widths in the regime of soliton-self-frequency shift," *J. Opt. Soc. Am. B* **26**, 946-950 (2009).
51. A.B. Fedotov, A. A. Voronin, I. V. Fedotov, A. A. Ivanov, and A. M. Zheltikov, "Powerful wavelength-tunable ultrashort solitons in a solid-core photonic-crystal fiber," *Opt. Lett.* **34**, 851-853 (2009)
52. A.M. Zheltikov, "Inertia of the bound-electron Kerr-type optical nonlinearity in transparent solids," *Optics Communications*, 282, 985-987 (2009).
53. A.A. Voronin, I. V. Fedotov, A. B. Fedotov, and A. M. Zheltikov, "Spectral interference of frequency-shifted solitons in a photonic-crystal fiber," *Opt. Lett.* **34**, 569-571 (2009)
54. A.B. Fedotov, A. A. Voronin, I. V. Fedotov, A. A. Ivanov, and A. M. Zheltikov, "Spectral compression of frequency-shifting solitons in a photonic-crystal fiber," *Opt. Lett.* **34**, 662-664 (2009)
55. Aart J. Verhoef, Alexander Mitrofanov, Aleksei Zheltikov, and Andrius Baltuška, "Plasma-blueshift spectral shear interferometry for characterization of ultimately short optical pulses," *Opt. Lett.* **34**, 82-84 (2009)
56. I.V. Fedotov, P. A. Zhokhov, A. B. Fedotov, and A. M. Zheltikov, Probing the ultrafast nonlinear-optical response of ionized atmospheric air by polarization-resolved four-wave mixing, *Phys. Rev. A* **80**, 015802 (2009)
57. B.-W. Liu, M.-L. Hu, X.-H. Fang, Y.-Z. Wu, Y.-J. Song, L. Chai, C.-Y. Wang, and A.M. Zheltikov, "High-power wavelength-tunable photonic-crystal-fiber-based oscillator-amplifier-frequency-shifter femtosecond laser system and its applications for material microprocessing," *Laser Phys. Lett.* **6**, 44-48 (2009).
58. A. Volkmer, P. P. Radi, A. M. Zheltikov, A. Zumbusch, "New trends and recent advances in coherent Raman microscopy and nonlinear optical spectroscopy: introduction to the special issue," *Journal of Raman Spectroscopy* **40**, 712 (2009).
59. A.M. Zheltikov, "Ultrafast Optical Switching of an Ionized Medium by Interfering Ultrashort Laser Pulses," *Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **90**, 98–104 (2009) (*JETP Letters* **90**, 90–95 (2009))
60. M.N. Shneider, A.A. Voronin, A.M. Zheltikov, Action-potential-encoded second-harmonic generation as an ultrafast local probe for nonintrusive membrane diagnostics. *Phys.Rev.E*, v.81, p.031926(1-5) (2010).
61. A.A. Voronin and A.M. Zheltikov, Ionization penalty in nonlinear optical bioimaging, *Phys. Rev. E*, v.81, p.051918(1-7) (2010).
62. Savvin A.D., Lanin A.A., Voronin A.A., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Coherent anti-Stokes Raman metrology of phonons powered by photonic-crystal fibers. *Optics Letters*, v.35, p.919-921 (2010)
63. Voronin A.A., Gordienko V.M., Platonenko V.T., Panchenko V.Ya., Zheltikov A.M. Ionization-assisted guided-wave pulse compression to extreme peak powers and single-cycle pulse widths in the mid-infrared. *Optics Letters*, v.35, 3640-3642 (2010).
64. Lanin A.A., Fedotov I.V., Sokolov V.I., Fedotov A.B., Akhmanov A.S., Panchenko V.Ya., Zheltikov A.M. Stimulated Raman amplification and high-order Raman sideband generation in a polymer waveguide on a printed circuit. *Optics Letters*, v.35(23), p.3976-3978 (2010).
65. Fang X.-H., Hu M.-L., Li Y.-F., Chai L., Wang C.-Y., Zheltikov A.M. Hybrid multicore photonic-crystal fiber for in-phase supermode selection. *Optics Letters*, v. 35, p. 493-495 (2010).

66. Fang X.-H., Hu M.-L., Liu B.-W., Chai L., Wang C.-Y., Zheltikov A.M. Generation of 150-MW, 110-fs pulses by phase-locked amplification in multicore photonic crystal fiber. *Optics Letters*, v. 35 (14), p. 2326-2328 (2010).
67. Chia S.-H., Liu T.-M., Ivanov A.A., Fedotov A.B., Zheltikov A.M., Tsai M.-R., Chan M.-C., Yu C.-H., Sun C.-K. A sub-100fs self-starting Cr:forsterite laser generating 1.4W output power. *Optics Express*, v.18(23), p. 24085-24091 (2010).
68. Voronin A.A., Mitrokhin V.P., Ivanov A.A., Fedotov A.B., Sidorov-Biryukov D.A., Beloglazov V.I., Alfimov M.V., Ludvigsen H., Zheltikov A.M. Understanding the nonlinear-optical response of a liquid-core photonic-crystal fiber. *Laser Physics Letters*, v.7(1), p.46–49 (2010).
69. Sidorov-Biryukov D.A., Kudinov K.A., Podshivalov A.A., Zheltikov A.M. Widely tunable 70-MHz near-infrared source of ultrashort pulses based on a mode-locked ytterbium laser and a photonic-crystal fiber. *Laser Physics Letters*, v.7(5), p. 355-358 (2010).
70. Song Y.-J., Hu M.-L., Gu C.-L., Chai, L., Wang C.-Y., Zheltikov A.M. Mode-locked Yb-doped large-mode-area photonic crystal fiber laser operating in the vicinity of zero cavity dispersion. *Laser Physics Letters*, 7(3), p.230-235 (2010).
71. Fedotov I.V., Lanin A.A., Sokolov V.I., Fedotov A.B., Akhmanov A.S., Panchenko V.Ya., Zheltikov A.M. Ultrafast multiplex broadband optical switching in the infrared with a fluorinated polymer. *Laser Physics Letters*, 7(9), p. 657-660 (2010).
72. Zheltikov A.M. Subwavelength confinement of electromagnetic field by guided modes of dielectric micro- and nanowaveguides, *JETP Letters*, v.91 (8), p 378 -381(2010).
73. Liu H., Hu M.; Liu B., Song Y., Chai L., Zheltikov A.M., Wang C. Compact high-power multiwavelength photonic-crystal-fiber-based laser source of femtosecond pulses in the infrared–visible–ultraviolet range. *J. Opt. Soc. Am. B*, v. 27 (11), p.2284-2289 (2010)
74. Shneider M.N., Zheltikov A.M., Miles R.B. Long-lived laser-induced microwave plasma guides in the atmosphere: Self-consistent plasma-dynamic analysis and numerical simulations, *Journal of Applied Physics*, v.108, p.033113(1-8) (2010).
75. Fedotov I.V.; Lanin A.A.; Voronin A.A.; Fedotov A.B.; Zheltikov A.M.; Egorova O.N.; Semjonov S.L.; Pryamikov A.D.; Dianov E.M. Generation of 20 fs, 20 MW pulses in the near-infrared by pulse compression using a large-mode-area all-silica photonic band-gap fiber. *Journal of Modern Optics*, v.57(19), p.1867 - 1870 (2010).
76. Wang C., Gong J ., Xing Q., Li Y., Liu F., Zhao X., Chai L., Wang C., Zheltikov A.M. Application of Terahertz Time-Domain Spectroscopy in Intracellular Metabolite Detection. *J. Biophotonics*, v.3 (10–11), p.641–645 (2010).
77. Doronina-Amitonova L.V., Fedotov I.V., Ivashkina O.I., Zots M.A., Fedotov A.B., Anokhin K.V., Zheltikov A.M. Fiber-optic probes for in vivo depth-resolved neuron-activity mapping. *J. Biophotonics*, v.3 (10–11), p.660–669 (2010).
78. Brown C.T.A., Deckert D., Sergeev A.M., Zheltikov A.M. Nanobiophotonics: photons that shine their light on the life at the nanoscale. *J. Biophotonics*, v.3 (10–11), p.639–640 (2010).
79. Liu F., Song Y.-J., Xing Q.-R., Hu M.-L., Li Y.-F., Wang C.-L., Chai L., Zhang W.-L., A.M. Zheltikov, Wang C.-Y.. Broadband Terahertz Pulses Generated by a Compact Femtosecond Photonic Crystal Fiber Amplifier. *IEEE Photonics Technology Letters*, v. 22 (11), p.814-816 (2010).
80. Zheltikov A.M., The Raman effect in femto- and attosecond physics, *Phys. Uspekhi*, 81 (2011).
81. Voronin A.A., Fedotov I.V., Doronina-Amitonova L.V., Ivashkina O.I., Zots M.A., Fedotov A.B., Anokhin K.V., and Zheltikov A.M., "Ionization penalty in nonlinear Raman neuroimaging," *Opt. Lett.* 36, 508-510 (2011)
82. Andriukaitis G., Kartashov D., Lorenc D., Pugžlys A., Baltuška A., Giniūnas L., Danielius R., Limpert J., Clausnitzer T., Kley E.-B., Voronin A., and Zheltikov A., "Hollow-fiber compression of 6 mJ pulses from a continuous-wave diode-pumped single-stage Yb,Na:CaF₂ chirped pulse amplifier," *Opt. Lett.* 36, 1914 – 1916 (2011)
83. Lanin A.A., Voronin A.A., Sokolov V.I., Fedotov I.V., Fedotov A.B., Akhmanov A.S., Panchenko V.Ya., and Zheltikov A.M., "Slow light on a printed circuit board," *Opt. Lett.* 36, 1788-1790 (2011)
84. Zheltikov A.M., Shneider M.N., Voronin A.A., and Miles R.B., "Laser control of free-carrier density in solids through field-enhanced multiphonon tunneling recombination," *J. Appl. Phys.* 109, 033109 (2011).
85. Voronin A.A., Ališauskas S., Mücke O.D., Pugžlys A., Baltuška A., and Zheltikov A.M., "High-energy-throughput pulse compression by off-axis group-delay compensation in a laser-induced filament," *Phys. Rev. A* 84, 023832 (2011).
86. Doronina-Amitonova L.V., Fedotov I.V., Ivashkina O.I., Zots M.A., Fedotov A.B., Anokhin K.V., and Zheltikov A.M., "Photonic-crystal-fiber platform for multicolor multilabel neurophotonic studies," *Appl. Phys. Lett.* 98, 253706 (2011).

87. Zheltikov A., "Nonlinear-Optical Probe for Ultrafast Electron Dynamics: From Quantum Physics to Biosciences", *IEEE Photonics Journal*, 3, 255–258 (2011).
88. Savvin A.D., Melnikov V.A., Fedotov I.V., Fedotov A.B., Perova T.S., and Zheltikov A.M., "Integrating a silicon nanowaveguide ring resonator with a photonic-crystal fiber for all-optically tunable waveform synthesis," *Opt. Commun.* 284, 1652-1655 (2011).
89. Shneider M.N., Zheltikov A.M., and Miles R.B., Tailoring the air plasma with a double laser pulse, *Phys. Plasmas* 18, 063509 (2011)
90. Shneider M.N., Voronin A.A., and Zheltikov A.M., Modeling the action-potential-sensitive nonlinear-optical response of myelinated nerve fibers and short-term memory, *J. Appl. Phys.* 110, 094702 (2011)
91. Hu Ming-Lie, Fang Xiao-Hui, Liu Bo-Wen, Chai Lu, Li Yan-Feng, Zheltikov A.M., and Wang Ching-Yue, Multicore photonic-crystal-fiber platform for high-power all-fiber ultrashort-pulse sources, *Journal of Modern Optics*, *Journal of Modern Optics*, 58:21, 1966-1970 (2011).
92. Yuan, L., Lanin, A., Jha, P., Traverso, A., Voronine, D., Dorfman, K., Fedotov, A., Welch, G., Sokolov, A., Zheltikov, A. and Scully, M. Coherent Raman Umklappscattering. *Laser Physics Letters*, 8: 736–741 (2011).
93. Shneider M.N., Baltuška A., and Zheltikov A.M., Population inversion of molecular nitrogen in an Ar: N₂ mixture by selective resonance-enhanced multiphoton ionization, *J. Appl. Phys.* 110, 083112 (2011)
94. Zheltikov A.M., Anokhin K.V. "Fiber-probe detection for positron-emission-assisted Cherenkov-radiation brain mapping" *Phys. Rev. E* 84, 061902 (2011).
95. Doronina-Amitonova L.V., Lanin A.A., Ivashkina O.I., Zots M.A., Fedotov A.B., Anokhin K.V., Zheltikov A.M. "Nonlinear-optical brain anatomy by harmonic-generation and coherent Raman microscopy on a compact femtosecond laser platform". *Appl. Phys. Lett.* 99, 231109 (3) (2011).
96. A.J. Traverso, R. Sanchez-Gonzalez, L. Yuan, K. Wang, D.V. Voronine, A.M. Zheltikov, Y. Rostovtsev, V.A. Sautenkov, A.V. Sokolov, S.W. North, and M.O. Scully, "Coherence brightened laser source for atmospheric remote sensing," *Proc. Natl. Acad. Sci.* **109**, 15185 – 15190 (2012).
97. D. Kartashov, S. Ališauskas, G. Andriukaitis, A. Pugžlys, M. Shneider, A. Zheltikov, S.L. Chin, A. Baltuška, "Free-space nitrogen gas laser driven by a femtosecond filament," *Phys. Rev. A* **86**, 033831(5) (2012).
98. P.A. Zhokhov, V.Ya. Panchenko, A.M. Zheltikov, "Filamentation-assisted self-compression of subpetawatt laser pulses to relativistic-intensity subcycle field waveforms," *Phys. Rev. A* **86**, 013835(5) (2012).
99. P.A. Zhokhov, A.M. Zheltikov, "Nonlinear-optical coherent combining of supercontinua from multiple filaments," *Phys. Rev. A* **86**, 013816(5) (2012).
100. L.Yuan, K.E. Dorfman, A.M. Zheltikov, M.O. Scully, "Plasma-assisted coherent backscattering for standoff spectroscopy," *Optics Letters*, **37**, 987-989 (2012).
101. X.H. Fang, M.L. Hu, L.L. Huang, L. Chai, N.L. Dai, J.Y. Li, A.Yu Tashchilina, A.M. Zheltikov, C.Y. Wang "Multiwatt octave-spanning supercontinuum generation in multicore photonic-crystal fiber," *Optics Letters*, **37**, 2292-2294 (2012).
102. D. Kartashov, S. Ališauskas, A. Pugžlys, A.A. Voronin, A.M. Zheltikov, A. Baltuška, "Third- and fifth-harmonic generation by mid-infrared ultrashort pulses: beyond the fifth-order nonlinearity," *Optics Letters*, **37**, 2268-2270 (2012).
103. A.A. Lanin, A.B. Fedotov, A.M. Zheltikov, "Ultrafast three-dimensional submicrometer-resolution readout of coherent optical-phonon oscillations with shaped unamplified laser pulses at 20 MHz," *Optics Letters*, **37**, 1508-1510 (2012).
104. A.A. Lanin, A.B. Fedotov, A.M. Zheltikov, "Broadly wavelength- and pulse width-tunable high-repetition rate light pulses from soliton self-frequency shifting photonic crystal fiber integrated with a frequency doubling crystal," *Optics Letters*, **37**, 3618-3620 (2012).
105. D. Kartashov, S. Ališauskas, A. Pugžlys, A. Voronin, A. Zheltikov, M. Petrarca, P. Béjot, J. Kasparian, J.-P. Wolf, and A. Baltuška, "White light generation over three octaves by femtosecond filament at 3.9 μm in argon," *Optics Letters*, **37**, 3456-3458 (2012).
106. L.V. Doronina-Amitonova, I.V. Fedotov, A.B. Fedotov, K.V. Anokhin, M.-L. Hu, C.-Y. Wang, A.M. Zheltikov, "Raman detection of cell proliferation probes with antiresonance-guiding hollow fibers," *Optics Letters* **37**, 4642-4644 (2012).
107. A.A. Lanin, I.V. Fedotov, D.A. Sidorov-Biryukov, L.V. Doronina-Amitonova, O.I. Ivashkina, M.A. Zots, C.-K.Sun, F.O.Ilday, A.B. Fedotov, K.V. Anokhin, A. M. Zheltikov "Air-guided photonic-crystal-fiber pulse-compression delivery of multimegawatt femtosecond laser output for nonlinear-optical imaging and neurosurgery," *Applied Physics Letters* **100**, 101104(4) (2012).

- 108.I.V. Fedotov, N.A. Safronov, Yu.A. Shandarov, A.A. Lanin, A.B. Fedotov, S.Ya. Kilin, K. Sakoda, M.O. Scully, and A.M. Zheltikov, "Guided-wave-coupled nitrogen vacancies in nanodiamond-doped photonic-crystal fibers," *Applied Physics Letters* **101**, 031106(4) (2012).
- 109.L.V. Doronina-Amitonova, I.V. Fedotov, O.I. Ivashkina, M.A. Zots, A.B. Fedotov, K.V. Anokhin, A.M. Zheltikov, "Enhancing the locality of optical interrogation with photonic-crystal fibers," *Applied Physics Letters* **101**, 021114(4) (2012).
- 110.P.K. Jha, K.E. Dorfman, Z. Yi, L. Yuan, V.A. Sautenkov, Y.V. Rostovtsev, G.R. Welch, A.M. Zheltikov, M.O. Scully, "Ultralow-power local laser control of the dimer density in alkali-metal vapors through photodesorption," *Applied Physics Letters* **101**, 091107(4) (2012).
- 111.L.V. Doronina-Amitonova, I.V. Fedotov, O.I. Ivashkina, M.A. Zots, A.B. Fedotov, K.V. Anokhin, A.M. Zheltikov, "Fiber-optic Raman sensing of cell proliferation probes and molecular vibrations: Brain-imaging perspective," *Applied Physics Letters* **101**, 113701(3) (2012).
- 112.I.V. Fedotov, A.A. Lanin, A.A. Voronin, V.V. Grigor'ev, A.K. Mityurev, N.P. Khatyrev, V.E. Kravtsov, D.A. Sidorov-Biryukov, S.V. Tikhomirov, A.B. Fedotov, and A.M. Zheltikov, "Ultrafast nonlinear-optical metrology of specialty fibers: parallel multimode fiber dispersion tracing by cross-correlation frequency-resolved optical gating," *Laser Physics Letters* **9**, 39 – 43 (2012).
- 113.A.M. Zheltikov, M.N. Shneider, A.A. Voronin, A.V. Sokolov, and M.O. Scully. "Remote steering of laser beams by radar- and laser-induced refractive-index gradients in the atmosphere," *Laser Physics Letters* **9**, 68 – 72 (2012).
- 114.I.V. Fedotov, N.A. Safronov, Yu.A. Shandarov, A.Yu. Tashchilina, A.B. Fedotov, A.P. Nizovtsev, D.I. Pustakhod, V.N. Chizevski, T.V. Matveeva, K. Sakoda, S.Ya. Kilin, and A.M. Zheltikov, "Photonic-crystal-fiber-coupled photoluminescence interrogation of nitrogen vacancies in diamond nanoparticles," *Laser Physics Letters* **9**, 151 – 154 (2012).
- 115.P.N. Malevich, D. Kartashov, Z. Pu, S. Ališauskas, A. Pugžlys, A. Baltuška, L. Giniūnas, R. Danielius, A.A. Lanin, A.M. Zheltikov, M. Marangoni, G. Cerullo, "Ultrafast-laser-induced backward stimulated Raman scattering for tracing atmospheric gases," *Optics Express* **20**, 18784 – 18794 (2012).
- 116.Y. Nomura, H. Shirai, K. Ishii, N. Tsurumachi, A.A. Voronin, A.M. Zheltikov, T. Fuji, "Phase-stable sub-cycle mid-infrared conical emission from filamentation in gases," *Optics Express* **20**, 24741-24747 (2012).
- 117.L.V. Doronina-Amitonova, I.V. Fedotov, O. Efimova, M. Chernysheva, A.B. Fedotov, K.V. Anokhin, and A.M. Zheltikov, "Multicolor *in vivo* brain imaging with a microscope-coupled fiber-bundle microprobe," *Applied Physics Letters* **101**, 233702 (2012).
- 118.R. Nevels, G.R. Welch, P.S. Cremer, P. Hemmer, T. Phillips, S. Scully, A.V. Sokolov, A.A. Svidzinsky, H. Xia, A. Zheltikov, and M.O. Scully, "Figuration and Detection of Single Molecules," *Molecular Physics* **110**, 1993 – 2000 (2012).
- 119.A.A. Voronin, A.M. Zheltikov, "Signal contrast in coherent Raman scattering: Optical phonons versus biomolecules," *J. Appl. Phys.*, **112**, 053101(6) (2012).

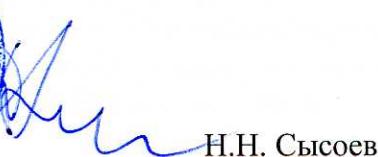
Официальный оппонент,
Профессор физического факультета
Московского государственного университета
имени М.В.Ломоносова
доктор физико-математических наук,



А.М. Желтиков

Подпись Алексея Михайловича Желтикова заверяю

Декан физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор

Н.Н. Сысоев