

Форма «Т». Титульный лист заявки в РФФ.

Конкурс 2014 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами»

Название проекта Фемтосекундное лазерное плавление, кавитация и абляция в трехмерной геометрии	Номер проекта 14-19-01599 
	Код типа проекта ОНГ
	Отрасль знания 09
	Основной код классификатора 09-202 Дополнительные коды классификатора 02-204 02-208
Код ГРНТИ 29.19.16	Контактные телефон и e-mail руководителя проекта: +7 9165194694, anisimov@itp.ac.ru
Фамилия, имя, отчество (при наличии) руководителя проекта Анисимов Сергей Иванович	
Полное и краткое название организации, через которую должно осуществляться финансирование проекта: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН	
Объем финансирования проекта в 2014 г. 1800 тыс. руб.	Год начала проекта 2014
	Год окончания проекта 2016
Фамилии, имена, отчества (при наличии) основных исполнителей	Фаенов А.Я. Мигдал К.П. Петров Ю.В. Хохлов В.А. Ильницкий Д.К. Жаховский В.В. Шепелев В.В. Сергеев О.В. Паршиков А.Н. Иногамов Н.А. Пикуз Т.А.
Гарантирую, что при подготовке заявки не были нарушены авторские и иные права третьих лиц и/или имеется согласие правообладателей на представление в Фонд материалов и их использование Фондом для проведения экспертизы и для обнародования (в виде аннотаций заявок).	
Подпись руководителя проекта _____ /С.И.Анисимов/	Дата регистрации 07 марта 2014 г.
Подпись _____ удостоверяю _____ / _____ /	
М.П.	

Форма 1. Сведения о проекте

1.1. Название проекта

Фемтосекундное лазерное плавление, кавитация и абляция в трехмерной геометрии

1.2. Приоритетное направление развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, критическая технология

(указывается согласно перечню (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 года №899) в случае, если тематика проекта может быть отнесена к одному из приоритетных направлений и внести вклад в развитие критических технологий Российской Федерации.)

2. Индустрия наносистем.

7. Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий.

1.3. Ключевые слова (приводится не более 15 терминов)

лазерная абляция, тонкие пленки, LIFT, наноджеты, наночастицы, плазмоны

1.4. Аннотация проекта

(объемом не более 1 стр.; в том числе кратко – актуальность и научная новизна. Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-коммуникационной сети «Интернет».)

Явления, вызванные ультракороткими лазерными импульсами (УКЛИ), представляют большой практический интерес, поскольку они представляют основу современных технологий микроэлектроники, метаоптики, биомедицины и других важных приложений, см. более подробное изложение в приложенном файле 3D.fs-ablation---Application-to-RSCF.pdf. История термомеханической абляции началась с работ [Sokolowski-Tinten et al., "Transient States of Matter during Short Pulse Laser Ablation", PRL 81, 224 (1998)]; [Иногамов и др., "Разлет вещества, нагретого ультракоротким лазерным импульсом", Письма ЖЭТФ 69, 284 (1999)], в которых было показано, что загадочное явление множущихся во времени колец Ньютона, не дававшее покоя исследователям в 90-е годы, объясняется игрой термодинамических и гидродинамических эффектов.

Главная цель проекта - решение важнейших, трудных, принципиально новых проблем. Они связаны с учетом трехмерных (3D) эффектов. Будет выяснено, как устроен край кратера. Именно здесь происходит отрыв откольного купола от мишени. Остаются поразительные нитевидные (диаметр нити порядка единиц нм, длина микроны) следы этого отрыва, обнаруженные в неопубликованных экспериментах 2013 г., выполненных под руководством А.Я. Фаенова в Kansai Photon Science Institute, Япония (Фаенов и его группа входят в состав участников данной заявки). Будет решена проблема малых кратеров, которые формируются при острой фокусировке на дифракционном пределе.

Будут рассмотрены пленочные мишени разной толщины, облучаемые на дифракционном пределе. Будет рассмотрена сложнейшая проблема формирования поверхностных структур. Она исключительно важна для приложений. В нашем подходе впервые будут учтены: неодномерное растекание тепла и неодномерная гидродинамика.

Будут созданы дислокационные модели, описывающие поведение металлов под высокой нагрузкой, вызванной воздействием УКЛИ.

Будет рассмотрена абляция в твердые и жидкие среды. Эти среды прозрачны для греющего лазерного импульса. Проблема имеет исключительное значение для понимания процессов фабрикация наночастиц - процесса, который имеет огромное прикладное значение. Ранее исследователи рассматривали абляцию в вакуум или газ, которые принципиально отличаются от абляции в конденсированные среды.

Будет изучено воздействие ультракороткого импульса на наночастицы в вакууме или в конденсированной среде. При этом впервые мы учтем в двухтемпературном случае плавление, нуклеацию и фазовые переходы в самой наночастице и в окружающей её конденсированной среде.

1.5. Ожидаемые результаты и их значимость

(указываются ожидаемые результаты и их научная и общественная значимость (оценка соответствия запланированных результатов мировому уровню исследований, возможность практического использования запланированных результатов проекта в экономике и социальной сфере), а также указываются конкретные планируемые способы их обнародования: монография, серия статей, др. Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-коммуникационной сети «Интернет».)

Как сказано в п. 1.4, физика воздействия ультракоротких импульсов является важной в прикладном и фундаментальном отношениях. В виду значимости проблемы над ней трудятся много сильных научных коллективов. Проблемы, которые будут решены с помощью данного проекта РФФ, существенны, перспективны и сложны.

Очень трудны вопросы трехмерной (3D) геометрии.

Первый 3D-вопрос связан с неоднородностью распределения интенсивности греющего излучения по поверхности мишени и чрезвычайно резкой зависимостью термомеханической реакции среды на локальную величину интенсивности в окрестности порога абляции по этой интенсивности. Такое обострение реакции на величину интенсивности понятно, поскольку от вариации в несколько процентов зависит, оторвется данный кусочек конденсированной среды от мишени или удержится на мишени (порог абляции, порог отрыва). В недавних экспериментах, проведенных в Kansai Photon Science Institute (KPSI), Kyoto, Japan, видят чрезвычайно длинные (более микрона) нитевидные структуры, формирующиеся после импульса в краевой зоне лазерного кратера. Соответствующая группа KPSI работает под руководством Фаенова А.Я. В данном проекте исследования выполняются в сотрудничестве с группой Фаенова. Требуется выполнить расчеты, провести сопоставление с экспериментом и понять это явление. Трудности связаны с тем, что двухтемпературные гидродинамические коды работают в одномерном приближении. Двумерные коды имеются, но в них нет учета двухтемпературной физики. В молекулярной динамике учет неоднородности требует огромного, недостижимого на сегодня увеличения масштаба молекулярно-динамической системы. С помощью комбинации гидродинамических и молекулярно-динамических подходов и масштабирования данная проблема будет решена. Результат будет опубликован в научном журнале с высоким рейтингом.

Во-вторых, будет решена проблема малых по размерам кратеров, которые получаются при фокусировке на дифракционном пределе. Задача будет решена в двух качественно различных случаях: (а) глубина прогрева меньше толщины мишени и (б) глубина прогрева больше, чем толщина пленки металла на стеклянной пластинке. Задача (б) представляет огромный интерес для технологий LIFT (laser induced forward transfer) и LIBT (laser induced backward transfer); см. статьи в wikipedia, где описаны приложения технологии LIFT. В LIFT греющий пучок освещает пленку, находящуюся на прозрачной пластинке, через пластинку. При этом отделение и полет пленки идет в направлении лазерного пучка (поэтому перенос вещества происходит вперед, forward transfer). Наоборот, в LIBT лазер освещает пленку со стороны пленки. При этом кусочек пленки отрывается и летит в сторону, откуда пришел лазерный пучок. Хотя приложений лазерного "печатания" (из перенесенных кусочков формируется заданная "мозаика" на ресивере, поэтому говорится о "печати" на поверхности ресивера) много, до сих пор нет теоретического объяснения явления. Эта задача будет решена. В результате появится возможность влиять на параметры LIFT/LIBT, не прибегая к сериям дорогостоящих опытов. Результат будет опубликован в научном журнале с высоким рейтингом.

В-третьих, важнейшей для приложений и теории является проблема понимания и описания "многовыстрельного" (multi-shot) режима. Требуется исследовать процесс формирования и

эволюции поверхностных структур под действием последовательности ультракоротких лазерных воздействий. Хотя в очень многих опытах в разных лазерных лабораториях в течение уже десятков лет существование таких процессов зафиксировано, объяснений ему до сих пор не найдено. Обычно говорят о резонансном взаимодействии падающей электромагнитной волны с поверхностными плазмонами. Но как быть с нижеследующими обстоятельствами (1-3)? (1) Нами было показано, что выше порога абляции структуры на облученной поверхности образуются даже на идеальной (бездефектной) грани кристалла. Между тем, для возникновения поверхностной электромагнитной волны необходимы первичные неоднородности поверхности. (2) В опытах наблюдаются структуры масштабами на порядок меньше, чем длина волны падающего излучения. Тогда как, согласно теории с взаимодействующими падающей и поверхностной электромагнитными волнами, неоднородности должны представлять собой желобки, перпендикулярные вектору поляризации. Расстояние между соседними желобками должно быть примерно равно длине электромагнитной волны. Это масштаб порядка микрона. (3) Как объяснить формирование структур с морфологией далекой от периодических желобков?

В связи с последним обстоятельством ряд исследователей развивают синергетические теории, они говорят о самоорганизации, сходстве желобковых структур с застывшими волнами на поверхности песчаных дюн и т.п. Но при этом они уходят от внятной физики в сторону изучения причудливых решений феноменологических нелинейных уравнений. Наверно, такое описание имеет право на существование. Альтернативная картина была предложена нашей группой, см. Жаховский, Иногамов, Nishihara, "Новый механизм формирования нанорельефа поверхности, облученной фемтосекундным лазерным импульсом", Письма ЖЭТФ, т. 87(8), 491-496 (2008); Ашитков, Иногамов, Жаховский и др., "Образование нанополостей в поверхностном слое алюминиевой мишени при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов", Письма ЖЭТФ, т. 95(4), 192-197 (2012). Такое описание снимает проблемы с формированием поверхностных структур после единичного воздействия на абсолютно гладкую поверхность - бездефектную грань кристалла.

Но как быть, если воздействия повторяются? В этой ситуации выше порога абляции поверхность перед вторым и последующими выстрелами сильнейшим образом возмущена. Пространственный масштаб возмущений порядка глубины прогрева d_T . Глубина прогрева примерно на порядок меньше длины волны света. Надо решать неоднородную (пространственную) задачу о поглощении энергии и о двухтемпературной, теплопроводностной и гидродинамической стадиях. Эта труднейшая задача будет решена в рамках проекта РФФИ. Решение состоит из трех этапов. (а) Рассчитывается суммарное поле падающей волны и плазмонов, зацепленных за неоднородности. Определяется неоднородная диссипация в скин-слое неровной поверхности. (б) Решается пространственная задача о двухтемпературной теплопроводности и двухтемпературной релаксации с неоднородным по поверхности источником тепла, сосредоточенным в тонком скин-слое. Нас интересует случай, когда мощность источника достаточна для плавления. (с) Наконец, решается задача о гидродинамическом движении, порожденном нагревом. На поздних стадиях теплоотвод из расплава приводит к рекристаллизации жидкой фазы. Затвердевание фиксирует гидродинамические неоднородности, созданные гидродинамическим движением. Все три задачи решаются согласовано. Это трудная 3D проблема с неоднородным поглощением и двухтемпературной гидродинамикой. Результаты ее решения будут опубликованы в научном журнале с высоким рейтингом.

Выше упоминались приложения, для которых важны поверхностные структуры. Таких приложений много. Одна из самых современных это SERS (Surface-enhanced Raman spectroscopy, см. wikipedia). Поверхностные наноструктуры на много порядков усиливают Рамановский сигнал. Это позволяет поднять чувствительность до предела, когда становится возможным улавливать

сигнал от отдельных молекул.

Другие проблемы, которые будут решены, включают (I) адаптацию модели Прандтля-Райса и дислокационной модели на случай быстрого нагрева с двухтемпературной стадией. На этой основе будет изучено взаимодействие акустической волны с фронтом плавления и эволюция волны сжатия при ее дальнейшем распространении. Это позволит расшифровать сигналы, которые получают в лазерных опытах. Результат будет опубликован в научном журнале с высоким рейтингом.

(II) Будет рассмотрено торможение продуктов абляции металлов конденсированными средами. Речь идет об абляции в прозрачные твердые или жидкие среды. Греющий пучок проникает через эти среды и сильно нагревает металл, поглощающий лазерную энергию. Под действием этого нагрева начинается абляция - разлет нагретого вещества. Окружающая среда останавливает разлет. Фрагменты нагретого вещества (наночастицы), образовавшиеся при разрушении металла или в результате конденсации паров, застревают в тормозящей среде. Как говорилось, описание процесса образования наночастиц и их сохранении в окружающей среде важно для приложений. Результат будет опубликован в научном журнале с высоким рейтингом.

(III) Будет решена важная проблема о последствиях облучения ультракоротким импульсом наночастиц, окруженных газом или прозрачной конденсированной средой. Будет создан соответствующий двухтемпературный гидрокод с учетом всего спектра неравновесных явлений в наночастице и окружающей ее среде.

Всего по результатам работы за 2014 год будут опубликованы четыре работы в научных журналах с высоким рейтингом.

1.6. Число ученых – основных исполнителей (включая руководителя)

12

1.7. В состав научной группы будет входить не менее:

1 кандидат наук в возрасте до 35 лет,
2 аспиранта и(или) студента очной формы обучения.

1.8. Планируемый объем финансирования проекта по годам (указывается в рублях):

2014 г. – 1800 тыс. руб.
2015 г. – 1800 тыс. руб.
2016 г. – 1800 тыс. руб.

1.9. Научная группа по результатам реализации проекта предполагает опубликовать в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях не менее:

монографий,

12 статей,

из них:

12 в изданиях, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (Web of Science).

Руководитель проекта подтверждает, что

- он будет участвовать в качестве руководителя только в одном научном исследовании, поддержанном Фондом;
- на весь период реализации проекта он будет состоять в трудовых отношениях с организацией;
- при обнародовании результатов любой научной работы, выполненной в рамках поддержанного Фондом проекта, он и его научная группа будут указывать на получение финансовой поддержки от Фонда и на организацию, а также согласны с опубликованием Фондом аннотации и ожидаемых результатов поддержанного проекта, соответствующих отчетов о выполнении проекта, в том числе в информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет»

- проект не будет иметь других источников финансирования в течение всего периода практической реализации проекта с использованием гранта Фонда;
- проект не является аналогичным по содержанию проекту, одновременно поданному на конкурсы научных фондов и иных организаций;
- проект не содержит сведений, составляющих государственную тайну или относимых к охраняемой в соответствии с законодательством Российской Федерации иной информации ограниченного доступа.
- он будет представлять ежегодный отчет о выполнении проекта.

Подпись руководителя проекта _____/С.И.Анисимов/

Форма 1en. Сведения о проекте на английском языке

1.1. Название проекта (на английском языке)

Femtosecond laser melting, ablation and cavitation in the three-dimensional geometry

1.2. Имя, фамилия руководителя (на английском языке, из анкеты персоны)

Sergei Anisimov

1.3. Ключевые слова (на английском языке, не более 15 слов)

laser ablation, thin films, LIFT, nanojets, nanoparticles, plasmons

1.4. Аннотация (на английском языке, объемом не более 1 стр.)

(Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-коммуникационной сети «Интернет».)

Effects caused by an ultrashort laser pulses (USLP), are of great practical interest, since they serve as a basis of modern technologies of microelectronics, metaoptics, biomedicine and other important applications, see more detailed description in the attached file 3D.fs-ablation---Application-to-RSCF.pdf.

The history of thermomechanical ablation began with [Sokolowski-Tinten et al., "Transient States of Matter during Short Pulse Laser Ablation", PRL 81 224 (1998)]; [Inogamov et al., "Expansion of matter heated by an ultrashort laser pulse", JETP Letters, 69 284 (1999)] where it was shown that a mysterious phenomenon of multiplying in time Newton rings, which was giving no rest to researchers in 90th years is due to the combination of thermodynamic and hydrodynamic effects.

The main goal of the project is to solve the most important, difficult, principally new problems. They are connected with consideration of 3D effects. It will clarify the structure of the edge of the crater. Just here spallation cupola detached from the target. After that remarkable thread traces of this detachment (the thread diameter is of the order of units of nm, length is about several microns), found in unpublished experiments of 2013, performed under the leadership of A.Ya. Faenov in Kansai Photon Science Institute, Japan (A.Ya. Faenov and his group are participants of this proposal).

The problem of small craters, which are formed in the conditions of a sharp focusing of a laser irradiation on the diffraction limit, will be solved.

Targets made from the films of different thickness, irradiated at the diffraction limit, will be considered.

The very complex problem of the formation of surface structures will be considered. It is extremely important for applications. In our approach for the first time it will be taken into account non-one-dimensional heat flow and non-one-dimensional hydrodynamics.

The dislocation models that describe the behavior of metals under the high strain caused by the action of USLP will be created.

Ablation into solid and liquid environments will be considered. These environments are transparent for the pump laser pulse. This problem is of exceptional importance for understanding of the processes of nanoparticles fabrication. Fabrication of nanoparticles is of great practical interest. Previously, researchers considered ablation into vacuum or gas, which differ fundamentally from ablation into condensed matter.

The action of ultrashort laser pulse onto nanoparticles in vacuum or in a condensed matter will be studied. We will consider for the first time in a two-temperature case melting, nucleation and phase transitions in the nanoparticle and in the surrounding her condensed matter.

1.5. Ожидаемые результаты (на английском языке, указываются ожидаемые конкретные результаты и способы их обнародования: монография, серия статей, др.)

(Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-коммуникационной сети «Интернет».)

As mentioned in paragraph 1.4, the physics of interaction of ultrashort laser pulses with a matter is important as in applied as in fundamental aspects. Because of this importance many highly qualified research groups work on this problem. The proposed RSCF project is aimed at solving of significant,

difficult problems.

Taking into account of 3D geometry is a very difficult problem.

The first 3D problem is related to the inhomogeneity of the distribution of the intensity of the heat radiation on the target surface and extremely sharp dependence of the thermomechanical response of the matter on the local intensity of radiation near the ablation threshold on this intensity. Such worsening of the reaction to the intensity value is understandable, since from variations of a few percent depends off this piece of condensed matter from the target, or hold on the target (the ablation threshold, the threshold detachment). In recent experiments, done in Kansai Photon Science Institute (KPSI), Kyoto, Japan, it is seen an extremely long (micron) filamentary structures formed after the pulse in the edge zone of a laser crater. The corresponding group in KPSI works under the guidance of A. Ya. Faenov. The research in this project is carried out in collaboration with a group of A.Ya. Faenov. It is necessary to perform calculations, to compare them with the experiment and understand this phenomenon. Difficulties are related to the fact that two-temperature hydrodynamic codes are working in the one-dimensional approximation. 2D codes are available, but there is no accounting for two-temperature physics in them. In molecular dynamics approach the inhomogeneity requires huge, unattainable today zoom of molecular dynamic system. Using a combination of hydrodynamic and molecular dynamic approaches and scaling this problem will be solved. The results will be published in a scientific journal with a high impact factor.

Secondly, the problem of small size craters, which are obtained when laser irradiation is focusing on the diffraction limit, will be solved. The problem will be solved within two qualitatively different cases: (a) the depth of heating is less than the target thickness and (b) the depth of heating is more than the thickness of the metal film on a glass plate. The case (b) is of great interest for the LIFT-technology (Laser Induced Forward Transfer) and LIBT-technology (Laser Induced Backward Transfer); see articles in wikipedia, which describe technology applications of LIFT. In LIFT the pump pulse illuminates the film, located on the transparent plate, through a plate. The detachment and the flight of the film takes place in the direction of the laser beam (so the matter transfer is forward, forward transfer). On the contrary, in LIBT laser irradiates the film from the film. In doing so the piece of film is separated and flies opposite to the laser beam. Although a lot of applications of a laser "printing" (from the migrated pieces a given "mosaic" is formed on the receiver, therefore, we can speak about the "print" on the surface of the receiver), still there is no theoretical explanation of phenomena. This problem will be solved. The results will provide an opportunity to influence the parameters of LIFT/LIBT-technologies without resorting to a series of expensive experiments. The result will be published in a scientific journal with a high rating.

Thirdly, the most important for applications and theory is the problem of understanding and description of "multi-shot" regime. It is necessary to investigate the formation and evolution of surface structures under the action of sequences of ultrashort laser actions. Although in many experiments in different laser laboratories for already dozens of years of the existence of such processes is detected, the reasons for it are still not found. Usually they say about the resonant interaction between the incident electromagnetic wave with surface plasmons. But how about the following circumstances (1-3)? (1) We have shown that above the ablation threshold structures on the irradiated surface are formed even on the ideal (defect-free) crystal face. Meanwhile, for the occurrence of the surface electromagnetic waves initial surface inhomogeneity is necessary. (2) In experiments structures are observed with the dimension on the order of magnitude smaller than the wavelength of the incident radiation. Whereas, according to the theory of interacting incident and surface electromagnetic waves, heterogeneity should be a grooves, perpendicular to the polarization vector. The distance between the neighbouring grooves should be approximately equal to the length of the electromagnetic wave. This scale is of the order of a micron. (3) How it is possible to explain the formation of structures with morphology far from periodic grooves? In connection with this circumstance some researchers develop synergistic theory, they talk about self-organization, the similarity of groove structures with a frozen waves on the surface of the sand dunes, etc. But in doing so they depart from the clear physics towards studying of bizarre solutions of equations of nonlinear equations. Probably, this description has the right to exist. An alternative picture was

proposed by our group, see Zhakhovsky, Inogamov, Nishihara, "New mechanism of formation of nano-relief of a surface irradiated by femtosecond laser pulses", JETP Letters, v.87 (8), 491-496 (2008); Ashitkov, Inogamov, Zhakhovsky and others, "Formation of nanocavities in the surface layer of aluminium target under the action of femtosecond laser pulses", JETP Letters, v. 95(4), 192-197 (2012). This description removes problems with formation of surface structures after a single exposure onto the absolutely smooth surface – defect-free face of the crystal.

But what if repeated exposure? In this situation above the ablation threshold, the surface before the second and subsequent shots is strongly perturbed. The spatial scale of perturbations is of order of heat depth d_T . The depth of heating is roughly an order of magnitude smaller than the wavelength of light. It is necessary to solve the non-one-dimensional (spatial) problem of energy absorption and of two-temperature, heat conduction and hydrodynamic stages. This difficult problem will be solved within the framework of the RSCF project. The solution consists of three stages. (a) Calculation is made for the total field of the incident wave and plasmons, connected with the heterogeneity. The inhomogeneous dissipation in the skin layer of disturbed surface is determined. (b) Spatial problem on a two-temperature heat conductivity and temperature relaxation with nonuniform surface heat source, which is concentrated in a thin skin layer, is solved. We are interested in the case when the power source is sufficient to produce the melting. (c) Finally the problem of the hydrodynamic motion, generated by the heating, is considered. In the later stages the heat removal from the melt leads to crystallization of the liquid phase. Solidification captures hydrodynamic heterogeneity created by the hydrodynamic motion. All three problems are solved consistently. It is hard 3D problem with inhomogeneous absorption and two-temperature hydrodynamics. The results of its decision will be published in a scientific journal with a high rating.

There are many applications, in which surface structures are important. One of the most modern is SERS (Surface enhanced Raman spectroscopy, see wikipedia). Surface nanostructures many orders of magnitude increase the Raman signal. This allows to raise sensitivity up to the limit, when it becomes possible to capture the signal from individual molecules.

Other problems that will be solved include (I) the adaptation of the Prandtl-Rice model and dislocation model to the case of fast heating with the two-temperature stage. On this basis it will be examined the interaction of acoustic waves with the melting front and evolution of the compression wave in its further propagation. This will allow to decode the signals obtained in laser experiments. The result will be published in a scientific journal with a high rating.

(II) Deceleration of products of ablation of metals by the condensed matter will be considered. We are talking about the ablation into a transparent solids or liquids. The pump pulse penetrates through these environment and greatly heats the metal that absorbs laser energy. Because of heating ablation - expansion of the heated matter – takes place. Environment stops the expansion. Fragments of the heated substance (nanoparticles), formed by the breaking of metal or as a result of condensation of vapors, stick in the inhibitory environment. As mentioned, the description of the process of the formation of nanoparticles and their conservation in the environment is important for applications. The result will be published in a scientific journal with a high rating.

(III) An important problem about the consequences of exposure of nanoparticles by ultrashort laser pulse, surrounded by gas or transparent condensed matter will be solved. The appropriate temperature hydrocod taking into account the whole spectrum of non-equilibrium phenomena in nanoparticles and its environment will be created.

On the results of work for the year of 2014 four works in scientific journals with a high rating will be published.

Подпись руководителя проекта _____/С.И.Анисимов/

Форма 2. Сведения о руководителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Анисимов Сергей Иванович

2.2. Дата рождения

1934-12-11

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Доктор физико-математических наук, 1970

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

Гос. премия СССР, 1976; премия им. Столетова, 2011; премия им. Ландау и Спитцера; член Редколлегии международного Инженерно-физического журнала

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

главный научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

экстремальные состояния вещества, взаимодействие лазерного излучения с веществом, нелинейная динамика, фазовые превращения, гидродинамические неустойчивости

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РНФ

02-402 02-501 02-302 02-502

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 38,

из них

17 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;.

18 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

19 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Число результатов интеллектуальной деятельности за последние 5 лет, имеющих правовую охрану

0

2.11. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. Electron-Ion Relaxation, Phase Transitions, and Surface Nano-Structuring Produced by Ultrashort Laser Pulses in Metals.

Inogamov N.A., Zhakhovsky V.V., Petrov Yu.V., Khokhlov V.A., Ashitkov S.I., Khishchenko K.V., Migdal K.P., Il'nitsky D.K., Emirov Yu.N., Komarov P.S., Shepelev V.V., Miller C.W., Oleynik I.I., Agranat M.B., Andriyash A.V., Anisimov S.I., Fortov V.E.

Contributions to Plasma Physics, 2013, V. 53, N. 10, P. 796 - 810.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201310049/abstract;jsessionid=3D57104F1B0EE5ACE001>

Impact Factor: 0.934

2. АБЛЯЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ РЕНТГЕНОВСКИХ ПЛАЗМЕННЫХ ЛАЗЕРОВ И ЛАЗЕРОВ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ.

Иногамов Н.А., Анисимов С.И., Жаховский В.В., Фаенов А.Ю., Петров Ю.В., Хохлов В.А., Фортвов В.Е., Скобелев И.Ю., Като Ю., Пикюз Т.А., Шепелев В.В., Фукуда Ю., Танака М., Кишимото М., Ишино М., Нишикино М., Кандо М., Кавачи Т., Нагасоно М., Охаши Н., Ябаши М., Тано К., Сэнда Ю., Тогаши Т., Ишикава Т.

Оптический журнал. 2011. Т. 78, № 8. С. 5-15.

<http://opticjournal.ru/vipuski/483-opticheskij-zhurnal-tom-78-08-2011.html>

[ABLATION OF INSULATORS UNDER THE ACTION OF SHORT PULSES OF X-RAY PLASMA LASERS AND FREE-ELECTRON LASERS.

Inogamov N.A., Anisimov S.I., Petrov Yu.V., Khokhlov V.A., Zhakhovsky V.V., Faenov A.Ya., Pikuz T.A., Fortov V.E., Skobelev I.Yu., Kishimoto M., Fukuda Y., Tanaka M., Ishino M., Nishikino M., Kando M., Kawachi T., Kato Y., Shepelev V.V., Nagasono M., Tono K. et al.

Journal of Optical Technology. 2011. Т. 78. N. 8. С. 473-480.

<http://www.opticsinfobase.org/jot/abstract.cfm?uri=jot-78-8-473>

Impact Factor: 0.245

3. Interaction of Short Laser Pulses in Wavelength Range from Infrared to X-ray with Metals, Semiconductors, and Dielectrics.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Y.V., Anisimov S.I., Faenov A.Y., Zhakhovskii V.V., Skobelev I.Y., Pikuz T.A., Fortov V.E., Kato Y., Tanaka M., Kishimoto M., Ishino M., Nishikino M., Fukuda Y., Bulanov S.V., Kawachi T.

Contributions to Plasma Physics. 2011. Т. 51. N. 4. С. 361-366.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201010103/abstract>

Impact Factor: 0.934

4. Laser Acoustic Probing of Two-Temperature Zone Created by Femtosecond Pulse.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Y.V., Anisimov S.I., Zhakhovsky V.V., Ashitkov S.I., Komarov P.S., Ovchinnikov A.V., Sitnikov D.S., Agranat M.B., Fortov V.E., Shepelev V.V.

Contributions to Plasma Physics. 2011. Т. 51. N. 4. С. 367-374.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201010111/abstract>

Impact Factor: 0.934

5. Two-temperature warm dense matter produced by ultrashort extreme vacuum ultraviolet- free electron laser (EUV-FEL) pulse.

Inogamov N.A., Petrov Y.V., Khokhlov V.A., Anisimov S.I., Faenov A.Y., Zhakhovsky V.V., Pikuz T.A., Skobelev I.Y., Fortov V.E., Fukuda Y., Kando M., Kawachi T., Shepelev V.V., Nagasono M., Ohashi H., Yabashi M., Tono K., Togashi T., Ishikawa T., Senda Y. et al.

Contributions to Plasma Physics. 2011. Т. 51. N. 5. С. 419-426.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201110013/abstract>

Impact Factor: 0.934

6. Прочностные свойства расплава алюминия в условиях экстремально высоких темпов растяжения при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов.

Агранат М.Б., Анисимов С.И., Ашитков С.И., Жаховский В.В., Иногамов Н.А., Комаров П.С., Овчинников А.В., Фортвов В.Е., Хохлов В.А., Шепелев В.В.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2010. Т. 91. № 9. С. 517-523.

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=jetpl&paperid=712&option_lang=rus

[STRENGTH PROPERTIES OF AN ALUMINUM MELT AT EXTREMELY HIGH TENSION RATES UNDER THE ACTION OF FEMTOSECOND LASER PULSES

Agranat M.B., Ashitkov S.I., Zhakhovskii V.V., Komarov P.S., Ovchinnikov A.V., Fortov V.E., Anisimov S.I., Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Shepelev V.V.

JETP Letters. 2010. T. 91. N. 9. C. 471-477.

<http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364010090080>

Impact Factor: 1.524

7. Spallative ablation of dielectrics by X-ray laser

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Y.V., Anisimov S.I., Zhakhovsky V.V., Faenov A.Y., Skobelev I.Y., Pikuz T.A., Fortov V.E., Kato Y., Tanaka M., Kishimoto M., Ishino M., Nishikino M., Fukuda Y., Bulanov S.V., Kawachi T., Shepelev V.V.

Applied Physics A: Materials Science & Processing. 2010. T. 101. N. 1. C. 87-96.

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00339-010-5764-3>

Impact Factor: 1.545

8. Two-temperature relaxation and melting after absorption of femtosecond laser pulse.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Yu.V., Anisimov S.I., Zhakhovskii V.V., Ashitkov S.I., Komarov P.S., Agranat M.B., Nishihara K.

Applied Surface Science. 2009. T. 255. N. 24. C. 9712-9716.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433209004619>

Impact Factor: 2.112

9. Formation of absorbing heterogeneous plasma layer by femtosecond laser-induced melting and ablation of silicon

Agranat M.B., Ashitkov S.I., Anisimov S.I., Ovchinnikov A.V., Shvartsburg A.B., Sitnikov D.S., Fortov V.E. Applied Physics A: Materials Science & Processing. 2009. T. 94. N. 4. C. 879-887.

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00339-008-5043-8>

Impact Factor: 1.545

10. Устойчивость и неоднозначное представление ударноволнового разрыва в термодинамически неидеальных средах

Конюхов А.В., Лихачев А.П., Фортов В.Е., Анисимов С.И., Опарин А.М.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2009. Т. 90. № 1. С. 28-34.

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=jetpl&paperid=464&option_lang=rus

[STABILITY AND AMBIGUOUS REPRESENTATION OF SHOCK WAVE DISCONTINUITY IN THERMODYNAMICALLY NONIDEAL MEDIA

Konyukhov A.V., Likhachev A.P., Fortov V.E., Anisimov S.I., Oparin A.M.

Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters (JETP Letters). 2009. T. 90. № 1. C. 25-31.

<http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364009130062>

Impact Factor: 1.524

2.12. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

Программа Президиума РАН "Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий и физика сильно сжатого вещества"

п/п. "Абляция металлов и возникновение нанорельефа на их поверхности под воздействием фемтосекундных лазерных импульсов." 2009-2012

Программа Президиума РАН «Вещество при высоких плотностях энергии»

п/п. «Экстремальные состояния металлов, возникающие при воздействии на них коротких лазерных импульсов, и особенности генерации и распространения вызванных ими ударных волн.» 2012

п/п "Исследования быстропротекающих процессов, инициированных ультракоротким оптическим или рентгеновским лазерным воздействием: двухтемпературная

теплофизика и транспортные свойства, упруго-пластические ударные волны, и самоорганизация наноструктур под действием облучения" 2013-2014

РФФИ-07-02-00764, "Теория взаимодействия фемтосекундных лазерных импульсов умеренной интенсивности с конденсированным веществом", 2007-2009

РФФИ-10-02-00434, "Взаимодействие коротких лазерных импульсов в интервале длин волн от инфракрасных до рентгеновских с металлами, полупроводниками и диэлектриками", 2010-2012

РФФИ-13-02-01078, "Термодинамические и кинетические свойства металлов с горячими электронами", 2013-2015

2.13. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.14. Почтовый адрес

107207 г. Москва, ул. Байкальская, д. 38, корп. 3, кв. 10

2.15. Контактный телефон

+7 9165194694

2.16. Электронный адрес (E-mail)

anisimov@itp.ac.ru

2.17. Участие в проекте

Руководитель проекта

2.18. Файл с дополнительной информацией (CV, другая дополнительная информация, которая, по мнению руководителя проекта, может быть полезна для принятия решения о целесообразности финансирования данного проекта)

Файл, скачать

С условиями конкурса РФФИ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РФФИ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись руководителя проекта _____/С.И. Анисимов/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Фаенов Анатолий Яковлевич

2.2. Дата рождения

1950-04-27

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Доктор технических наук, 1997

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

Награда Президента Японского агентства по атомной энергии за исследования по генерации квантовых потоков в релятивистской лазерной плазме, 2010 г. Позиция приглашенного профессора в Кансайском институте фотонных исследований Японского агентства по атомной энергии, 2007-2011 гг. Награда Министерства иностранных дел Италии, позиция приглашенного профессора в Политехническом университете Милана, 2005 г. Позиция приглашенного профессора в Университете Рима "Tor Vergata", Италия. 2002 г. Грант NATO Science Program на проведение исследований в Диверморской Национальной лаборатории Лоренса, США, 2003-2004 Грант U.S. Civilian Research Development Foundation (CRDF) на проведение исследований в Университете Мэриленда, США, 2002-2004. Член международной коллаборации High Energy Density Matter Generated by Heavy Ion Beams (HEDgеHOB), GSI (Germany). Член Технического экспертного комитета PETAL+, Франция

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

главный научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

Физика лазерной плазмы, взаимодействие лазерного излучения с веществом, рентгеновская спектроскопия, рентгеновская оптика, Лабораторная астрофизика экстремальные состояния вещества, корпускулярная и рентгеновская радиография, релятивистская лазерная плазма, высокоинтенсивные источники квантовых частиц, метрология, рентгеновские спектрометры и детекторы, рентгеновские лазеры, лазеры на свободных электронах, генерация высоких гармоник лазерного излучения, абляционные процессы и наноструктурирование поверхности вещества под воздействием лазерного излучения

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РНФ

02-304 02-210 02-302

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 76,

из них

76 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;.

68 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

68 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах

цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. A. Ya. Faenov, Y. Kato, M. Tanaka, T. A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, Y. Fukuda, S. V. Bulanov, T. Kawachi. Submicrometer-resolution in situ imaging of the focus pattern of a soft x-ray laser by color center formation in LiF crystal. *Optics Letters*, 34, 941 (2009)
2. M. Kando, A. S. Pirozhkov, K. Kawase, T. Zh. Esirkepov, Y. Fukuda, H. Kiriya, H. Okada, I. Daito, T. Kameshima, Y. Hayashi, H. Kotaki, M. Mori, J. K. Koga, H. Daido, A. Ya. Faenov, T. Pikuz, J. Ma, L.-M. Chen, E. N. Ragozin, T. Kawachi, Y. Kato, T. Tajima, S. V. Bulanov. Enhancement of Photon Number Reflected by the Relativistic Flying Mirror *Phys. Rev. Lett.* 103, 235003 (2009)
3. A. Ya. Faenov, T. A. Pikuz, Y. Fukuda, M. Kando, H. Kotaki, T. Homma, K. Kawase, T. Kameshima, A. Pirozhkov, A. Yogo, M. Tampo, M. Mori, H. Sakaki, Y. Hayashi, T. Nakamura, S. A. Pikuz Jr., I. Yu. Skobelev, S. V. Gasilov, A. Giulietti, C. A. Cecchetti, A. S. Boldarev, V. A. Gasilov, A. Magunov, S. Kar, M. Borghesi, P. Bolton, H. Daido, T. Tajima, Y. Kato, S. V. Bulanov. Submicron ionography of nanostructures using a femtosecond-laser-driven-cluster-based source. *Appl. Phys. Lett.* 95, 101107 (2009)
4. A. Ya. Faenov, N. A. Inogamov, V. V. Zhakhovskii, V. A. Khokhlov, K. Nishihara, Y. Kato, M. Tanaka, T. A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, T. Nakamura, Y. Fukuda, S. V. Bulanov, T. Kawachi. Low-threshold ablation of dielectrics irradiated by picosecond soft X-ray laser pulses. *Applied Phys. Lett.* 94, 231107 (2009)
5. Y. Fukuda, A. Ya. Faenov, M. Tampo, T. A. Pikuz, T. Nakamura, M. Kando, Y. Hayashi, A. Yogo, H. Sakaki, T. Kameshima, A. S. Pirozhkov, K. Ogura, M. Mori, T. Esirkepov, J. Koga, A. S. Boldarev, V. A. Gasilov, A. I. Magunov, P. Kodama, P. Bolton, Y. Kato, T. Tajima, H. Daido, S. V. Bulanov. Energy increase in multi-MeV ion acceleration in the interaction of short pulse laser with a cluster-gas target. *Phys. Rev. Lett.*, 103, 165002 (2009)
6. A. Zigler, T. Palchan, N. Bruner, E. Schleifer, S. Eisenmann, M. Botton, Z. Henis, S. A. Pikuz, Jr., A. Y. Faenov, D. Gordon, P. Sprangle. 5.5–7.5 MeV Proton Generation by a Moderate-Intensity Ultrashort-Pulse Laser Interaction with H₂O Nanowire Targets. *Phys. Rev. Lett.*, 106, 134801 (2011)
7. I. Yu. Skobelev, A. Ya. Faenov, T. A. Pikuz, V. E. Fortov. Hollow ions spectra in ultradense laser plasma. *Physics-Uspekhi. Advances in Physical Sciences.* 55, 47-71 (2012).
8. A. S. Pirozhkov, M. Kando, T. Zh. Esirkepov, P. Gallegos, H. Ahmed, E. N. Ragozin, A. Ya. Faenov, T. A. Pikuz, T. Kawachi, A. Sagisaka, J. K. Koga, M. Coury, J. Green, P. Foster, C. Brenner, B. Dromey, D. R. Symes, M. Mori, K. Kawase, T. Kameshima, Y. Fukuda, L. Chen, I. Daito, K. Ogura, Y. Hayashi, H. Kotaki, H. Kiriya, H. Okada, N. Nishimori, T. Imazono, K. Kondo, T. Kimura, T. Tajima, H. Daido, P. Rajeev, P. McKenna, M. Borghesi, D. Neely, Y. Kato, and S. V. Bulanov. Soft X-ray harmonic comb from relativistic electron spikes. *Phys. Rev. Letters*, 108, 1354004 (2012)
9. J. Colgan, J. Abdallah, Jr., A. Ya. Faenov, S. A. Pikuz, E. Wagenaars, N. Booth, O. Culfa, R. J. Dance, R. G. Evans, R. J. Gray, T. Kaempfer, K. L. Lancaster, P. McKenna, A. L. Rossall, I. Yu. Skobelev, K. S. Schulze, I. Uschmann, A. G. Zhidkov, and N. C. Woolsey. Exotic Dense-Matter States Pumped by a Relativistic Laser Plasma in the Radiation-Dominated Regime. *Phys. Rev. Lett.* 110, 125001 (2013)
10. Sergey Magnitskiy, Nikolay Nagorskiy, Anatoly Faenov, Tatiana Pikuz, Mamoko Tanaka, Masahiko Ishino, Masaharu Nishikino, Yuji Fukuda, Masaki Kando, Tetsuya Kawachi and Yoshiaki Kato. Observation and theory of X-ray mirages. *Nature Communications.* 4, 1936 (2013)

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

Грант РФФИ №10-02-91174-ГФЕН_а, Новые явления в К-оболочечной спектроскопии релятивистской плазмы, создаваемой сверхмощными фемтосекундными лазерными импульсами

ультравысокого контраста, 2010-2011.

Грант РФФИ №12-02-00947-а, Наноструктурирование поверхности твердых тел излучением рентгеновского лазера, 2012-2014.

Программа фундаментальных исследований Президиума РАН №12/2 «Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий и физика сильно сжатого вещества», Раздел 1 (координатор ак. В.Е. Фортов). Рентгеновская диагностика лазерно-индуцированных плазменных струй, характерных для астрофизических объектов, 2009 - 2011

Программа фундаментальных исследований Президиума РАН №27/№21 «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов», Раздел 4 (координатор чл.-к.М.В.Ковальчук). Разработка методов диагностики наноструктур методами абсорбционной и фазово-контрастной рентгеновской радиографии с помощью точечного яркого источника мягкого рентгеновского излучения на основе фемтосекундной лазерной плазмы, 2009 - 2011

Программа фундаментальных исследований Президиума РАН №2 «Вещество при высоких плотностях энергии», подпрограмма «Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий» (координатор ак. В.Е. Фортов), Многочargedные полевые ионы в плотной плазме сверхмощных лазерных импульсов ультравысокого контраста, 2012

Программа фундаментальных исследований Президиума РАН №2 «Вещество при высоких плотностях энергии», подпрограмма «Энергетика и механика быстропотекающих процессов и самоорганизация в плазменных, газовых и конденсированных средах» (координатор ак. В.Е. Фортов) Разработка методов и средств регистрации рентгеновских и нейтронных изображений микрообъектов и пространственной структуры пучков когерентного рентгеновского излучения, 2013

Программа фундаментальных исследований Президиума РАН №2 «Вещество при высоких плотностях энергии», подпрограмма «Физика плотной плазмы» (координатор ак. В.Е. Фортов) Разработка методов и средств диагностики параметров импульсного когерентного рентгеновского излучения и высоких гармоник фемтосекундных лазерных импульсов, 2014

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 4954841944

2.14. Электронный адрес (E-mail)

anatolyf@hotmail.com

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РФФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ /А.Я. Фаенов/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Мигдал Кирилл Петрович

2.2. Дата рождения

1988-07-30

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

,

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

аспирант Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.Духова" (ФГУП "ВНИИА")

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

взаимодействие лазерного излучения с веществом, фемтосекундные лазерные импульсы, неравновесные состояния

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РФ

02-203 02-204 02-208

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 3,

из них

2 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

2 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

2 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

"Thermal Conductivity and the Electron-Ion Heat Transfer Coefficient in Condensed Media with a Strongly Excited Electron Subsystem", JETP Letters, volume 97, issue 1, pp. 20-27, 2013.

http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1995/article_30137.shtml, Impact Factor: 1.52.

"Electron-Ion Relaxation, Phase Transitions, and Surface Nano-Structuring Produced by Ultrashort Laser Pulses in Metals", Contributions to Plasma Physics, volume 53, issue 10, pp. 796-810. 2013.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201310049/abstract;jsessionid=57E71DA0D2E40A739B9A>
Impact Factor: 0.934

"Two-temperature thermodynamic and kinetic properties of transition metals irradiated by femtosecond lasers", N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, V.V. Zhakhovsky, V.A. Khokhlov, B.J. Demaske, S.I. Ashitkov, K.V.

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 9166602916

2.14. Электронный адрес (E-mail)

kir-migdal@yandex.ru

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РНФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____/К.П. Мигдал/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Петров Юрий Васильевич

2.2. Дата рождения

1949-08-18

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Доктор физико-математических наук, 2007

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

Почетная грамота Президиума Российской академии наук за многолетнюю плодотворную научную деятельность

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

старший научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

взаимодействие лазерного излучения с веществом, ультракороткие лазерные импульсы, теория конденсированного состояния, экстремальные состояния вещества

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РНФ

09-202 02-201 02-204

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 31,

из них

15 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

15 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

15 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. Ю.В. Петров, Основы физики конденсированного состояния, М., "Интеллект", 216 с., 2013.

2. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskiy, Y.V. Petrov, V.A. Khokhlov, S.I. Ashitkov, K.V. Khishchenko, K.P. Migdal, D.K. Initsky, Y.N. Emirov, P.S. Komarov, C.W. Miller, I.I. Oleynik, M.B. Agranat, A.V. Andriyash, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Electron-Ion Relaxation, Phase Transitions, and Surface Nano-Structuring Produced by Ultrashort Laser Pulses in Metals, Contrib. Plasma Phys, 53(10), 796-810 (2013).
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201310049/abstract;jsessionid=17AAE7441044E2F93687E>

Impact Factor: 0.934

3. Ю.В. Петров, Н.А. Иногамов, К.П. Мигдал, Теплопроводность и коэффициент электрон-ионного

теплообмена в конденсированных средах с сильно возбужденной электронной подсистемой, Письма в ЖЭТФ, 97 (1), 24-31 (2013)

http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1995/article_30137.shtml

[Yu.V. Petrov, N.A. Inogamov, K.P. Migdal, Thermal conductivity and the electron-ion heat transfer coefficient in condensed media with a strongly excited electron subsystem, JETP Lett., 97(1), 20-27 (2013) <http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364013010098>].

Impact Factor: 1.524

4. Ю.В. Петров, Н.А. Иногамов, Снятие моттовского межзонного s-d-увеличения электросопротивления никеля и платины за счет возбуждения электронов фемтосекундным лазерным импульсом, Письма в ЖЭТФ, 98 (5), 316-322 (2013)

http://www.jetpletters.ac.ru/ps/2017/article_30410.shtml

[Y.V. Petrov, N.A. Inogamov, Elimination of the Mott Interband s–d Enhancement of the Electrical Resistance of Nickel and Platinum Owing to the Excitation of Electrons by Femtosecond Laser Pulses, JETP Letters, 98(5), 278–284 (2013) <http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364013180094>].

Impact Factor: 1.524

5. K.P. Migdal, Yu.V. Petrov, N.A. Inogamov, Kinetic coefficients for d-band metals in two-temperature states created by femtosecond laser irradiation, Proc. SPIE, 9065, 906503 (2013).

<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1787422>

6. N.A. Inogamov, A.Ya. Faenov, V.V. Zhakhovskii, I.Yu. Skobelev, V.A. Khokhlov, Y. Kato, M. Tanaka, T.A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, Y. Fukuda, S.V. Bulanov, T. Kawachi, Yu.V. Petrov, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Interaction of short laser pulses in wavelength range from infrared to X-ray with metals, semiconductors, and dielectrics, Contrib. Plasma Phys., 51(4), 361-366 (2011).

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201010103/abstract>

Impact Factor: 0.934

7. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskii, S.I. Ashitkov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, P.S. Komarov, A.V. Ovchinnikov, D.S. Sitnikov, Yu.V. Petrov, M.B. Agranat, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Laser acoustic probing of two-temperature zone created by femtosecond pulse, Contrib. Plasma Phys., 51(4), 367-374 (2011).

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201010111/abstract>

Impact Factor: 0.934

8. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovsky, A.Y. Faenov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, I.Y. Skobelev, Y. Kato, M. Tanaka, T.A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, Y. Fukuda, S.V. Bulanov, T. Kawachi, Y.V. Petrov, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Spallative ablation of dielectrics by X-ray laser, Appl. Phys. A 101(1), 87-96 (2010);

<http://link.springer.com/article/10.1007%2FS00339-010-5764-3>

arXiv:0912.3184.

Impact Factor: 1.545

9. Н.А. Иногамов, Ю.В. Петров, Теплопроводность металлов с горячими электронами, ЖЭТФ, 137(3), 505-529 (2010)

<http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/index/r/137/3/p505?a=list>

[N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, Thermal conductivity of metals with hot electrons, JETP, 110(3), 446-468 (2010) <http://link.springer.com/article/10.1134%2FS1063776110030088>].

Impact Factor: 0.921

10. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskii, S.I. Ashitkov, V.A. Khokhlov, Yu.V. Petrov, P.S. Komarov, M.B. Agranat, S.I. Anisimov, K. Nishihara, Two-temperature relaxation and melting after absorption of femtosecond laser pulse, Appl. Surf. Sci., 255(24), 9712-9716 (2009);

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433209004619>

arXiv:0812.2965.

Impact Factor: 2.112

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

РФФИ, № 11-08-01116-а "Исследование экстремальных состояний, возникающих в металлах и диэлектриках при воздействии мощных ультракоротких лазерных импульсов", 2011-2013 гг.

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

1. Научный консультант аспиранта Гелиева А.В., защитившего диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в 2013 г.

2. Разработка и чтение семестрового курса лекций "Квантовая микрофизика" в Московском физико-техническом институте.

3. Разработка и чтение семестрового курса лекций "Квантовая макрофизика" в Московском физико-техническом институте.

2.13. Контактный телефон

+7 9268534996

2.14. Электронный адрес (E-mail)

uvp49@mail.ru

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РФФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ /Ю.В. Петров/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Хохлов Виктор Александрович

2.2. Дата рождения

1952-11-25

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Кандидат физико-математических наук, 1990

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

взаимодействие коротких лазерных импульсов с веществом, гидродинамические неустойчивости, вычислительная математика

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РФ

01-218 09-202 02-210 02-302 01-309

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 25,

из них

15 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

18 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

18 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. Electron-Ion Relaxation, Phase Transitions, and Surface Nano-Structuring Produced by Ultrashort Laser Pulses in Metals.

Inogamov N.A., Zhakhovsky V.V., Petrov Yu.V., Khokhlov V.A., Ashitkov S.I., Khishchenko K.V., Migdal K.P., Il'nitsky D.K., Emirov Yu.N., Komarov P.S., Shepelev V.V., Miller C.W., Oleynik I.I., Agranat M.B., Andriyash A.V., Anisimov S.I., Fortov V.E.

Contributions to Plasma Physics, 2013, V. 53, N. 10, P. 796 - 810.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201310049/abstract;jsessionid=3D57104F1B0EE5ACE001>

Impact Factor: 0.934

2. Ultrashort laser - matter interaction at moderate intensities: two-temperature relaxation, foaming of stretched melt, and freezing of evolving nanostructures.

Inogamov N.A., Zhakhovsky V.V., Petrov Yu.V., Khokhlov V.A., Ashitkov S.I., Migdal K.P., Il'nitsky D.K., Emirov Yu.N., Khishchenko K.V., Komarov P.S., Shepelev V.V., Agranat M.B., Anisimov S.I., Oleynik I.I., Fortov V.E.

SPIE Proceedings. 2013. V. 9065. P. 906502,1-14.

<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1787421>

3. Сверхупругость и распространение ударных волн в кристаллах.

Иногамов Н.А., Жаховский В.В., Хохлов В.А., Шепелев В.В.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2011. Т. 93. № 4. С. 245-251.

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=jetpl&paperid=1841&option_lang=rus

[Superelasticity and the Propagation of Shock Waves in Crystals.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Zhakhovskii V.V., Shepelev V.V.

JETP Letters. 2011. Т. 93. N. 4. С. 226-232.

<http://link.springer.com/article/10.1134%2F50021364011040096>

Impact Factor: 1.524

4. АБЛЯЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ РЕНТГЕНОВСКИХ ПЛАЗМЕННЫХ ЛАЗЕРОВ И ЛАЗЕРОВ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ.

Иногамов Н.А., Анисимов С.И., Жаховский В.В., Фаенов А.Ю., Петров Ю.В., Хохлов В.А., Фортвов В.Е., Скобелев И.Ю., Като Ю., Пикуз Т.А., Шепелев В.В., Фукуда Ю., Танака М., Кишимото М., Ишино М., Нишикино М., Кандо М., Кавачи Т., Нагасоно М., Охаши Н., Ябаши М., Тано К., Сенда Ю., Тогаши Т., Ишикава Т.

Оптический журнал. 2011. Т. 78, № 8. С. 5-15.

<http://opticjourn.ru/vipuski/483-opticheskij-zhurnal-tom-78-08-2011.html>

[ABLATION OF INSULATORS UNDER THE ACTION OF SHORT PULSES OF X-RAY PLASMA LASERS AND FREE-ELECTRON LASERS.

Inogamov N.A., Anisimov S.I., Petrov Yu.V., Khokhlov V.A., Zhakhovsky V.V., Faenov A.Ya., Pikuz T.A., Fortov V.E., Skobelev I.Yu., Kishimoto M., Fukuda Y., Tanaka M., Ishino M., Nishikino M., Kando M., Kawachi T., Kato Y., Shepelev V.V., Nagasono M., Tono K. et al.

Journal of Optical Technology. 2011. Т. 78. N. 8. С. 473-480.

<http://www.opticsinfobase.org/jot/abstract.cfm?uri=jot-78-8-473>

Impact Factor: 0.245

5. Nanoscale surface modifications and formation of conical structures at aluminum surface induced by single shot exposure of soft x-ray laser pulse.

Ishino M., Faenov Y.A., Tanaka M., Hasegawa N., Nishikino M., Pikuz T.A., Ohba T., Kaihori T., Ochi Y., Imazono T., Kawachi T., Zhakhovsky V.V., Skobelev I.Y., Fortov V.E., Tamotsu S., Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Shepelev V.V.

Journal of Applied Physics. 2011. Т. 109. N. 1. С. 013504-6.

<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap/109/1/10.1063/1.3525980>

Impact Factor: 2.064

6. Interaction of Short Laser Pulses in Wavelength Range from Infrared to X-ray with Metals, Semiconductors, and Dielectrics.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Y.V., Anisimov S.I., Faenov A.Y., Zhakhovskii V.V., Skobelev I.Y., Pikuz T.A., Fortov V.E., Kato Y., Tanaka M., Kishimoto M., Ishino M., Nishikino M., Fukuda Y., Bulanov S.V., Kawachi T.

Contributions to Plasma Physics. 2011. Т. 51. N. 4. С. 361-366.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201010103/abstract>

Impact Factor: 0.934

7. Laser Acoustic Probing of Two-Temperature Zone Created by Femtosecond Pulse.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Y.V., Anisimov S.I., Zhakhovsky V.V., Ashitkov S.I., Komarov P.S., Ovchinnikov A.V., Sitnikov D.S., Agranat M.B., Fortov V.E., Shepelev V.V.

Contributions to Plasma Physics. 2011. Т. 51. N. 4. С. 367-374.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201010111/abstract>

Impact Factor: 0.934

8. Two-temperature warm dense matter produced by ultrashort extreme vacuum ultraviolet- free electron laser (EUV-FEL) pulse.

Inogamov N.A., Petrov Y.V., Khokhlov V.A., Anisimov S.I., Faenov A.Y., Zhakhovsky V.V., Pikuz T.A., Skobelev I.Y., Fortov V.E., Fukuda Y., Kando M., Kawachi T., Shepelev V.V., Nagasono M., Ohashi H., Yabashi M., Tono K., Togashi T., Ishikawa T., Senda Y. et al.

Contributions to Plasma Physics. 2011. T. 51. N. 5. C. 419-426.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ctpp.201110013/abstract>

Impact Factor: 0.934

9. Прочностные свойства расплава алюминия в условиях экстремально высоких темпов растяжения при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов.

Агранат М.Б., Анисимов С.И., Ашитков С.И., Жаховский В.В., Иногамов Н.А., Комаров П.С., Овчинников А.В., Фортвов В.Е., Хохлов В.А., Шепелев В.В.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2010. Т. 91. № 9. С. 517-523.

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=jetpl&paperid=712&option_lang=rus

[STRENGTH PROPERTIES OF AN ALUMINUM MELT AT EXTREMELY HIGH TENSION RATES UNDER THE ACTION OF FEMTOSECOND LASER PULSES

Agranat M.B., Ashitkov S.I., Zhakhovskii V.V., Komarov P.S., Ovchinnikov A.V., Fortov V.E., Anisimov S.I., Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Shepelev V.V.

JETP Letters. 2010. T. 91. N. 9. C. 471-477.

<http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364010090080>

Impact Factor: 1.524

10. Two-temperature relaxation and melting after absorption of femtosecond laser pulse.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Yu.V., Anisimov S.I., Zhakhovskii V.V., Ashitkov S.I., Komarov P.S., Agranat M.B., Nishihara K.

Applied Surface Science. 2009. T. 255. N. 24. C. 9712-9716.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433209004619>

Impact Factor: 2.112

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 9032130112

2.14. Электронный адрес (E-mail)

khokhlov@landau.ac.ru

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РФФИ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных

Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ **/В.А. Хохлов/**

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Ильницкий Денис Константинович

2.2. Дата рождения

1980-02-19

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

,

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

заведующий лабораторией Федеральное государственное унитарное предприятие
"Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.Духова" (ФГУП "ВНИИА")

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

Лазерное взаимодействие с веществом, физика взрыва, разрушение и деформация материалов

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РФ

02-208

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 3,

из них

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

3 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

Inogamov N A et al Proc of SPIE vol 9065,906502 2013

Inogamov N A et al Contrib Plasma Phys 53 no 10 (2013)

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 4999728413

2.14. Электронный адрес (E-mail)

denisilnitskiy@gmail.com

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РНФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ /Д.К. Ильницкий/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Жаховский Василий Викторович

2.2. Дата рождения

1963-01-14

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Кандидат физико-математических наук, 1997

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

ведущий научный сотрудник Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.Духова" (ФГУП "ВНИИА")

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

shock wave, detonation, ablation, spallation, femtosecond laser, interatomic potential, molecular dynamics simulation

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РФ

02-201 02-204 02-206

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 45,

из них

22 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

B. J. Demaske, V. V. Zhakhovsky, N. A. Inogamov, I. I. Oleynik, "Ultrashort shock waves in nickel induced by femtosecond laser pulses", Phys. Rev. B 87, 054109 (2013)

M. M. Budzevich, V. V. Zhakhovsky, C. T. White, I. I. Oleynik, "Evolution of Shock-Induced Orientation-Dependent Metastable States in Crystalline Aluminum", Phys. Rev. Lett. 109, 125505 (2012)

V. V. Zhakhovsky, M. M. Budzevich, N. A. Inogamov, I. I. Oleynik, C. T. White, "Single two-zone elastic-plastic shock waves in solids", Phys. Rev. Lett. 107, 135502 (2011)

N. A. Inogamov, V. V. Zhakhovskii, V. A. Khokhlov, and V. V. Shepelev, "Superelasticity and the propagation of shock waves in crystals", JETP Lett., 93, 226-232 (2011)

V. Zhakhovskii and N. A. Inogamov, "Elastic-plastic phenomena in ultrashort shock waves", JETP Lett., 92, 521-526 (2010)

B. J. Demaske, V. V. Zhakhovsky, N. A. Inogamov, I. I. Oleynik, "Ablation and spallation of gold films irradiated by ultrashort laser pulses", Phys. Rev. B, 82, 064113 (2010)

V. V. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, S.I. Ashitkov, K. Nishihara, "Molecular dynamics simulation of femtosecond ablation and spallation with different interatomic potentials", Appl. Surf. Sci., 255, 9592-9596 (2009)

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

NSF #1008676 "Atomic-scale Materials World Network: Formation of nanostructures at materials surfaces exposed to femtosecond laser pulses: experiment and theory" 06/01/10-05/31/13

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 9647998254

2.14. Электронный адрес (E-mail)

basi1z@gmail.com

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РФФИ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РФФИ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____/В.В. Жаховский/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Шепелев Вадим Владимирович

2.2. Дата рождения

1983-04-13

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Кандидат физико-математических наук, 2012

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

младший научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации проектирования Российской академии наук (ИАП РАН)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

вычислительная гидродинамика, лазеры, фемтосекундные лазерные импульсы, математическое моделирование

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РНФ

01-218 01-310 02-303 01-113

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 15,

из них

8 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

8 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

8 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovsky, Yu.V. Petrov, V.A. Khokhlov, S. I. Ashitkov, K.V. Khishchenko, K. P. Migdal, D.K. Ilitsky, Yu. N. Emirov,

P. S. Komarov, V.V. Shepelev, C.W. Miller, I.I. Oleynik, M.B. Agranat, A.V. Andriyash, S.I. Anisimov, and V.E. Fortov, Electron-Ion Relaxation, Phase Transitions, and Surface Nano-Structuring Produced by Ultrashort Laser Pulses in Metals, Contrib. Plasma Phys. 53, No. 10, 796 – 810 (2013) / DOI 10.1002/ctpp.201310049

2. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovsky, S.I. Ashitkov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, P.S. Komarov, A.V. Ovchinnikov, D.S. Sitnikov, Yu.V. Petrov, M.B. Agranat, S.I. Anisimov, and V.E. Fortov, Laser Acoustic Probing of Two-Temperature Zone Created by Femtosecond Pulse, Contrib. Plasma Phys. 50, No.1, 151–158 (2010).

3. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovsky, A.Y. Faenov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, I.Y. Skobelev, Y. Kato, M. Tanaka, T.A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, Y. Fukuda, S.V. Bulanov, T. Kawachi, Y.V. Petrov, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Spallative ablation of dielectrics by X-ray laser, Applied Physics A (2010), DOI: 10.1007/s00339-010-5764-3.

4. N.A. Inogamov, S.I. Ashitkov, V.V. Zhakhovsky, V.V. Shepelev, V.A. Khokhlov, P.S. Komarov, M.B. Agranat, S.I. Anisimov and V.E. Fortov, Acoustic probing of two-temperature relaxation initiated by action of ultrashort laser pulse, Applied Physics A, 2010, DOI: 10.1007/s00339-010-5765-2.

5. Агранат М.Б., Анисимов С.И., Ашитков С.И., Жаховский В.В., Иногамов Н.А., Комаров П.С., Овчинников А.В., Фортвов В.Е., Хохлов В.А., Шепелев В.В., Прочностные свойства расплава алюминия в условиях экстремально высоких темпов растяжения при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов, Письма в ЖЭТФ, том 91, вып. 9 (2010), с. 517-523.

6. N.A. Inogamov, A.Ya. Faenov, V.V. Zhakhovsky, T.A. Pikuz, I.Yu. Skobelev, Yu.V. Petrov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Y. Fukuda, M. Kando, T. Kawachi, M. Nagasono, H. Ohashi, M. Yabashi, K. Tono, Y. Senda, T. Togashi, and T. Ishikawa, Two-Temperature Warm Dense Matter Produced by Ultrashort Extreme Vacuum Ultraviolet-Free Electron Laser (EUV-FEL) Pulse, Contrib. Plasma Phys. 51, No. 5, 419 - 426 (2011).

7. Н.А. Иногамов, В.В. Жаховский, В.А. Хохлов, В.В. Шепелев, Сверхупругость и распространение ударных волн в кристаллах, Письма в ЖЭТФ, т. 93, вып. 4, с. 245-251, (2011).

8. N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskii, A.Ya. Faenov, V.E. Fortov, Y. Kato, V.V. Shepelev, Y. Fukuda, M. Kishimoto, M. Nagasono, N. Ohashi, Y. Senda, M. Yabashi, K. Tano, M. Tanaka, I.Yu. Skobelev, T.A. Pikuz, S.I. Anisimov, Yu.V. Petrov, M. Ishino, T. Ishikawa, T. Togashi, M. Nishikino, V.A. Khokhlov, M. Kando, and T. Kawachi, Ablation of insulators under the action of short pulses of X-ray plasma lasers and free-electron lasers, Journal of Optical Technology, Vol. 78, Issue 8, pp. 473-480 (2011).

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон
+7 9057073586

2.14. Электронный адрес (E-mail)

vadim.aries@gmail.com

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РНФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____/В.В. Шепелев/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Сергеев Олег Вячеславович

2.2. Дата рождения

1988-01-04

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

,

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

Стипендия фонда "Династия" для студентов-физиков в 2010-2011 гг.

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

аспирант федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

Химическая физика, молекулярная динамика, физика конденсированного состояния, статистическая физика, квантовая механика

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РНФ

02-602 02-603 02-201 02-211 02-204

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 2,

из них

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

О. В. Сергеев, А. В. Янилкин. "Молекулярно-динамическое моделирование движения фронта горения в монокристалле ТЭНа", Физика горения и взрыва, т. 50, N 3 (принята к печати).

A. V. Yanilkin, O. V. Sergeev. "Molecular dynamics simulation of the burning front propagation in PETN", J. Phys.: Conf. Series (принята к печати).

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 9199669730

2.14. Электронный адрес (E-mail)

seoman@yandex.ru

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РНФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ /О.В. Сергеев/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Паршиков Анатолий Николаевич

2.2. Дата рождения

1956-02-28

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Кандидат физико-математических наук, 1993

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

ведущий научный сотрудник Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.Духова" (ФГУП "ВНИИА")

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

гидродинамика, SPH, математическое моделирование

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РФ

02-204 02-206

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 9,

из них

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

0 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

5 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. Медин С.А., Паршиков А.Н., Развитие метода SPH и его применение в задачах гидродинамики конденсированных сред // ТВТ. 2010. Т.48. №6. С. 973-980.
2. Медин С.А., Паршиков А.Н., Орлов Ю.М., Лозицкий И.М., Термомеханические процессы в бланкете реактора ИТС при циклическом воздействии нейтронного флюенса // Атомная энергия. 2011. Т.110, вып.2. С.92-100.
3. Паршиков А.Н., Медин С.А. Численное моделирование волн разрушения при ударном сжатии стекол // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. №4 Т.5. С.2417-2418.
4. Медин С.А., Паршиков А.Н. Моделирование распространения волн разрушения при ударном сжатии хрупких материалов (стекол) // Механика Твёрдого Тела, №2, 2012. С.102-113.
5. Медин С.А., Паршиков А.Н. Мезомеханическое моделирование ударного сжатия пористого алюминия// Математическое моделирование, т.26, №1, 2014 (в печати).
6. Медин С.А., Паршиков А.Н. Моделирование мезоструктуры течения при распространении

детонации в гетерогенных ВВ // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2010. Т.9.
<http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2010-01-12-008.pdf>

7. Паршиков А.Н., Лоцицкий И.М. Численное моделирование кумулятивного эффекта в микроканале взрывчатого вещества // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2011. Т.11. http://www.chemphys.edu.ru/media/files/2011-02-01-019_Parshikov_Lozitskii.pdf

8. Медин С.А., Паршиков А.Н. Использование уравнения состояния JWL и макроскопического уравнения разложения ВВ в методе SPH // 4-я Всероссийская школа семинар «Аэрофизика и физическая механика классических и квантовых систем»: Сборник научных трудов. – М.: ИПМех РАН. 2011. 172с. С.97-102.

9. Медин С.А., Паршиков А.Н. Моделирование скользящей детонации в мелкодисперсной смеси взрывчатых и инертных веществ. // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2013. Т.15. <http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2013-04-29-024.pdf>

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

1. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН «Вещество при высоких плотностях энергии» (координатор – академик В.Е. Фортов), 2008-2013гг.

2. Межсекционная программа фундаментальных исследований Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН «Интегрированные модели физической механики» (координатор – академик Д.М. Климов), 2008-2011гг.

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 9032618007

2.14. Электронный адрес (E-mail)

anatoliy.parshikov@gmail.com

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РНФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ /А.Н. Паршиков/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Иногамов Наиль Алимович

2.2. Дата рождения

1951-01-28

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Доктор физико-математических наук, 1990

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

Почетная грамота Президиума Российской академии наук за многолетнюю плодотворную научную деятельность

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

ведущий научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

взаимодействие лазерного излучения с веществом, ударные волны

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РНФ

01-205 09-202 02-210 02-501 01-305 02-204 02-303 02-206

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 59,

из них

32 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

42 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

40 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. Demaske B.J., Zhakhovsky V.V., Inogamov N.A., Oleynik I.I.

Ultrashort shock waves in nickel induced by femtosecond laser pulses.

Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics. 2013. V. 87. P. 054109,1-9

<http://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.87.054109>

Impact Factor: 3.767

2. Петров Ю.В., Иногамов Н.А., Мигдал К.П.

Теплопроводность и коэффициент электрон-ионного теплообмена в конденсированных средах с сильно возбужденной электронной подсистемой.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2013. Т. 97. № 1. С. 24-31.

http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1995/article_30137.shtml

[Petrov Y.V., Inogamov N.A., Migdal K.P.

Thermal Conductivity and the Electron-Ion Heat Transfer Coefficient in Condensed Media with a Strongly Excited Electron Subsystem.

JETP Letters. 2013. V. 97. N. 1. P. 20–27.

<http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364013010098>]

Impact Factor: 1.524

3. Ашитков С.И., Иногамов Н.А., Жаховский В.В., Эмиров Ю.Н., Агранат М.Б., Олейник И.И., Анисимов, С.И., Фортов В.Е.

Образование нанополостей в поверхностном слое алюминиевой мишени при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2012. Т. 95. № 4. С. 192-197.

http://www.jetpletters.ac.ru/ps/1957/article_29641.shtml

[Ashitkov S.I., Inogamov N.A., Zhakhovsky V.V., Emirov Y.N., Agranat M.B., Oleinik I.I., Anisimov S.I., Fortov V.E.

Formation of Nanocavities in Surface Layer of Aluminum Target irradiated by Femtosecond Laser Pulse.

JETP Letters. 2012. V. 95. N. 4. P. 176-181.

<http://link.springer.com/article/10.1134/S0021364012040042>]

Impact Factor: 1.524

4. Zhakhovsky V.V., Budzevich M.M., Oleynik I.I., Inogamov N.A., White C.T.

TWO-ZONE ELASTIC-PLASTIC SINGLE SHOCK WAVES IN SOLIDS.

Physical Review Letters. 2011. V. 107. N. 13. P. 135502,1-4.

<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.107.135502>

Impact Factor: 7.943

5. Demaske B.J., Zhakhovsky V.V., Oleynik I.I., Inogamov N.A.

Ablation and spallation of gold films irradiated by ultrashort laser pulses.

Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics. 2010. V. 82. N. 6. P. 064113,1-5.

<http://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.82.064113>

Impact Factor: 3.767

5. Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Y.V., Anisimov S.I., Zhakhovsky V.V., Faenov A.Y., Skobelev I.Y., Pikuz T.A., Fortov V.E., Kato Y., Tanaka M., Kishimoto M., Ishino M., Nishikino M., Fukuda Y., Bulanov S.V., Kawachi T., Shepelev V.V.

Spallative ablation of dielectrics by X-ray laser.

Applied Physics A: Materials Science & Processing. 2010. V. 101. N. 1. P. 87-96.

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00339-010-5764-3>

Impact Factor: 1.545

6. Агранат М.Б., Анисимов С.И., Ашитков С.И., Жаховский В.В., Иногамов Н.А., Комаров П.С., Овчинников А.В., Фортов В.Е., Хохлов В.А., Шепелев В.В.

Прочностные свойства расплава алюминия в условиях экстремально высоких темпов растяжения при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2010. Т. 91. № 9. С. 517-523.

[Agranat M.B., Ashitkov S.I., Zhakhovskii V.V., Komarov P.S., Ovchinnikov A.V., Fortov V.E., Anisimov S.I., Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Shepelev V.V.

Strength properties of an aluminum melt at extremely high tension rates under the action of femtosecond laser pulses.

JETP Letters. 2010. V. 91. N. 9. P. 471-477.

<http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364010090080>]

Impact Factor: 1.524

7. Упруго-пластические явления в ультракоротких ударных волнах.

Жаховский В.В., Иногамов Н.А.

Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2010. Т. 92. № 8. С. 574-579.

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=jetpl&paperid=1444&option_lang=rus
[Zhakhovskii V.V., Inogamov N.A.

Elastic-plastic phenomena in ultrashort shock waves.

JETP Letters. 2010. V. 92. N. 8. P. 521-526.

<http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364010200063>]

Impact Factor: 1.524

9. Zhakhovskii V.V., Nishihara K., Ashitkov S.I., Inogamov N.A., Petrov Yu.V.

Molecular dynamics simulation of femtosecond ablation and spallation with different interatomic potentials.

Applied Surface Science. 2009. V. 255. N. 24. P. 9592-9596.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433209004346>

Impact Factor: 2.112

10. Two-temperature relaxation and melting after absorption of femtosecond laser pulse.

Inogamov N.A., Khokhlov V.A., Petrov Yu.V., Anisimov S.I., Zhakhovskii V.V., Ashitkov S.I., Komarov P.S., Agranat M.B., Nishihara K.

Applied Surface Science. 2009. V. 255. N. 24. P. 9712-9716.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433209004619>

Impact Factor: 2.112

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

РФФИ-09-08-00969, "Электронная тепловая релаксация, кинетика плавления и кавитационный распад метастабильного расплава после воздействия фемтосекундного лазерного импульса", 2009-2011

РФФИ-13-08-01095, "Фемтосекундные лазеры, ударные волны и исследования упруго-пластических явлений, полиморфных превращений и разрушения на предельно коротких временах нагружения", 2013-2015

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

1. Курс "Взаимодействие излучения с веществом". Московский физико-технический институт, ФОПФ, кафедра физики и технологии наноструктур

2. Курс "Лазерная физика". Московский физико-технический институт, ФФКЭ, кафедра фотоники

3. Научный руководитель аспиранта Мигдала К.П.

2.13. Контактный телефон

+7 4954258767

2.14. Электронный адрес (E-mail)

nailinogamov@gmail.com

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РНФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ /Н.А. Иногамов/

Форма 2. Сведения о исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

Пикуз Татьяна Александровна

2.2. Дата рождения

1956-03-09

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Кандидат технических наук, 2001

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

Премия Центра Вольты - Ландау и Министерства иностранных дел Италии, 2003 г. Награда Президента Японского агентства по атомной энергии за исследования генерации квантовых пучков в релятивистской лазерной плазме, 2010 г. Позиция приглашенного профессора в Кансайском институте фотонных исследований Японского агентства по атомной энергии, 2011-2014 г.

2.6. Основное место работы – должность, полное название организации (сокращенное название организации)

старший научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

лазерная плазма, спектроскопия, рентгеновская оптика, экстремальные состояния вещества, корпускулярная и рентгеновская радиография, квантовые пучки, рентгеновские лазеры

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору РНФ

02-304 02-210 02-302

2.9. Число публикаций за пять лет, предшествующих конкурсу - 66,

из них

66 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science;

56 - опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus;

56 - опубликованы в изданиях, индексируемых в РИНЦ.

2.10. Список основных публикаций заявителя за последние 5 лет (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science, Scopus, РИНЦ, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в сети Интернет указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций, в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition))

1. A. Ya. Faenov, Y. Kato, M. Tanaka, T. A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, Y. Fukuda, S. V. Bulanov, T. Kawachi. Submicrometer-resolution in situ imaging of the focus pattern of a soft x-ray laser by color center formation in LiF crystal. Optics Letters, 34, 941 (2009)

2. M. Kando, A. S. Pirozhkov, K. Kawase, T. Zh. Esirkepov, Y. Fukuda, H. Kiriyaama, H. Okada, I. Daito, T. Kameshima, Y. Hayashi, H. Kotaki, M. Mori, J. K. Koga, H. Daido, A. Ya. Faenov, T. Pikuz, J. Ma, L.-M. Chen, E. N. Ragozin, T. Kawachi, Y. Kato, T. Tajima, S. V. Bulanov. Enhancement of Photon Number Reflected by the Relativistic Flying Mirror Phys. Rev. Lett. 103, 235003 (2009)

3. A.Ya. Faenov, T.A. Pikuz, Y. Fukuda, M. Kando, H.Kotaki, T. Homma, K. Kawase, T. Kameshima, A. Pirozhkov, A. Yogo, M. Tampo, M. Mori, H. Sakaki, Y. Hayashi, T. Nakamura, S.A. Pikuz Jr., I.Yu. Skobelev, S.V. Gasilov, A. Giuliatti, C.A. Cecchetti, A.S. Boldarev, V.A. Gasilov, A. Magunov, S. Kar, M. Borghesi, P. Bolton, H. Daido, T. Tajima, Y. Kato, S.V. Bulanov Submicron ionography of nanostructures using a femtosecond-laser-driven-cluster-based source. *Appl. Phys. Lett.* 95, 101107 (2009)
4. A.Ya. Faenov, N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskii, V.A. Khokhlov, K. Nishihara, Y. Kato, M. Tanaka, T.A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, T. Nakamura, Y. Fukuda, S.V. Bulanov, T. Kawachi Low-threshold ablation of dielectrics irradiated by picosecond soft X-ray laser pulses. *Applied Phys. Lett.* 94, 231107 (2009)
5. Y. Fukuda, A.Ya. Faenov, M. Tampo, T.A. Pikuz, T. Nakamura, M. Kando, Y. Hayashi, A. Yogo, H. Sakaki, T. Kameshima, A.S. Pirozhkov, K. Ogura, M. Mori, T. Esirkepov, J. Koga, A.S. Boldarev, V.A. Gasilov, A. I. Magunov, P. Kodama, P. Bolton, Y. Kato, T. Tajima, H. Daido, S.V. Bulanov. Energy increase in multi-MeV ion acceleration in the interaction of short pulse laser with a cluster-gas target. *Phys. Rev. Lett.*, 103, 165002 (2009)
6. I.Yu. Skobelev, A.Ya. Faenov, T.A. Pikuz, V.E. Fortov. Hollow ions spectra in ultradense laser plasma. *Physics-Uspekhi. Advances in Physical Sciences.* 55, 47-71 (2012).
7. A. S. Pirozhkov, M. Kando, T. Zh. Esirkepov, P. Gallegos, H. Ahmed, E. N. Ragozin, A. Ya. Faenov, T. A. Pikuz, T. Kawachi, A. Sagisaka, J. K. Koga, M. Coury, J. Green, P. Foster, C. Brenner, B. Dromey, D. R. Symes, M. Mori, K. Kawase, T. Kameshima, Y. Fukuda, L. Chen, I. Daito, K. Ogura, Y. Hayashi, H. Kotaki, H. Kiriya, H. Okada, N. Nishimori, T. Imazono, K. Kondo, T. Kimura, T. Tajima, H. Daido, P. Rajeev, P. McKenna, M. Borghesi, D. Neely, Y. Kato, and S. V. Bulanov. Soft X-ray harmonic comb from relativistic electron spikes. *Phys. Rev. Letters*, 108, 1354004 (2012)
8. Tatiana Pikuz, Anatoly Faenov, Yuji Fukuda, Masaki Kando, Paul Bolton, Alexander Mitrofanov, Alexander Vinogradov, Mitsuru Nagasono, Haruhiko Ohashi, Makina Yabashi, Kensuke Tono, Yashinori Senba, Tadashi Togashi, Tetsuya Ishikawa. Optical features of a soft X-ray imaging detector based on photoluminescence point defects in LiF crystals irradiated by Free Electron Laser pulses. *Optics Express* 20 (4) 3424 (2012).
9. Tatiana A. Pikuz, Anatoly Ya. Faenov, Yuji Fukuda, Masaki Kando, Paul Bolton, Alexander Mitrofanov, Alexander V. Vinogradov, Mitsuru Nagasono, Haruhiko Ohashi, Makina Yabashi, Kensuke Tono, Yasunori Senba, Tadashi Togashi, and Tetsuya Ishikawa. Soft X-ray Free Electron Laser imaging by LiF crystal and film detectors over a wide range of fluences. *Applied Optics* 52, 509 – 515 (2013)
10. Sergey Magnitskiy, Nikolay Nagorskiy, Anatoly Faenov, Tatiana Pikuz, Mamoko Tanaka, Masahiko Ishino, Masaharu Nishikino, Yuji Fukuda, Masaki Kando, Tetsuya Kawachi and Yoshiaki Kato. Observation and theory of X-ray mirages. *Nature Communications.* 4, 1936 (2013)

2.11. Руководство научными проектами (указываются названия фондов (организаций), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

Грант РФФИ №10-07-00227-а, База атомных данных SPECTR-W3 для спектроскопии плазмы и других приложений, 2010-2012

2.12. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах).

2.13. Контактный телефон

+7 9175882880

2.14. Электронный адрес (E-mail)

tapikuz@yahoo.com

2.15. Участие в проекте

Исполнитель проекта

С условиями конкурса РНФ ознакомлен и согласен. Подтверждаю свое участие в проекте. Даю свое согласие на обработку (включающую сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, использование, уничтожение) представленных мною выше персональных данных Российским научным фондом (адрес: 109240, г. Москва, ул. Солянка, д. 14, стр. 3) с целью проведения экспертизы заявки и подготовки аналитических материалов по конкурсам на срок до ликвидации оператора (РНФ). Данное согласие может быть отозвано мною в письменной форме.

Удостоверяющий документ

(вид, номер, дата выдачи, выдавший орган, заполняется от руки)

Подпись исполнителя проекта _____ /Т.А. Пикуз/

Форма 3. Сведения об организации

собираются автоматически на основе регистрационных данных организации, указанной как организация, через которую осуществляется финансирование (в пункте "Форма Т")

3.1. Полное название (приводится в соответствии с регистрационными документами и печатью)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук

3.2. Сокращенное название

ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН

3.3. Название на английском языке

L.D. Landau Institute for Theoretical Physics of Russian Academy of Sciences

3.4. Организационно-правовая форма

Бюджетные учреждения

3.5. Форма собственности

Федеральная собственность

3.6. Ведомственная принадлежность

Федеральное агентство научных организаций

3.7. ИНН, КПП

5031002141, 503101001

3.8. Фактический адрес

142432, Московская обл., Ногинский р-н, г. Черноголовка, проспект акад. Семенова, д.1а

3.9. Субъект Российской Федерации

Московская обл

3.10. Должность, фамилия, имя, отчество руководителя организации

директор, Лебедев Владимир Валентинович

3.11. Контактный телефон

(495)7029317

3.12. Электронный адрес (E-mail)

office@itp.ac.ru

Руководитель организации подтверждает, что:

- ознакомлен с условиями конкурса РНФ и согласен на финансирование проекта, в случае его поддержки, через организацию;
- организация исполняет обязательства по уплате налогов в бюджеты всех уровней и обязательных платежей в государственные внебюджетные фонды, платежеспособна, не находится в процессе ликвидации или реорганизации, не признана несостоятельной (банкротом), на ее имущество не наложен арест и ее экономическая деятельность не приостановлена;
- в случае признания заявки победителем организация берет на себя следующие

обязательства:

- заключить с руководителем проекта трудовой (срочный трудовой) договор на весь период практической реализации проекта (если такой не заключен ранее);
- заключить с членами научной группы гражданско-правовые или трудовые (срочные трудовые) договоры (если таковые не заключены ранее);
- по поручению руководителя проекта выплачивать членам научной группы вознаграждение за выполнение работ по проекту;
- предоставить научной группе помещение, доступ к имеющейся экспериментальной базе для осуществления научного исследования;
- ежегодно представлять отчет о целевом использовании средств гранта Российского научного фонда.

Руководитель организации гарантирует, что общий размер ежегодного вознаграждения члена научной группы не будет превышать 30 процентов от суммы ежегодного вознаграждения всем членам научной группы [1], а размер ежегодного вознаграждения всех молодых исследователей [2] будет не меньше 25 процентов от суммы ежегодного вознаграждения всех членов научной группы [1].

[1] Включая установленные трудовым законодательством Российской Федерации гарантии, отчисления по страховым взносам на обязательное пенсионное страхование, на обязательное медицинское страхование, на обязательное социальное страхование на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством, на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

[2] Под молодым исследователем понимается член научной группы в возрасте: кандидат наук - 35 лет (включительно), член научной группы без степени - 30 лет (включительно).

Подпись руководителя организации (уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности) [3], печать организации.

_____/_____/_____
М.П.

[3] В случае подписания заявки уполномоченным представителем к печатному экземпляру заявки прилагается доверенность (копия доверенности, заверенная печатью организации).

Форма 4. Содержание проекта

4.1. Научная проблема, на решение которой направлен проект

Физика фемтосекундного лазерного воздействия и трехмерные эффекты: явления на краю лазерного пучка, фокусировка на дифракционном пределе и облучение нанообъектов

4.2. Актуальность проблемы для данной отрасли знаний, научная значимость решения проблемы

Много современных и нацеленных на будущее технологий используют лазеры с коротким импульсом в качестве многоцелевого инструмента. Поэтому исследования взаимодействия ультракоротких импульсов с веществом, бесспорно, являются актуальными. Кроме того, с ними связана интригующая физика быстротекущих, зачастую сильно неравновесных явлений в конденсированных средах. Приведем перечень важных задач, которые будут решены за 2014-2016 гг., представим их значимость и актуальность.

I. Хорошо известно, что лазерное воздействие оставляет кратерообразный отпечаток на поверхности мишени. Понятно, что это связано с конечным диаметром лазерного пучка. Ранее в разных научных группах были выполнены работы, которые связывали край кратера с порогом лазерной абляции. Это были экспериментальные и теоретические работы. В опытах определяли локальную поверхностную плотность энергии (флюенс) (Дж/см^2) пучка на краю кратера и называли эту величину порогом абляции. В теоретических работах рассматривался пучок бесконечной ширины (т.е. однородный по поверхности мишени), и варьировалась поверхностная плотность энергии. Находилось такое значение флюенса, при котором начинался отрыв вещества. Это значение объявлялось порогом термомеханической абляции. Экспериментальный и теоретический пороги абляции неплохо согласуются, см., например, работы Zhakhovskii et al., "Molecular dynamics simulation of femtosecond ablation and spallation with different interatomic potentials", Applied Surface Science 255, 9592 (2009); Demaske et al., "Ablation and spallation of gold films irradiated by ultrashort laser pulses", Phys. Rev. B 82, 064113 (2010). Подчеркнем, что в теории рассматривалась одномерная задача (распределение флюенса вдоль поверхности мишени однородно). Между тем, на пороге проявляются сильные пространственные эффекты (неоднородность). В недавних экспериментах с помощью тщательного анализа на атомном силовом микроскопе обнаружено образование гигантских тончайших нитей на краю кратера. Их длина составляет микроны, а толщина единицы и десятки нанометров. Задача, которая будет решена совместно с экспериментаторами, заключается в объяснении происхождения таких краевых структур.

II. Другая задача, где трехмерность играет определяющую роль, относится к популярным технологиям LIFT и LIBT (см. формулу 1 и статьи в wikipedia). Ясно, что 3D-эффекты необходимо учитывать, когда используются ультрамалые (дифракционный предел) пятна фокусировки. Эта задача будет решена с помощью комбинации методов молекулярно-динамического моделирования и двухтемпературной гидродинамики.

III. Очень сложной и важной является задача о многократных воздействиях при значительных флюенсах. Здесь подчеркнута "при значительных флюенсах". Дело в том, что на шкале флюенсов важнейшими являются значения, которые соответствуют порогам плавления и абляции. Причем сильные возмущения поверхности появляются, если флюенс превышает порог абляции. Поэтому задача о медленном формообразовании на поверхности ниже порога абляции относительно проста. Разумеется, речь идет о формообразовании (изменении профиля поверхности от

выстрела к выстрелу) с ростом числа "выстрелов" N . Важной и очень сложной является задача об эволюции поверхности мишени внутри пятна воздействия выше порога абляции, когда после каждого выстрела происходит сильное изменение рельефа.

Подход и решение этой задачи требуют двух-трех лет напряженной работы. В настоящее время в нашей группе определены ключевые составляющие решения. Проблема оказывается многоэтапной, прохождение этапов требует привлечения специалистов разного профиля. Требуется решить задачу о распределении поглощенного флюенса по неоднородной поверхности. Затем потребуются решение двух-, трехмерной задачи двухтемпературной теплопроводности. Необходимо также применять двух-, трехмерное гидродинамическое моделирование, поскольку нагрев при рассматриваемых нами энергозатратах приводит вещество в активное движение. Для этого в нашу группу включен специалист по такому моделированию.

Почему задача с числом выстрелов $N > 1$ важна? Для практических применений (например, SERS, или усиление рентгеновской вспышки) требуется изготовление наноструктурированных поверхностей. И такие поверхности изготавливаются. В лабораториях накоплен соответствующий эмпирический опыт: поверхности с такими-то конкретными параметрами шероховатости изготавливаем путем последовательности N_1 выстрелов с флюенсом F_1 , потом делаем N_2 выстрелов с флюенсом F_2 и т.д. до формирования нужной шероховатости. Но никакой теоретической базы под этим нет. Между тем ясно значение аппарата моделирования, который высветил бы роль отдельных физических составляющих и помогал предсказывать результат.

IV. Ультракороткий импульс даже умеренной энергетики (скажем, порядка одного Дж/см²) создает громадные напряжения в поверхностном слое (амплитуда этих напряжений порядка той, которая соответствует воздействию химических взрывчатых веществ). Причем темпы деформации чрезвычайно велики (порядка обратной наносекунды), они недостижимы при других способах воздействия. Громадные, чрезвычайно кратковременные напряжения плюс сильное возбуждение электронной подсистемы - сочетание этих обстоятельств не встречалось ранее. Поэтому требуется адаптация существующих моделей дислокационной динамики к условиям ультракороткого воздействия. Эта задача будет решена в рамках проекта.

V. Наночастицы металлов (золота, меди, серебра и др.) приготавливаются путем многовыстрельной абляции, при которой пластинку металла помещают в воду или другую прозрачную жидкость и фокусируют лазер на поверхность пластинки. Постепенно выстрел за выстрелом в жидкой среде накапливаются наночастицы, и жидкость превращается в суспензию наночастиц. При этом часто пластинку перемещают между выстрелами, и новый выстрел или приходится на новое место на поверхности пластинки, или попадает в уже облученное место. Исследователи не обращают внимание на это обстоятельство. Большое число выстрелов им необходимо для накопления достаточно большого числа наночастиц (суспензия становится непрозрачной). Перед нами чисто эмпирический подход к важнейшей проблеме изготовления наночастиц в виде суспензий или порошков (после высушивания раствора). При этом размеры наночастиц могут быть чрезвычайно малы - например, наночастицы, состоящие лишь из десятков атомов. Далее порошки или растворы используются для приготовления лекарств или средств их доставки и для множества других важных целей.

В рамках проекта будет построена новая теория и проведено численное моделирование процессов, которые через двухтемпературную стадию, возникновение сильных сжимающих и растягивающих напряжений, фрагментацию конденсированной фазы, расширение в окружающую жидкость, конденсацию паров металлов, закалку и сохранение фрагментов в этой жидкости ведут к образованию суспензии. Экспериментальных работ в этой области много, поэтому для проверок

расчетов нам не требуется кооперация с конкретной экспериментальной лабораторией.

VI. В практике имеются наночастицы, заключенные в жидкость (суспензии) или в прозрачную твердую среду (например, стекло). Спрашивается, как повлияет фемтосекундное лазерное воздействие на такие наночастицы? В рамках проекта эта задача будет решена. Воздействие активизирует дислокационную динамику в наночастице, приводит к плавлению самой наночастицы и окружающей ее среды в малой окрестности наночастицы. При определенных условиях может иметь место разрушение наночастиц. Разумеется, такой метод воздействия представляет большой интерес в целях развития технологий обработки или разрушения наночастиц.

4.3. Конкретная задача в рамках проблемы, на решение которой направлен проект, ее масштаб

I. Выше порога абляции фемтосекундное лазерное воздействие оставляет кратер на поверхности мишени. Обычно размер пятна фокусировки составляет 10-100 мкм при использовании лазеров с энергией импульса порядка мДж. Порог абляции и соответствующий диаметр кратера с хорошей точностью определяются в рамках одномерного численного моделирования (при таком моделировании распределение флюенса однородно по всей облученной поверхности). При этом вне поля зрения остаются многообещающие трехмерные структуры, которые формируются именно на краю кратера. В рамках проекта будет предпринят анализ таких структур. Задача важная в практическом плане, интересная в фундаментальном отношении и трудная. Сказанное характеризует ее масштаб.

II. Технологии LIFT/LIBT - это не некие технологии будущего, они играют существенную роль в реальном производстве. Тем не менее физика имеющих место явлений до сих пор непонята. Под действием ультракороткого импульса тонкая пленка металла (например, золота) отделяется от прозрачной диэлектрической подложки. В зависимости от диаметра пятна облучения (обычно в пределах 0.5-10 мкм) и вложенной в пятно энергии в опытах наблюдаются самые разные формы деформаций поверхности - от вздутий или куполов с наноджетами до отрывов, оставляющих дырку в пленке. Пока имеется только констатация этих наблюдений. Данная проблема будет решена с использованием трехмерных кодов, учитывающих специфику воздействия ультракоротких импульсов. Данная специфика заключается в необходимости описания эффектов возбуждения электронной подсистемы конденсированной среды.

III. Очень важным для лазерных технологий является вопрос о формировании поверхностных наноструктур. Известно, что "зоопарк" примеров весьма разнообразен. Здесь и рипплы (периодическое чередование желобков) с шагом (периодом) порядка длины волны возбуждающего их лазера, и шахматные структуры, и случайные рельефы как с пространственным масштабом порядка длины волны, так и с масштабом на порядок меньшим. Описание процессов, приводящих к такому разнообразию, пока отсутствует. Имеются только догадки о роли интерференции поверхностных электромагнитных мод с падающей и отраженной лазерными волнами. В предыдущем пункте представлен новый перспективный план исследований в этой области. Он будет выполняться с помощью комбинирования нескольких разных методик.

IV. Ультракороткий импульс с амплитудой, которая представляет интерес для рассматриваемых здесь наномодификаций поверхности, приводит к мощной встряске поверхностного слоя. Встряска состоит в возбуждении квантовой электронной подсистемы, последующему нагреву ионной подсистемы, формированию слоя расплава и излучению мощных волн напряжений с

амплитудой напряжений (десятки ГПа), сопоставимой с объемным модулем ~ 100 ГПа). Соответствующие волны напряжений оказываются ультракороткими - кристалл пребывает под их действием ограниченное время (10-30 пс). Поэтому обычные механизмы пластических и полиморфных трансформаций сработать не успевают. Поэтому большой интерес представляет предлагаемое в проекте развитие новых дислокационных моделей на случай ультракоротких импульсов. Это задача большого масштаба.

V. Одним из важных способов получения наночастиц является лазерная абляция в жидкость. До сих пор неясны механизмы перехода вещества наночастиц из макроскопической мишени в наночастицу через двухтемпературную стадию, тепловую и механическую фрагментацию или конденсацию паров металла. Представляется, что процесс это многостадийный, покрывающий широкий диапазон масштабов от толщины слоя прогрева в металле порядка 100 нм до размеров парового пузырька в жидкости порядка миллиметра.

Ранее нами было выполнено много расчетов, в которых лазерное излучение проходит через прозрачное диэлектрическое окно и поглощается в металле, контактирующем с окном (см. Inogamov et al., "Laser acoustic probing of two-temperature zone created by femtosecond pulse", Contrib. Plasma Phys., v. 51, No. 4, 367 – 374 (2011); Demaske et al., "Ultrashort shock waves in nickel induced by femtosecond laser pulses", Phys. Rev. B v. 87, 054109 (2013)). В этих работах главным был анализ гидродинамики металла. Гидродинамика течения в диэлектрике играла вспомогательную роль. Существование окна из плотной конденсированной среды динамически ограничивало скорость волны разрежения. Теперь будут использованы прежние наработки, но с акцентом на явления в диэлектрике. Ясно, что начальные стадии расчетов с парами металл-жидкость и металл-твердый диэлектрик сходны. Это позволяет нам надеется, что будут получены новые данные и понимание на физическом уровне процессов формирования наночастиц в жидкости при их переходе из металла в жидкость.

VI. Будет решена важная проблема, касающаяся облучения отдельной наночастицы ультракоротким импульсом. Наночастица находится в прозрачной среде: вакууме, газе или в конденсированной среде, в жидкости или твердом теле. Близкая по духу задача была решена ранее: Анисимов, Макшанцев, "Роль поглощающих неоднородностей в оптическом пробое прозрачных сред", Физика тверд. тела, т. 15(4), 1090-1095 (1973). В свое время эта работа оказала огромное влияние на практику. Удалось повысить лучевую стойкость лазерных стекол путем исключения попадания микронных и субмикронных металлических частиц в жидкое стекло на стадии изготовления. В нашем случае речь пойдет об ультракоротких импульсах, когда необходимо учитывать возбуждение электронной подсистемы. Будут получены данные о динамике дислокаций под действием механических нагрузок, фазовых переходах и разрушении наночастиц.

4.4. Научная новизна поставленной задачи, обоснование достижимости решения поставленной задачи и возможности получения запланированных результатов.

I. Новизна: Задача об анализе трехмерных эффектов на границе кратера является новой. Существование таких кратеров хорошо известно из эксперимента. Все же проводившиеся до сих пор расчеты с помощью гидрокодов были одномерными.

Достижимость: С одной стороны, в нашей группе детально разработана физика ультракороткого лазерного воздействия. С другой стороны, нами было выполнено много работ по гидродинамическим неустойчивостям в связи с лазерным термомодом. Накоплен соответствующий опыт. Это позволяет во всеоружии подойти к решению заявленной задачи.

II. Степень новизны: До сих пор отсутствует понимание динамики облученных тонких пленок на прозрачных диэлектрических подложках. Хотя эксперимент ведется уже больше 10 лет.

Соответственно, разрабатываемый нами подход является новым.

Достижимость: Ранее нами было изучено контактное взаимодействие в системе металл-стекло с нагревом металла через стекло: Inogamov et al., "Laser acoustic probing of two-temperature zone created by femtosecond pulse", *Contrib. Plasma Phys.*, v. 51, No. 4, 367 – 374 (2011); Demaske et al., "Ultrashort shock waves in nickel induced by femtosecond laser pulses", *Phys. Rev. B* v. 87, 054109 (2013). Кроме того, было исследовано влияние толщины пленки: Demaske et al., "Ablation and spallation of gold films irradiated by ultrashort laser pulses", *Phys. Rev. B* 82, 064113 (2010). Отсюда следует, что группа хорошо понимает ситуацию, и проблема будет решена.

III. Новизна: Проблема описания механизмов формирования поверхностных наноструктур чрезвычайно сложна. До сих пор имеются только работы, определяющие условия резонирования падающей и поверхностной электромагнитных волн. Поэтому наш подход, который дополнительно к плазмонике вводит в оборот двухтемпературные, тепловые и гидродинамические эффекты, является новым.

Достижимость: Надо признать, успех в решении такой сложной задачи не гарантирован.

Основания надеяться на получение требуемого понимания связаны с нашим опытом решения двухтемпературных задач и опытом решения многомерных задач. Потребуется усилия коллектива и достаточно продолжительный период работы.

IV. Новизна: Как сказано выше, ультракороткий импульс приводит к мощной встряске мишени - возбуждаются электроны, нагревается и плавится решетка ионной подсистемы, возникают волны больших напряжений. Активность дислокаций в поле сильных непродолжительных напряжений отмечалась ранее. Это были именно наблюдения, они базировались на данных из молекулярной динамики (см., например, Demaske et al., "Ablation and spallation of gold films irradiated by ultrashort laser pulses", *Phys. Rev. B* 82, 064113 (2010)). В работе по проекту будут разработаны новые дислокационные модели, которые в будущем будут применяться в гидрокодах. Таким образом, появится конкуренция затратным подходам, основанным на численном моделировании с помощью молекулярной динамики.

Достижимость: В свое время нам удалось включить двухтемпературную физику в коды обычной гидродинамики. Теперь в гидрокоды будут добавлены дислокационные модели.

V. Новизна: До сих пор нет опубликованных моделей и расчетов получения наночастиц путем абляции в жидкости.

Достижимость: Ранее наша группа выполняла моделирование явлений на контакте диэлектрик-металл, см. Inogamov et al., "Laser acoustic probing of two-temperature zone created by femtosecond pulse", *Contrib. Plasma Phys.*, v. 51, No. 4, 367 – 374 (2011); Demaske et al., "Ultrashort shock waves in nickel induced by femtosecond laser pulses", *Phys. Rev. B* v. 87, 054109 (2013)). При развитии теории абляции в жидкости будут использованы эти подходы, но теперь с вниманием к гидродинамике жидкости на больших временах.

VI. Новизна: Облучению наночастиц лазером уделяется огромное внимание. Соответствующая проблематика относится к особо важным. При этом авторы анализируют плазмонные поля вокруг наночастицы, решают вопросы рассеяния падающего электромагнитного излучения (далекие обобщения теории Ми). При этом вопросы двухтемпературной физики и гидродинамических явлений, порожденных ультракоротким лазерным воздействием, изучены слабо. Поэтому наш подход к задаче является оригинальным.

Достижимость: Предстоит обобщить двухтемпературную гидродинамику на случай наночастицы. Решение этой проблемы нам по плечу.

4.5. Современное состояние исследований по данной проблеме, основные направления исследований в мировой науке

I. Известно, что с воздействием лазерного пучка связано появление кратера на облученной поверхности. В случае ультракороткого импульса абляция носит термомеханический характер. Это означает, что вынос основной массы вещества из кратера происходит в гидродинамическом процессе - путем разрыва и откола в нестационарной волне разрежения в конденсированной среде (вклад испарения невелик). Представление о разрыве в нестационарной волне разрежения появилось в 1999 г.: Иногамов и др., "Разлет вещества, нагретого ультракоротким лазерным импульсом", Письма в ЖЭТФ, т. 69(4), 284-289 (1999). Понятия о геометрии лазерного выброса, о кратере и его крае развиваются уже несколько лет: см. Agranat et al., "Dynamics of plume and crater formation after action of femtosecond laser pulse", Appl. Surf. Sci., v. 253(15), 6276-6282 (2007); Иногамов и др., "О наноотколе после воздействия ультракороткого лазерного импульса", ЖЭТФ, т. 134(1), 5-28 (2008); Inogamov et al., "Surface Nanodeformations Caused by Ultrashort Laser Pulse", Engineering Failure Analysis, Available online 30 January 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.12.009>. В этих работах были развиты качественные представления относительно морфологии лазерного выброса, представляющего собой летящую куполообразную оболочку с паровым слоем впереди и двухфазной смесью расплав-пар внутри.

Существование выброса с оболочкой было подтверждено серией одномерных (1D) молекулярно-динамических расчетов, в которых варьировалась вложенная энергия (поглощенный флюенс). В результате, действительно, воспроизводилась картина с раздувающейся в полете куполообразной оболочкой, вещество которой летит в направлении по нормали к поверхности мишени, см. рис. 13-16 в статье Иногамов и др., "О наноотколе..", ЖЭТФ, 2008, упомянутой выше. Аналогичные рисунки были построены недавно в работе Wu, Zhigilei, "Microscopic mechanisms of laser spallation and ablation of metal targets from large-scale molecular dynamics simulations", Appl. Phys. A, v. 114, 11-32 (2014), см. рис. 16 в этой работе.

Безусловно, такая картина дает правильное представление о лазерном выбросе в случае ультракороткого импульса и формировании кратера. Но подчеркнем, она получена в 1D приближении. В этом приближении плохо описываются специфические 3D эффекты, важные именно на краю кратера. (Сделаем одно замечание для ясности. Молекулярно-динамический расчет является трехмерным - атомы движутся в 3D пространстве. В приведенных выше двух ссылках такие расчеты, входящие в серию, описывают в каждом отдельном расчете 1D ситуацию с флюенсом, который однородно распределен вдоль поверхности мишени).

Между тем, краевые эффекты улавливаются в опытах. В работе Ашитков и др., "Образование нанополостей в поверхностном слое алюминиевой мишени при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов", Письма в ЖЭТФ, т. 95(4), 192-197 (2012) методами микроинтерферометрии выявлено существование краевого валика высотой в 10-100 нанометров вокруг кратера на мишени из алюминия. В недавних неопубликованных опытах в группе Фаенова в Kansai Photon Science Institute (KPSI), Япония, путем детального анализа края кратера на атомном силовом микроскопе обнаружены чрезвычайно длинные нити (микроны в длину!). Если в работе Ашитков и др., "Образование нанополостей..", Письма в ЖЭТФ (2012) краевой валик связан с существованием пористого металла под ним, то в KPSI видят сверхдлинные нити.

Разумеется, такие нити невозможно увидеть в цитированных выше 1D расчетах: Иногамов и др., "О наноотколе..", ЖЭТФ (2008); Wu, Zhigilei, "Microscopic..", Appl. Phys. A (2014).

Происхождение этих нитей будет выяснено путем именно 3D моделирования в работах, которые будут выполнены в рамках проекта РФФ.

II. Работы по LIFT/LIBT технологиям ведутся широким фронтом. Это связано с их востребованностью в практических приложениях. Слабым местом здесь остается отсутствие современного многомерного гидродинамического моделирования. Именно на детальное 3D моделирование с учетом возбуждения верхних электронных зон металлов и всей двухтемпературной физики будут нацелены наши работы.

III. По поверхностному наноструктурированию в мире выполняется очень большое количество работ. Работы делятся на подгруппы по более конкретным признакам. Например, имеются поднаправления LIPSSs - Laser Induced Periodic Surface Structures, LSFLs (Low Spatial Frequency LIPSSs), HSFLs (High Spatial Frequency LIPSSs). Хотя работ много, из-за важности приложений, но ясной физической картины нет. Обычно полагают, что LSFLs с периодичностью порядка длины световой волны возникают вследствие взаимодействия электромагнитного поля с шероховатой поверхностью мишени. В качестве теории таких структур отсылают к теории Sipe'a: Sipe et al., "Laser-induced periodic surface structure. I. Theory", *Phys. Rev. B*, v. 27, 1141 (1983). Примерно десять лет назад исследователи обратили внимание на HSFLs, в которых пространственные масштабы намного меньше, чем длина волны. Такие структуры появляются только при использовании ультракоротких лазерных импульсов (с длительностью порядка пикосекунды и короче).

На сегодня имеются три группы теорий. В одной продолжают исследования взаимодействия электромагнитного поля с поверхностными полями (см., например, Huang et al., "Origin of laser-induced near-subwavelength ripples: interference between surface plasmons and incident laser", *ACS Nano*, v. 3, 4062 (2009)), во второй учитывают тепловые и гидродинамические эффекты (Жаховский и др., "Новый механизм формирования нанорельефа поверхности, облучённой фемтосекундным лазерным импульсом", *Письма в ЖЭТФ*, т. 87 (8), 491-496 (2008); Ашитков и др., "Образование нанополостей в поверхностном слое алюминиевой мишени при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов", *Письма в ЖЭТФ*, т. 95(4), 192-197 (2012)) и, наконец, в третьей отвлекаются от реальных физических механизмов и оперируют с теми или иными нелинейными системами, обладающими сложным поведением (синергетика, самоорганизация из-за неустойчивостей лазерной абляции) (Costache et al., "Sub-damage-threshold femtosecond laser ablation from crystalline Si: surface nanostructures and phase transformation", *Appl. Phys. A*, v. 79, 1429 (2004)). Наш подход будет соответствовать теориям второй группы, в которой будет учтено перераспределение электромагнитного поля по поверхности из-за рельефа.

IV. Дислокационные модели много лет развиваются в физике твердого тела (Малыгин, "Прочность и пластичность нанокристаллических материалов и наноразмерных кристаллов", *УФН*, т. 181(11), 1129 (2011)). Нас интересуют приложения этих подходов к ультракороткому лазерному воздействию. Первые шаги в этом направлении сделаны (Mayer, Krasnikov, "Copper spall fracture under sub-nanosecond electron irradiation", *Engineering Fracture Mechanics*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2011.02.012>). Но в этой работе рассматривался импульс длительностью сотни пикосекунд и с большой глубиной проникновения (электронный пучок). При таком воздействии двухтемпературные эффекты несущественны. Для наших гидрокодов необходимы обобщения, которые включают поглощение в скин-слое и возбуждение электронных оболочек.

V. Имеется обширная литература по абляции в жидкости для получения наночастиц путем ультракороткого лазерного воздействия, см. обзор Barcikowski and Compagnini, "Advanced

nanoparticle generation and excitation by lasers in liquids", Phys. Chem. Chem. Phys., v. 15, 3022 (2013) и последующие статьи в этом выпуске, собранном по работам конференции "Laser Ablation and Nanoparticle Generation in Liquids". Правда, все эти работы экспериментальные. Предстоит, модифицируя наш предыдущий опыт, разработать физическую модель абляции в конденсированную среду. Как уже говорилось выше, наш предыдущий опыт относился к расчетам абляции на контакте прозрачной и поглощающей сред, см. Inogamov et al., "Laser acoustic probing of two-temperature zone created by femtosecond pulse", Contrib. Plasma Phys., v. 51, No. 4, 367 – 374 (2011); Demaske et al., "Ultrashort shock waves in nickel induced by femtosecond laser pulses", Phys. Rev. B v. 87, 054109 (2013). При этом ранее внимание было сконцентрировано на распространении упруго-пластических волн по непрозрачному материалу. Теперь же необходимо исследовать процессы в прозрачной среде.

VI. Взаимодействию наночастицы и электромагнитной волны уделяется много внимания. Соответствующие вопросы восходят к теории Ми, созданной более ста лет назад. Находятся плазмонные поля, связанные с наночастицей. Исследуются резонансы высоких порядков, следующих за дипольным (квадрупольный и т.д.). Изучаются коллективные эффекты, возникающие когда наночастицы находятся на не слишком далеких расстояниях друг от друга. В то же время до сих пор слабо изучены тепловые эффекты, связанные с нагревом наночастиц излучением. Не изучен случай ультракоротких импульсов, когда необходимо принимать во внимание возбуждение электронной подсистемы и последующую электрон-фононную релаксацию.

4.6. Основные мировые научные конкуренты

Имеется много групп, которые занимаются опытами в области фемтосекундной абляции. Приведем здесь те, которые решают близкие задачи. В России эксперимент по абляции, по формированию поверхностных структур, по генерации рентгеновской вспышки оптическим ультракоротким лазерным импульсом ведется в сильной, хорошо оснащенной лаборатории М.Б. Аграната в ОИВТ РАН. Близкой экспериментальной проблематикой занимаются в ФИАНе, в успешно работающей лаборатории А.А. Ионина.

Из зарубежных исследователей-экспериментаторов нужно отметить связку Гуо, Воробьев из университета Рочестера (The Institute of Optics, University of Rochester). Имеется интересная экспериментальная группа в Ганновере: Чичков, Nanotechnology Department Laser Zentrum Hannover. Передовые эксперименты ведет группа Sokolowski-Tinten, Faculty of Physics, University of Duisburg-Essen. В прошлом это лаборатория Проф. Д. фон дер Линде. Например, им принадлежит открытие в опытах множущихся с течением времени колец Ньютона (Phys. Rev. Lett., 1998, см. выше). Теперь ясно, что увеличение числа колец вызвано движением оболочки, удаляющейся от поверхности мишени. Перечисленные выше группы запомнились выдающимися работами. У соавторов настоящей заявки имеются совместные работы с группами Аграната и фон дер Линде. В Японии наши коллеги работают в институтах Kansai Photon Science Institute, Japan Atomic Energy Agency (Ishino, Nishikino, Kawachi и др.) и Institute of Laser Engineering, Osaka University в Осаке (проф. К. Нишихара). Быстро растет число лабораторий, в которых занимаются опытами по сходным проблемам, в Китае.

Вычислительными моделями занимаются:

Г.Э. Норман, ОИВТ РАН, Москва, DFT методы, молекулярная динамика

H. Urbassek, Technische Universität Kaiserslautern, DFT методы, молекулярная динамика

B. Rethfeld, Fachbereich Physik der Universität Kaiserslautern, физические модели

L. Zhigilei, Computational Materials Group, University of Virginia. Молекулярная динамика. Разработка межатомных потенциалов

T. Итина, Hubert Curien Laboratory, CNRS/Lyon University, Saint-Etienne, France

Выше отмечен ближайший круг исследователей. Они занимаются близкими задачами. Зачастую они не конкуренты, а коллеги. Они занимаются проблематикой, прилегающей к обрисованным выше задачам (I-III).

Проф. Г.А. Малыгин, Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе, СПб

Н.Б. Волков, А.Е. Майер, физфак, Челябинский Государственный Университет

Эти исследователи занимаются физикой дислокаций. Данная тематика имеет отношение к задаче (IV)

Экспериментами в связи с задачей (V) в России занимаются в лаборатории Шафеева в Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Научный центр волновых исследований ИОФ РАН, Отдел волновых явлений, Лаборатория макрокинетики неравновесных процессов. Отметим, что зарубежных групп очень много.

(VI) Имеются несколько сильных Российских ученых с работами по указанной тематике. В России работают

В.В. Лебедев, директор ИТФ им. Ландау РАН

А.К. Сарычев, Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН, г. Москва

М.И. Трибельский, факультет электроники МГТУ МИРЭА

За границей работает Б.С. Лукьянчук, Сингапур, Институт хранения данных (Data Storage Institute)

4.7. Предлагаемые методы и подходы, общий план работы на весь срок выполнения проекта и ожидаемые результаты (объемом не менее 2 стр.; в том числе указываются ожидаемые конкретные результаты и способы их обнародования – монография, серия статей (с указанием научных изданий и, при наличии, их импакт-факторов по 2012 JCR Science Edition или 2012 JCR Social Sciences Edition); общий план дается с разбивкой по годам)

Проблемы, на решение которых нацелен проект, сложны. Это проблемы (I-III, VI), связанные с учетом и трехмерной геометрии, и двухтемпературных состояний. Впрочем, не проще задачи (IV) об активизации дислокаций ударом ультракороткого импульса и (V) об абляции в конденсированную среду. Все они будут решаться с помощью комбинированного подхода, в котором сочетаются гидродинамические и молекулярно-динамические алгоритмы. В наших предыдущих работах гидродинамические и молекулярно-динамические алгоритмы были одномерными. Как говорилось выше, они аппроксимировали ситуации, в которых использовалось большое геометрическое отношение - диаметр пятна нагрева на поверхности мишени был на три порядка больше толщины слоя нагрева.

В настоящем проекте будут подняты трудные вопросы. Придется создавать и использовать трехмерные гидродинамические и молекулярно-динамические методики.

I. Проблема состоит в описании краевого эффекта, связанного с порогом абляции. При небольшом смещении по радиусу пятна нагрева на поверхности мишени мы выходим из надпороговой области и переходим в подпороговую область. На границе перехода смещение частицы вещества по нормали к плоскости границы испытывает разрыв. Частицы из надпороговой области уходят на бесконечность, а подпороговые частицы сохраняют контакт с мишенью. На самом деле переходная область имеет заметную ширину - в несколько единиц процентов.

Именно в этой переходной области будет изучен вопрос о влиянии трехмерности. Для этого мы применим многомерные гидрокоды, которые будут учитывать физику возбуждения электронной подсистемы, неоднородную теплопроводность и гидродинамические перетоки не только вдоль нормали к поверхности мишени, но и в поперечном направлении. Полученные данные позволят сузить пространство параметров. Это позволит провести несколько единичных крупномасштабных молекулярно-динамических симуляций краевых эффектов.

II. Рассматривается воздействие ультракоротких лазерных импульсов на мишени, состоящие из двух слоев: один слой ограниченной толщины 10-1000 нм (пленка металла), другой слой - "бесконечной" толщины - диэлектрическая подложка. Подложка прозрачна для света оптического лазера, поэтому пленку можно освещать как со стороны металла, так и через прозрачный диэлектрик. Отметим, что во втором случае предельный флюенс заметно меньше, чем при освещении непосредственно металла через воздух. Это связано с оптическим пробоем диэлектрика возле контакта с металлом при достаточно больших световых потоках. Нас интересуют возмущения пленки настолько сильные, что она отрывается от подложки. Задача будет решена в пространственной геометрии с применением гидродинамических кодов. Затем отдельные варианты будут проверены с помощью молекулярной динамики. В этом состоит наш подход к решению.

III. Сложной является ситуация с поверхностными наноструктурами и их эволюцией при повторях ультракороткого воздействия. Здесь полный успех не гарантирован. Здесь требуется применение всего арсенала средств: методик многомерного моделирования тепловых задач, многомерных гидродинамических алгоритмов и молекулярной динамики.

IV. Особого отношения требует задача о динамике дислокаций, зарождение, движение и размножение которых инициировано ультракоротким ударом. Необходим перебор моделей, имеющихся в литературе, и подбор параметров, которые соответствуют нашей ситуации с громадными и весьма кратковременными нагрузками. Для этого будут использоваться единичные молекулярно-динамические расчеты. Положение осложняется тем, что волна напряжений лишь за конечное время отделяется от слоя горячего расплава. То есть методика должна учитывать сильную температурную зависимость параметров дислокационной модели.

V. Подход к задаче об абляции в конденсированные жидкие и твердые среды будет отталкиваться от подхода, разработанного нами ранее. В предыдущих работах рассматривалось воздействие на металл через прозрачное окно. Ранее в основном изучалось распространение волн в металле, а теперь в нашем новом подходе мы сконцентрируемся на движении лазерного выброса внутри принимающей конденсированной среды. При этом будет детально проанализировано распространение сильных ударных волн в диэлектрике вместе с анализом нагрева и вскипания жидкости в месте контакта с расплавом горячего металла.

VI. Данная проблема, касается расчета последствий облучения отдельной наночастицы ультракоротким импульсом. Методики, которые будут применены, состоят в обобщении на случай наночастицы нашего двухтемпературного гидрокода.

Общий план работы на весь срок выполнения проекта

2014

Будут решены задачи (I) и (II) о краевых эффектах на боковой границе кратера и о воздействии на двухслойную мишень.

Будет начато решение задачи (III): формирование и эволюция поверхностных структур в режиме повторяющихся выстрелов (multi-shots).

Будет начато решение задачи (IV) о дислокационной модели, описывающей динамику твердого тела вне слоя расплава под действием напряжений, созданных ультракоротким импульсом.

Будет начато решение задачи (V) об абляции в конденсированную среду.

Будет закончен первый этап анализа задачи (VI) об облучении наночастиц ультракоротким импульсом.

2015

Будет продолжено решение задачи (III). Здесь требуется понять и получить описание того, как эволюционируют поверхностные структуры от одного лазерного воздействия к другому.

Будет закончено решение задачи (IV) о дислокационной модели, описывающей динамику твердого тела вне слоя расплава под действием напряжений, созданных ультракоротким импульсом.

Будет продолжено решение задачи (V) об абляции в конденсированную среду.

Будет продолжен анализ задачи (VI) об облучении наночастиц ультракоротким импульсом.

2016

Будет закончено решение задачи (III). Здесь требуется понять и получить описание того, как эволюционируют поверхностные структуры от одного лазерного воздействия к другому.

Будет закончена задача (V) об абляции в конденсированную среду.

Будет закончена задача (VI) об облучении наночастиц ультракоротким импульсом.

Ожидаемые конкретные результаты

В результате выполнения работ будут решены задачи:

(I) О краевых эффектах на боковой границе кратера и сравнении с экспериментом в KPSI, Japan.

(II) Будет понята физика воздействия на двухслойную мишень. В результате будут получены ценные данные, относящиеся к востребованным технологиям LIFT/LIBT.

(III) Будет создан новый подход к описанию формирования и эволюции поверхностных структур в

режиме повторяющихся выстрелов (multi-shots). Эта задача имеет исключительное значение для приложений.

(IV) Будет создана дислокационная модель, которая частично заменит весьма громоздкие молекулярно-динамические расчеты.

(V) Будут поняты ключевые моменты абляции в конденсированную среду. Будет детально изучена начальная горячая фаза абляции, когда смещение контакта между расширяющимся металлом и сдерживающей конденсированной средой доходит до величин порядка диаметра пятна облучения. Будет изучены процессы дальнейшего более медленного движения продуктов абляции в конденсированную среду.

(VI) Будут получены практически важные данные о параметрах ультракороткого импульса, приводящего к разрушению наночастиц.

Публикации:

2014 г.: 4 статьи

2015 г.: 4 статьи

2016 г.: 4 статьи

Все статьи будут опубликованы в журналах с импакт-фактором не ниже единицы, например, ЖЭТФ, Письма в ЖЭТФ, Phys. Rev. B, Phys. Rev. Lett.

4.8. Имеющийся у группы научный задел по проекту (указываются полученные ранее результаты, разработанные программы и методы)

Группа давно занимается задачами воздействия лазерного излучения на вещество и поэтому имеет мощный научный задел, достаточный для решения намеченных проблем.

Представим в самом кратком виде предыдущие результаты

1) Были поняты причины, по которым происходил пробой оптических стекол на высоких световых потоках. Оказалось, первопричиной является сверхмелкие металлические частицы, которые попадали в вещество на стадии плавки

С.И. Анисимов, Б.И. Макшанцев, Роль поглощающих неоднородностей в оптическом пробое прозрачных сред, Физика тверд. тела, 15 (4), 1090-1095 (1973).

С.И. Анисимов, В.Л. Комолов, Оптический пробой компенсированных полупроводников, Физика тверд. тела, 16 (2), 575-576 (1974).

2) Созданы представления о переходе конденсированной среды в двухтемпературное состояние под действием ультракороткого лазерного импульса

С.И. Анисимов, Б.Л. Капелиович, Т.Л. Перельман, Электронная эмиссия с поверхности металлов под действием ультракоротких лазерных импульсов, ЖЭТФ, 66 (2), 776-779 (1974).

3) Впервые развиты представления об откольной абляции конденсированного вещества под воздействием ультракоротких лазерных импульсов, на основе которых впервые объяснен феномен колец Ньютона, возникающих при таком воздействии.

С.И. Анисимов, Н.А. Иногамов, А.М. Опарин, Газодинамика некоторых течений с фазовыми переходами, Изв. АН, Сер. механика жидкости и газа, 34(6), 149-160 (1999) [S.I. Anisimov, N.A.

Inogamov, A.M. Oparin, Gas dynamics of certain phase-transition flows, *Fluid Dynamics*, 34(6), 896-905 (1999)].

Н.А. Иногамов, А.М. Опарин, Ю.В. Петров, Н.В. Шапошников, С.И. Анисимов, Д. фон дер Линде, Ю. Майер-тер-Фен, Разлет вещества, нагретого ультракоротким лазерным импульсом, *Письма в ЖЭТФ*, 69 (4), 284-289 (1999) [N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, S.I. Anisimov, A.M. Oparin, N.V. Shaposhnikov, D. von der Linde, J. Meyer-ter-Vehn, Expansion of matter heated by an ultrashort laser pulse, *JETP Lett.*, 69 (4), 310-316 (1999)].

4) Абляция твердых мишеней под действием фемтосекундных лазерных импульсов рассмотрена методом молекулярно-динамического моделирования с применением параллельных вычислений с использованием коммуникационного протокола для параллельного программирования MPI и рекордного числа участвующих в моделировании частиц. Показано, что молекулярно-динамическое моделирование наиболее адекватно описывает сложную картину фазовых переходов на заключительной стадии абляции.

В.В. Жаховский, К. Нишихара, С.И. Анисимов, Н.А. Иногамов, Молекулярно-динамическое моделирование волн разрежения в средах с фазовыми переходами, *Письма в ЖЭТФ*, 71 (4), 241-248 (2000) [V.V. Zhakhovskii, K. Nishihara, S.I. Anisimov, N.A. Inogamov, Molecular-dynamics simulation of rarefaction waves in media that can undergo phase transitions, *JETP Lett.*, 71 (4), 167-172 (2000)].

С.И. Анисимов, В.В. Жаховский, Н.А. Иногамов, К. Нишихара, А.М. Опарин, Ю.В. Петров, Разрушение твердой пленки в результате действия ультракороткого лазерного импульса, *Письма в ЖЭТФ*, 77(11), 731-736 (2003) [S.I. Anisimov, V.V. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, et al., Destruction of a solid film under the action of ultrashort laser pulse, *JETP Lett.*, 77(11), 606-610 (2003)].

М.В. Агранат, С.И. Анисимов, С.И. Ашитков, В.В. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, К. Nishihara, Ю.В. Петров, Nanospallation induced by a femtosecond laser pulse, *Proc. SPIE*, 6720, 672002 (2007).

С.И. Анисимов, В.В. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, К. Nishihara, Ю.В. Петров, Simulation of the expansion of a crystal heated by an ultrashort laser pulse, *Appl. Surf. Sci.*, 253(15), 6390-6393 (2007).

Н.А. Иногамов, В.В. Жаховский, С.И. Ашитков, Ю.В. Петров, М.В. Агранат, С.И. Анисимов, К. Нишихара, В.Е. Фортов, О нанопотколе после воздействия ультракороткого лазерного импульса, *ЖЭТФ*, 134(1), 5-28 (2008) [N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskii, S.I. Ashitkov, et al., Nanospallation induced by an ultrashort laser pulse, *JETP*, 107(1), 1-19 (2008)].

А.К. Upadhyay, N.A. Inogamov, B. Rethfeld, H.M. Urbassek, Ablation by ultrashort laser pulses: Atomistic and thermodynamic analysis of the processes at the ablation threshold, *Phys. Rev. B* 78, 045437 (2008) [10 pages].

5) Получены оригинальные многочастичные потенциалы межатомного взаимодействия в металлах на основе модели "погруженного атома" ("Embedded atom" model, EAM), параметры в которых найдены из условия совпадения холодных кривых одноосного растяжения металлов с полученным межатомным потенциалом и холодных кривых одноосного растяжения, полученных методом функционала плотности. Найденные таким образом потенциалы межатомного взаимодействия в алюминии, золоте и никеле хорошо описывают не только одноосное растяжение, характерное для лазерной абляции металлов, но и кривую их плавления.

V.V. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, S.I. Ashitkov, K. Nishihara, Molecular dynamics simulation of femtosecond ablation and spallation with different interatomic potentials, *Appl. Surf. Sci.*, 255(24), 9592-9596 (2009).

6) Впервые рассмотрена эволюция вещества мишени из простых металлов под действием фемтосекундных лазерных импульсов, начиная от стадии нагрева электронов, включая двухтемпературную стадию вплоть до абляции вещества мишени. Составлена система уравнений двухтемпературной термо- и гидродинамики, описывающих изменение состояния вещества и его движение.

С.И. Анисимов, В.В. Жаховский, Н.А. Иногамов, К. Нишихара, Ю.В. Петров, В.А. Хохлов, Формирование кратера и откольной оболочки коротким лазерным импульсом, Матем. моделирование, 18(8), 111-122 (2006).

С.И. Анисимов, В.В. Жаховский, Н.А. Иногамов, К. Нишихара, Ю.В. Петров, В.А. Хохлов, Разлет вещества и образование кратера при абляции под действием ультракороткого лазерного импульса, ЖЭТФ, 130(2), 212-227 (2006) [S.I. Anisimov, V.V. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, K. Nishihara, Yu.V. Petrov, V.A. Khokhlov, Ablated matter expansion and crater formation under the action of ultrashort laser pulse, JETP, 103(2), 183-197 (2006)].

M.B. Agranat, S.I. Anisimov, S.I. Ashitkov, V.V. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, K. Nishihara, A.M. Oparin, Yu.V. Petrov, V.E. Fortov, V.A. Khokhlov, Dynamics of plume and crater formation after action of femtosecond laser pulse, Appl. Surf. Sci., 253(15), 6276-6282 (2007).

N.A. Inogamov, S.I. Anisimov, Yu.V. Petrov, V.A. Khokhlov, V.V. Zhakhovskii, K. Nishihara, M.B. Agranat, S.I. Ashitkov, P.S. Komarov, Theoretical and experimental study of hydrodynamics of metal target irradiated by ultrashort laser pulse, Proc. SPIE, 7005, 70052F (2008) (10 pages).

7) Исследована абляция тонких пленок конденсированного вещества на фронтальной и тыльной поверхностях под действием фемтосекундных лазерных импульсов.

S.I. Anisimov, N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, V.A. Khokhlov, V.V. Zhakhovskii, K. Nishihara, M.B. Agranat, S.I. Ashitkov, P.S. Komarov, Thresholds for frontal ablation and backside spallation of thin foil irradiated by femtosecond laser pulse, Appl. Phys. A 92(4), 797-801 (2008).

8) Впервые предложен новый механизм образования нанорельефа на поверхности мишени после воздействия ультракоротких лазерных импульсов.

В.В. Жаховский, Н.А. Иногамов, К. Nishihara, Новый механизм формирования нанорельефа поверхности, облучённой фемтосекундным лазерным импульсом, Письма в ЖЭТФ, 87 (8), 491-496 (2008) [V.V. Zhakhovskii, N.A. Inogamov, K. Nishihara, New mechanism of the formation of the nanorelief on a surface irradiated by a femtosecond laser pulse, JETP Lett., 87(8), 423-427 (2008)].

V. Zhakhovskii, N. Inogamov, K. Nishihara, Laser ablation and spallation of crystalline aluminum simulated by Molecular Dynamics, J. Phys.: Conf. Ser., 112, 042080 (2008).

9) Рассчитаны электронные кинетические коэффициенты, имеющие важнейшее значение в системе двухтемпературных гидродинамических уравнений, описывающих абляцию под действием фемтосекундных лазерных импульсов – коэффициент электронной теплопроводности и коэффициент электрон-ионного теплообмена для простых металлов с возбуждаемыми лазерным излучением s- и p-электронами в широком диапазоне электронных температур, достигающих нескольких эВ.

Н.А. Иногамов, Ю.В. Петров, Теплопроводность металлов с горячими электронами, ЖЭТФ, 137(3), 505-529 (2010) [N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, Thermal conductivity of metals with hot electrons, JETP, 110(3), 446-468 (2010)].

Yu.V. Petrov, Energy exchange between the lattice and electrons in a metal under femtosecond laser irradiation, Laser and Particle Beams, 23(3), 283-289 (2005).

10) Электронные кинетические коэффициенты – коэффициент электронной теплопроводности и коэффициент электрон-ионного теплообмена – рассчитаны в широком интервале температур электронов для металлов с возбуждаемыми под действием фемтосекундных лазерных импульсов d-электронами (благородных и переходных).

Ю.В. Петров, Н.А. Иногамов, К.П. Мигдал, Теплопроводность и коэффициент электрон-ионного теплообмена в конденсированных средах с сильно возбужденной электронной подсистемой, Письма в ЖЭТФ, 97 (1), 24-31 (2013) [Yu.V. Petrov, N.A. Inogamov, K.P. Migdal, Thermal conductivity and the electron-ion heat transfer coefficient in condensed media with a strongly excited electron

subsystem, JETP Lett., 97(1), 20-27 (2013)].

Ю.В. Петров, Н.А. Иногамов, Снятие моттовского межзонного s-d-увеличения электросопротивления никеля и платины за счет возбуждения электронов фемтосекундным лазерным импульсом, Письма в ЖЭТФ, 98 (5), 316-322 (2013) [Y.V. Petrov, N.A. Inogamov, Elimination of the Mott Interband s-d Enhancement of the Electrical Resistance of Nickel and Platinum Owing to the Excitation of Electrons by Femtosecond Laser Pulses, JETP Letters, 98(5), 278-284 (2013)].

К.Р. Migdal, Yu.V. Petrov, N.A. Inogamov, Kinetic coefficients for d-band metals in two-temperature states created by femtosecond laser irradiation, Proc. SPIE, 9065, 906503 (2013).

11) Методами функционала плотности с помощью пакетов программ ABINIT и VASP рассчитаны двухтемпературные термодинамические характеристики металлов при электронных температурах, достигающих нескольких эВ, в том числе и металлов с d-электронами.

N.A. Inogamov, Yu.V. Petrov, V.V. Zhakhovskiy, V.A. Khokhlov, B.J. Demaske, S.I. Ashitkov, K.V. Khishchenko, K.P. Migdal, M.B. Agranat, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, I.I. Oleynik, Two-temperature thermodynamic and kinetic properties of transition metals irradiated by femtosecond lasers, AIP Conf. Proc. 1464, 593-608 (2012).

12) Впервые обнаружен эффект образования нанополостей в металлах по действием ультракоротких лазерных импульсов при интенсивности лазерного излучения, меньшей порога абляции.

С.И. Ашитков, Н.А. Иногамов, В.В. Жаховский, Ю.Н. Эмиров, М.Б. Агранат, И.И. Олейник, С.И. Анисимов, В.Е. Фортов, Образование нанополостей в поверхностном слое алюминиевой мишени при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов, Письма в ЖЭТФ, 95 (4), 192-197 (2012) [S.I. Ashitkov, N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskii, Yu.N. Emirov, M.B. Agranat, I.I. Oleinik, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Formation of nanocavities in the surface layer of an aluminum target irradiated by a femtosecond laser pulse, JETP Lett., 95(4), 176-181 (2012)].

S.I. Ashitkov, N.A. Inogamov, P.S. Komarov, V.V. Zhakhovskiy, I.I. Oleynik, M.B. Agranat, G.I. Kanel, V.E. Fortov, Strength of metals in liquid and solid states at extremely high tension produced by femtosecond laser heating, AIP Conf. Proc. 1464, 120-125 (2012).

13) Рассмотрена абляция твердых диэлектриков (LiF) под действием ультракоротких лазерных импульсов ультрафиолетового и мягкого рентгеновского диапазона частот. Показаны существенно более низкие пороговые значения интенсивности для начала абляции диэлектрика при жестком излучении по сравнению с порогом абляции металлов при излучении оптического диапазона частот.

A.Ya. Faenov, N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskii, V.A. Khokhlov, K. Nishihara, Y. Kato, M. Tanaka, T.A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, T. Nakamura, Y. Fukuda, S.V. Bulanov, T. Kawachi, Low-threshold ablation of dielectrics irradiated by picosecond soft x-ray laser pulses, Appl. Phys. Lett. 94, 231107 (2009).

N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskiy, A.Y. Faenov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, I.Y. Skobelev, Y. Kato, M. Tanaka, T.A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, Y. Fukuda, S.V. Bulanov, T. Kawachi, Y.V. Petrov, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Spallative ablation of dielectrics by X-ray laser, Appl. Phys. A 101(1), 87-96 (2010); arXiv:0912.3184.

Н.А. Иногамов, С.И. Анисимов, В.В. Жаховский, А.Ю. Фаенов, Ю.В. Петров, В.А. Хохлов, В.Е. Фортов, И.Ю. Скобелев, Ю. Като, Т.А. Пикуз, В.В. Шепелев, Ю. Фукуда, М. Танака, М. Кишимото, М. Ишино, М. Нишикино, М. Кандо, Т. Кавачи, М. Нагасоно, Н. Охаши, М. Ябаши, К. Тано, Ю. Сенда, Т. Тогаши, Т. Ишикава, Абляция диэлектриков под действием коротких импульсов рентгеновских плазменных лазеров и лазеров на свободных электронах, Оптический журнал, 78 (8), 5-15 (2011)

Ya. Cherednikov, N.A. Inogamov, H.M. Urbassek, Atomistic modeling of ultrashort-pulse ultraviolet laser

ablation of a thin LiF film, J. Opt. Soc. Am. B 28(8), 1817-1824 (2011).

N.A. Inogamov, A.Ya. Faenov, V.V. Zhakhovskiy, T.A. Pikuz, I.Yu. Skobelev, Yu.V. Petrov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Y. Fukuda, M. Kando, T. Kawachi, M. Nagasono, H. Ohashi, M. Yabashi, K. Tono, Y. Senda, T. Togashi, T. Ishikawa, Two-Temperature Warm Dense Matter Produced by Ultrashort Extreme Vacuum Ultraviolet-Free Electron Laser (EUV-FEL) Pulse, Contrib. Plasma Phys., 51(5), 419-426 (2011).

Ya. Cherednikov, N.A. Inogamov, H.M. Urbassek, Influence of defects on extreme ultraviolet laser ablation of LiF, Phys. Rev. B 88, 134109 (2013) [9 pages].

14) Исследована абляция металлов под действием ультракоротких ультрафиолетовых и рентгеновских лазерных импульсов.

M. Ishino, A.Ya. Faenov, M. Tanaka, N. Hasegawa, M. Nishikino, S. Tamotsu, T.A. Pikuz, N.A. Inogamov, V.V. Zhakhovskiy, I.Yu. Skobelev, V.E. Fortov, V.A. Khokhlov, V.V. Shepelev, T. Ohba, T. Kaihori, Y. Ochi, T. Imazono, T. Kawachi, Nanoscale surface modifications and formation of conical structures at aluminum surface induced by single shot exposure of soft x-ray laser pulse, J. Appl. Phys., 109, 013504 (2011) [6 pages].

N.A. Inogamov, A.Ya. Faenov, V.V. Zhakhovskii, I.Yu. Skobelev, V.A. Khokhlov, Y. Kato, M. Tanaka, T.A. Pikuz, M. Kishimoto, M. Ishino, M. Nishikino, Y. Fukuda, S.V. Bulanov, T. Kawachi, Yu.V. Petrov, S.I. Anisimov, V.E. Fortov, Interaction of short laser pulses in wavelength range from infrared to X-ray with metals, semiconductors, and dielectrics, Contrib. Plasma Phys., 51(4), 361-366 (2011).

M. Ishino, A. Faenov, M. Tanaka, N. Hasegawa, M. Nishikino, S. Tamotsu, T. Pikuz, N. Inogamov, V. Zhakhovskiy, I. Skobelev, V. Fortov, V. Khokhlov, V. Shepelev, T. Ohba, T. Kaihori, Y. Ochi, T. Imazono, T. Kawachi, Interaction of soft x-ray laser pulse radiation with aluminum surface: Nano-meter size surface modification, AIP Conf. Proc. 1465, 236-240 (2012).

M. Ishino, A. Faenov, M. Tanaka, S. Tamotsu, T. Pikuz, N. Hasegawa, M. Nishikino, N. Inogamov, I. Skobelev, V. Fortov, G. Norman, S. Starikov, V. Stegailov, T. Kaihori, T. Kawachi, and M. Yamagiwa, Nano-meter scale modifications on material surfaces induced by soft X-ray laser pulse irradiations, Proc. SPIE, 8849, 88490F (2013).

15) Впервые обнаружено возбуждение свехупругих ударных волн и составных упруго-пластических волн в металлах под действием ультракоротких лазерных импульсов.

B.J. Demaske, V.V. Zhakhovskiy, N.A. Inogamov, C.T. White, I.I. Oleynik, Evolution of metastable elastic shock waves in nickel, AIP Conf. Proc. 1426, 1303-1306 (2012).

V.V. Zhakhovskiy, B.J. Demaske, N.A. Inogamov, V.A. Khokhlov, S.I. Ashitkov, M.B. Agranat, I.I. Oleynik, Super-elastic response of metals to laser-induced shock waves, AIP Conf. Proc. 1464, 102-112 (2012).

N. Inogamov, V. Khokhlov, Yu. Petrov, S. Anisimov, V.V. Zhakhovskiy, B.J. Demaske, I.I. Oleynik, S.I. Ashitkov, K.V. Khishchenko, M. Agranat, V. Fortov, C.T. White, Ultrashort elastic and plastic shock waves in aluminum, AIP Conf. Proc. 1426, 909-912 (2012).

B.J. Demaske, V.V. Zhakhovskiy, N.A. Inogamov, I.I. Oleynik, Ultrashort shock waves in nickel induced by femtosecond laser pulses, Phys. Rev. B 87, 054109 (2013) [9 pages].

4.9. Перечень оборудования, материалов, информационных и других ресурсов, имеющих у научной группы для выполнения проекта (в том числе – описывается необходимость их использования для реализации проекта), наличие в организации центра коллективного пользования оборудованием, услуги которого будут использованы при выполнении проекта

Группа обладает мощными информационными ресурсами. Будет модифицирован для перечисленных выше нужд высокопроизводительный параллельный программный комплекс. Этот комплекс включает автоматическую балансировку по процессорам. Он разработан для крупномасштабного молекулярно-динамического численного моделирования, см. пример в файле,

приложенном к данной заявке (рис. 7). Алгоритм разработан для моделирования систем размером порядка микрона. Алгоритм обладает рекордной производительностью. Он в несколько раз превосходит известный код LAMMPS Molecular Dynamics Simulator в классе задач, которые будут рассмотрены в проекте. В настоящее время ведутся важные работы по включению в наш код блока Монте-Карло. Этот блок позволит описывать процессы, отвечающие за динамику электронной подсистемы. Программа обладает сильной масштабируемостью, что позволяет успешно применять ее на десятках тысяч процессоров.

Группа производит серии расчетов с использованием высокопроизводительных вычислительных кластеров ЛОМОНОСОВ (МГУ) и ПАРМА (<http://parma.chant.ru/>). Кластер ПАРМА используется для задач малого масштаба, а также для отладочных работ. ПАРМА принадлежит нашему институту (ИТФ им. Л.Д. Ландау), поэтому у нас имеется неограниченный доступ к этой машине.

4.10. План работы на первый год выполнения проекта (в том числе указываются запланированные командировки по проекту)

1. Будет написан многомерный гидрокод для расчета трехмерных эффектов, возникающих на границе кратера, возникающего в твердой мишени под действием ультракоротких лазерных импульсов. В гидрокоде, как и его одномерном аналоге, будет учтено возбуждение электронной подсистемы, теплопроводность, обмен энергией между электронами и ионами. Многомерный гидрокод будет применен для решения задачи об отрыве металлической пленки от диэлектрической подложки под действием фемтосекундного лазерного импульса. Проведенное с помощью многомерного гидродинамического кода исследование задач о границе кратера и отрыве металлической пленки от диэлектрической подложки будет в дальнейшем использовано для оптимизации параметров в молекулярно-динамическом моделировании этих задач с целью уменьшить трудоемкость молекулярно-динамических расчетов.
2. Будет начато решение сложной задачи о формировании и эволюция поверхностных структур в режиме повторяющихся выстрелов (multi-shots). Здесь требуется применение разнообразных средств: многомерного моделирования тепловых задач, многомерных гидродинамических расчетов и молекулярной динамики.
3. Будет начато решение задачи о динамике дислокаций, создаваемых в веществе мишени под действием ультракоротких лазерных импульсов, их зарождении, движении, размножении. Создание дислокационной модели будет нацелено на ее включение в гидродинамические расчеты с целью заменить ими часть более громоздких молекулярно-динамических вычислений.
4. Будут рассмотрены подходы к решению задачи о лазерной абляции металлов в конденсированную среду под действием ультракоротких импульсов, в которой наибольший интерес представляет распространение вещества мишени в окружающем веществе.
5. Будет проведен анализ задачи об облучении наночастиц ультракоротким лазерным импульсом.

4.11. Планируемые на первый год содержание и объем работы каждого исполнителя проекта (включая руководителя проекта)

Гидродинамические расчеты абляции фольги из золота, нанесенной на стеклянную подложку, под действием фемтосекундных лазерных импульсов в одномерном варианте (В.А. Хохлов, Д.К. Ильницкий)

Расчеты кинетических коэффициентов (коэффициента электронной теплопроводности и коэффициента электрон-ионного теплообмена) золота в состоянии с горячими электронами (Ю.В. Петров, К.П. Мигдал, Н.А. Иногамов)

Расчет термодинамических функций золота в условиях двухтемпературной гидродинамики (К.П. Мигдал, Н.А. Иногамов)

Проведение экспериментов по определению структуры края кратера, образованного при абляции металлов под действием фемтосекундных лазерных импульсов на лазерных системах в Kansai Photon Science Institute (KPSI), Япония (А.Я. Фаенов, Т. Пикуз)

Написание многомерного гидродинамического кода и расчет с его помощью явлений на границе абляционного кратера (А.Н. Паршиков, Д.К. Ильницкий, В.В. Шепелев)

Исследование подходов к решению задачи о формировании и эволюция поверхностных структур в режиме повторяющихся выстрелов (С.И. Анисимов, Н.А. Иногамов, В.А. Хохлов, Ю.В. Петров, В.В. Жаховский, К.П. Мигдал, Д.К. Ильницкий, О.В. Сергеев, В.В. Шепелев, А.Н. Паршиков, А.Я.Фаенов, Т.А. Пикуз)

Изучение методов решения задачи учета дислокаций в гидродинамической модели лазерной абляции (С.И. Анисимов, Н.А. Иногамов, В.А. Хохлов, Ю.В. Петров, В.В. Жаховский, Д.К. Ильницкий, О.В. Сергеев, В.В. Шепелев, А.Н. Паршиков)

Рассмотрение подходов к решению задачи о лазерной абляции металлов в конденсированную среду (С.И. Анисимов, Н.А. Иногамов, В.А. Хохлов, Ю.В. Петров, В.В. Жаховский, К.П. Мигдал, Д.К. Ильницкий, О.В. Сергеев, В.В. Шепелев, А.Н. Паршиков, А.Я.Фаенов, Т.А. Пикуз)

Начало работ по решению задачи об облучении наночастиц ультракоротким лазерным импульсом (С.И. Анисимов, Н.А. Иногамов, В.А. Хохлов, Ю.В. Петров, В.В. Жаховский, Д.К. Ильницкий).

4.12. Ожидаемые в конце первого года конкретные научные результаты (форма изложения должна дать возможность провести экспертизу результатов и оценить степень выполнения заявленного в проекте плана работы)

В конце первого года выполнения проекта будет получена гидродинамическая картина полей скоростей, электронных и ионных температур, давлений, плотности при абляции пленки золота, нанесенной на стеклянную подложку, под действием фемтосекундных лазерных импульсов.

Будут рассчитаны необходимые в гидродинамических расчетах термодинамические функции золота в двухтемпературном состоянии с сильно различающимися температурами электронов и ионов.

В двухтемпературном состоянии будут рассчитаны кинетические коэффициенты, определяющие прогрев мишени из золота ультракоротким лазерным излучением – электронный коэффициент теплопроводности и коэффициент электрон-ионного обмена энергией.

Будет произведен расчет взаимодействия ультракороткого лазерного импульса со сферической металлической наночастицей. Рассмотрение будет проведено с применением гидродинамического кода в лагранжевых переменных в сферической геометрии. Будет разработана модификация многопроцессорного молекулярно-динамического кода на случай сферических частиц.

Будут произведены эксперименты по изучению строения края лазерного кратера, образованного действием фемтосекундных лазерных импульсов оптического диапазона частот, на лазерных системах в Kansai Photon Science Institute (KPSI), Япония (группой по руководством участника проекта А.Я. Фаенова).

Будет написан многомерный гидродинамический код, с помощью которого будет получен расчет течения вещества лазерной мишени на границе абляционного кратера при параметрах вещества мишени и лазерного импульса, соответствующих экспериментам, проводимым группой А.Я. Фаенова в Kansai Photon Science Institute (KPSI), Япония.

4.13. Перечень планируемых к приобретению за счет средств гранта оборудования, материалов, информационных и других ресурсов для выполнения проекта (в том числе – описывается необходимость их использования для реализации проекта), планы по использованию центров коллективного пользования

компьютерная техника, необходимая при проведении расчетов в рамках проекта

4.14. Файл с дополнительной информацией 1

С графиками, фотографиями, рисунками и иной информацией о содержании проекта. В формате pdf, до 3 Мб.

Скачать...

4.15. Файл с дополнительной информацией 2 (если файла с дополнительной информацией 1 недостаточно)

С графиками, фотографиями, рисунками и иной информацией о содержании проекта. В формате pdf, до 3 Мб.

Подпись руководителя проекта _____/С.И. Анисимов/

Форма 5. Запрашиваемое финансирование на 2014 год

5.1. Планируемые расходы по проекту

№ п.п.	Направления расходования средств гранта	Сумма расходов (тыс.руб.)
	ВСЕГО	1800.00
1	Вознаграждение исполнителям проекта	1510
2	Оплата услуг сторонних организаций	
3	Расходы на приобретение оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (включая монтаж, пусконаладочные работы, обучение сотрудников и ремонт)	20
4	Расходы на приобретение материалов и комплектующих для проведения научного исследования	
5	Иные расходы для целей выполнения проекта	
6	Накладные расходы организации	270

5.2. Расшифровка планируемых расходов

№ п.п.	Направления расходования средств гранта	Расшифровка
1	Вознаграждение исполнителям проекта (указывается сумма вознаграждения (включая руководителя, основных исполнителей и иных исполнителей, привлекаемых к выполнению работ по проекту), включая установленные трудовым законодательством Российской Федерации гарантии, отчисления по страховым взносам на обязательное пенсионное страхование, на обязательное медицинское страхование, на обязательное социальное страхование на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством, на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний)	1510
2	Оплата услуг сторонних организаций (приводится перечень планируемых договоров (счетов) со сторонними организациями с указанием предмета и суммы каждого договора)	
3	Расходы на приобретение оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (включая монтаж, пуско-наладку обучение сотрудников и ремонт) (представляется перечень планируемых к закупке оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования)	компьютерная техника - 20
4	Расходы на приобретение материалов и комплектующих для проведения научного исследования (представляется расшифровка запланированных материалов и комплектующих)	
5	Иные расходы для целей выполнения проекта (приводятся иные затраты на цели выполнения проекта, в том числе на командировки, оплату услуг связи, транспортных услуг, расходы не расшифровываются)	
6	Накладные расходы организации (при объеме накладных расходов организации до 10 процентов, расходы не расшифровываются. При объеме от 10 до 15 процентов, указывается обоснование цены накладных расходов организации)	1. Оплата коммунальных услуг, услуг по охране здания (3%) -54 2. Оплата услуг связи, услуг по доступу к сети Интернет (1,5%) -27 3. Обслуживание

копировально-множительной
техники, приобретение
расходных материалов
(бумага, картриджи) (1,5%) -
27

4. Обслуживание
вычислительной техники и
сетевого оборудования
общего пользования,
приобретение программного
обеспечения (2,75%) - 49,5

5. Приобретение ГСМ
(0,25%) - 4,5

6. Вознаграждение (с
начислениями) персоналу,
связанному с
обслуживанием проекта (6%) - 108

Подпись руководителя проекта _____/С.И. Анисимов/

Подпись руководителя организации (уполномоченного представителя, действующего на
основании доверенности)⁵, печать организации.

_____/_____/

М.П.

⁵ В случае подписания заявки уполномоченным представителем к печатному экземпляру заявки прилагается доверенность (копия доверенности, заверенная печатью организации).