

А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, В. Ж. Мадирбаев, П. Г. Пасько, Ю. Н. Попов

ОТДЕЛ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ

Заведующий отделом – канд. физ.-мат. наук, доц. А. Е. Зарвин
Базовые кафедры отдела – кафедры физического факультета НГУ
Сервер отдела: <http://srd.nsu.ru>

Отдел прикладной физики (ОПФ) является структурным подразделением научно-исследовательской части (НИЧ) Новосибирского государственного университета. Отдел сформирован в 1987 г. на базе лабораторий прикладной физики, термогидродинамики дисперсных систем и квантовой электроники НИЧ НГУ и является правопреемником лаборатории прикладной физики НИЧ. Год основания лаборатории – 1972. Первым ее заведующим был А. А. Бузуков. Затем с 1975 по 1983 г. лабораторию возглавлял Е. И. Синайко. С 1983 г. заведующим лабораторией, а затем отделом является А. Е. Зарвин.

Базовые кафедры отдела – кафедры физического факультета НГУ: физики неравновесных процессов, аэрофизики и газовой динамики, автоматизации физикотехнических исследований, теоретической физики, физики элементарных частиц, физики сплошных сред.

Специалисты отдела имеют большой опыт практической работы с предприятиями страны, бюджетными организациями, учебно-методической работы в сфере образования. За время существования лаборатории и отдела прикладной физики штатными сотрудниками отдела, а также привлеченными преподавателями физического факультета и специалистами научно-исследовательских институтов Новосибирского научного центра выполнено свыше двухсот пятидесяти хозяйственных научно-исследовательских работ, несколько десятков бюджетных тем.

Экспериментальная база научных исследований

В 1984–1986 гг. силами сотрудников отдела за счет средств, заработанных при выполнении хозяйственных работ, была произведена реконструкция пустующих помещений цокольного этажа здания Высшего колледжа информатики НГУ и создан ком-

плекс лабораторий, учебных классов и учебно-производственных мастерских отдела, в которых разместились экспериментальные установки четырех секторов: молекулярной газодинамики, акустооптики, композиционных материалов, термогазодинамики дисперсных систем, а также производственный участок.

В этот же период были спроектированы, изготовлены и пущены в эксплуатацию экспериментальные стенды, оснащенные ценным, в ряде случаев уникальным оборудованием:

- комплекс газодинамических стендов ЛЭМПУС (включен в «Перечень уникальных научно-исследовательских и экспериментальных установок национальной значимости» Министерства образования и науки РФ, регистрационный номер 06–05);

- комплекс стендов по разработке, изготовлению, аттестации и паспортизации акустооптических устройств на основе кристаллов парателлуриата;

- специализированный высокоскоростной молот для получения изделий из композиционных материалов методом высокоскоростной штамповки.



Стенд импульсных молекулярно-пучковых исследований комплекса ЛЭМПУС

Научная работа

Результаты научных разработок отдела регулярно представляются в отчетах о вы-

полнении научно-исследовательских работ, в реферируемых научных журналах, на республиканских и международных научных конференциях и семинарах.

Основные направления научной деятельности отдела:

- экспериментальные исследования газодинамики импульсных сверхзвуковых струй атомарных и молекулярных газов;
- изучение процессов конденсации в потоках, формирования наночастиц и смешанных Ван-дер-ваальсовых комплексов;
- изучение кинетических и плазмохимических процессов в газовых потоках, инициируемых электронно-пучковой и разрядной плазмой, в том числе в условиях конденсации;
- изучение фазовых превращений материалов при использовании кумуляции для создания сверхвысоких давлений;



Установка вакуумной диффузионной сварки акустооптических приборов

– изучение процессов образования сверхтвердых пленок при кумулятивном нанесении покрытий;

– разработка принципов построения и создания акустооптических устройств управления оптическим излучением, и разработка и изготовление акустооптических ячеек.

В рамках этих направлений были получены результаты, имеющие как чисто научный, так и прикладной характер. Так, например, был выполнен цикл работ по прямому сравнению характеристик импульсных и непрерывных газовых потоков, что позволило обосновать возможность прямого моделирования непрерывного истечения импульсным и определить параметры подобия этих потоков. Полученные результаты позволили на несколько порядков расширить диапазон давлений торможения и мгновен-

ных расходов в формируемых сверхзвуковых струях. При этом за счет экономии расхода рабочих газов и снижения эксплуатационных затрат в сотни раз уменьшилась стоимость газодинамических и плазмохимических экспериментов [1–3].



Установка «Молот»

Исследования нестационарного истечения газов с умеренными степенями нерасчетности ($n \sim 10^3 \div 10^6$) при числах Рейнольдса $Re_L \sim 10^0 \div 10^2$, изучение характеристик газовых импульсов конечной длительности, истекающих в пространство с пониженным давлением фона позволили определить динамику истечения импульсных потоков.

С использованием безразмерных параметров подобия обобщены данные по временам запуска импульсных струй для разных газов и режимов истечения. Получены экспериментальные результаты. Установлено, что в исследуемых режимах передний фронт сверхзвуковой струи движется медленнее предельной скорости стационарного истечения для данного газа, а время существования области стационарного течения определяется длительностью импульса на выходе из сопла и соотношением давлений торможения и фонового газа [4–5].

Использование импульсных сверхзвуковых струй с высоким давлением торможения и мгновенным расходом газа позволило экспериментально исследовать проявление квантовых эффектов в импульсной сверх-

звуковой струе гелия, приводящих к существенному возрастанию числа Маха (до $M > 300$) и «схлопыванию» импульсной струи – уменьшению ее длительности на 20–30 % вследствие резкого возрастания газодинамического сечения столкновений над классическим на значительных расстояниях вниз по потоку от среза сопла, и, как следствие, интенсивному охлаждению газа при расширении до температур порядка 0,01 К.

Важное применение высокорасходных импульсных струй – это возможность комплексного исследования конденсации и энергообмена в сверхзвуковых потоках смесей многоатомных молекул (метан, моносилан, двуокись углерода, и др.) с одноатомным (гелий, аргон) газом-носителем, в том числе при активации электронами. Исследования в конденсирующихся потоках ведутся с использованием разработанного сотрудниками отдела метода диагностики временных параметров импульсных потоков, позволяющего получать информацию о составе образующихся смешанных кластеров.

Изучен процесс дефрагментации кластеров электронным ударом. Обнаружены смешанные аргон-силановые комплексы состава $(\text{SiH}_4)_m\text{Ar}_n$ и определена последовательность стадий конденсации в струе смеси аргона и моносилана, приводящая к их образованию. Исследуется возможность модификации структуры таких комплексов при активации электронно-пучковой плазмой. Показано, что в тройной смеси аргон–метан–моносилан конденсация CH_4 и SiH_4 может привести к образованию многокомпонентных комплексов, включая карбиды кремния [6–11].

Взаимодействие электронов различных энергий с плотным, релаксирующим, конденсирующимся неравновесным газовым потоком также представляет интерес как с точки зрения изучения кинетических и плазмохимических процессов, так и с практической точки зрения. Дело в том, что процессы в сверхзвуковой струе изолированы от влияния фонового газа и стенок формирующимися на границах струи ударными волнами, слабо зависят от происходящего за пределами струи.

Поскольку сверхзвуковая струя характеризуется резким падением плотности вниз по потоку, то, как следствие, вниз по течению от зоны взаимодействия газа с электронами уменьшается число столкновений час-

тиц потока, что приводит к «замораживанию» обратных реакций. При разработке технологий это позволяет рассчитывать на создание компактных проточных систем вместо объемных каталитических реакторов [12–13].

Выполнен цикл работ по изучению процессов колебательной, вращательной и поступательной релаксации возбуждения при активации электронами потоков азота и фтористого водорода. Построена и экспериментально апробирована модель столкновительного энергообмена для молекулярной компоненты электрон-ионного облака в электронно-пучковой плазме. Измерены константы скоростей колебательной релаксации уровней молекулярного иона HF^+ . Обнаружено, что селективность скорости релаксации по колебательному квантовому числу приводит к разогреву внутренних степеней свободы иона за счет столкновений в потоке [14].

Методами электронно-пучковой спектроскопии и молекулярно-пучковой масс-спектрометрии детально исследован эффект аномальной флуоресценции атомов аргона в свободных струях бинарных и тройных смесей аргона с добавками метана, диоксида углерода и моносилана, активируемых электронным пучком. В узком диапазоне параметров, соответствующих начальному этапу конденсации, зафиксировано аномальное возрастание интенсивности излучения отдельных линий атомарного аргона, затухающее на стадии формирования больших кластеров. Установлено, что время жизни возбужденных состояний на несколько порядков выше, чем излучательное, а полная интенсивность излучения атомов аргона во всем объеме струи за зоной активации на три порядка выше, чем ожидаемая при возбуждении аргона прямым электронным ударом.

Установлено, что при электронно-пучковой активации конденсирующихся потоков смесей аргона с малыми добавками молекулярных газов запускается высокоэффективный ионно-кластерный механизм селективного возбуждения отдельных уровней атома аргона. Определены основные каналы передачи возбуждения в многокомпонентном потоке слабоионизированной низкотемпературной плазмы с кластерами, предложена полуэмпирическая модель процесса энергообмена [15–16].

Ведутся исследования плазмохимической конверсии метана при активации потока

разрядной и электронно-пучковой плазмой. Для активации молекул газового потока, наряду с высоковольтным моноэнергетическим электронным пучком, разработано мощное импульсное разрядное устройство, обеспечивающее ток разряда до 1 000 А. Процессы, протекающие в струйном реакторе, изучены при подаче как чистого метана, так и его смесей с кислородом, воздухом и двуокисью углерода [17–18].

Наряду с исследованиями при низких давлениях, в отделе ведутся опыты при высокой плотности реагирующего потока. В частности, исследовались условия синтеза карбидо-нитридных фаз титана и вольфрама в кумулятивных течениях. В этом направлении выполнено экспериментальное изучение изменения свойств поверхностного слоя металла при воздействии разуплотненного углеродосодержащего кумулятивного потока частиц на поверхность титановых и стальных мишеней. Установлено, что при использовании конических облицовок с углом раствора стенок, равным 90° , на поверхности металлических пластин карбидных фаз не образуется.



При увеличении скорости потока, достигаемой при уменьшении угла до $45\text{--}30^\circ$, на поверхности титана образуется поликристаллический слой толщиной 100–200 мкм, содержащий кубическую и гексагональную фазы карбида титана TiC_x . Рентгендифрак-

тометрическое исследование верхних слоев мишеней, полученных в серии опытов, позволило проследить динамику изменения параметров элементарных ячеек и зависимость фазового состава поверхностного слоя от геометрических условий проведения эксперимента, а также при вариации состава облицовок путем применения смесей графита с аммиачной селитрой в разных пропорциях. При взаимодействии кумулятивного потока со стальной мишенью на ее поверхности зафиксировано образование слоя, содержащего гексагональную модификацию карбида железа Fe_3C [19].

Разработана технология создания, и изготовлен ряд акустооптических приборов различного вида. Разработки защищены авторскими свидетельствами [20–29].

Дефлекторы лазерного излучения, осуществляющие одно- и двухкоординатное отклонение лазерного излучения в диапазоне длин волн $0,4 \div 5$ мкм. Углы отклонения до 6 градусов. Приборы такого типа применяются в устройствах сканирования лазерного излучения, для обработки и отображения информации, в перестраиваемых лазерах на красителях, в медицине и электронной промышленности.

Перестраиваемые акустооптические фильтры предназначены для выделения узкой части спектра оптического излучения в диапазоне $0,38 \div 2,5$ мкм. Полуширина линии пропускания составляет $5 \div 10 \text{ \AA}$, коэффициент пропускания – $75 \div 90 \%$, контрастность не менее 10. Угловая апертура достигает 16° , линейная апертура составляет $10 \text{ мм} \times 12 \text{ мм}$. Время перестройки с одного участка спектра на другой не превышает 10 мкс. Такие фильтры применяются в перестраиваемых лазерах, в лидарах, а также в научных исследованиях, связанных с регистрацией спектров быстропротекающих процессов.

Модуляторы предназначены для высокоэффективной амплитудной модуляции лазерного излучения в диапазоне длин волн $0,4 \div 5$ мкм. Эффективность в диапазоне $0,4 \div 1,5$ мкм составляет $80 \div 90 \%$, быстродействие – $2 \times 10^{-8} \div 10^{-7}$ с. Количество коммутируемых каналов – до 16 в каждом устройстве. Управляющая мощность менее 0,5 Вт на канал, частота управления $20 \div 200$ МГц. Модуляторы применяются в лазерной технике и в системах передачи информации.

Акустооптические спектроанализаторы предназначены для быстрого анализа час-

тотного и амплитудного спектра радиосигналов в диапазоне 20 ÷ 150 МГц. Длительность обрабатываемого сигнала до 120 мкс, мощность управления менее 0,1 Вт. Применяются при обработке радиолокационных сигналов и в системах связи.

Допплеровские расщепители частоты лазерного излучения позволяют сдвигать частоту лазерного излучения в диапазоне длин волн 0,4 ÷ 5 мкм на частоту ультразвука (10 ÷ 150 МГц). Имеют дифракционную эффективность до 80 %, мощность управляющего сигнала – до 0,3 Вт. Применяются в лазерной анемометрии газовых и жидкостных потоков.

Большой объем научных исследований в рамках программ высшей школы, грантов РФФИ, хозяйственных работ выполняется под научным руководством совместителей отдела – профессорско-преподавательского состава физического факультета.

Так, под руководством профессора кафедры общей физики И. Ф. Гинзбурга ведутся исследования взаимодействий элементарных частиц при больших энергиях [30–31]. В результате разрабатываются приближенные методы описания взаимодействий частиц, появляются новые данные о процессах рождения калибровочных и хиггсовских бозонов на коллайдерах.

Проф. М. П. Федорук занимается исследованием механизмов распространения солитонных сигналов в оптоволоконных линиях связи с целью создания сверхплотной упаковки информации. В рамках этой работы проводится численное моделирование распространения оптического сигнала в режиме 40 Gb/s по оптоволоконным линиям с меняющейся дисперсией и с распределенным Рамановским усилением на расстоянии до 4 000 км. Целью этой работы является определение перспективных вариантов создания нового поколения сверхбыстрых (40 Gb/s в одном частотном канале) оптоволоконных линий связи, способных передать 1 Tb/s на расстоянии 1 000–3 000 км.

Аэродинамические исследования по темам «Изучение процесса ламинарно-турбулентного перехода за счет развития вторичной неустойчивости на фронтах продольных структур в пограничном слое прямого крыла» и «Моделирование вихревых возмущений в трехмерных течениях и исследование условий возникновения и динамики развития предвестников на их фронтах в пограничном слое скользящего крыла»

выполнены под руководством профессора кафедры аэрофизики газовой динамики В. В. Козлова. В этих работах изучаются процессы возникновения, развития и разрушения волновых пакетов, возникающих в областях потока с локальными градиентами скорости, присутствующими на фронтах нестационарных полосчатых структур в пограничном слое скользящего крыла, изучаются их характеристики и динамика развития.

Д-р физ.-мат. наук Р. Г. Шарафутдинов в течение ряда лет руководит работами по изучению процессов струйного плазмохимического осаждения кремниевых тонкопленочных покрытий, позволяющих существенно повысить скорость роста пленок и управляемость процесса.

Заведующий кафедрой физики неравновесных процессов, чл.-корр. РАН проф. С. В. Алексеенко возглавляет работы по проекту «Разработка на базе УНЦ и интегрированной инновационной инфраструктуры НГУ и ИТ СО РАН стратегии и методики бизнес-планирования и маркетинговых исследований для коммерциализации энергосберегающих технологий» и по проекту «Физико-химические процессы и свойства материалов, используемых при разработке и создании опытного образца низкотемпературного компактного топливного элемента нового типа», ориентированному на разработку научных основ технологии производства экологически чистых компактных низкотемпературных топливных элементов нового типа с использованием фторсодержащих полимерных материалов и мембран на основе углеродных наноструктур.

Деятельность в области образования

Сотрудники отдела ведут систематическую учебную, учебно-методическую и учебно-организационную работу на физическом и других факультетах НГУ, ряд сотрудников являются преподавателями-совместителями, два из них – заместителями декана физического факультета по учебной (В. Ж. Мадирбаев) и научной (А. Е. Зарвин) работе.

Силами сотрудников, за счет приборного парка, экспериментального оборудования и части производственных площадей отдела в 1994 г. создан учебный класс физических практикумов (молекулярной физики и оптики) для студентов Высшего колледжа информатики НГУ.

Были подготовлены методические пособия и лабораторные установки для 20 лабораторных работ, несколько работ являются уникальными. В оптическом разделе практикума к их числу относятся работы по изучению дифракции света на ультразвуковых волнах, по прямому измерению дисперсии скорости распространения волн в кристаллах и др.



Одно из помещений учебного класса физических практикумов

В разделе практикума, относящемся к молекулярной физике, следует отметить изучение в рамках учебного процесса механизмов и устройств формирования молекулярных пучков, работу по измерению локальной плотности газа в неоднородном потоке методом электронно-пучковой диагностики, измерение сечения рассеяния электронов на газовых мишенях различного состава.

Участие в программах и конкурсах

Отдел ведет научно-исследовательские работы в рамках целевых федеральных программ и программ Высшей школы, по различным региональным программам, а также инициативные проекты по грантам.

Среди последних выполненных работ: гранты РФФИ, гранты в области фундаментальных исследований по естественным наукам, гранты по программе «Университеты России», по программе МНТП «Фуллерены и атомные кластеры», по фундаментальным и прикладным исследованиям в области материалов электронной техники – направление «Материалы электронной техники» раздела МНТП «Перспективные материалы», и многие другие. Результаты работ неоднократно представлялись на выставках и научных форумах различных уровней.

Инновационная деятельность

Отдел прикладной физики одним из первых в НГУ предпринял шаги в рамках новой, инновационной формы хозяйственной деятельности. В отделе выполнены прикладные инновационные проекты, в том числе: «Подготовка к производству и наладке выпуска приставок к телефонным аппаратам общего пользования»; «Развитие структуры независимой студенческой информационной службы (НСИС) и оказание информационных услуг» (заказчик Томский инновационный центр Западной Сибири); «Разработка на базе струйного плазмохимического метода технологии и оборудования для высокоэффективного производства кремниевых тонкопленочных солнечных элементов» (Программа администрации Новосибирской области «Ресурсосберегающие технологии и приборы. Раздел 2. Фундаментальные науки как основа высоких технологий»); «Хоз. договор «Получение экспериментальных данных по газодинамике потоков природного газа, активируемых электронно-пучковой плазмой, на импульсном газодинамическом стенде ЛЭМПУС»».



Среди последних инновационных разработок отдела есть также разработка макета компактного устройства для проведения измерений коэффициентов светопропускания прозрачных объектов в соответствии с требованиями ГОСТ 26302–93 и ГОСТ 7721–89, позволяющего проводить измерения с высокой

точностью при использовании любого стабильного источника света с непрерывным спектром, лежащим в диапазоне от ближнего ИК до ближнего УФ. Разработка сделана совместно со специалистами Новосибирского регионального сертификационно-технического центра, специализирующегося на сертификации строительных работ. Получен патент на изобретение.

Список литературы

1. *Импульсная* электронно-пучковая система для диагностики газовых потоков / В. Ж. Мадирбаев, А. Е. Зарвин, Г. Г. Гартвич, В. В. Каляда // ПТЭ. 1996. № 6. С. 72.
2. *Пространственно-временные* характеристики сверхзвукового потока, формируемого с помощью импульсного электромагнитного клапана / Г. Г. Гартвич, В. Г. Дудников, А. Е. Зарвин, В. В. Каляда, В. Ж. Мадирбаев // ПТЭ. 1997. № 2. С. 134.
3. *Универсальная* малогабаритная вакуумная установка для газокинетических исследований / А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, В. Ж. Мадирбаев, Г. Г. Гартвич, В. В. Каляда, В. С. Айрапетян // ПТЭ. 2000. № 5. С. 64.
4. *Коробейщиков Н. Г. и др.* Формирование импульсных сверхзвуковых недорасширенных струй в условиях влияния фонового газа / Н. Г. Коробейщиков, А. Е. Зарвин, В. Ж. Мадирбаев // Письма в ЖТФ. 2004. Т. 30, № 9. С. 21.
5. *Коробейщиков Н. Г. и др.* Газодинамика импульсных сверхзвуковых недорасширенных струй: пространственно-временные характеристики / Н. Г. Коробейщиков, А. Е. Зарвин, В. Ж. Мадирбаев // ЖТФ. 2004. Т. 74, вып. 8. С. 21.
6. *Кластеры* в импульсной свободной струе смеси моносилан-аргон / Р. Г. Шарафутдинов, А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, В. Ж. Мадирбаев, С. Я. Хмель // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25, вып. 21. С. 47.
7. *Влияние* конденсации на параметры импульсных сверхзвуковых потоков / А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, В. Ж. Мадирбаев, Р. Г. Шарафутдинов // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26, вып. 22. С. 21.
8. *Конденсация* в импульсных свободных струях смеси моносилан-аргон: временные характеристики импульсов / А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, В. Ж. Мадирбаев, Р. Г. Шарафутдинов // ЖТФ. 2001. Т. 71, № 4. С. 51.
9. *Влияние* малых добавок метана и моносилана на кластерообразование в импульсных сверхзвуковых потоках аргона / А. Е. Зарвин, В. Ж. Мадирбаев, Н. Г. Коробейщиков, Г. Г. Гартвич, Р. Г. Шарафутдинов // ЖТФ. 2005. Т. 75, вып. 11. С. 52.
10. *Condensation of argon, monosilane and their mixtures in a pulse free jet* / N. G. Korobeishchikov, A. E. Zarvin, V. Zh. Madirbaev, R. G. Sharafutdinov // Plasma Chemistry and Plasma Processing. 2005. Vol. 25, № 4. P. 319.
11. *Метод* исследования кластерообразования в импульсной свободной струе / А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, В. Ж. Мадирбаев, Г. Г. Гартвич, В. В. Каляда, Р. Г. Шарафутдинов // ПТЭ. 2005. № 6. С. 125.
12. *Электронно-пучковая* диагностика разреженных газов: активация короткими пакетами электронов / В. Ж. Мадирбаев, А. Е. Зарвин, В. В. Каляда, Н. Г. Коробейщиков // Журнал ПМТ. 2000. Т. 41, № 2. С. 20.
13. *Перспективы* плазменных технологий переработки углеводородных газов / Р. Г. Шарафутдинов, В. В. Гагачев, А. Е. Зарвин, В. Ж. Мадирбаев, Г. Г. Гартвич, В. А. Винокуров // Альтернативные источники энергии для транспорта и энергетики больших городов. Междунар. конф. Москва, 31.03.05–01.04.05: Тез. докл. М., 2005. С. 78.
14. *Мадирбаев В. Ж., Зарвин А. Е.* Столкновительное гашение состояния $A^2\Sigma^+(v'=2)$ HF^+ атомами He // Журнал ПМТФ. 1998. № 6. С. 16.
15. *Аномальное* возбуждение аргона в импульсных сверхзвуковых потоках смесей $\text{Ar}+\text{CH}_4$, $\text{Ar}+\text{SiH}_4$ и $\text{Ar}+\text{CH}_4+\text{SiH}_4$, активируемых электронным пучком / В. Ж. Мадирбаев, А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, Р. Г. Шарафутдинов // Письма в ЖТФ. 2001. Т. 27, вып. 19. С. 39.
16. *О протекании* ионно-кластерных реакций, инициируемых электронным пучком в смесях аргона с метаном и моносиланом / В. Ж. Мадирбаев, А. Е. Зарвин, Н. Г. Коробейщиков, Р. Г. Шарафутдинов // ФТТ. 2002. Т. 44, вып. 3. С. 492.
17. *Зарвин А. Е.* Изучение механизмов запуска плазмохимических реакций и генерации кластеров при активации газовых потоков электронным пучком // Информационный бюллетень РФФИ. М.: Изд-во РФФИ, 1998. Т. 6, № 3. С. 396.
18. *Получение* водорода из метана в электронно-пучковой плазме / Р. Г. Шарафутдинов, А. Е. Зарвин, В. Ж. Мадирбаев, В. В. Гагачев, Г. Г. Гартвич // Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31, вып. 15. С. 23.
19. *О возможности* физико-химических превращений веществ при кумулятивном

нанесении покрытий / С. А. Громилов, С. А. Кинеловский, Ю. Н. Попов, Ю. А. Тришин // ФГВ. 1997. С. 33.

20. Кравченко В. И., Пасько П. Г., Левченко Е. Т. Способ отклонения светового пучка. А. с. № 1477131, 1987.

21. Кравченко В. И., Пасько П. Г., Левченко Е. Т. Способ изготовления многоканального оптического устройства. А. с. № 1326059, 1987.

22. Кравченко В. И., Пасько П. Г., Левченко Е. Т. Многоканальное оптическое устройство. А. с. № 1492965, 1988.

23. Пасько П. Г., Касьянов В. К., Целенко Е. А. Манипулятор. А. с. № 1629294, 1989.

24. Пасько П. Г., Касьянов В. К., Абдуллин Р. В. Установка для диффузионной сварки. А. с. № 1726181, 1991.

25. Пасько П. Г., Таранов В. В., Пархоменко Ю. Н. Перестраиваемый лазер. А. с. № 1625309, 1992.

26. Пасько П. Г. и др. Анализ составного акустооптического дефлектора / П. Г. Пасько, Г. Г. Галич, Ю. Н. Пархоменко // Квантовая электроника. 1992. Вып. 39. С. 49.

27. Никитенко В. А. и др. Термостимулированные электронно-дырочные и ионные процессы в кристаллах оксида цинка / В. А. Ники-

тенко, С. Г. Стаюхин, П. Г. Пасько // Критические технологии. 2000 (<http://sci.ulsu.ru/tehn>).

28. Анизотропное отражение света в кристаллах парателлурита / П. Г. Пасько, И. В. Повх, Л. В. Алексеева, В. И. Строганов // Нелинейная оптика: Сб. тр. Хабаровск, 2000. С. 69.

29. Расчет углов при четырехлучевом отражении / П. Г. Пасько, И. В. Повх, Л. В. Алексеева, В. И. Строганов // Нелинейная оптика: Сб. тр. Хабаровск, 2000. С. 92.

30. Banin A. T. et al. Anomalous interactions in Higgs boson production at photon colliders / A. T. Banin, I. F. Ginzburg, I. P. Ivanov // Phys. Rev. D. 1999. Vol. 59. P. 115001.

31. Ginzburg I. F. et al. Charge asymmetry of pions in the process $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\pi^+\pi^-$ / I. F. Ginzburg, A. Schiller, V. G. Serbo // Eur. Phys. Journ. 2001. Vol. 18. P. 731.

Отдел заинтересован в сотрудничестве и выполнении работ по всем вышеуказанным направлениям.

Адрес: Россия, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, ОПФ НИЧ НГУ

тел.. (383)–339–78–02

факс: (383)–339–78–01

E-mail: zarvin@phys.nsu.ru