



Признание отрасли

Правительство России своим распоряжением №1305-р от 24 июля 2013г. утвердило план мероприятий («дорожную карту») по развитию фотоники на период до 2018г.

Руководителям федеральных органов исполнительной власти, ответственных за выполнение этого плана, предписано обеспечить его реализацию, Минпромторгу России поручено осуществлять мониторинг и контроль реализации плана, ежеквартально представляя доклад в Правительство о ходе его реализации.

В качестве целей «дорожной карты» указаны:

- ⇒ развитие внутреннего спроса на технологии и оборудование фотоники и расширение экспорта этой наукоемкой продукции;
- ⇒ увеличение объемов производства продукции фотоники в Российской Федерации и глубокое освоение технологий фотоники в различных областях деятельности;
- ⇒ создание новых высокотехнологичных рабочих мест;
- ⇒ расширение географии распространения технологий фотоники в Российской Федерации;
- ⇒ консолидация и активизация научно-исследовательской и прикладной деятельности в области фотоники;
- ⇒ организация подготовки специалистов, умеющих использовать технологии фотоники в различных отраслях промышленности;
- ⇒ создание системы оснащенных современным оборудованием региональных и отраслевых центров компетенции, сочетающих демонстрационную, консультативную и организационно-методическую деятельность, помогающих предприятиям региона (подотрасли) осваивать лазерно-оптические и оптоэлектронные технологии;
- ⇒ совершенствование нормативно-правовой базы, в том числе модернизация технологических стандартов, в целях стимулирования использования технологий фотоники и принятия мер экономического стимулирования инновационной деятельности и модернизации предприятий;
- ⇒ совершенствование правил и практики стимулирования экспорта высокотехнологичной и наукоемкой продукции фотоники.

В номере:

- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по развитию фотоники на период до 2018 года
- **ПИСЬМА КОЛЛЕГАМ.** Современные автоматизированные ЛТУ на базе импульсных ЛПМ производства ФГУП «НПП «Исток» для прецизионной микрообработки изделий электронной техники *Н.А.Лябин*
- Научные статьи по лазерной тематике на русском языке: статистика публикаций в 2005-2012г.г. *И.Б.Ковин*
- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ**

Выпуск распоряжения, подписанного Председателем Правительства Российской Федерации, безусловно, можно считать официальным признанием того, что:

- ✓ в стране существует такая отрасль – фотоника;
- ✓ эта отрасль имеет большое значение для экономики страны в целом;
- ✓ государство должно системно содействовать развитию этой отрасли и широкому практическому освоению предлагаемых его технологий и оборудования

Лазерная ассоциация в течение многих лет боролась за такое признание, и мы можем поздравить друг друга, коллеги, с тем, что оно, наконец, состоялось!

Естественный вопрос – и что дальше?

А дальше – нужно использовать возможности, открывающиеся в результате появления Распоряжения №1305-р. Хотя в процессе внутри- и межминистерских согласований проект «дорожной карты», подготовленный большой группой экспертов ЛАС, ТП «Фотоника», ОАО «Швабе», которая была сформирована под руководством К.А.Тарабрина, директора департамента Минпромторга, претерпел заметные сокращения (в частности выпали все конкретные «технологические» пункты, остались лишь общеорганизационные и методические), принципиальные положения проекта в итоговом документе сохранились. А они существенные.

Фотоника будет включена в число приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и, следовательно, НИОКРы по фотонике можно будет на законных основаниях финансировать из госбюджета. Планируется разработать подпрограмму «Фотоника. Базовые компоненты и технологии» на 2014 – 2020 г.г., которая должна стать частью государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». План предусматривает разработку мер нормативно-правового и технического регулирования, обеспечивающих массовое освоение лазерно-оптических технологий и методик в промышленности, медицине, сельском хозяйстве и др. Тематические разделы, посвященные освоению технологий фотоники, будут включены в программы инновационного развития регионов. Должно быть увеличено число проектов по тематике фотоники, финансируемых через РФТР и Фонд содействия («Фонд Бортника»), вырастут масштабы участия малых и средних предприятий в выполнении контрактов по оборонной тематике, получают поддержку стажировки аспирантов и молодых российских исследователей, специализирующихся в области фотоники, в ведущих образовательных, научных и инновационных центрах мира – многое можно перечислять.

Распоряжение предусматривает создание Минпромторгом рабочей группы по фотонике для координации деятельности по развитию отрасли в рамках государственных программ, программ инновационного развития государственных корпораций и компаний с государственным участием, программ технологической программы «Фотоника». Следовательно, у российского лазерно-оптического сообщества впервые появится постоянный контрагент в федеральной исполнительной власти.

Все это – наши новые возможности.

Ясно, что техплатформа «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника» должна быть первоочередной рабочей площадкой для реализации принятой «дорожной карты», и работать на этой площадке нужно самим участникам ТП. Позиция «... вы там пишете проекты и программы, а мне некогда этим заниматься, у меня производство (лаборатория, студенты), я потом прочитаю и покритикую, а участвовать буду, когда деньги дадут» - позиция, которую молча заняли очень многие руководители отраслевых предприятий и институтов во время работы над проектом «дорожной карты», неприемлема. Рабочие группы и подгруппы техплатформы должны стать реальными лидерами своих подотраслей и тематических направлений, нужна аналитическая, экспертная и организационная работа и чтобы она шла, нужно – судя по тому же опыту работы над проектом «дорожной карты» - подкорректировать и структуру ТП, и органы ее управления. Нужен реальный исполнительный орган – секретариат или дирекция – работающий по «дорожной карте» и постоянно взаимодействующий в интересах отрасли в целом и с её организациями, и с властными структурами, которые Правительство указало в своем распоряжении о «дорожной карте», в первую очередь, - с Минпромторгом России.

Это неотложные задачи, и решать их нужно вместе – и быстро!

Но главное – с официальным признанием нашей отрасли, коллеги!

И.Б.Ковш

ПИСЬМА КОЛЛЕГАМ

Современные автоматизированные лазерные технологические установки на базе импульсных ЛПМ производства ФГУП «НПП «Исток» для прецизионной микророботки изделий электронной техники

Н.А.Лябин, к.т.н., нач. сектора ФГУП «НПП «Исток», Фрязино, Моск. обл.



Лазерная обработка материалов является одной из прогрессивных технологий, широко внедряемых в современной промышленности. Лазерное технологическое оборудование применяется для сварки, поверхностной обработки и легирования, резки и размерной обработки, рас-

кроя материалов, маркировки и гравировки, прецизионной микросварки и микрообработки материалов.

Лазерное оборудование для прецизионной микрообработки материалов занимает особое место и является необходимым инструментом в технологии изготовления изделий электронной техники (ИЭТ). В качестве источника излучения в таких установках могут быть использованы имеющие малый коэффициент отражения излучения для металлов импульсные лазеры ближнего инфракрасного, видимого и ультрафиолетового диапазонов – твердотельные, эксимерные, волоконные и на парах металлов. В частности, лазер на парах меди (ЛПМ) с его уникальными характеристиками [1-4].

Применение ЛПМ для прецизионной микрообработки материалов предопределено уникальным сочетанием параметров его выходного излучения: видимый диапазон ($\lambda=510,6$ и $578,2$ нм), высокая частота повторения импульсов (ЧПИ) ($f=5-30$ кГц) и средняя мощность излучения ($P_{изл}=1-100$ Вт), наносекундная длительность импульсов излучения ($\tau=10-30$ нс), малая энергия в импульсе ($W=0,1-1$ мДж) и дифракционное качество пучка излучения ($\Theta=(1-2)\Theta_{дифр}$). С помощью нелинейных кристаллов (НК) типа ВВО, КДР излучение ЛПМ достаточно эффективно (10-20 %) преобразуется во вторую гармонику (255,3; 289,1; 271,1 нм), т.е. в УФ-область спектра [1].

Такое уникальное сочетание параметров выходного излучения ЛПМ определяет его широкие возможности для прецизионной микрообработки материалов [1,4-6]. В пятне фокусировки излучения диаметром 5-25 мкм плотность пиковой мощности достигает весьма высоких значений – 10^9-10^{12} Вт/см². Поэтому процесс обработки идет преимущественно в испарительном режиме с удалением вещества ма-

лыми порциями, что приводит к высокому качеству лазерного реза – минимальным шероховатости ($\leq 1...2$ мкм) и зоне термического воздействия ($\leq 3...5$ мкм). При этом поддува технологического газа в зону обработки практически не требуется, т.е. обработка эффективно идет в воздушной атмосфере.

На базе импульсных ЛПМ в ФГУП «НПП «Исток» впервые были разработаны автоматизированные лазерные технологические установки (АЛТУ) типа «Каравелла» – первые отечественные технологические установки, позволяющие эффективно производить прецизионную микрообработку любых металлических и широкого круга неметаллических материалов для изделий электронной техники (ИЭТ). Конструкция и принцип действия АЛТУ «Каравелла» защищены девятью патентами [4-6].

При обработке материалов с большой площадью и высокой плотностью топографии проблема производительности АЛТУ типа «Каравелла» с ЛПМ решается путем увеличения ЧПИ при сохранении необходимого уровня импульсной энергии. Поэтому в относительно мощных технологических установках ЛПМ выполняется, в основном, по схеме задающий генератор (ЗГ) – усилитель мощности (УМ), при котором достигаются повышенные уровни мощности в пучке дифракционного качества [4-6].

В период с 2001 по 2012 г.г. было разработано четыре модели АЛТУ: «Каравелла-1» со средней мощностью излучения 10-15 Вт, «Каравелла-1М» мощностью 20-25 Вт, «Каравелла-2» и «Каравелла-2М» мощностью 5-7 Вт. Их назначение – производительная и качественная прецизионная микрообработка материалов для изделий СВЧ-техники и других ИЭТ в диапазоне толщин 0,02-1,5 мм.

Промышленные АЛТУ «Каравелла-1» и «Каравелла-1М»

АЛТУ «Каравелла-1», ставшая первой промышленной технологической установкой на ЛПМ, была разработана в период 2001-2003 г.г., вторая такого же класса, но более мощная АЛТУ «Каравелла-1М» – в 2009-2012 г.г., обе на базе двухканальных отпаянных импульсных ЛПМ «Кулон-10» и «Кулон-20» и прецизионных трехкоординатных столов XYZ с управлением от ПК (рис. 1). На АЛТУ «Каравелла-1» в рамках



Рис.1 Внешний вид промышленных АЛТУ «Каравелла-1» и «Каравелла-1М»

Табл.1 Основные технические параметры АЛТУ «Каравелла-1» и «Каравелла-1М»

Наименование параметра	Каравелла-1	Каравелла-1М
Длины волн излучения, нм	510,6 и 578,2	
Диаметр пучка излучения, мм	14	
Средняя мощность излучения, Вт	10-15	20-25
Частота повторения импульсов, кГц	12...16	
Длительность импульса излучения (по уровню 0,5), нс	10±1	
Нестабильность средней мощности излучения в течение 8 часов, %	< 5	< 5
Импульсная энергия, мДж	0,1-1	0,5-1,5
Расходимость пучка излучения, мрад	0,1-0,2	
Фокусное расстояние объектива, мм	50-150	50-150, 200-300
Диаметр рабочего пятна излучения, мкм	10...30	
Толщина обрабатываемых материалов, мм - металлические - полупроводники и диэлектрики	0,02-0,5 до 1,2	0,5-1,0 до 2
Перемещение координатного стола в горизонтальной плоскости XY, мм	150x150	
Перемещение координатного стола по вертикальной оси Z, мм	60	
Максимальная скорость перемещения координатного стола, мм/с	20	
Погрешность позиционирования по каждой оси при (20±1)°С, мкм	±3	
Время непрерывной работы, ч	Не ограничено	
Потребляемая мощность от трехфазной сети, кВт	≤ 5	≤ 6,5
Расход воды (система «вода-вода»), л/мин	10-15	
Габаритные размеры, мм	2600x1700x1350	2600x2100x1650
Масса, кг	≤ 1150	≤ 1200
Гарантированная наработка, ч	≥ 1000	> 1500
Технический ресурс, лет	> 5	

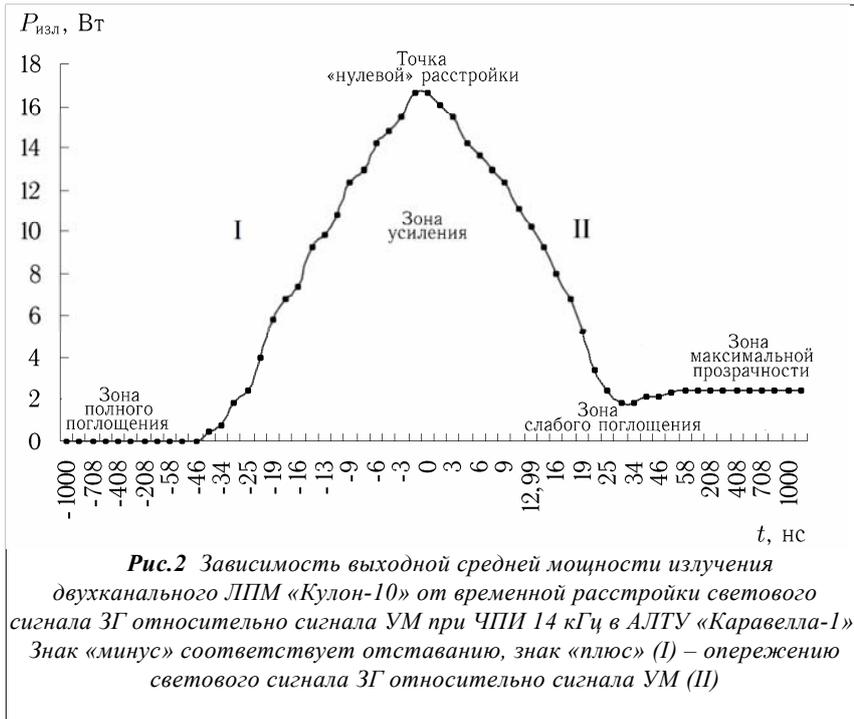
технологической ОКР (2004-2006 г.г.) были впервые отработаны технологии резки и сверления отверстий для основных материалов, применяемых в электровакуумных приборах СВЧ-техники: металлических толщиной 0,05-0,5 мм и неметаллических толщиной до 1,5 мм.

Мощность лазерного излучения АЛТУ «Каравелла-1М» в 1,5-2 раза больше, чем АЛТУ «Каравелла-1» и достигает значений 20-25 Вт.

Эта установка предназначена для эффективной микрообработки более толстых материалов: металлических толщиной до 1 мм и неметаллических толщиной до 1,5...2 мм.

Конструктивно «Каравелла-1» и «Каравелла-1М» состоят из трех модулей: модуля АЛТУ, стойки ИП и стола оператора с управляющим ПК.

Наиболее насыщенным по количеству функ-



циональных блоков и узлов и ответственным за точность обработки является модуль АЛТУ. При конструировании модуля в соответствии с требованиями по стабильности пространственно-временных и энергетических характеристик пучка лазерного излучения и точностям перемещения координатного стола особое внимание уделялось обеспечению жесткости конструкции, устранению влияния внешних вибраций и деформирующего воздействия внутренних источников тепла на ответственные узлы и детали. Все элементы модуля АЛТУ монтируются на оптическом сотовом столе фирмы «Standa» (Литва) модели HT10-20-20, установленном на четырех опорах типа 1TS05-12-05 через пассивные воздушные виброизоляторы AP-1000 с суммарной допустимой нагрузкой 1100 кг. В АЛТУ «Каравелла-1» и «Каравелла-1М» на горизонтальном координатном столе XY дополнительно установлена моторизованная поворотная платформа 8MR151-1 фирмы «Standa» с углом вращения $N \cdot 360^\circ$ (N – число оборотов) для обработки деталей в полярных координатах. Данное устройство обеспечивает производительную обработку деталей с цилиндрической поверхностью.

Основные технические параметры АЛТУ «Каравелла-1» и «Каравелла-1М» представлены в **табл. 1**.

Основной практической характеристикой данных АЛТУ «Каравелла» является зависимость выходной мощности излучения импульсного двухканального ЛПМ, работающего по эффективной схеме ЗГ – ПФК – УМ, от временной расстройки светового сигнала ЗГ относительно сигнала УМ. На **рис.2** такая зависимость мощности излучения от временной рас-

стройки представлена для АЛТУ «Каравелла-1» при ЧПИ 14 кГц.

На графике четко выделяются четыре последовательно идущие друг за другом характерные временные зоны в активной среде ЛПМ: зона усиления, зона полного поглощения, зона максимальной прозрачности и зона слабого поглощения. Благодаря наличию таких зон в активной среде ЛПМ в двухканальной лазерной системе на парах меди ЗГ – УМ за счет рассинхронизации её сигналов друг относительно друга осуществляется оперативное управление выходной мощностью излучения в пределах от нуля до максимального значения. Этот способ оперативного управ-

ления мощностью защищен патентом на изобретение №2264011 РФ «Способ возбуждения импульсов излучения лазерных систем на самоограниченных переходах» [7].

Промышленные АЛТУ «Каравелла-2» и «Каравелла-2М»

Промышленная АЛТУ «Каравелла-2» была разработана в 2008-2010 г.г., АЛТУ «Каравелла-2М» – в 2011-2012 г.г., обе – на основе промышленного отпаянного одноканального ЛПМ «Кулон-20» и прецизионных координатных столов с управлением от ПК по XY и Z (**рис.3**). Эти технологические установки отличаются высокой компактностью и надёжностью, удобством обслуживания в процессе эксплуатации и ремонта. Мощность излучения в дифракционном пучке ЛПМ одинакова в обеих установках и составляет 5-7 Вт при рабочей ЧПИ 15 кГц, что в



Рис.3 Внешний вид промышленных АЛТУ «Каравелла-2» и «Каравелла-2М»

Табл.2 Основные технические параметры АЛТУ «Каравелла-2» и «Каравелла-2М»

Наименование параметра	Каравелла-2	Каравелла-2М
Длины волн излучения, нм	510,6 и 578,2	
Диаметр пучка излучения, мм	14	
Частота повторения импульсов, кГц	14...16	
Длительность импульса излучения (по уровню 0,5), нс	11±1	
Средняя мощность излучения, Вт	2...7	
Нестабильность средней мощности излучения в течение 8 часов, %	< 3	< 3
Энергия в импульсе, мДж	0,2...0,5	
Расходимость пучка излучения, мрад	0,1...0,2	
Фокусное расстояние объектива, мм	50...150	
Диаметр рабочего пятна излучения, мкм	5...20	
Перемещение координатного стола в плоскости XY, мм	100x150	200x200
Перемещение координатного стола по вертикальной оси Z, мм	60	
Максимальная скорость перемещения координатного стола, мм/с	15	
Погрешность позиционирования по каждой оси при (20±1)°С, мкм	± 3	
Время готовности, мин,	60	
Потребляемая мощность от трехфазной сети, кВт,	≤ 3	
Система охлаждения, расход воды, л/мин	«вода-вода» и воздух 4-6	
Габаритные размеры, мм	2200x1700x1830	
Масса, кг,	≤ 800	
Гарантированная наработка без замены активных элементов, ч	> 1500	
Технический ресурс, лет	5	

2-4 раза меньше, чем у двухканальных АЛТУ «Каравелла-1» и «Каравелла-1М». Но как показали экспериментальные исследования, этого уровня средней мощности при длительности световых импульсов 10-15 нс оказывается достаточно для решения многих технологических задач. «Каравелла-2» и «Каравелла-2М» являются первыми отечественными технологическими установками, предназначенными для производительной и качественной прецизионной микрообработки фольгированных и тонколистовых металлических (толщиной 0,02-0,3 мм) и неметаллических (толщиной до 0,5-0,7 мм) материалов, используемых в изделиях СВЧ-техники и других ИЭТ [5-6].

Структурная схема промышленных АЛТУ «Каравелла-2» и «Каравелла-2М» аналогична промышленным АЛТУ «Каравелла-1» и «Каравелла-1М», и большая часть функциональных узлов и деталей унифицированы.

Конструктивно «Каравелла-2» и «Каравелла-2М» состоят из двух модулей: модуля АЛТУ и стола оператора с управляющим ПК

Все узлы и отдельные блоки модуля АЛТУ монтируются на оптическом сотовом столе фирма «Standa» (Литва) модели НТ08-20-20, установленном на четырёх опорах типа 1TS05-12-05 через пассивные воздушные виброизо-

ляторы AP-500 с суммарной допустимой нагрузкой 550 кг.

Наличие в ИП дополнительного маломощного канала высокоскоростной модуляции позволяет за время не более 30 мкс включать и выключать лазерное излучение и соответственно управлять мощностью обрабатываемого пучка по любому наперед заданному закону, вплоть до моноимпульсного режима, что очень важно для оперативной оптимизации технологических параметров обработки. Данный способ управления мощностью излучения защищен патентом на изобретение №2251179 РФ «Способ возбуждения импульсных лазеров на самоограниченных переходах атомов металлов, работающих в режиме саморазогрева, и устройство для его осуществления» [8].

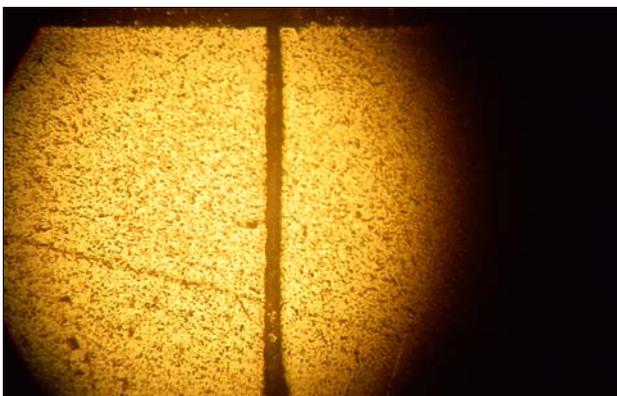
Основные технические параметры АЛТУ «Каравелла-2» и «Каравелла-2М» представлены в **табл. 2**.

С такими параметрами пучка излучения плотность пиковой мощности в сфокусированном пятне (5-20 мкм) составляет 10^9 - 10^{11} Вт/см², что позволяет производить микрообработку в испарительном режиме. Результаты практических работ показали, что при таких уровнях плотности мощности качество микрообработки материала высокое – шероховатость поверхно-

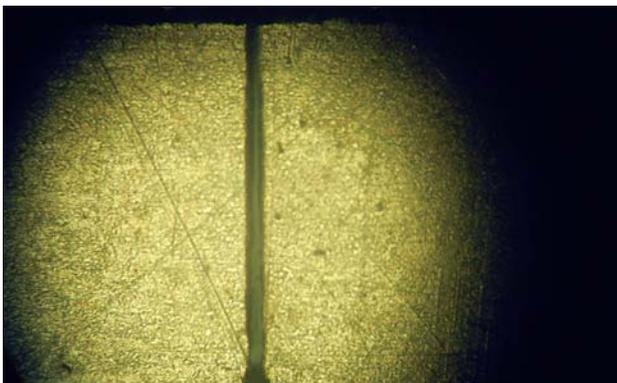
сти реза обычно не превышает 1...2 мкм, а зона термического воздействия – 5...10 мкм.

Результаты первых исследований по прецизионной микрообработке

На первом этапе в период 2003-2006 гг., с использованием первой АЛТУ «Каравелла-1» был проведен большой объем работ по прецизионной резке материалов из молибдена (Mo), меди (Cu) и нержавеющей стали (12X18H10T) толщиной 0,05-0,5 мм, широко используемых в производстве изделий электронной техники. При этом изменялись следующие параметры обработки: фокусное расстояние ахроматического объектива – $F=50; 70, 100, 150$ и 200 мм, средняя мощность излучения $P_{изл}=0,4-10$ Вт, скорость резки $V=0,5-5$ мм/с и число проходов $N=1-50$ при постоянной ЧПИ ($f=14$ кГц). При этих режимах ширина реза находилась в пределах $H=8-70$ мкм, его шероховатость – на уровне $\leq 1...3$ мкм. Для этих материалов при тех же значениях фокусного расстояния объектива и средней мощности излучения были проведены исследования по прошивке отверстий. Время выдержки сфокусированного пятна в «точке» составляло $t=0,1-1040$ мс, что соответствует количеству импульсов излучения в пределах 1-14000. Диаметр прошиваемых отверстий находился в пределах $d=5-45$ мкм, шероховатость < 1 мкм, отклонение от окружности $< 10\%$. Были проведены исследования и на отдельных длинах волн излучения – 510,6 и



Молибден толщиной 0,3 мм (x 250)



Медь толщиной 0,5 мм (x 250)

Рис.4 Изображения микрошлифов лазерного реза.

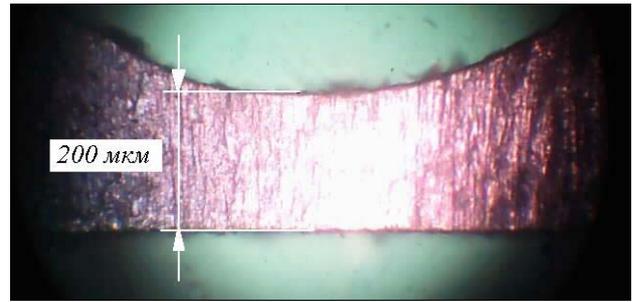


Рис.5 Изображение фрагмента перемычки пластины из никеля толщиной 0,5мм (увеличение x150)

578,2 нм. Наилучшее качество обработки достигалось в режиме работы на «зеленой» линии – 510,6 нм.

Режимы резки и сверления отверстий отработывались и для других материалов: алюминия (Al), никеля (Ni), псевдосплавов (МД-50 и -80) и титана (Ti) толщиной до 0,5 мм, для искусственного поликристаллического алмаза и кремния (Si) толщиной до 1,2 мм.

На основе экспериментальных данных была создана компьютерная база данных в виде электронных таблиц, позволяющая оперативно производить выбор оптимальных параметров обработки для изготовления конкретных деталей.

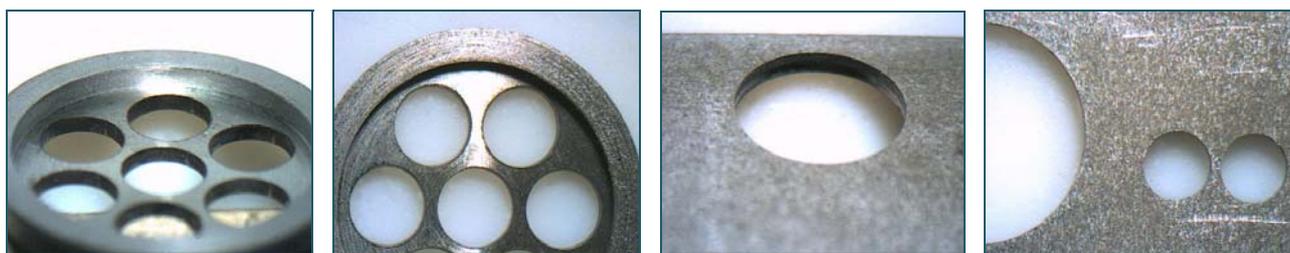
В качестве примеров на рис.4 представлены изображения микрошлифов лазерного реза; на рис.5 – фрагмент перемычки пластины из никеля.

Анализ микрошлифов лазерного реза медных и молибденовых пластин толщиной от 0,05 до 0,5 мм при 500-кратном увеличении микроскопа показал, что зона термического воздействия очень мала и фазовый состав и структура материалов в зоне, отстоящей от границы реза более чем на 3...5 мкм, заметным изменениям не подвержены.

Прецизионные детали для серийных ЭВП СВЧ-техники

В настоящее время все четыре разработанные модели АЛТУ «Каравелла» эффективно используются для собственных нужд ФГУП «НПП «Исток» – изготовления прецизионных деталей в обеспечение НИОКР и серийных поставок ЭВП СВЧ-техники и других изделий ЭТ. Программы на рабочие чертежи составляются в формате DXF в системе AutoCAD. При этом параметры режима обработки выбираются из условия обеспечения точности и качества изготавливаемой детали заданному чертежу.

На АЛТУ «Каравелла» в автоматическом режиме, в соответствии с программами на рабочие чертежи, изготавливаются сотни типов различных прецизионных деталей (плоских и объемных) со сложной конфигурацией для СВЧ-приборов (однолучевых и многолучевых клистронов, ЛБВ, клистродов и др.): – диафрагм,



Диск из молибдена $\pm 0,6$ мм
 $\varnothing 3,0$ мм с перемычкой 0,2 мм

Отверстия в вольфраме $\pm 1,0$ мм
 $\varnothing 7$ и $\varnothing 2,2$ мм с перемычкой 0,3 мм

Рис.6 Примеры изображений фрагментов плоских деталей толщиной 0,6-1 мм, изготовленных на АЛТУ «Каравелла-1М» ($P_{изл.} = 20-25$ Вт)

теневого и управляющего сеток, фокусирующих электродов, разверток электродов и экранов, лепестков, чашек, дисков, замедляющих линий, корпусов, оправок, трафаретов и т.д. При этом применяются такие материалы как молибден, вольфрам, тантал, медь, алюминий, никель, нержавеющая сталь, псевдосплав МД, ковар, инвар, нитрид вольфрама, нитрид алюминия, керамика, керметы, припои и т.д. С максимальной производительностью вырезаются диски и окна и разрезаются на ЧИПы пластины из искусственного поликристаллического алмаза, кремния и сапфира толщиной до 1 мм.

Весьма эффективным процесс оказался для изготовления управляющих – как плоских, так и сферических – сеток. Изготовление таких сеток методом электроискровой обработки сопряжено с очень трудоемким процессом получения комплексного электрода. При этом через 8-10 операций идет утоньшение элементов электрода, его деформация и, соответственно, снижение точности детали.

В настоящее время технологический процесс лазерной резки внедрен также в производстве диафрагм из меди и псевдосплава МД80 толщиной 0,3-0,6 мм для ЛБВ. Этот процесс является самым современным и производительным, учитывая большое количество диафрагм на одно изделие и высокие требования к ним по точности.

Также на АЛТУ «Каравелла» изготавливаются детали из листового молибдена толщиной 0,1-0,2 мм для электронных пушек циклотронных защитных устройств и электростатических усилителей – планки, экраны, аноды, электроды и т.д. Общим требованием для этих деталей является, прежде всего, высокая точность изготовления – с допусками не более 10 мкм. Традиционная технология изготовления деталей помимо подготовительных операций по химической очистке и рихтовочному отжигу заготовок предполагает ряд достаточно трудоемких электроискровых, разметочных и слесарных операций. При этом для выполнения большинства операций требуется высокоточная специальная оснастка, ряд работ необходимо выполнять под микроскопом.

Отдельно следует отметить дополнительные возможности по прецизионной микрообработке самой мощной на сегодня АЛТУ «Каравелла-1М» (20-25 Вт). На этой установке с высокой эффективностью и качеством обрабатываются более толстые материалы – металлические (как тугоплавкие, так и теплопроводные толщиной 0,6-1 мм), диэлектрики и полупроводники (например, кремний и искусственный поликристаллический алмаз толщиной до 1,5...2 мм). На **рис.6** показаны увеличенные фрагменты плоских деталей из молибдена и вольфрама практически с идеальными цилиндрическими стенками, достигаемыми за счет применения в АЛТУ «Каравелла-1М» более длиннофокусных объективов ($F=200$ и 250 мм) и высокой стабильности положения оси диаграммы направленности пучка лазерного излучения.

Технологические установки типа «Каравелла» на базе импульсных ЛПМ имеют широкие возможности по корректировке и подгонке номиналов различных элементов для радиоэлектронной аппаратуры и приборов СВЧ-техники.

В зависимости от сложности, толщины и требований к качеству детали время её изготовления может составить от минут до нескольких часов. Скорость обработки при этом находится в диапазоне 0,5-10 мм/с.

Существенным моментом является использование разработанных лазерных технологий при отработке технологии изготовления деталей и узлов для новых приборов, т.к. при этом не требуется создание сложной технологической оснастки, необходимой при других способах обработки. Выигрыш во времени в этом случае является основным фактором в пользу лазерной обработки.

Преимущества лазерной прецизионной микрообработки перед традиционными способами

Большой объем выполненных на АЛТУ «Каравелла» на базе импульсных ЛПМ экспериментальных и практических работ в обеспечении НИОКР и серийного производства ЭВП СВЧ-техники убедительно показал следующие существенные преимущества лазерной техно-

логии перед традиционными способами изготовления (включая и ЭИО) прецизионных деталей с микронной точностью:

1. Широкая номенклатура обрабатываемых конструкционных материалов;
2. Уменьшение количества операций и переходов;
3. Экономия материалов при раскрое заготовки из листа;
4. Более высокая (на порядок и более) производительность изготовления деталей, особенно сложной конфигурации;
5. Бесконтактность обработки (без механического давления);
6. Возможность эффективной обработки в атмосфере воздуха;
7. Высокая точность изготовления деталей – с допусками в пределах 4-10 мкм;
8. Малая шероховатость поверхности реза ($\leq 1...2$ мкм);
9. Малая зона термического влияния ($\leq 3...5$ мкм);
10. Отсутствие расслоения и микротрещин в металле (молибден, вольфрам после обработки);
11. Высокий процент выхода годных деталей (95-100 %);
12. Невысокая трудоемкость изготовления и универсальность технологической оснастки;
13. Наличие компьютерной базы данных на режимы лазерной обработки;
14. Управление технологическим процессом от ЭВМ;
15. Существенное снижение влияния человеческого фактора на воспроизводимость технологического процесса.

Промышленные АЛТУ «Каравелла» удостоены трех золотых медалей – на IV Московском Международном Салоне инноваций и инвестиций, 53-м Всемирном Салоне инноваций, научных исследований и новых технологий «Brussels-Eureka 2004» и VII Международном Форуме «Высокие технологии XXI века».

Литература

[1]. *Little C.E.* Metal Vapour Lasers: Physics, Engineering and Applications.- Chichester (UK): John

Wiley and Sons, Ltd., 1999.- 620 p.

[2]. Лазеры на парах металлов: разработка, производство и применение. /Н.А.Лябин, А.Д.Чурсин, С.А.Угольников и др.// Квантовая электроника. – 2001.– Т. 31, № 3. – С. 191-202.

[3]. Лазеры на парах меди и их применение в технологии прецизионной обработки/ Н.А.Лябин, В.М.Жариков, В.И.Клименко и др.// Электронная техника, сер.СВЧ-техника.- 2003.- Вып.2 (482).- С.17-35.

[4]. Григорьянц А.Г., Казарян М.А., Лябин Н.А. Лазеры на парах меди. – М. Физматлит, 2005.- 312 с.

[5]. Лазеры на парах меди и их применение в технологии прецизионной обработки / Н.А.Лябин, В.М.Жариков, В.И.Клименко, И.С. Колоколов, М.Е.Королева, В.И.Кондрашов, В.С. Парамонов, Г.М.Парамонова, Ю.Ф.Соболев, С.А. Угольников, В.Д.Чибирев, А.Д.Чурсин // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. 2003. – Вып. 2(482). – С. 17-35.

[6]. Состояние и перспективы развития автоматизированных лазерных технологических установок типа «Каравелла» для прецизионной микрообработки материалов изделий СВЧ-техники на ФГУП «НПП «Исток» / А.Н.Королев, Е.Н.Котюргин, Н.А.Лябин, М.С.Доманов, Е.Н. Покровский // Электронная техника. Сер.1 СВЧ-техника. – 2009. – Вып. 2 (501). – С. 45-52.

[7]. Пат. №2264011, Российская Федерация. МПК⁷ Н 01 S 3/02, 3/09. Способ возбуждения импульсов излучения лазерных систем на самоорганических переходах (варианты). / Н.А. Лябин, А.Д.Чурсин, З.К.Ипполитова; заявитель и патентообладатель – ФГУП «НПП «Исток». (№ 2004108765/28; заявл. 24.03.2004.; опубли. 10.11.2005, Бюл. №31).

[8]. Пат. №2251179, Российская Федерация. МПК⁷ Н 01 S 3/097.Способ возбуждения импульсных лазеров на самоограниченных переходах атомов металлов, работающих в режиме саморазогрева, и устройство для его осуществления./ Н.М.Лепехин, Ю.С.Присеко, В.Г.Филиппов, Н.А.Лябин, А.Д.Чурсин; заявители и патентообладатели – авторы. (№ 2003120867/28 заявл. 11.07.2003; опубли. 27.04.2005, Бюл. №12).

Научные статьи по лазерной тематике на русском языке: статистика публикаций в 2005-2012гг.

Уменьшение в последние 20 лет числа публикуемых в русскоязычных научных журналах статей по лазерам и их применениям является очевидным фактом. Напомню, что в начале 90-х таких статей появилось

не меньше 1200-1500 в год. Последовавший затем резкий спад был обусловлен как внутренними, чисто отечественными, причинами – существенным ухудшением положения науки в странах, возникших на территории бывшего

Табл.1 Статистика докладов на конференциях – CLEO-Europe/EQEC

Страна	CLEO-Europe/EQEC Общее число докладов (в скобках – число приглашённых докладов)		
	1994	1996	2009
Россия	217 (8)	165 (6)	56 (1)
Беларусь	40 (0)	56 (0)	7 (0)
Литва	14 (1)	11 (0)	(0)
Армения	5 (0)	13 (0)	0
Молдова	2 (0)	2 (0)	0
Узбекистан	5 (0)	2 (0)	0
Украина	13 (0)	16 (0)	0
Эстония	0	1 (0)	0
Германия	199	253	304
Великобритания	176	124	152
Франция	145	123	166

Табл.2 Статистика научных публикаций по лазерной тематике в 15 русскоязычных журналах

Название журнала	Число публикаций по лазерной тематике за год								Среднее за 8 лет
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Квантовая электроника	247	194	215	204	210	210	218	212	214
Оптика и спектроскопия	84	79	62	68	83	68	77	65	73
Лазерная медицина	44	32	45	42	47	47	50	55	45
Оптический журнал	37	42	47	50	46	33	34	36	41
Оптика атмосферы и океана	25	46	26	33	30	31	37	44	34
Известия РАН. Сер. физическая	33	58	13	43	24	36	17	37	33
Физика и техника полупроводников	31	30	19	30	33	44	21	39	31
Письма в ЖТФ	29	24	28	35	33	26	22	22	27
Журнал прикладной спектроскопии	27	30	21	24	22	20	21	18	23
Журнал технической физики	35	28	18	26	22	11	19	14	22
Журнал экспериментальной и теоретической физики	24	26	17	20	17	15	26	18	20
Письма в ЖЭТФ	20	22	17	21	17	26	20	11	19
Приборы и техника эксперимента			16	15	12	15	11	7	13
Физика твёрдого тела	11	5	5	5	4	5	4	5	6
Доклады НАН РБ	2	3	3	3	2	3	3	1	2
Полное число статей по лазерной тематике за год	~660	~630	552	619	602	600	580	584	

СССР, так и объективным процессом «индустриализации» лазерной тематики в мире, для которого характерно сокращение числа открытых публикаций и увеличение числа выставок промышленно выпускаемой техники.

Для постсоветского пространства гораздо важнее была, конечно, первая причина, которая

привела и к массовому отъезду за рубеж специалистов, и к резкому падению престижа научного работника и, соответственно, утрате научной смены, и к потере возможности поддерживать на международном уровне многие профильные научные центры – всё это общеизвестно. В качестве иллюстрации приведу стати-

стику докладов на наиболее доступных нам организационно и финансово европейских конференциях – CLEO-Europe/EQEC (одновременно идущие конференции по лазерам и электрооптике и по квантовой электронике, которые проводятся в Европе с 1994г.) - см. *табл.1*.

Спад участия отечественных лазерщиков в этих конференциях очевиден – и это на фоне растущей активности европейских коллег, которая, как известно мощно поддерживается Европейской Комиссией и правительствами стран-членов ЕС.

Табл.3 Данные по общему числу научных статей, публиковавшихся в 15 русскоязычных журналах за год, и их импакт-факторы по ISI в 2010-м году

Название журнала	Импакт-фактор в по ISI 2010г.	Полное число научных статей, опубликованных в течение года							
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Квантовая электроника	0,802	247	194	215	204	210	210	218	212
Оптика и спектроскопия	0,571	297	287	289	269	293	292	288	236
Лазерная медицина	нет	44	32	45	42	47	47	50	55
Оптический журнал	0,311	182	176	185	170	163	164	171	175
Оптика атмосферы и океана	0,230	188	182	183	164	164	161	172	176
Известия РАН. Серия физическая	нет	400	399	448	415	395	421	420	325
Физика и техника полупроводников	0,603	270	238	256	241	292	284	281	271
Письма в ЖТФ	0,496	337	331	308	328	333	333	324	325
Журнал прикладной спектроскопии	0,513	152	151	144	136	127	130	138	151
Журнал технической физики	0,535	289	281	284	272	308	307	304	298
ЖЭТФ	0,946	224	199	234	222	215	242	228	233
Письма в ЖТЭФ	1,557	258	246	266	283	261	282	293	301
Приборы и техника эксперимента	0,357	~170	~170	165	188	193	191	174	127
Физика твёрдого тела	0,727	408	411	379	369	428	406	409	402
Доклады НАН РБ	нет	37	42	36	32	31	27	38	38

Табл.4 Число статей, опубликованных в журнале «Квантовая электроника» несколькими ведущими отечественными «лазерными» научными центрами за 2005, 2008 и 2011г.г.

Институты	Кол-во статей		
	2011	2008	2005
Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Москва	36	19	35
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова	29	27	50
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва	28	32	30
Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород	15	7	7
Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского	14	11	2
Научный центр волоконной оптики РАН, Москва	9	12	4
Московский физико-технический институт, Долгопрудный	9	5	9
РФЯЦ «ВНИИ экспериментальной физики», Саров	6	4	7
ГНЦ РФ «ТРИНИТИ», Троицк	5	7	6
Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск	5	7	4
Московский государственный институт радиоэлектроники и автоматики	5	7	7
ОАО «НИИ «Полус» им. М.Ф. Стельмаха», Москва	4	9	5

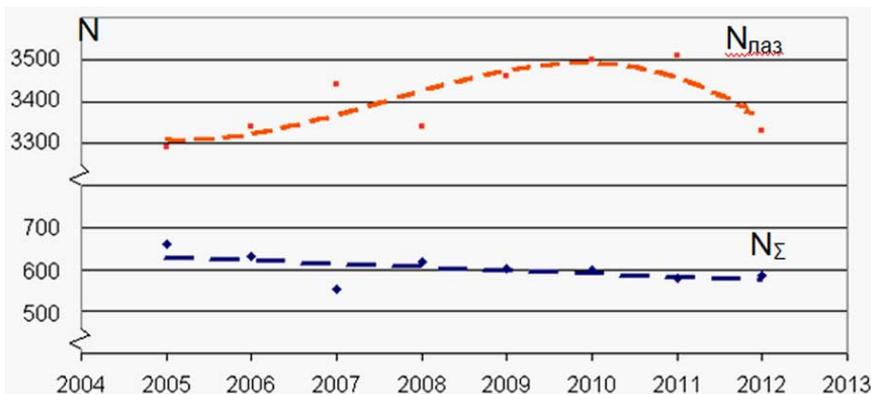


Рис.1 Общее число статей (N_{Σ}) и число статей по лазерной тематике ($N_{\text{лаз}}$), опубликованных за год в 15 журналах, перечисленных в табл.2.

Чтобы оценить динамику развития отечественных научных исследований по лазерной тематике в последние годы, мы провели подсчёты числа соответствующих публикаций в научных (рецензируемых) журналах на русском языке. Учитывались следующие направления:

- лазерная физика и техника;
- взаимодействие лазерного излучения с веществом
- лазерные технологии и методики для различных применений;
- элементная база лазерных приборов и систем.

Просмотр оглавлений примерно сотни журналов показал, что статьи о работах по перечисленным направлениям появляются примерно в 50 таких журналах, но в подавляющем большинстве – в очень малом количестве, не более 1-2 в год и не каждый год. Судя по названиям, это, как правило, адаптация известных лазерных методов к конкретным задачам диагностики, измерения или обработки в тех или иных областях науки и техники. Более 90% всех научных публикаций по лазерной тематике приходится всего на 17 русскоязычных научных журналов. Статистика таких публикаций в 15 из них приведена в **табл.2** (включены только те из 17, оглавления которых за 2005-2012г.г. имеются в Интернете в свободном доступе, но «выпавшие», судя по контрольным подсчётам, не повлияли бы на конечные выводы сколько-нибудь принципиальным образом). Здесь же указаны средние числа «лазерных» статей в каждом из журналов за год и общее число таких публикаций во всех этих журналах за год в анализируемый период. Количественные данные нужно рассматривать как приближённые, т.к. бывает трудно провести грань между просто материаловедческой работой и исследованием материала, интересного для лазерной техники, между публикацией новых научных результатов, полученных за счёт нового, оригинального использования лазерного излучения, и результатов, полученных с помощью

уже отработанных лазерных методик в применении к новым объектам исследований.

Чтобы как-то охарактеризовать журналы, попавшие в наш список, приведем данные по общему числу научных статей, опубликованных в этих журналах за год, и их импакт-факторы по ISI в 2010-м году (только за этот год удалось найти подборку нужных цифр в Интернете) – **табл.3**. Величина импакт-фактора колеблется год от года у каждого журнала (например, у «Квантовой электроники» в 2011г. – 0,832, а в 2012г. – 0,823), но незначительно на периоде в несколько лет, поэтому для сравнительной оценки вполне можно пользоваться данными за 2010г.

Приведённые в **табл. 2-3** и на **рис.1** данные свидетельствуют, что в 2005-2012г.г. имело место медленное снижение общего числа русскоязычных научных статей по лазерной тематике – как по абсолютной, так и по относительной величине. Небольшой спад в 2012г. общего числа статей, опубликованных в отобранных 15 журналах, повысил долю «лазерных» в этом общем числе, но полное число научных статей по лазерной тематике в русскоязычных журналах этого спада «не заметило». В последние 3 года оно держится на уровне примерно 600 в год.

Учёт публикаций на других языках – на английском, языках стран СНГ – даёт, конечно, увеличение общего числа статей отечественных лазерщиков, но несущественно. К тому же, как показывает практика, многие их англоязычные публикации в той или иной форме дублируются и на русском языке, так что число публикаций в русскоязычных научных журналах близко соответствует реальному числу научных результатов, требующих публикации.

В заключение отметим, что безусловным лидером среди лазерно-оптических научных журналов на русском языке – и по числу статей, и по охвату тематик, и по импакт-фактору – является «Квантовая электроника». Число статей, принятых к печати в этом журнале за год от отечественной организации, смело можно считать определяющим рейтингом этой организации в части научных исследований по указанной тематике. Для иллюстрации приведём данные последних лет – **табл.4**. В общей сложности в этом журнале ежегодно публикуются авторы в среднем из 120-140 отечественных организаций и 20-30 – из «дальнего» зарубежья, причём подавляющее большинство статей в КЭ представляют коллективные публикации двух или нескольких организаций.

И.Б.Ковш

ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ**Уровень коммерциализации научных исследований и новые предложения по изменению норм регулирования интеллектуальной собственности в научно-технической сфере**

Министерство образования и науки вынесло на общественное обсуждение проекты постановлений правительства «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2009г. №342 «О некоторых вопросах регулирования закрепления прав на результаты научно-технической деятельности» и «О видах и минимальных ставках вознаграждения за служебные результаты интеллектуальной деятельности». Эти изменения направлены на расширение возможностей коммерциализации результатов ИР.

Готовящиеся изменения комментирует заведующий сектором экономики науки и инноваций Отдела науки и инноваций ИМЭМО РАН д.э.н. *Ирина Дежина*.

Обсуждаемые в настоящее время проекты постановлений правительства продолжают начатые в этом году усовершенствования нормативно-правового регулирования в области прав на интеллектуальную собственность. Такая работа важна и актуальна, поскольку после введения IV части Гражданского Кодекса РФ и выявленных позднее пробелов и проблем изменение законодательного регулирования в этой сфере происходило недостаточно оперативно.

В мае было принято постановление Правительства (№ 458 от 30 мая 2013 года) «О внесении изменений в Правила осуществления государственными заказчиками управления правами РФ на результаты интеллектуальной деятельности гражданского, военного, специального и двойного назначения», положившее начало изменениям. До принятия данного постановления действовали правила закрепления результатов интеллектуальной деятельности, позволявшие государственному заказчику без серьезных оснований оставлять за собой права, что существенно сдерживало коммерциализацию объектов интеллектуальной собственности, созданных в рамках государственных контрактов. Постановление №458 фактически возвело определенные барьеры тому, чтобы такая практика продолжалась, поскольку теперь каждый государственный заказчик должен ежегодно пересматривать и публиковать на своём сайте перечень неиспользуемых результатов интеллектуальной деятельности, и направлять уведомление разработчику результата о возможности отчуждения в его пользу права от Российской Федерации. Иными словами, это стимул к тому, чтобы государство не оставляло за собой права, «на всякий случай», по традиции, а также из ложного представления о том, что раз вложены бюджетные средства, значит полученные за их счет результаты надо сохранить за государством.

Обсуждаемые изменения в постановление правительства №342 продолжают тему уточ-

нения правил и условий закрепления прав на результаты интеллектуальной деятельности. Теперь изменяются условия закрепления исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности за Российской Федерацией и за подрядчиком. При этом основания закрепления прав за Российской Федерацией сужаются, что создает основания для более широкого закрепления прав за теми, кто создал результат интеллектуальной деятельности. Несмотря на то, что формулировка одного из условий, при котором права закрепляются за государством, нуждается в дальнейшем уточнении («результат научно-технической деятельности необходим для оказания государственных услуг либо осуществления государственных функций федеральными органами государственной власти, являющимися заказчиками по государственному контракту, или их подведомственными организациями, предусмотренных утвержденными административными регламентами»), это в целом позитивное развитие государственного регулирования.

Вместе с тем важно было бы конкретизировать условия, поскольку пока приводимые в проекте постановления положения звучат скорее как концептуальная канва, но не руководство для тех, кто практически будет заниматься вопросами закрепления и использования прав на результаты интеллектуальной деятельности. Отчасти имеющаяся неконкретность может быть компенсирована тем, что согласно постановлению №458 государство становится более заинтересованным в передаче прав на результаты интеллектуальной деятельности исполнителю.

Второй аспект данного проекта постановления – это закрепление за государством безвозмездной неисключительной лицензии на результаты, созданные за счет бюджетных средств. Данная мера вполне согласуется с американским опытом, который берет начало от закона Бэя-Доула. Характерно, что в США

государство ни разу не воспользовалось этим правом -использовать лицензию - и это вполне объяснимо, так как государство - один из худших предпринимателей.

Еще один проект постановления, касающийся ставок вознаграждения за служебные результаты интеллектуальной деятельности, также важен и давно назрел, поскольку для случаев вознаграждения за создание служебных результатов интеллектуальной деятельности до сих пор действуют нормы, установленные советскими законами (от 1991г.), которые, безусловно, устарели.

В этом же проекте определяется порядок расчета вознаграждения авторов за использование (то есть когда произошла коммерциализация) служебных результатов интеллектуальной деятельности. Это вознаграждение рассчитывается от прибыли, ежегодно получаемой работодателем от использования результатов интеллектуальной деятельности, а его размер поставлен в зависимость от типа изобретения, с введением трех градаций. Это (1) служебные изобретения, полезные модели и промышленные образцы; (2) служебные программы для ЭВМ, служебные базы данных и служебные топологии интегральных микросхем; и (3) служебные ноу-хау (секреты производства). Более правильным было бы применить хорошо зарекомендовавший себя за рубежом подход (кста-

ти, используемый в инициативном порядке в ряде ведущих российских вузов), когда доля вознаграждения, которая передается автору, зависит от размеров прибыли от коммерциализации, и пропорции устанавливаются между автором, лабораторией, отделом трансфера технологий, и организацией в целом. Этот подход точнее учитывает баланс интересов всех участников создания изобретения и вовлечения его в хозяйственный оборот.

Означают ли вводимые изменения, что возрастет поток регистрируемых объектов интеллектуальной собственности? Скорее всего, патентная статистика улучшится. Следует ли из этого, что уровень коммерциализации возрастет? Не обязательно, потому что нужны условия для востребованности патентов и лицензий, а пока спрос на такие результаты интеллектуальной деятельности не слишком высок. Таким образом, изменения в нормативно-правовом регулировании создают более благоприятные условия для вовлечения интеллектуальной собственности в хозяйственный оборот, однако существенных новых стимулов к коммерциализации, к росту спроса на результаты интеллектуальной деятельности, не появляется. Но эта проблема находится за пределами собственно обсуждаемых проектов законов.

http://www.imemo.ru/ru/publ/comments/2013/comm_2013_030.pdf

* * *

Новая боевая система компании Boeing на базе твердотельного лазера превосходит все ожидания

Вероятность достаточно скорого появления на вооружении боевых лазерных систем повысилась на несколько пунктов благодаря успешным испытаниям и демонстрации представителям американских военных новой лазерной твердотельной системы компании Boeing. Согласно информации, опубликованной представителями компании Boeing, система Thin Disk Laser system продемонстрировала выходную мощность, на 30 процентов превышающую проектные требования, а высокие качественные показатели лазерного луча уже позволяют рассматривать эту систему в качестве опытного образца тактического лазерного вооружения.

Как следует из ее названия, в системе Thin Disk Laser (TDL) использован тонкий дисковый лазер, один из типов твердотельных лазеров, разработанный еще в 1990-е года. Вместо стержней, используемых в подавляющем большинстве твердотельных лазеров, в качестве рабочего тела TDL-лазера используется слой излучающего когерентный свет материала, толщина которого в несколько раз и даже в не-

сколько десятков раз меньше диаметра луча испускаемого света. Этот тонкий слой действует одновременно как резонатор, как усилитель света внешней оптической накачки и как зеркало, отражающее лазерный луч.

Толстое основание, на котором укреплен диск, выступает в качестве теплоотвода, быстро отводящего паразитное тепло, выделяющееся при работе лазера. Эффективное охлаждение позволяет значительно, в разы, увеличить мощность и эффективность твердотельного лазера. В опытном образце системы Thin Disk Laser system компании Boeing используется не один большой дисковый лазер, система состоит из множества небольших промышленных лазеров, производящих один высокоэнергетический луч света.

Согласно имеющейся информации, последний вариант лазерной системы Boeing имеет мощность лазерного луча, превышающее значение в 30 кВт. Это на 30 процентов больше, чем требуется согласно условиям программы Robust Electric Laser Initiative (RELI) Мини-

стерства обороны США. «Последняя демонстрация является доказательством жизнеспособности идеи создания лазерных систем военного назначения» - рассказывает *Майкл Ринн (Michael Rinn)*, вице-президент компании Boeing и руководитель данной программы, - «Для того, чтобы стать реальным оружием нового поколения лазер должен иметь высокую мощность, оставаясь высокоэффектив-

ным с энергетической точки зрения. И нам удалось создать систему, удовлетворяющую всем требованиям к выходной мощности, качеству лазерного луча и эффективности, которая уже сейчас – конечно, после некоторых доработок, – может использоваться в качестве реального лазерного оружия».

<http://www.forum.uranbator.ru/viewtopic.php?t=2454&p=86164>

* * *

Как зажарить яичницу, не разбив скорлупы?

Ранним утром 13 августа 2013 года (удачный выбор даты) специалисты Национальной лаборатории по активации управляемого термоядерного синтеза (National Ignition Facility, NIF) сосредоточили лучи всех своих 192 мощных короткоимпульсных лазеров на крохотной дейтериево-тритиевой мишени — и буквально через наносекунды получили неплохой взрыв, оценённый в 8 000 Дж.

Вам кажется, что это энергия пули? Верно, но это втрое больше того, что удавалось сделать в подобных опытах до сих пор. Анализ произошедшего ещё не завершён, но уже первые прикидки показывают, что отдача от термоядерной реакции в мишени выросла на 50%.

«Полученная энергия была значительно больше, чем затраченная на имплозию мишени, — поясняет *Эд Мозес (Ed Moses)*, первый заместитель руководителя NIF. — То есть мы достигли значительных подвижек при реализации самоподдерживающегося термоядерного синтеза в мишени, а это критически важный шаг на пути к управляемой термоядерной реакции».

Новым было использование другой технологии обстрела. Ранее выяснилось, что лазерные импульсы преждевременно разрушали испаряющуюся защиту мишени (аблятор), поэтому теперь мощность импульса повышалась более плавно, чтобы передать энергию лазерного

излучения мишени без раннего разрушения аблятора и последующего снижения давления при имплозии, вызванного утечками вещества через повреждённую оболочку.

Идея сработала в том смысле, что эффективность синтеза выросла в полтора раза. Однако это пока даже не Burning Plasma (выход энергии впятеро больше затрат), то есть не та стадия, когда синтез поддерживается в основном сам продуцирующимися в его ходе альфа-частицами.

Как мы уже писали, главной причиной неуреха с управляемым термоядерным синтезом (УТС) по инерциальному методу объявлялась неравномерная деформация мишеней, вызванная тем, что лазеры «давят» только в тех точках, куда падают их лучи (деформация «клеверного листа»). Теперь же, после первых опытов по имплозии без «клеверной» деформации, выяснилось, что за счастьем нужен ещё шаг, причём не один, ведь Burning Plasma — это ещё не экономически целесообразный управляемый термоядерный синтез.

Тем не менее, шаг сделан важный. Едва ли не впервые инерционный УТС и его компьютерная модель оказались столь близки по параметрам затрат энергии и её выхода. Кто знает, вдруг потенциал чисто инерционного синтеза всё ещё далёк от своего исчерпания?..

<http://novosti-n.mk.ua/ukraine/read/51520.html>

* * *

Технологии трехмерной печати помогут реактивному автомобилю Bloodhound SSC выдержать нагрузки на скорости 1000 миль в час

Британская команда Bloodhound Supersonic Car (SSC) неуклонно продолжает свое продвижение к установлению нового мирового рекорда скорости. После успешных испытаний реактивного ракетного двигателя, которые были проведены в прошлом году, члены команды приступили к изготовлению элементов конструкции будущего автомобиля, к изготовлению с помощью технологий трехмерной печати неко-

торых элементов кузова, которые смогут выдержать экстремальные нагрузки в момент, когда автомобиль Bloodhound SSC в 2015 году, благодаря своим трем двигателям разовьет скорость, превышающую отметку в 1000 миль в час (1600 километров в час).

Первым элементом, изготовленным с помощью трехмерной печати, стал титановый накопчик кузова. Для его производства использо-

валась промышленная установка Renishaw AM250, установка, которая с помощью луча мощного лазера плавит металл, создавая высокопрочные детали практически любой сложной формы. Этот процесс называется процессом лазерного спекания из металлического порошка и представляет собой одну из разновидностей технологии трехмерной печати.

Инженерные данные, собранные во время рекордного заезда автомобиля предыдущего поколения Thrust SSC в 1997 году, когда этому автомобилю удалось разогнаться до скорости 1228 километров в час, позволили вычислить, что в момент рекордного заезда автомобиля Bloodhound SSC на наконечник его кузова будут воздействовать силы порядка 12 тонн на квадратный метр. Поэтому в качестве материала наконечника был выбран титан, как один из самых прочных и одновременно легких металлов. А использование процесса трехмерной

печати позволило сделать этот наконечник по-прежнему с переменной толщиной стенки для уменьшения его веса. Титановый наконечник будет присоединен к монолитному кузову автомобиля, изготовленному из углеродистого волокнистого композитного материала.

«Наконечник кузова и некоторые другие элементы конструкции, несмотря на их простоту, являются одними из самых дорогостоящих узлов. Их высокая стоимость определяется дороговизной специфичной механической обработки и потерей 95 процентов дорогого исходного материала» - рассказывает Дэн Джонс (Dan Johns), ведущий инженер проекта Bloodhound SSC.

В настоящее время изготовление узлов и сборка конструкции автомобиля Bloodhound SSC происходит в техническом центре Bloodhound Technical Centre, который открылся в Бристоле 4 июля этого года.

<http://www.interface.ru/home.asp?artId=34351>

* * *

Первая очередь лазерной установки заработает под Саровом в 2017 году

Первая очередь мощнейшей в мире лазерной установки будет введена в эксплуатацию в 2017 году в городе Сарове Нижегородской области – сообщил журналистам директор Российского федерального ядерного центра Валентин Костюков.

Ранее сообщалось, что мощнейшую в мире лазерную установку двойного назначения УФЛ-2М планируется ввести в эксплуатацию в 2020 году рядом с технопарком «Саров» в Дивеевском районе Нижегородской области.

«Первая очередь будет введена в 2017 году. Мы уже сможем проводить достаточно серьезные эксперименты, которые дадут ответы на вопросы фундаментальной науки», — сказал он. По словам директора Центра, сейчас закончен первый этап проектирования установки, после чего еще год будет вестись рабочее проектирование, а затем будет переход к активной стадии строительства.

Костюков пояснил, что, несмотря на то, что США и Франция раньше приступили к созданию подобных установок, российский проект будет превосходить их по ряду параметров. «У

нас появилось дополнительное время, чтобы спроектировать и заложить идеи более совершенной установки», — отметил он.

Установка предназначена для проведения углубленных исследований по широкому кругу направлений физики высоких плотностей энергии, в том числе в условиях зажигания и горения термоядерного топлива.

Ранее сообщалось, что стоимость проекта составляет около 45 миллиардов рублей. Энергия в импульсе лазерного излучения составит 2,8 мегаджоулей, что превышает уровень как уже действующей подобной установки в США, так и строящейся во Франции. Длина установки по проекту составит 360 метров, она будет высотой с десятиэтажный дом.

<http://news.mail.ru/inregions/volgaregion/52/society/14121477/>

«Лазер-Информ»

Издание зарегистрировано в межведомственной комиссии МГСНД 26.12.91. Рег. № 281
© Лазерная ассоциация.
Перепечатка материалов и их использование в любой форме возможны только с разрешения редакции.

Отпечатано в НТИУЦ ЛАС
Тираж 500 экз.

Главный редактор
И.Б.Ковши
Редактор Т.А.Микаэлян
Ред.-издательская группа:
Т.Н.Васильева
Е.Н.Макеева

Наш адрес:

117342, Москва, ул. Введенского, д.3, ЛАС
Тел: (495)333-0022 Факс: (495)334-4780
E-mail: las@tsr.ru <http://www.cislaser.com>
Банковские реквизиты ЛАС:
р/с № 40703810500005172121
в ОАО «Мастер-Банк»
корр.счет 30101810000000000353
БИК - 044525353 ИНН 7728042440

