



НПЦ «Лазеры и аппаратура»: 25 лет развиваем новые возможности

Л.Г.Сапрыкин, ген. директор ГК «Лазеры и аппаратура», Зеленоград

В 2023 году зеленоградский Научно-производственный центр «Лазеры и аппаратура ТМ» отмечает 25 лет своей работы. История создания центра и развития компании от небольшого коллектива в несколько человек до группы профильных предприятий, ставшей одним из лидеров среди отечественных производителей специального технологического оборудования, непосредственно связана с историей становления лазерной промышленности и инновационного бизнеса в России, с перспективами воссоздания в нашей стране передовой станкостроительной индустрии.

История создания компании



В 60-80 годы прошлого столетия СССР вместе с США были лидерами в области лазерных технологий, опережая большинство развитых стран по количеству производимых лазерных станков и широте сектора осваиваемых технологических направлений. В середине 80-х годов в промышленности СССР работало 20 тысяч лазерных станков — почти в два раза больше, чем в промышленности США, тогдашней «Мекке лазерных технологий», по выражению Бертольда Лебингера — создателя компании Trumpf. Производством лазерного оборудования занималось несколько заводов, вся компонентная база для него также производилась в Советском Союзе. Однако к середине 90-х годов вследствие политического и экономического кризиса практически все заводы, выпускавшие лазерные станки, прекратили свое существование. Высокотехнологичные специалисты оказались не востребованы на родине, многие уехали за рубеж и внесли вклад в становление американских, европейских, японских и китайских компаний. Интерес к российским лазерным технологиям проявляли в основном иностранцы. Когда в конце 90-х годов россий-

ские фирмы начали заключать контракты на продажу лицензий и технологий в Китай со строительством там заводов «под ключ» и установкой российского оборудования, выяснилось, что для производства лазерных станков нужно искать новых исполнителей. После приватизации промышленных предприятий новые собственники сворачивали лазерное направление как неприбыльное. В то же время начался этап образования новых малых предприятий, которые

В номере:

- **НПЦ «Лазерные системы»: 25 лет развиваем новые возможности**

Л.Г.Сапрыкин

- **Представляем победителей Конкурса ЛАС-2023**

- ▶ «Дисперсионная линия задержки для фемтосекундного регенеративного усилителя»
- ▶ «Автоматизированная система бесконтактного контроля глубины и профиля дефектов поверхности оболочки и концевых деталей изделий
- ▶ «Комплекс лазерной эрозионной обработки «ТурбоФорма»

- **ХРОНИКА**
- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ. Объявления**

вышли в «свободное плавание» без государственной поддержки. Многие из них были организованы ведущими специалистами на свой страх и риск.

Одно из таких предприятий, Научно-производственный центр «Лазеры и аппаратура ТМ», было создано Леонидом Григорьевичем Сапрыкиным и Михаилом Николаевичем Миленьким — выходцами из НИИ «Зенит», которые начали формировать новую команду по разработке и производству лазерных систем. Все этапы этой работы были им знакомы, так как оба прошли путь от рядовых инженеров — молодых специалистов до руководителей ведущих подразделений.

Кандидат технических наук Л.Г.Сапрыкин начал работать в НИИ «Зенит» после окончания физического факультета МГУ. В 70-80 годы он принимал непосредственное участие в создании отечественной элементной базы квантовой электроники и систем специального назначения в качестве ведущего и главного конструктора, начальника лаборатории. С конца 80-х годов Леонид Григорьевич возглавлял лазерное направление «Зенита» в должности начальника отдела. В рамках отдела, несмотря на обрушение внутреннего рынка в первой половине 90-х годов, были разработаны, освоены в производстве и поставлялись в медицинские учреждения России и за рубеж приборы на основе эрбиевых твердотельных лазеров (перфораторы для забора крови, косметологические установки). По заказу одной из фирм США был разработан и поставлен заказчику ряд устройств, основанных на перестраиваемых лазерах на основе красителей в твердой матрице, не имевших на тот момент аналогов. На основе этих лазеров изготавливались и опытные образцы терапевтических установок для медицинских учреждений, поставлялись твердотельные лазеры для технологических установок.

М.Н.Миленький пришел в лазерную индустрию в начале 80-х годов после окончания факультета физической и квантовой электроники МФТИ. В 90-е годы он руководил входящей в состав лазерного отдела лабораторией лазерных лидарных систем. При его непосредственном участии и руководстве были разработаны и испытаны системы лазерного контроля аэрозольной и газовой обстановки (дистанционная локация и картирование выбросов с наземных и воздушных объектов), лазерной регистрации высоты облачности и фактической наклонной видимости по глассаде посадки самолетов в сложных метеоусловиях. Он разрабатывал первые компьютеризированные системы автоматического управления такими комплексами, выполнял на ЭВМ расчеты и моделирование требований к их параметрам и исследование алгоритмов решения целевых

задач лазерного зондирования. Участвовал в испытаниях стационарных и подвижных систем на полигонах и различных ГРЭС.

Одной из первых работ новой команды был контракт на разработку и внедрение твердотельной лазерно-оптической системы для роботизированного комплекса, работающего на производстве пятидверных автомобилей «Нива» Волжского автомобильного завода. Но окончательный выбор лазерных промышленных технологий как основного направления деятельности фирмы был сделан после получения заказа на поставку станков в Китай. Заказчиком оборудования выступало ЗАО «Электронсервис» — головной исполнитель запуска заводов по производству микроэлектроники и систем дальней радиосвязи. По условиям заказа требовалось восстановить и слегка доработать старые советские станки, которые в избытке простаивали на складах закрывающихся предприятий, но Сапрыкин и Миленький приняли другое решение — сделать ставку на разработку и производство нового поколения российского лазерного технологического оборудования. К такому решению подтолкнуло то, что за рубежом в это время уже вовсю создавалось новое поколение лазерных станков и систем на новой компонентной базе, а подход, связанный с восстановлением старых станков, закрывал перспективу новым разработкам и гарантировал отставание в будущем. Немаловажным фактором в принятии столь рискованного решения было убеждение, что в России рано или поздно обязательно начнется восстановление разрушенной промышленности, а это сформирует потребность в современном технологическом оборудовании. К тому же у учредителей центра был обширный опыт разработки и внедрения сложных лазерных систем.

Несмотря на трудности, связанные с дефолтом 1998 года, заказ на поставку лазерного оборудования в КНР удалось выполнить в срок. За первым заказом последовали следующие, причем кроме экспортных заказов из Китая и Южной Кореи стало все больше внутренних заказов. С 1999 по 2007 годы отечественная промышленность довольно быстро росла, и возрождающиеся частные российские предприятия не брезговали покупать отечественные лазерные станки (к тому же весьма конкурентоспособные). Уже к началу 2000-х годов компанией «Лазеры и аппаратура» на основе отечественного научно-технического задела был разработан целый типоряд современных лазерных станков для резки, сварки, маркировки и подгонки резисторов. Эти станки полностью производились в России в Зеленограде, хотя и частично с применением зарубежных электронных компонентов, а также с использованием международной кооперации. Такой подход обеспечил мощный импульс для продолжения

перспективных разработок и получения новых заказов.

Разработки нового оборудования продолжались за счет того, что практически вся прибыль, получаемая от продажи станков, вкладывалась в НИОКР и развитие производства. Такому подходу способствовало и то, что учредители развивали Научно-производственный центр в форме семейного бизнеса. А это успешная практика и в дореволюционной России, и среди частных высокотехнологичных предприятий Германии, Италии, Франции и других развитых стран.

Развитие

На первом этапе развития новой компании с 1998 по 2008 годы команда НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ» разработала серию промышленных систем, оборудованных лазерами с ламповой накачкой собственного производства. Одним из ключевых базовых решений, которое было внедрено к концу первого десятилетия работы, стали системы прямого привода. Впервые в России были разработаны и освоены в мелкосерийном производстве линейные двигатели для кинематических систем, начаты работы по разработке технологий обработки, сформированы основные принципиальные подходы к созданию систем управления и программного обеспечения. В это время на предприятии России было поставлено и запущено в эксплуатацию несколько сотен лазерных станков серий МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ5 с ламповой накачкой для маркировки, сварки, резки, подгонки резисторов и лазерной обработки компонентов электронной техники. Доля экспорта в продукции компании постепенно снижалась, так как одновременно рос внутренний рынок. Тем не менее продолжали осуществляться поставки за рубеж, и не только в Китай, но и в США, Южную Корею, Италию, Словению. Многие из машин, сделанных в то время, работают на различных производствах до сих пор.

Между тем на рубеже веков не без участия российских специалистов произошел прорыв в

области лазерных технологий, связанный с созданием компонентной базы принципиально нового поколения. Новая эпоха началась уже в 90-е годы, когда в лазерную отрасль стали активно внедряться полупроводниковые технологии и, в частности, лазеры с диодной накачкой. Но самым крупным достижением этого времени стало создание под руководством российского физика и предпринимателя Валентина Павловича Гапонцева массового производства мощных и надежных волоконных лазеров. Внедрение волоконных лазеров в промышленное производство сильно подтолкнул «кризис доткомов» в 2000 году, так как заставил многих лазерщиков, и прежде всего Гапонцева, переориентироваться с телекома на промышленные применения. Другим перспективным направлением стало использование для микрообработки лазеров с ультракороткими импульсами (УКИ), в освоении которых также большую роль играли специалисты из бывшего СССР. Крупные мировые станкостроительные корпорации вкладывали значительные инвестиции в развитие технологических систем на новой компонентной базе.

Новые типы лазеров постепенно вытеснили лазеры с ламповой накачкой и газовые лазеры, правившие бал до того. Еще одним фактором, изменившим ситуацию в следующее десятилетие, стало бурное развитие лазерных технологий, начавшееся при поддержке государства в Китае. Для сохранения конкурентоспособности перед НПЦ «Лазеры и аппаратура» остро встала задача выбора новой стратегии. Растущее предприятие нуждалось в инвестициях. При этом было важно не только привлечь для организации производства дополнительные финансовые средства, но и получить возможность изучения новой дорогостоящей компонентной базы, технологий, передового организационного опыта. Руководство компании стало искать новые возможности в трех направлениях: взаимодействие с зарубежными фирмами, работа с российскими корпорациями и

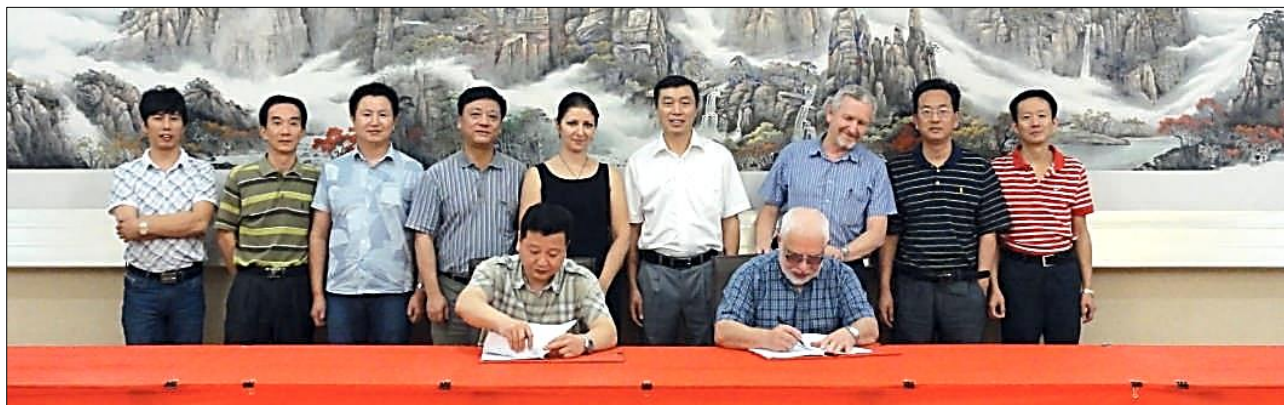


Рис.1 Подписание предварительного соглашения о создании СП, 2013г.

институтами, развитие участия в государственных программах (**рис.1**)

В 2007-2009 годах были налажены деловые контакты и проведены переговоры с германскими фирмами Limo, Raylase, с швейцарской Lasag, чуть позже состоялись контакты с немецкой Rofin Sinar. Наиболее удачными стали переговоры с основателем международной корпорации IPG Photonics Валентином Павловичем Гапонцевым. Корпорация IPG Photonics на тот момент имела три отделения — в России, Германии и США, причем во всех трех отделениях не только техническое руководство, но и большинство разработчиков были русскими. Именно тогда эта русскоязычная компания стала мировым лидером в области производства лазеров и активно искала новые области для развития.

В 2008 году во время мирового экономического кризиса Валентин Павлович рассматривал варианты расширения бизнеса в России, искал площадку под строительство в нашей стране большого завода, планировал диверсифицировать бизнес и производить не только лазеры, но и промышленные лазерные системы. После знакомства с научно-техническим заделом НПЦ «Лазеры и аппаратура» российское отделение корпорации IPG Photonics приобрело значительный пакет акций его дочернего предприятия — резидента Особой экономической зоны «Зеленоград» АО НИИ ЭСТО. В результате этого альянса НПЦ «Лазеры и аппаратура» получил доступ к изучению новых типов волоконных лазеров и создал на этой основе серию лазерных машин для прецизионной обработки МЛП. Дополнительное финансирование было получено за счет поставки в корпора-

цию IPG новых лазерных машин, произведенных в НПЦ «Лазеры и аппаратура». Кроме этого, Валентин Павлович Гапонцев оказал большую методическую помощь по передаче опыта создания инновационного производства, пригласив специалистов центра посетить германский филиал корпорации IPG Photonics, где подробно ознакомил их с системой организации производства и управления качеством (**рис.2**).

По окончании кризиса цели компаний изменились, был осуществлен обратный выкуп акций, проведены взаимозачеты, и отношения между Центром и корпорацией IPG были переведены на коммерческую основу. Зеленоградская компания осталась одним из крупных российских покупателей волоконных лазеров и ведущей российской компанией, разрабатывающей промышленные технологии для применения на российских предприятиях.

По второму направлению поиска инвестиций шла работа с институтами развития и государственными корпорациями («Роснано», «Ростех», «Роскосмос», «Росатом»). Еще с конца 90-х годов НПЦ «Лазеры и аппаратура» предлагал проекты развития лазерного станкостроения и постановку актуальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ различным институтам. В частности, большая работа была проведена с «Роснано». Были разработаны проект и бизнес-план, которые прошли все научно-технические экспертизы и были одобрены экспертным советом госкорпорации. Однако, когда началось обсуждение параметров и условий сделки, НПЦ были предложены условия, которые учредители сочли неприемлемыми, так как фактическое руководство фирмой должно было перейти к менеджменту «Роснано», и одновременно требовалось показывать нереально высокую прибыль, а при малейшем срыве сроков выполнения или производственных показателей компания переходила в собственность госкорпорации. Поэтому соглашение не было подписано. Дальнейшее развитие событий показало, что это было правильное решение.

Также относительно неудачным был опыт участия в Особой экономической зоне «Зеленоград». Совместный с IPG Photonics и партнерской компанией НПП «ЭСТО» проект в ОЭЗ так и «не взлетел» (в том числе из-за чрезвычайно медленного строительства инфраструктуры).

Более успешным было взаимодействие с Фондом перспективных исследований, благодаря участию в проекте которого компания в 2014-2017 годах получила опыт создания машин для послойного лазерного синтеза, а также с Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд Бортника), в рамках работы с которым удалось также существенно продвинуться по



Рис.2 *Посещение производства корпорации IPG Photonics в Германии. Слева направо: М.Н.Миленский, Л.Г.Сапрыкин, В.П.Гапонцев*

направлению линейных двигателей и систем с УКИ-лазерами.

Новая эпоха наступила после событий 2014 года, когда постепенно началось переосмысление ситуации. С этого момента при поддержке Минпромторга России группой представителей компаний российского электронного машиностроения (в которую помимо НПЦ «Лазеры и аппаратура» входили, например, зеленоградские НИИТМ и НПП ЭСТО, петербургское ЗАО «НТО» и еще несколько компаний, объединившихся в ассоциацию «Электронное машиностроение») была начата работа по формированию программы восстановления отечественного электронного машиностроения. Двигателем этой работы был один из ветеранов отечественной электронной промышленности Виктор Александрович Шиллер, тогда сотрудник Минпромторга, и поддерживавший его Василий Викторович Шпак, бывший сначала директором НИИМА «Прогресс», а затем ставший заместителем министра промышленности. Руководство Минпромторга услышало представителей электронного машиностроения, совместно с представителями компаний была впервые выработана системная и сбалансированная программа развития, и в 2016–2023 годах вышли постановления правительства, направленные на развитие средств производства электроники, в том числе лазерного технологического оборудования. В этот период НПЦ «Лазеры и аппаратура» при софинансировании Минпромторга по постановлениям правительства №109 и №2136 успешно реализовал несколько проектов по разработке и запуску самых современных типов лазерного оборудования для электронной промышленности и точного машиностроения.

В 10-е годы XXI века также началось успешное технологическое сотрудничество компании с крупными корпорациями. Речь прежде всего о предприятиях ОДК («Ростех»), «Роскосмоса» и «Росатома». Так, по заказам предприятий ОДК Центр выполнил ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию пятикоординатных лазерных машин для прямой лазерной наплавки. Важно отметить, что предприятия корпораций не только выделяли для этого финансовые средства, но и оказывали методическую и техническую помощь, помогли глубоко понять актуальные технологические проблемы. Например, компания «ОДК-Сатурн», в интересах которой проводилась работа, принимала деятельное участие в разработке технологии лазерной машины для порошковой наплавки МЛ7. В процессе разработки специалисты НПЦ ознакомились с опытом эксплуатации, достоинствами, недостатками и осо-

бенностями конструкции аналогичных установок иностранного производства, работающих на «Сатурне». Все это способствовало качественному выполнению НИОКР и позволило создать лазерную машину, не уступающую (а по ряду параметров и превосходящую) лучшие зарубежные аналоги, при этом созданную на базе российского научно-технического и производственного задела.

Производственные возможности

Сегодня ГК «Лазеры и аппаратура» — технологический лидер отрасли, обладающий уникальной командой профессионалов, ноу-хау во множестве областей лазерной обработки, патентами и большим типорядом машин, которые используются в самых передовых областях российской промышленности. Серийно производится более 20 моделей лазерного оборудования для всех основных технологий лазерной обработки материалов: комплексы прецизионной резки и пятикоординатной обработки, машины для микрообработки, 3D-печати металлопорошками, производительной высокоточной резки. В 2023г. ГК «Лазеры и аппаратура» вошла в топ-10 станкостроительных



Рис.3 Конструкторское бюро инженерного центра ГК «Лазеры и аппаратура»



Рис.4 Сборка электронных блоков.



Рис.5 Участок сборки крупногабаритных машин и упаковки сборочного цеха.

предприятий ассоциации «Станкоинструмент» по количеству выпущенных станков и продолжает уверенно развиваться. Среди подразделений группы компаний: инженерный центр, технологический центр, производственные подразделения и сервисный центр, в которых трудятся более 150 человек.

Инженерные подразделения ГК «Лазеры и аппаратура» осуществляют разработку блоков и систем, программного обеспечения, проводят макетирование и испытания, а также разрабатывают документацию на производство (рис.3). Лаборатории оптических модулей, кинематических систем на линейных двигателях, электронных блоков, систем управления, программного обеспечения, конструкторское бюро оснащены оборудованием, измерительными приборами, стендами, современными средствами проектирования и связи. Разработки осуществляют высококвалифицированные кадры — как талантливые молодые специалисты, так и профессионалы с опытом работы в несколько десятилетий, в том числе кандидаты наук. Технологический центр оснащен лазерными машинами собственного производства, которые позволяют осуществлять скрайбирование пластин, размерную обработку керамики, кристаллов, кварца, разделение чипов, обработку тонкопленочных элементов и другие сложные технологические операции.

Все работы производятся в специализированных чистых помещениях. Кроме того, центр занимается технологическими проблемами, разработкой технологий, выполнением услуг по изготовлению деталей

из металлопорошков с использованием моно- и многопорошковых SLM-систем.

Производственное подразделение ГК «Лазеры и аппаратура» включает в себя цех механообработки, где изготавливаются сложные детали лазерных установок — силовые станины, защитные кабины, электротехнические шкафы, панели, кронштейны.

В цехе производства кинематических систем осуществляется полный цикл создания координатных систем на линейных двигателях и прямом приводе, включая изготовление пакетов из электротехнической стали, намотку, монтаж, герметизацию и финишную сборку.

На производстве оптических систем собираются и тестируются оптические компоненты лазерных установок, а также коллиматоры, телескопы, фокусирующие объективы, узлы юстировки. Здесь также изготавливаются рабочие головки для сварки, резки, сверления, наплавки. На производстве электронных модулей и систем управления ведется пайка и сборка печатных плат, объемный монтаж, изготовление электротехнических шкафов и соединительных кабелей (рис.4). Также здесь разрабатывается и отлаживается технологическое программное обеспечение.

В сборочных цехах объединяются результаты работы всех подразделений (рис.5). Здесь производится интеграция узлов, модулей и отдельных компонентов в единые комплексы. Осуществляется электрическое подключение, настройка, технологические и приемо-сдаточные испытания, упаковка и отгрузка готового оборудования заказчику. Чтобы удостовериться



Рис.6 Испытательный участок сборочного цеха ГК «Лазеры и аппаратура».



Рис.7 Модельный ряд оборудования, выпускаемого ГК «Лазеры и аппаратура».

в качестве и надежности поставляемой продукции, все оборудование проходит тестирование на холостом ходу и в рабочих режимах работы, в том числе при экстремальной нагрузке (*рис.6*).

Сервисный центр осуществляет запуск и сопровождение поставляемых комплексов у потребителей, обучение персонала, гарантийное и постгарантийное обслуживание и поставку запасных частей и расходных компонентов для станков, установленных к настоящему времени на предприятиях в России, а также в дальнем и ближнем зарубежье. На сегодняшний день более 800 станков, разработанных и произведенных группой компаний «Лазеры и аппаратура», успешно работают более чем на 300 предприятиях России, Белоруссии, Китая, США, Южной Кореи и других стран. Среди клиентов группы компаний такие крупные компании, как «Объединенная двигателестроительная корпорация», ОАО «РЖД», госкорпорация «Росатом», концерн «Калашников», НПО «Техномаш», НПО «Стрела».

Модельный ряд оборудования

Современный подход ГК «Лазеры и аппаратура» к созданию лазерных установок заключается в производстве машин на основе базовых платформ, модифицируемых с учетом индивидуальных требований заказчика (*рис.7*). Таким образом достигается одновременно и максимальная серийность, и адаптация под конкретный технологический процесс.

Так, на данный момент разработаны базовые модели для лазерной микрообработки (серия МЛП1), которые предназначены для скрайбирования, микрорезки, модификации поверхностей, обработки тонкопленочных материалов и микромаркировки. Такие машины востребованы на предприятиях электронной промышленности и точного приборостроения. Также разработана и востребована у заказчиков серия лазерных установок МЛ5 для подгонки резистивных элементов.

Еще одна серия базовых моделей — машины для маркировки и гравировки. Они позволяют маркировать и гравировать любые материалы: цветные и черные металлы и их сплавы, а также пластмассы и керамику.

Отдельного внимания заслуживает серия пятикоординатных многофункциональных лазерных систем для резки, сварки, перфорации и наплавки. Машины позволяют обрабатывать как плоские детали, так и изделия сложной формы, осуществлять полноценную 5-осевую обработку. Эта серия включает в себя как модели для автоматической сварки и наплавки, так и обрабатывающие центры для сложной прецизионной обработки.

В ГК «Лазеры и аппаратура» производятся также машины для прямой порошковой наплавки (серия МЛ7). Такие установки используются для ремонта пресс-форм, технологической оснастки, восстановления и прецизионной наплавки контактных поверхностей деталей, в том числе из жа-

ропрочных сплавов, а также для модификации поверхностей деталей и нанесения на изделия защитных и упрочняющих покрытий.

Перспективным направлением развития стало создание машин для аддитивного производства. Первый российский серийный 3D-принтер для послойной печати металлических изделий МЛ6 позволяет вырастить из металлического порошка прототип сложного изделия или наладить печать компонентов. При его разработке был учтен мировой опыт эксплуатации установок данного типа и дополнительно разработан целый ряд новых запатентованных системных решений, компонент и узлов установки, а также собственное программное обеспечение.

Перспективы развития

В настоящее время перед коллективом группы компаний «Лазеры и аппаратура» стоят новые задачи, связанные с разработкой новых технологий и систем переднего уровня, которые до сих пор российские предприятия приобретали у передовых западных фирм. На

это сложное оборудование и технологии, содержащие ноу-хау, наложены санкции. Санкции также закрыли доступ к ряду ключевых комплектующих. Все это необходимо освоить в России. Однако для решения всего комплекса проблем необходимо создавать промышленную инфраструктуру, привлекать к работам исполнителей, обучать новые кадры. Все это требует серьезных инвестиций и новых организационно-управленческих решений как на уровне отдельных предприятий, так и на уровне всей отрасли.

В последние годы коллектив центра значительно усилился как опытными специалистами, так и молодежью, и важно, что молодые специалисты начали выходить на ведущие роли. Ведется большая работа со студентами ведущих вузов. Сейчас компания развивает направление сложных лазерных систем — лазерные комплексы для многокоординатной обработки, машины для аддитивных производств, микрообработки. Всё это позволяет компании с уверенностью смотреть в будущее.

* * *

***Послесловие.** Поздравляя ООО «НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ» с 25-летием и желая им дальнейших успехов, развития и процветания, отметим, что эта компания с 1999г. является коллективным членом Лазерной ассоциации (а фактически раньше – когда коллектив, организованный Л.Г.Сапрыкиным и М.Н.Миленкиным, работал ещё в составе зеленоградского НИИ «Зенит», вступившего в ЛАС в 1990г.) и всегда охотно участвует в мероприятиях и проектах нашей Ассоциации – от российско-германского «лазерного» сотрудничества до выставок в московском Экспоцентре, от первой делегации ЛАС в Китай до ежегодных конгрессов техплатформы «Фотоника». Леонид Григорьевич Сапрыкин был членом самого первого Совета ЛАС, работавшего в 1990-1994гг., и активно содействовал организации сотрудничества в рамках ЛАС и усилиям Ассоциации по сохранению и развитию отечественной лазерно-оптической отрасли. Надеемся, что общественная активность НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ» сохранится и впредь – наряду с коммерческими успехами. С юбилеем, коллеги!*

Секретариат ЛАС

Лазерная очистка



В ООО «НТО «ИРЭ-Полюс» создали новейшую систему ручной лазерной очистки **LightCLEAN** с уникальным балансом производительности и компактности. Себестоимость очистки до 3 раз ниже по сравнению с традиционными методами. Отсутствует потребность в расходных материалах, нет отходов. Скорость очистки 0,8-1 м²/мин. Очистка происходит без оплавления и повреждения поверхности. Предустановленные режимы и ручные устройства. Лучший баланс габаритных размеров и производительности.

Области применения:

- Машиностроение
- Металлопрокат, обработка металла
- Пищевая промышленность
- ЖКХ
- Деликатная очистка без нагрева и повреждения основы
- Структурирование поверхности

Представляем победителей Конкурса ЛАС (2023) на лучшую отечественную разработку в области лазерной аппаратуры и лазерно-оптических технологий, вышедшую на рынок в 2021-2022гг.

*Номинация «Источники лазерного излучения и их компоненты,
устройства управления лазерным лучом и его транспортировки»
(конкурс имени М.Ф.Стельмаха)*

Диплом II степени

Акустооптическая дисперсионная линия задержки для фемтосекундного регенеративного усилителя

*Авторский коллектив: В.Я.Молчанов, К.Б.Юшков, А.И.Чижииков, В.В.Гуров, С.П.Аникин,
Н.Ф.Науменко, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет
«МИСИС» (НИТУ МИСИС), Москва*



Акустооптическая (АО)
дисперсионная линия за-
держки (**рис.1**) разрабо-
тана в НИТУ Акустооп-

тики НИТУ МИСИС для создания ультракоротких лазерных импульсов специальной формы, в частности, для программируемой модификации спектрального состава chirпированных лазерных импульсов в регенеративных усилителях мощных лазерных машин.

Перейдем к цифрам. Рассмотрим типичную субпикосекундную лазерную систему тераватного уровня мощности с задающим генератором на центральной длине волны 1,054 мкм с длительностью импульса порядка 200 фс. Активной средой является неодимовое фосфатное стекло. Chirпированный импульс после стретчера первоначально усиливается в регенеративном усилителе в режиме слабого сигнала при совершении большого, порядка 20, числа проходов через одну и ту же активную среду от относительно слабого входного сигнала с энергией ~0,1 нДж до энергии от 1 до 10 мДж. После стретчера на входе регенеративного усилителя спектр импульса составляет порядка 10 нм. Вследствие недостаточно широкой полосы усиления активной среды усилителя с каждым проходом происходит сужение спектра импульса и по завершении цикла после усиления ширина спектра уменьшается до 2 нм. Максимальное сужение спектра импульса и, соответственно, увеличение длительности импульса происходит на первых проходах. Поэтому после компрессии длительность импульса заметно превышает исходную и составляет порядка 1 пс.

АО дисперсионная линия задержки размещается внутри регенеративного усилителя. Она



Рис.1 Акустооптическая дисперсионная линия задержки.

**Табл.1 Основные характеристики
АО дисперсионных линий задержки**

Акустооптический материал	монокристалл TeO ₂
Центральная длина волны	750-850 нм (Ti ³⁺ :Al ₂ O ₃) 1030-1070 нм (Nd ³⁺) 1230-1270 нм (Cr ⁴⁺ :MgSiO ₄)
Спектральное разрешение	0,24 нм (Ti ³⁺ :Al ₂ O ₃)
Полоса обработки спектров	от 8 до 150 нм
Эффективность дифракции	не менее 90%
Управляющая мощность	10 Вт
Оптическая апертура	6 мм
Лазерная стойкость	не менее 10 Дж/см ²

предназначена для поддержания постоянной длительности chirпированного импульса на каждом проходе через усилитель. С физической точки зрения АО дисперсионная линия действует как программируемый спектральный эквалайзер для выравнивания спектрального коэффициента усиления по краям диапазона и,

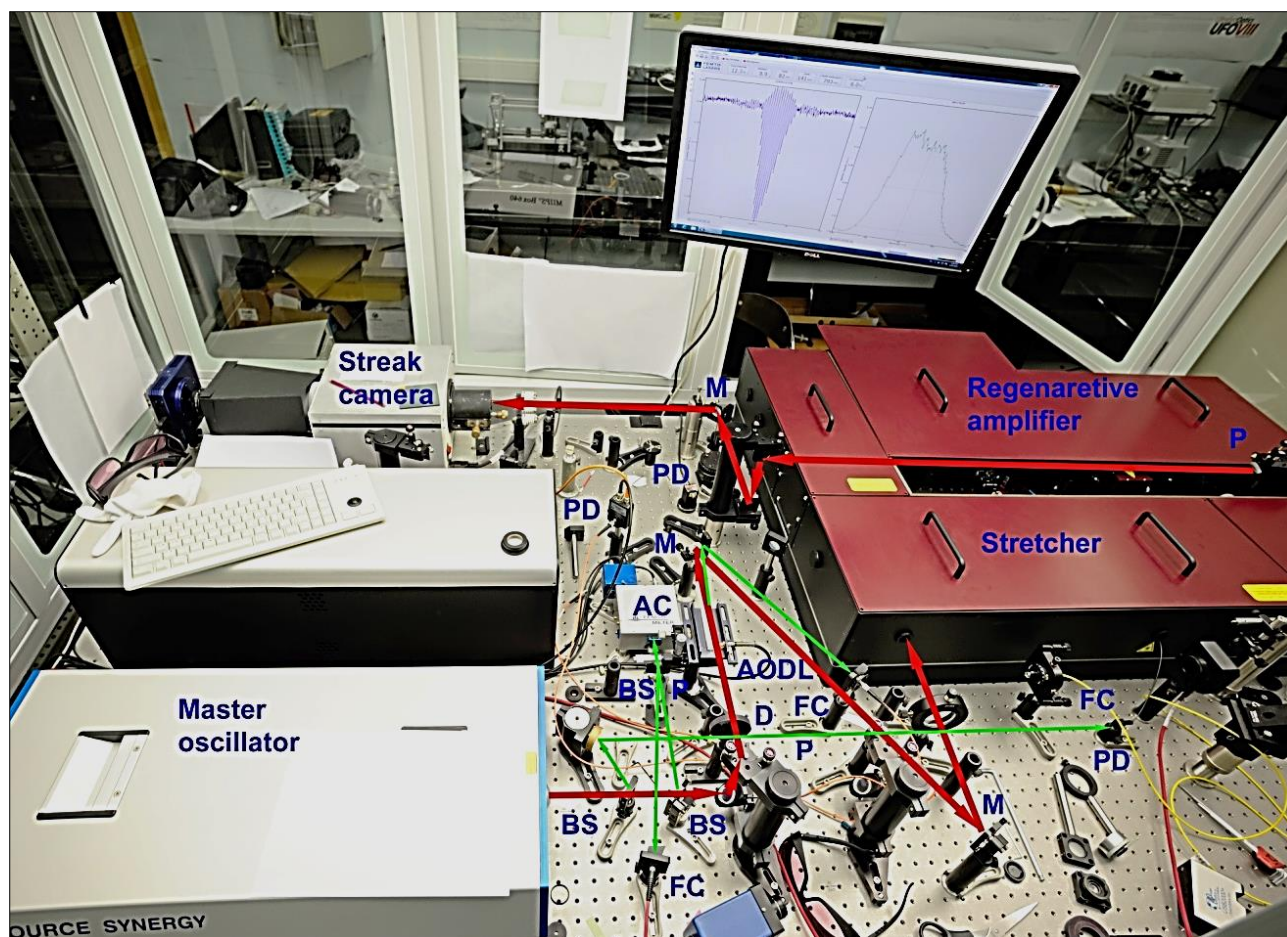


Рис.2 Исследования переходных процессов в регенеративном титан-сапфировом усилителе посредством формирования chirпированных лазерных импульсов АО дисперсионной линии задержки.

следовательно, постоянства длительности импульса на каждом проходе через усилитель. Устройство может работать в титан-сапфировых, неодимовых и хром-форстеритовых лазерах. Разработка отличается рекордно высоким спектральным разрешением (0,24 нм на длине волны 800 нм), и позволяет формировать лазерные импульсы произвольной временной формы с диапазоном длительностей от 10 фс (спектрально ограниченные импульсы) до 20 пс (chirпированные импульсы), создавать программируемые реплики импульсов, формировать тестовые сигналы для измерения переходных характеристик оптических усилителей (**рис.2**) и т.д. Основные характеристики АО дисперсионных линий задержки приведены в **табл.1**.

Дисперсионные АО-устройства на мировом рынке лазерной техники монопольно представлены компанией Fastlite (Франция) под общим названием Dazzler. В России АО дисперсионные линии задержки разработаны, запатентованы в России и изготавливаются в НТУЦ Акустооптики МИСИС методом оригинальной вакуумной нанотехнологии (**рис.3**) с образованием твердых растворов в связующих нанослоях (RU 2762515 С1 от 31.07.2020). АО-устройства, изготовленные по этой технологии, не имеют химических или физических механизмов деградации параметров во

времени и при воздействии внешних воздействующих факторов. Устройства соответствуют группе климатического исполнения УХЛ категория 4.1 по ГОСТ 15150-69 и группе механического исполнения М23 по ГОСТ 30631-99.

Краткий исторический экскурс. В течение ряда последних лет в акустооптике как в научном направлении родились новые идеи и созданы новые типы приборов, вызванные появлением фемтосекундных источников излучения. Впервые полем исследования АО-технологий стало широкополосное лазерное излучение с комплексным оптическим спектром. Для задач анализа и управления таким излучением обычные АО-приборы не подходят. Поэтому был разработан качественно новый, так называемый, дисперсионный метод управления и соответствующие АО-устройства. Главное отличие дисперсионного метода состоит в том, что дисперсионные приборы, в отличие от обычных, впервые стали выполнять не последовательную спектральную обработку оптического излучения, а параллельный (одновременный с точностью до времени пробега излучения через кристалл) спектральный анализ и управление оптическим излучением в комплексной амплитудо-фазовой плоскости [1,2]. Это была



Рис.3 Вакуумное нанотехнологическое оборудование Центра акустооптики МИСИС для изготовления пьезопреобразователей акустооптических устройств

принципиальная идея. Далее последовала приборная реализация принципа одновременной обработки комплексных спектров, которая была воплощена в виде создания новых АО-приборов – дисперсионных линий задержки на основе квазиколлинеарного взаимодействия в парателлурите [3-6]. Эти приборы характеризуются программируемой произвольной комплексной аппаратной функцией, например, многооконой [4], и потому позволяют формировать посредством независимого воздействия на спектральные амплитуды и спектральные фазы комплексного спектра ультракороткие импульсы специальной формы (например, реплики импульсов [3]) без порождения интермодуляционных спектральных составляющих, свойственных обычным многочастотным АО-приборам, осуществлять субгерцовую модуляцию чипированных лазерных импульсов [6] и т.д.

Патенты

- RU 2453878 С1 от 21.03.2011. Акустооптическая дисперсионная линия задержки.

★ ★ ★

Номинация «Информационно-управленческие технологии и системы фотоники»

Диплом II степени

Автоматизированная система бесконтактного контроля глубины и профиля дефектов поверхности оболочки и концевых деталей изделий

Авторский коллектив: **И.А.Выхристюк, В.С.Глянченко, А.В.Ермоленко, Р.В.Куликов, Л.М.Степнов, Е.В.Сысоев, КТИ НП СО РАН, Новосибирск**



Многочисленные разработки КТИ НП СО РАН успешно применяются при контроле качества продукции в различных отраслях промышленности [1].

- RU 2650854 С1 от 17.04.2018. Устройство для измерения переходных характеристик оптических усилителей.
- RU 2687513 С1 от 14.05.2019. Устройство для адаптивного временного профилирования ультракоротких лазерных импульсов.
- RU 2751446 С1 от 13.07.2021. Способ компенсации сужения спектра излучения в лазерном регенеративном усилителе и устройство для его осуществления.
- RU 2461097 С1 от 03.03.2011. Способ изготовления акустооптических модуляторов.
- RU 2646517 С1 от 02.02.2017. Установка для диффузионной сварки.
- RU 2762515 С1 от 31.07.2020. Способ изготовления акустооптических приборов

Литература

- [1] *Verluse F., Laude V., Huignard J.-P., Tournois P.* Arbitrary dispersion control of ultrashort optical pulses with acoustic waves // *J. Opt. Soc. Am. B.* 2000. V.17, P.138.
- [2] *Молчанов В.Я., Китаев Ю.И., Колесников А.И., и др.* Теория и практика современной акустооптики, М.: МИСИС, 2015. 459 с. Глава III.
- [3] *Molchanov V.Ya., Chizhikov S.I., Makarov O.Yu., et al.* Adaptive acousto-optic technique for femtosecond laser pulses shaping // *Appl.Opt.* 2009. V.48. P.118.
- [4] *Yushkov K.B., Molchanov V.Ya., Ovchinnikov A.V., et al.* Acousto-optic replication of ultrashort laser pulses // *Physical Review A.* 2017. V.96. P.043866.
- [5] *Юшков К.Б., Молчанов В.Я., Хазанов Е.А.* Соотношение неопределенности для модулированных широкополосных лазерных импульсов // *Успехи физических наук.* 2021. V.191. P.874.
- [6] *Molchanov V.Ya., Yushkov K.B., Kostyukov P.V., et al.* Measurement of amplified binary-modulated chirped laser pulses generated by different acousto-optic pulse shaping algorithms // *Optics & Laser Technology.* 2021. V. 142. P. 107220.

Автоматизированная система бесконтактного контроля глубины и профиля дефектов поверхности оболочки и концевых деталей изделий разработана в интересах предприятий атомной

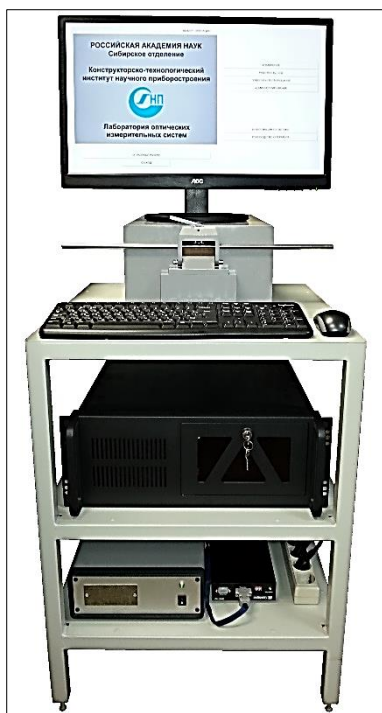


Рис.1 Общий вид системы.

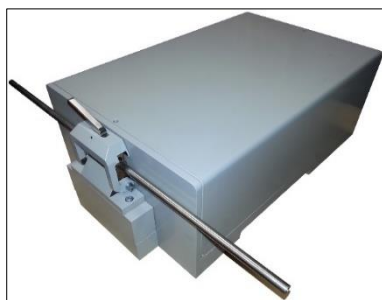


Рис.2 Оптико-механический блок.

автоматизированного и высокоточного измерения глубины дефектов.

На рис.1 показан общий вид системы, в которую входит оптико-механический блок, электронный блок, контроллер стола и персональный компьютер со специализированным программным обеспечением.

Система выполняет измерения глубины дефекта поверхности, используя интерференцию частично-когерентного света. Для этого в оптико-механическом блоке используется интерферометр Линника, в опорном плече которого

отрасли для контроля качества оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ). ТВЭЛ является дорогостоящим изделием. При его производстве выполняется множество технологических операций, финальной из которых является контроль качества внешнего вида, включающий в себя измерение глубины обнаруженных дефектов оболочки. В случае, если глубина дефекта превышает допуск, установленный на предприятии, это приводит к браковке дорогостоящего изделия. Представляемая система предназначена для выполнения бесконтактного, автоматизированного и высокоточного измерения

Табл.1 Технические характеристики системы

Наименование характеристики	Значение
Размер зоны контроля	2,3 мм × 1,7 мм
Погрешность измерения глубины	± 3 мкм
Скорость измерения	30 мкм/сек
Диапазон измерения	до 10 мм

установлено плоское оптическое зеркало, в измерительном плече, в ложементе оптико-механического блока, фиксируется поверхность объекта измерения. В качестве источника частично-когерентного света в интерферометре используется светодиод с эффективной длиной волны ~470 нм и длиной когерентности ~10 мкм. На рис.2 показан оптико-механический блок с установленным в ложементе объектом измерения – фрагмент оболочки ТВЭЛа.

Наблюдение зоны контроля выполняется при помощи цифровой видеокамеры, установленной в соответствующем плече интерферометра. Для измерения глубины дефекта оператор должен установить дефект в зону контроля системы и запустить процесс сканирования. При этом интерферометр при помощи моторизованного микрометрического стола прецизионно перемещается вдоль оптической оси измерительного плеча по направлению к поверхности объекта измерения. В каждом положении интерферометра регистрируется дифференциальная интерферограмма (рис.3) с изолинией высоты рельефа поверхности. По набору таких изолиний формируется результат измерения – 3D модель измеренного фрагмента поверхности (рис.4) и строится карта высот (рис.5), по которой определяется максимальная глубина дефекта.

Система прошла метрологическую экспертизу и внесена в реестр средств измерений. Технические характеристики системы приведены в табл.1.

В сравнении с традиционным способом измерения глубины дефекта (образец измеряется визуально, при помощи оптического микроскопа) измерения данной системы носят объективный характер и выполняются с меньшей погрешностью.

Интерференция света широко применяется в

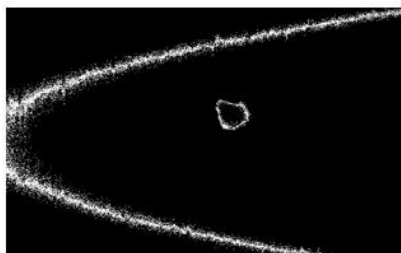


Рис.3 Дифференциальная интерферограмма

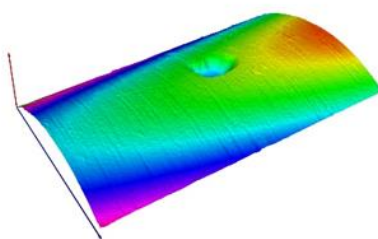


Рис.4 Результат измерения – 3D модель фрагмента.

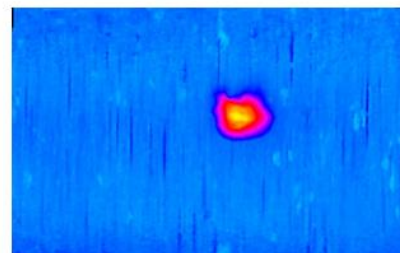


Рис.5 Результат измерения – карта высот.

системах измерения рельефа поверхности производимых, как за рубежом [2,3], так и в России [4, 5, 6, 7]. В основном такие системы используются в лабораторных условиях.

Представляемая система была разработана с учетом работы в условиях производства и в настоящее время является единственной в нише оптических бесконтактных профилометров, применяемых для измерения глубины дефектов внешней поверхности ТВЭЛа. Система позволяет за небольшой промежуток времени изучить заданную область рельефа поверхности и выдать информацию о максимальной глубине дефектов.

Литература

- [1]. Yu.V.Chugui, A.G.Verkhoglyad, P.S.Zavyalov, E.V.Sysoev, R.V.Kulikov, I.A.Vykhristyuk, M.A.Zavyalova, A.G.Polshchuk and V.P.Korolkov Optical measuring and laser technologies for scientific and industrial application // International Journal of Automation Technology. – 2015. – V. 9. – N. 5. – pp. 515-524;
- [2]. Dongxu Wu, Fusheng Liang, Chengwei Kang and Fengzhou Fang Performance Analysis of Surface Reconstruction Algorithms in Vertical Scan-

ning Interferometry Based on Coherence Envelope Detection // Micromachines. – 2021. – V. 12, Issue 2. – pp. 1-17;

[3]. P. de Groot Principles of interference microscopy for the measurement of surface topography // Advances in Optics and Photonics. – 2015. – V.7, Issue 1. – pp.1-65;

[4]. Е.В.Сысоев, И.А.Выхристюк, Р.В.Куликов, А.К.Поташиников, В.А.Разум, Л.М.Степнов Интерференционный микроскоп-профилометр // Автометрия. – 2010. – Т.46. – №2. – сс.119-128;

[5]. Р.В.Шиманский, В.П.Корольков, А.Е.Качкин Оптический профилометр на основе интерферометра Линника для измерения толщины пленок, глубины и формы рельефа // ИНТЕР-ЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2018. – Т.1. – №5. – сс. 144-150;

[6]. Г.Н.Вишняков, Г.Г.Левин, В.Л.Минаев Автоматизированные интерференционные приборы ВНИИОФИ // Автометрия. – 2017. – Т.53. – № 5. – сс.131-138;

[7]. P.S.Ignatyev, A.A.Skrynnik, and Y.A.Melnik Nanoscale surface characterization using laser interference microscopy // Mechanics & Industry. – 2017. – V.18. – N.7. – pp.1-5.

★ ★ ★

Номинация «Лазерные технологии в промышленности и энергетике»

Диплом II степени

Комплекс лазерной эрозионной обработки «ТурбоФорма»

Авторский коллектив: К.В.Юдин, С.Г.Горный, ООО «Лазерный центр», С.Петербург



**ЛАЗЕРНЫЙ
ЦЕНТР**

Компания «Лазерный Центр» специализируется на разработке

инновационных лазерных систем и технологий, которые находят применение в различных отраслях промышленности: от медицины и науки до производства изделий из металла и других материалов. Одна из новейших разработок, которая успешно применяется на промышленных предприятиях для реализации технологии лазерной эрозионной обработки материалов «LaserBarking» – это специализированная система «ТурбоФорма».

Новая технология лазерной обработки, которую реализует «ТурбоФорма», получила название LaserBarking, где слово Barking отсылает к процессу обработки древесины – так называемой окорке. LaserBarking позволяет точно и качественно удалить внешний слой материала, напоминая процесс окорки дерева после удаления ветвей и сучьев.

Технология лазерно-эрозионной обработки основана на механизме контролируемого удаления тонких слоев обрабатываемого матери-



ала в результате воздействия сфокусированного лазерного излучения, параметры которого варьируются по специально разработанному ПО. Качество поверхности получается на уровне полировки материала – как у материала,



Технология LaserBarking: создание структур шагреня.



Технология LaserBarking: создание гильюшных элементов.

прошедшего обработку на полировальном станке высокого класса.

Эта технология лазерной обработки позволяет быстро изготавливать пресс-формы – за несколько часов вместо 3-6 месяцев обычными методами. Поверхность после такой лазерной обработки имеет уникальную структуру, которая несравнима с поверхностью после шлифовального инструмента. Благодаря дополнительному оплавлению материала поверхность получается с микрошероховатостью.

Данная технология позволяет эффективно создавать сложные формы в материалах с высокой твердостью, таких как штамповые стали с твердостью HRC=58 единиц. Эти материалы используются для изготовления сложных штампов и пуансонов, которые при закалке не должны деформироваться. Таким же образом эта технология может применяться в производстве пресс-форм для литья алюминия или других легких сплавов.

Комплекс лазерной эрозионной обработки «ТурбоФорма» является уникальным и не имеет прямых аналогов на российском рынке. Западным аналогам этот комплекс ничуть не уступает по качеству обработки, но при этом обладает более доступной ценой и не зависит от санкционных ограничений.

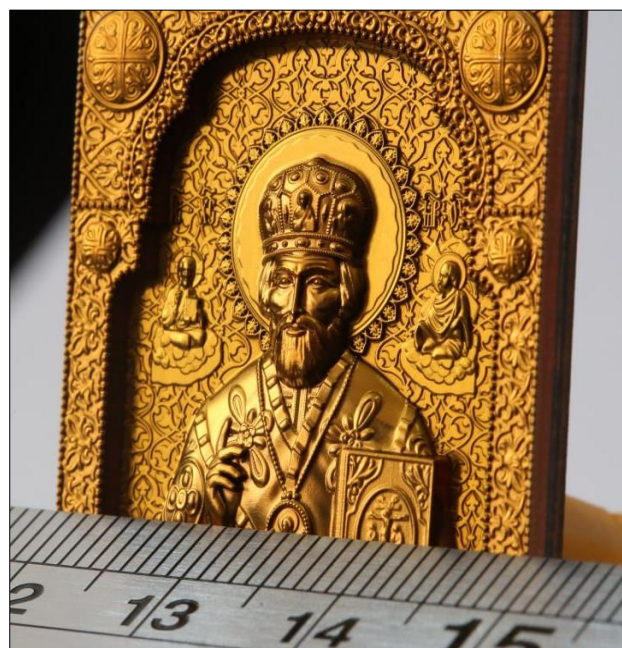
Технология лазерно-эрозионной обработки обеспечивает высокую точность и детализацию

рельефа и не требует дальнейшей доработки поверхности, подходит для создания индивидуальных и малотиражных изделий, для создания на металлических поверхностях разнообразных текстур и гильюшных элементов, для высокоточной обработки пресс-форм.

Установка «ТурбоФорм» имеет технологические преимущества перед другими устройствами изготовления аналогичных изделий – как по качеству, так и по времени, затрачиваемому на производство сложных плоскостных деталей: монет, знаков отличия, ювелирных штамповок и др.

Используя «ТурбоФорму» можно за короткое время (от одного часа) получить штамп, который соответствует всем стандартам монетного производства. Он не требует дополнительной доработки клише, что даёт возможность немедленно начать штамповку изделий. В современных реалиях такой инструмент, как «ТурбоФорма» даёт значительное конкурентное преимущество перед другими производителями, ведь клиент всегда трепетно относится к срокам, и почти всегда они не очень продолжительны. Установка «ТурбоФорма» даёт возможность за сутки получить от 300 единиц прецизионных изделий. А конкуренты – в особенности если они используют такие методы, как фрезеровка на станке с ЧПУ и литье, затягивают время до получения первых результатов на срок от 4 до 7 дней.

Система «ТурбоФорма» уже применяется в Санкт-Петербургском Монетном Дворе, Казахском Монетном Дворе Национального Банка Республики Казахстан, в СибГУ науки и технологий имени академика М.Ф.Решетнёва, а также на Санкт-Петербургском геральдическом заводе.



ЖРОНИКА

Научно-практическая конференция «Лазерная медицина в России: прошлое, настоящее и будущее»

Накануне Дня медицинского работника 16 июня 2023г. в Российском университете дружбы народов им. Патриса Лумумбы состоялась конференция с международным участием, посвященная 100-летию Олега Ксенофонтовича Скобелкина. Мероприятие проводилось в очно-заочном формате. При этом очно присутствовали более 200 участников, зарегистрировавшиеся «он-лайн» позволили общему числу участников превысить 1000.

К сожалению, международное участие среди докладчиков свелось к представителю Беларуси, а также иностранцам-аспирантам РУДН. Надеюсь, что зарубежные специалисты слушали заседания конференции «он-лайн».

Помимо пленарного в 3 залах были проведены секционные заседания:

- Лазерные хирургические технологии.
- Лазеры в онкологии и фотодинамическая терапия.
- Лазеры в диагностике и терапии.
- Лазерные медицинские технологии. Современные тренды.
- Лазеры в дерматологии и косметологии.
- Лазеры в гинекологии (две части).
- Лазеры в оториноларингологии.
- Лазеры в стоматологии.

Тезисы конференции опубликованы в журнале «Медицинская физика» №2, 2023г.

Конференция была прекрасно организована. На секциях было представлено большое количество интересных докладов. И если для

врачей-специалистов проблем не было, то автору пришлось «метаться» между параллельно идущими секциями.

К сожалению, не обошлось без «ложки дегтя»: ни в оргкомитете, ни среди докладчиков не было представителей ГНЦ лазерной медицины им. О.К.Скобелкина. Комментарий может быть один – цитата от кота Леопольда: «Ребята, давайте жить дружно».

В фойе конференции работала выставка лазерной медицинской техники. По сравнению с предыдущими годами беднее были представлены зарубежные производители. Тем не менее, часть из них были представлены российскими дистрибьютерами, а американская «Aerolase» и немецкая «Biolitec» сами представили свою продукцию.

В заключение на конференции была принята резолюция с предложением проводить подобные мероприятия как «Скобелкинские чтения» на базе медицинского института РУДН им. П.Лумумбы.

В.П.Минаев, эксперт ЛАС



*Олег Ксенофонтович
Скобелкин (1923-1998)*

ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ

Во Владимире в ближайшие 2 года может появиться лазерный технопарк

В рамках Петербургского международного экономического форума губернатор Владимирской области и представители компании «ТермоЛазер» подписали соглашение. Договорённости имеют целью создать в региональном центре технопарк «Плазар». Соглашение предусматривает осуществление инвестиций в данный проект.

Основными задачами технопарка будут: реализация высокотехнологичных проектов в сфере лазерных, плазменных и аддитивных технологий, создание центра коллективного пользования лазерного и аддитивного оборудования. Компания в реализацию данного проекта планирует инвестировать сумму размере 425 миллионов рублей. В случае воплощения условий соглашения в жизнь ожидается создание 250 новых рабочих мест.



Агентство экономического развития уже работает с инвестором. Предполагается, что технопарк начнёт работу в ближайшие 2 года.

https://newsvladimir.ru/fn_1340667.html

Академия наук Республики Узбекистан
Институт ионно-плазменных технологий им. У.А.Арифова

Республиканская научно-практическая
конференция
**«Проблемы и перспективы
оптики и лазерной физики»**
26-27 октября 2023г., Ташкент, Узбекистан,
Институт ионно-плазменных технологий им. У.А.Арифова



Конференция посвящена 80-летию Академии наук Республики Узбекистан

К участию в конференции приглашаются профессора и преподавательский состав высших учебных заведений, научные сотрудники, докторанты и стажёр-исследователи научно-исследовательских учреждений местных и зарубежных стран, а также специалисты в данной области.

Основные направления конференции:

- 1 - секция. Оптика и спектроскопия наноматериалов;
- 2 - секция. Лазерная физика, лазерные технологии;
- 3 - секция. Физика конденсированных сред;
- 4 - секция. Оптические устройства и методы.

Языки конференции:

Узбекский, русский, английский

*Крайний срок регистрации и подачи тезисов докладов
26 сентября 2023г.*

Контакты:

тел.: +998 71 262 31 69; факс: +998 71 262 32 54
Веб-сайт: <http://conf.optics-2023.iplt.uz>

«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.Ковш
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: info@cislaser.com
<http://www.cislaser.com>
Банковские реквизиты ЛАС:
р/с 40703810538000006886
В ПАО «Сбербанк» г.Москва
к/с 30101810400000000225
БИК 044525225