

Катулин. Энергия мощного лазера

К 90-летию со дня рождения первого директора Самарского филиала ФИАН, организатора и первого руководителя Самарского регионального центра ЛАС **Виктора Анатольевича Катулина**

3 мая 2026 года исполнилось 90 лет со дня рождения **Виктора Анатольевича Катулина** – блестящего ученого и талантливого организатора науки, практически вся научная жизнь которого была тесно связана с лазерами и Физическими институтом имени П.Н.Лебедева.

Свой трудовой путь в ФИАНе **В.А.Катулин** начал через три года после окончания МГУ им.

М.В.Ломоносова. Эти три года он работал в Институте физики атмосферы АН СССР (г.Москва), занимался разработкой приборов для изучения радиационного баланса Земли и атмосферы в различных областях спектра путём наблюдений с ракет и спутников и уже через два года возглавлял научную группу. В 1963г. по приглашению **Н.Г.Басова** молодой ученый **Виктор Катулин** перешёл на работу в его лабораторию в Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН), где начал заниматься лазерами.

Первые его исследования в ФИАНе были связаны с созданием полупроводниковых лазеров с оптической (лазерной) накачкой. При определяющем вкладе **В.А.Катулина** создавались первые в мире полупроводниковые лазеры с однофотонной и двухфотонной оптической накачкой, была экспериментально продемонстрирована возможность использовать полупроводники в качестве преобразователей лазерного излучения с коэффициентом полезного действия около 50%. В этих экспериментах



впервые в мире была реализована схема дискового лазера.

С 1966 года талантливый физик-экспериментатор **В.А.Катулин** начинает заниматься мощными газовыми лазерами. Актуальнейшее направление – создание мощных высокоэнергетических крупномасштабных йодных лазеров – разрабатывал большой коллектив ученых из разных институтов: ФИАН,

ВНИИЭФ, ГОИ и др. И здесь группа молодых физиков-экспериментаторов, возглавляемых **В.А.Катулиным**, заняла достойное место. Кол-

В номере:

- **Катулин. Энергия мощного лазера**

А.Майорова, В.Афримович

- **Представляем победителей Конкурса ЛАС-2026**

- ▶ «Промышленная установка селективного лазерного сплавления металлических порошков «М-450-L»

- ▶ «Фемтосекундный титан-сапфировый лазер с диодной накачкой»

- ▶ «Подавление угловых и пространственных флуктуаций лазерного пучка при помощи системы активной стабилизации BPS»

- ▶ «Лазерный модуль SLM-808-1000-CW-L-353-063»

- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ. Объявление**



Свой трудовой путь В.А.Катулин начал в ФИАНе в лаборатории Нобелевского лауреата Н.Г.Басова.

лективом были получены рекордные энергетические характеристики. За цикл работ 1966-1970гг. в 1980 году Виктор Анатольевич Катулин в составе коллектива авторов, внесших основной вклад в работы по созданию мощных йодных лазеров, был удостоен Государственной премии СССР.

Далее, с 1972г., молодой учёный сосредоточился на разработке лазеров для термоядерных установок. Под его руководством был создан йодный лазер наносекундных импульсов с оптическим возбуждением излучением открытого электрического разряда непосредственно в лазерной среде. На тот момент в мире не было подобных лазеров. В ходе исследования был предложен принципиально новый метод конструирования лазеров, показана возможность создания крупномасштабной установки для проведения эксперимента по лазерному управляемому термоядерному синтезу. Полученные определяющие результаты нашли развитие в создании более мощных установок в других организациях (например, во ВНИИЭФ – установка «Искра»). За этот цикл работ В.А.Катулин в составе авторского коллектива получил в 1997г. Государственную премию России.

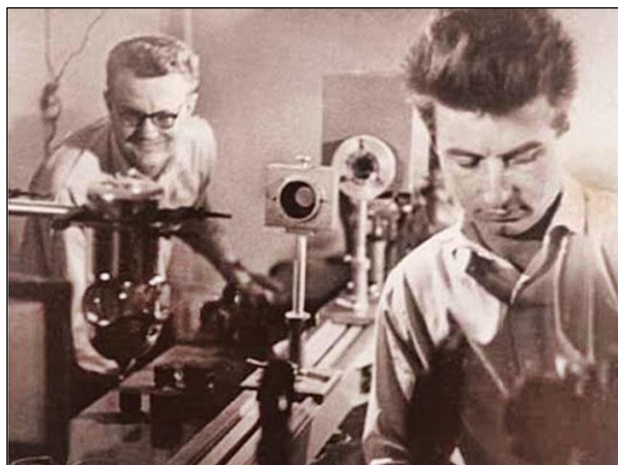
Отдельным направлением своей научной деятельности Виктор Анатольевич считал создание Института по лазерным технологиям. В конце 70-х гг. по инициативе академика Н.Г.Басова, на тот момент директора ФИАН, ему было поручено возглавить, а скорее, создать и возглавить Куйбышевский филиал ФИАНа. Первый в регионе академический институт создавался для решения фундаментальных и прикладных задач в области создания новых лазерных систем и технологий. Идея Н.Г.Басова, горячо поддержанная областным руководством, заклю-

чалась в стремлении использовать лазерные наработки ФИАН в интересах мощного машиностроительного комплекса г.Куйбышева. Соответствующее Постановление Президиума АН СССР № 314 о создании филиала ФИАН вышло 20 марта 1980 года.

И вновь В.А.Катулин с командой единомышленников, состоявшей из талантливых и амбициозных выпускников МГУ, Физтеха и спецфака МИФИ (А.Л.Петров, В.И.Игошин, А.Н.Малов, С.В.Каюков, Н.Л. и Н.Г.Куприяновы и др.) смог в короткие сроки эффективно решить все поставленные задачи. Им удалось создать творческий и работоспособный коллектив, освоить производственные площади, включая ремонт старого здания и переезд в новое, запустить экспериментальное оборудование, определить актуальные научные направления в области лазеров и лазерных технологий, провести научные исследования, получить результаты, установить сотрудничество с вузами и предприятиями города и страны, а также начать подготовку научных кадров.

Виктор Анатольевич всегда отличался трудолюбием, энергией и целеустремленностью в достижении цели. Способность брать на себя ответственность за дело и окружающих, доброта и отзывчивость создавали вокруг него атмосферу доверия и поддержки. Именно это и помогло молодому коллективу под его руководством провести огромную работу по созданию Института.

Яркая научная биография В.А.Катулина, к сожалению, была очень недлинной. Крупный ученый в области лазерной физики, техники и технологии скончался после тяжелой болезни в возрасте 62 лет. Его научное наследие включает более 160 научных статей, монографию «Сильноточные излучающие разряды и газовые лазеры с оптической накачкой» (1978г.), разработанные новые принципы создания лазеров, экспериментальные установки, рекордные характеристики лазерных систем, а еще Самарский филиал ФИАН – Институт, в котором по-



Виктора Катулина называли экспериментатором от бога.

прежнему, наряду с другими актуальными тематиками, активно занимаются лазерами и лазерными технологиями, исследуют взаимодействие лазерного излучения с веществом, а также созданная *Виктором Анатольевичем* кафедра оптики и спектроскопии в Самарском государственном университете (ныне Самарском национальном исследовательском университете), готовящая специалистов в области лазерной физики и фотоники.

На разных этапах в СФ ФИАН были получены следующие результаты: разработан и изготовлен единственный в мире прототип промышленного импульсно-периодического электроионизационного СО-лазера замкнутого цикла; теоретически разработаны новые физические принципы создания импульсных химических лазеров, основанных на явлении фотонного разветвления цепной реакции и термоцепного взрыва; предложена, построена и развита физическая модель процесса глубокого плавления металлов импульсным лазерным излучением миллисекундного диапазона длительности, с помощью которой успешно решен ряд задач лазерной технологии на предприятиях Самары и Поволжского региона; найден, полностью описан и реализован экспериментально новый класс лазерных пучков, названных спиральными, и выполнены первые в России эксперименты по манипулированию микроскопическими объектами, проведенные в том числе, с помощью таких пучков; разработаны прототипы генераторов синглетного кислорода, которые использовались практически во всех лабораториях мира, где проводились исследования химического кислородно-йодного лазера.

Виктор Анатольевич принимал активное участие в создании Лазерной ассоциации. На её организационном съезде в 1990г. он был избран в состав первого Совета ЛАС. В том же 1990-м Куйбышевский филиал ФИАН стал коллективным членом Лазерной ассоциации. В 1992г. на его базе по инициативе *В.А.Катулина* был создан Волжский (с 1994г. – Самарский) региональный центр ЛАС. Сотрудники Института активно участвуют в проектах и программах Ассоциации, постоянно избираются в организованную ЛАС Коллегию национальных экспертов стран СНГ по лазерам и технологиям фотоники. В новый состав Коллегии на 2026-2029гг. вошли зам. директора по науке СФ ФИАН, зав. лабораторией когерентной оптики, ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н. *Светлана Павловна Котова* и зав. лабораторией лазерно-индуцированных процессов, ведущий научный сотрудник, д.т.н. *Сергей Игоревич Яресько*.

Сегодня среди достижений нашего Филиала ФИАН в области лазерной физики, лазерных технологий и фотоники можно указать получе-

ние генерации в мощном газовом лазере с дифракционным качеством излучения («лазер с оптической накачкой на инертных газах» – ЛОНИГ); определение кинетических констант целого ряда быстропротекающих процессов, знание которых необходимо для развития современных газовых лазерных систем; разработку новых технологий лазерного упрочнения и термообработки; создание системы оптического наноскопа и ряда схем лазерных пинцетов на основе структурированных световых полей; разработку новых типов жидкокристаллических модуляторов с быстродействием до 3 кГц; исследования в области широкоапертурных лазерных систем, открывающие новые перспективы для создания продвинутых источников структурированного излучения в нанофотонике и интегральной оптике. В последние годы в Филиале глубоко и успешно ведутся исследования в области астрофизики и астрохимии.

Самарский филиал ФИАН по-прежнему работает в тесном сотрудничестве с Самарским государственным университетом — здесь работают его талантливые выпускники, сотрудники Филиала преподают на кафедрах Университета, научно-исследовательская работа студентов и аспирантов кафедры физики и кафедры оптики и спектроскопии традиционно проводятся на базе СФ ФИАН. Совместно с Университетом уже многие годы проводится Всероссийская молодежная самарская конкурс-конференция по оптике, лазерной физике и физике плазмы, в которой принимают участие молодые исследователи из Самары, Москвы, Воронежа, Казани, Саратова, Сарова, Томска, Челябинска, а также приглашенные лекторы – ученые из Москвы, Казани, Саратова и т.д. В ноябре 2026 года состоится очередная XXIV Всероссийская молодежная самарская конкурс-конференция по оптике, лазерной физике и физике плазмы.

Проводимые исследования, научная жизнь СФ ФИАН являются ярким свидетельством того, что дело *В.А.Катулина* продолжается. Хочется верить, что у созданных им Самарского филиала ФИАН и кафедры оптики и спектроскопии Самарского университета хорошие перспективы, а новые имена в науке, яркие открытия – лучшая память о выдающемся ученом, дважды лауреате Государственной премии в области науки и техники, докторе физико-математических наук, профессоре, первом руководителе Самарского регионального центра Лазерной ассоциации, председателе правления областного общества «Знание», члене Президиумов Самарского научного центра и Поволжского отделения Инженерной академии наук *Викторе Анатольевиче Катулине*.

*А.Майорова, к.ф.-м.н., уч. секретарь СФ ФИАН,
В.Афримович, вед. инженер НИИ СФ ФИАН*

Представляем победителей Конкурса ЛАС на лучшую отечественную разработку в области лазерной аппаратуры и лазерно-оптических технологий, выведенную на рынок в 2024-2025гг.*

Номинация «Лазерные технологии в промышленности и энергетике»

Диплом I степени

АО «Лазерные системы», Санкт-Петербург

Промышленная установка селективного лазерного сплавления металлических порошков М-450-L

*Авторский коллектив: С.С.Смоленцев, А.А.Калмыков, Е.В.Ильин, А.А.Мясников,
А.Н.Варфоломеев, А.Ю.Красиков, Е.А.Степанов, А.О.Ксенофонтов, Н.А.Ксенофонтов,
О.А.Веремейчук, К.Л.Шульга, О.И.Ефимова, М.А.Трутнев*



АО «Лазерные системы» – высокотехнологичный российский

производитель лазерного и оптоэлектронного оборудования для промышленного применения на базе собственных разработок. Компания производит промышленные 3D-принтеры металлопорошковой печати по технологии SLM с 2017 года. Сегодня это серийное сертифицированное оборудование, применяемое в самых различных сферах: от авиационного и ракетно-космического двигателестроения до приборостроения, нефтегазовой промышленности и медицины. С 2024 года компания расширила направления деятельности в области аддитивных технологий, выйдя на рынок контрактной 3D печати, организовав свой собственный центр аддитивных технологий (ЦАТ), в котором, помимо контрактного производства, осуществляется также и исследовательская деятельность.

Одной из новых установок 3D-печати, выведенной на рынок в 2025 году, стала «Промышленная установка селективного лазерного сплавления металлических порошков «М-450-L». Установка позволяет синтезировать крупногабаритные металлические изделия сложной геометрической формы, недоступные для изготовления традиционными производственными технологиями, или же избыточно трудозатратные при производстве. Установка изначально проектировалась для серийного аддитивного производства и оснащена средствами дополнительной автоматизации производственного процесса, в том числе универсальными сменными ростовыми модулями, которые обеспечивают сокращение простоев оборудования.

Также 3D-принтер в базовой комплектации оснащается 4-мя лазерными каналами по 500 Вт, однако может быть укомплектован лазерными волоконными источниками вплоть до 1 кВт оптической мощности. М-450-L отличается не только увеличенным полем построения и 4 лазерными каналами. Основное отличие от среднесеgmentного оборудования – ориентация на серийное производство в промышленном секторе. Это выражено в компоновочных решениях, модульности конструкции и последовательности работы комплекса. В установке применена концепция «нижней выгрузки» – когда ростовой объем изымается из камеры построения целиком – и целиком поступает в модуль охлаждения и удаления порошка.

Производительность оборудования существенно превышает аналогичный показатель для двухлазерных установок среднего класса и соответствует европейским показателям, что обеспечивает более рентабельное серийное производство. Известно, что производительность синтеза сильно зависит от типа и марки материала, толщины синтезируемого слоя и общей заполненности сцены построения. В связи с этим в ЦАТе АО «Лазерные системы» ведется работа по подготовке режимов повышенной производительности синтеза.

Диапазон используемых марок материалов достаточно обширен: от нержавеющей сталей и никелевых жаропрочных сплавов до специализированных материалов, бронзы и даже чистой меди. Тем не менее, синтез изделий из металлокерамики на текущий момент в большей степени остается в области научно-исследовательских работ.

* Описания разработок-победителей конкурса представлены руководителями авторских коллективов. Очередность публикации – в соответствии с временем поступления текстов в редакцию.



На сегодняшний день АО «Лазерные системы» выпускают серийно 3D-принтеры SLM четырех типоразмеров по объемам построения: от $d150 \times 250$ мм до $500 \times 500 \times 500$ мм. Установка M-450-L является старшей в линейке аддитивного оборудования и отличается не только размером камеры построения и количеством лазерных каналов, но и увеличенной системой фильтрации, автоматизированной работой с металлопорошковым материалом и ростовым объемом, а также компоновочными решениями.

Оборудование является отечественным: вся разработка, в т.ч. программное обеспечение, изготовление, обучение и последующее сервисное обслуживание осуществляется предприятием-изготовителем. Это выгодно отличает продукт от импортных аналогов.

На предприятии осуществляется многоэтапный контроль всего производственного процесса: от контроля качества разработки и подготовки конструкторской документации до приемосдаточных испытаний на территории заказчика. Функционирует лаборатория, обеспечивающая металлографический и физико-механический анализ синтезируемых материалов.

Для «Лазерных систем» запуск в серийное производство промышленной SLM-установки M-450-L является ключевым событием и значимым итогом работы в 2025 году. Это оборудование выступает одной из наиболее заметных отечественных разработок в своем сегменте, способной производить крупногабаритные металлические детали сложной геометрической формы с использованием широкого спектра металлических порошков. К тому же данная установка является единственной в данном размере объема построения, которая имеет заключение Минпромторга о российском происхождении (в соответствии с Постановлением Правительства РФ №719 от 17.07.2015).

Установка была представлена на выставке «Металлообработка-2025» в Москве 26-29 мая 2025 года и с этого года доступна к заказу, являясь серийным оборудованием. Тенденции рынка аддитивных технологий свидетельствуют о том, что в перспективе 3-5 лет данный класс оборудования может стать основным типоразмером для промышленного сектора.

В 2025 году АО «Лазерные системы» с установкой M-450-L стали лауреатами премии «Время инноваций» в номинации «Продукт года».

*А.А.Ким, О.А.Терешенкова,
АО «Лазерные системы»*

★ ★ ★

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

Диплом I степени

ООО «ФемтоВижн», г.Москва

**Фемтосекундный титан-сапфировый лазер
с прямой диодной накачкой «Тисквантум»**

*Авторский коллектив: С.П.Никитин, К.А.Акмаров,
К.А.Емельянов, И.С.Овсянкин*



Титан-сапфировый лазер (Ti:Al₂O₃) совершил настоящую революцию в лазерной физике и оптике сверхкоротких импульсов. Благодаря беспрецедентно широкой полосе усиления (от 650 до 1100 нм), этот кристалл стал иде-

альной средой для генерации и усиления фемтосекундных импульсов. В течение десятилетий системы на основе титан-сапфира оставались незаменимыми в лабораториях по всему миру, обеспечивая прогресс в таких областях, как многофотонная микроскопия, терагерцовая спектроскопия, генерация оптических гребенок, оптичес-

кая когерентная томография и фемтосекундная субмикронная обработка материалов [1].

Однако, несмотря на выдающиеся спектральные характеристики, титан-сапфировые лазеры долгое время имели специфические требования к системе накачки. Пик поглощения титан-сапфира лежит в диапазоне 490–500 нм. Исторически первой накачкой служили громоздкие и крайне неэффективные аргоновые лазеры. В 90-х годах их сменили твердотельные Nd:YAG/Nd:YLF лазеры с диодной накачкой (*diode pumped solid-state, DPSS*) с внутррезонаторным удвоением частоты. Хотя это и сделало системы более надежными, DPSS-лазеры сами по себе являются сложными многокаскадными устройствами, что обуславливает их большие габариты, чувствительность к внешним условиям и высокую стоимость, иногда даже сопоставимую со стоимостью самого фемтосекундного лазера.

Настоящий технологический сдвиг произошел с развитием мощных полупроводниковых лазерных диодов на основе нитрида галлия, излучающих в синей области оптического спектра. Хотя эти длины волн не находятся на пике поглощения титан-сапфира, высокая мощность и яркость таких диодов позволили реализовать схему прямой диодной накачки. Прямая накачка позволяет существенно упростить архитектуру системы: исключаются промежуточные элементы накачки, что в разы повышает общую энергетическую эффективность, уменьшает габариты системы до размеров настольного прибора и значительно снижает стоимость эксплуатации.

Результаты

В ООО «ФемтоВижн» на протяжении ряда лет ведутся успешные работы по разработке мультидиодных схем для оптической накачки лазеров на сапфире с титаном. Несколько лет назад в компании была разработана оптическая схема сведения пучков нескольких лазерных диодов в единый пучок, сохраняя при этом линейное состояние поляризации и исходное качество пучка [2], что важно для накачки фемтосекундных лазеров на титане в сапфире. Данное решение защищено патентами в РФ [3,4], США [5] и Европе [6]. Патент РФ [4] был награжден Федеральной службой Интеллектуальной собственности РФ дипломом в номинации «100 Лучших Изобретений России за 2019 год и первое полугодие 2020г».

В современном конкурентном мире ООО «ФемтоВижн» – не единственная в мире компания,

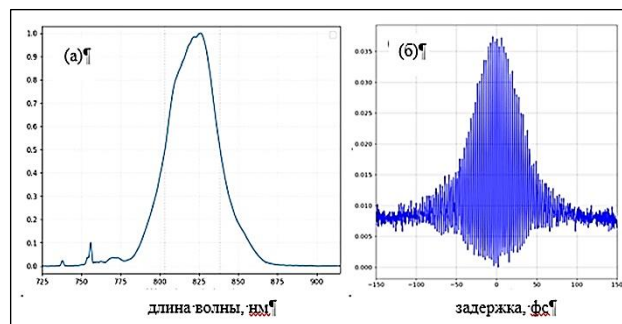


Рис.1 Спектр выходного излучения лазера (а) и автокорреляционная функция генерируемых лазером импульсов (б).

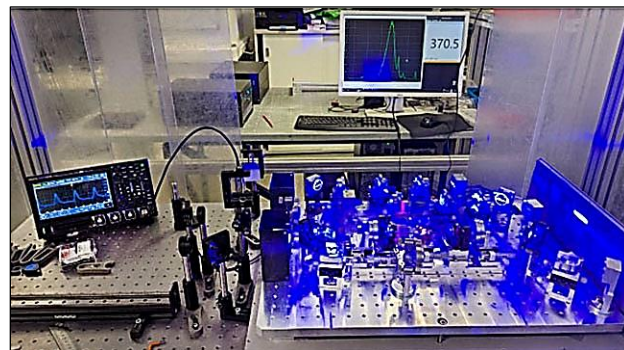


Рис.2 Внешний вид лазера «Тисквантум» на заключительном этапе сборки и отладки.

ведущая разработку титан-сапфировых лазеров с диодной накачкой. В этой связи нельзя не упомянуть разработанную в ООО «Авеста» линейку фемтосекундных лазеров TIF-DP также на основе мультидиодной накачки, и лазер «Griffin» американской компании KM-Labs, допускающий, по словам изготовителя, диодную накачку как опцию в ближайшем будущем. Однако, в отличие от «геометрических» методов сведения пучков с помощью зеркала или микрооптики, система оптической накачки, разработанная в ООО «ФемтоВижн», основана на спектрально поляризации-

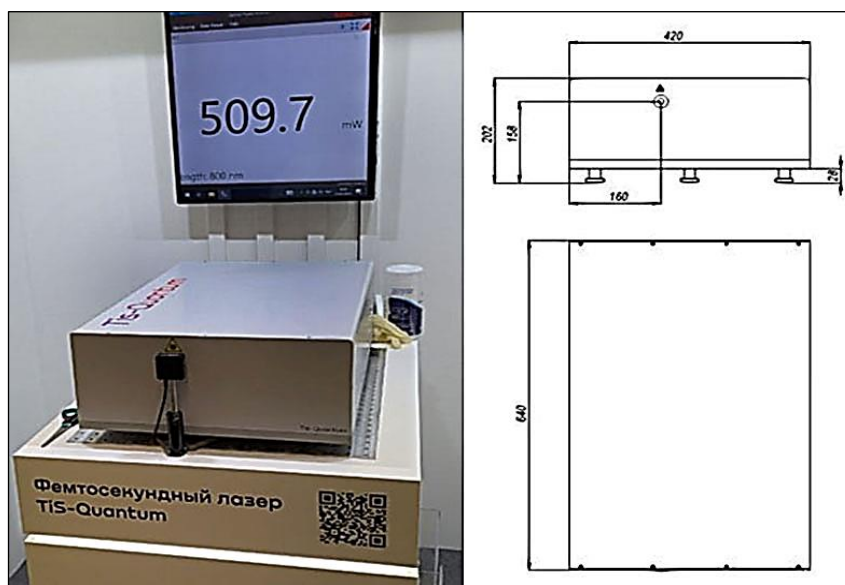


Рис.3 Внешний вид и габаритные размеры лазера «Тисквантум».

онном методе [7], который выгодно отличается тем, что позволяет компактно суммировать излучение нескольких диодных лазеров в единый высокостабильный пучок, не ухудшая его фокусируемость, т.е. параметр качества M^2 [3-6], что важно для реализации пассивной синхронизации мод на керровской нелинейности, используемой в фемтосекундных лазерах на титан-сапфире. В результате проведенных работ был создан компактный фемтосекундный лазер со встроенной в оптическую систему диодной накачкой, о чем было впервые доложено [7] на конференции Ultrafast Light в 2020 г.

Другой важной задачей, решенной в ходе дальнейшей работы, стала коррекция формы пучка накачки. Лазерный диод помимо астигматизма имеет заметно разные расходимости по медленной и быстрой осям. Для эффективной работы фемтосекундного лазера на эффекте Керра крайне важно, чтобы профиль сфокусированного пучка накачки в активной среде максимально точно перекрывался с собственной модой резонатора. Плохое перекрытие мод ведет к резкому падению эффективности и нестабильности режима синхронизации мод. Для решения этой задачи была спроектирована многокомпонентная система микрооптики и цилиндрических линз. В результате суммарный пучок накачки от мультидиодного модуля фокусируется в пятно оптимального профиля внутри кристалла титан-сапфира. Это позволило не только надежно запускать режим генерации ультракоротких импульсов, но и поддерживать его в течение длительного времени.

Основные параметры полученного лазера приведены ниже:

- средняя выходная мощность: до 500 мВт.
- длительность спектрально-ограниченного импульса: 30 фс;
- частота повторения: ~100 МГц .



Рис.5 Генерация второй гармоники фемтосекундными импульсами. Пятно второй гармоники указано на увеличенном фрагменте изображения слева стрелкой.

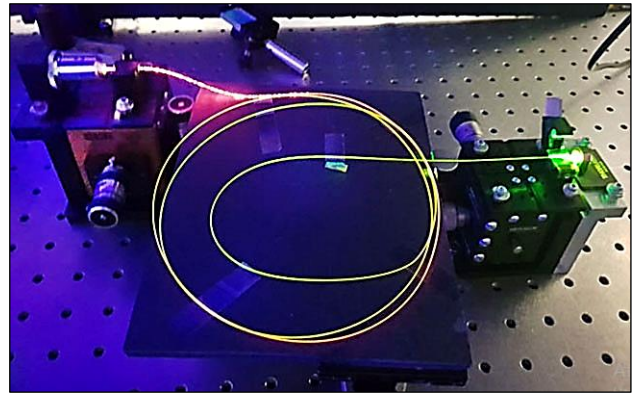


Рис.4 Видимая картина рассеяния света при генерации непрерывного октавного континуума в микроструктурированном волокне с помощью лазера «Тисквантум», волокно предоставлено ИЦВО, Институт общей физики РАН.

- центральная длина волны ~800 нм
- ширина спектра ~ 30 нм.

Типичный вид спектра выходного излучения лазера и вид автокорреляционной функции представлены на **рис.1**.

На **рис.2** показан внешний вид лазера «Тисквантум» на заключительном этапе сборки и отладки. Система диодной накачки встроена в оптическую схему и находится внутри корпуса, что не только позволяет уменьшить габариты, упростить эксплуатацию, но и осуществить импортозамещение дорогостоящих зарубежных непрерывных неодимовых лазеров с удвоением частота, ранее использовавшихся в подобных системах. Важно заметить, что такие непрерывные неодимовые лазеры с удвоением частота размещались отдельно как внешний лазер накачки, делая лазерную систему громоздкой и сложной в юстировке. Говоря об импортозамещении непрерывных неодимовых лазеров накачки, отметим, что в ООО «Фемтовижн» разработаны и отдельные модули диодной накачки, обеспечивающие выходную мощность до 7 Вт и

длиной волны 460-470 нм, при близкой к линейной выходной поляризации. Внешний вид и габаритные размеры лазера со встроенной накачкой показаны на **рис.3**.

Достигнутая выходная мощность в 500 мВт при длительности 25 фс ставит нашу разработку в один ряд с классическими системами, которые используют неодимовый лазер для

накачки. При этом наш лазер значительно выигрывает в надежности: ресурс работы синих диодов составляет десятки тысяч часов, а их замена, в случае необходимости, является стандартной сервисной процедурой, не требующей переюстировки всего лазера. Выходные параметры лазера «Тисквантум» позволяют решать широкий круг научных задач. В частности, на **рис.4** показана генерация непрерывного октавного континуума в микроструктурированном волокне, предоставленном НЦВО Института общей физики РАН. Более подробно результаты данной работы представлены в докладе [8].

За счет исключительно высокой интенсивности фемтосекундных импульсов даже при умеренном уровне мощности в 150 мВт относительно легко достигается коэффициент преобразования во вторую гармонику порядка 30%. На **рис.5** показано использование лазера «Тисквантум» для генерации второй гармоники в тонком (< 1 мм) кристалле LBO, со средней мощностью излучения на длине волны 410 нм более 45 мВт. Подобное излучение может использоваться для более прецизионной обработки материалов за счет лучшей фокусируемости коротковолнового излучения, а также в качестве промежуточного этапа генерации сжатого состояния вакуума на исходной длине волны 820 нм. Заметим, что с начала продаж коммерческого образца лазера «Тисквантум» успешно осуществлены две поставки. Кроме того, один из лазеров в настоящее время используется в качестве задающего генератора для высокочастотного фемтосекундного усилителя в установке для модификации прозрачных диэлектриков. Полученные научные результаты были доложены на ВКВО-2025 [9].

В настоящее время ведутся переговоры о дальнейших поставках. Актуальные условия поставки можно уточнить непосредственно на веб-сайте www.femtovision.ru или по электронной почте info@femtovision.ru.

Заключение

Лазер, разработанный нашей командой, демонстрирует, что эра громоздких и дорогих ти-

тан-сапфировых лазеров уходит в прошлое. Использование запатентованной технологии мультидиодной накачки и прецизионных методов формирования пучка позволило создать инструмент, сочетающий в себе компактность, малую потребляемую мощность и промышленную надежность. Такой лазер открывает путь к созданию мобильных систем, которые ранее были невозможны из-за массогабаритных ограничений систем накачки. Не в последнюю очередь следует отметить, что попутно решается и задача импортозамещения непрерывных лазеров на неодиме с удвоением частоты.

Полагаем, что данная разработка на практике доказывает, что отечественные технологии в области фемтосекундной оптики не только соответствуют мировому уровню, но и предлагают уникальные инженерные решения для самых различных задач.

Литература

- [1] Крюков П.Г. «Лазеры ультракоротких импульсов и их применения». (2012).
- [2] *Pochechuev M.S. et al.* «Wavelength beam combining by spectrally selective polarization transformation», *Journal of the Optical Society of America B* 35.11 (2018): 2842-2845.
- [3] Патент РФ 2 649 639, «Метод спектрально-поляризационного сведения нескольких лазерных пучков в один для высокоэффективной лазерной накачки широкополосных сред»
- [4] Патент РФ 2 709 049, «Способ и устройство для сведения лазерных пучков»
- [5] Патент US 1144435 B2 «Method and device for combining laser beams»
- [6] Патент EP 3495871 B1 «Method and device for converging laser beams»
- [7] *Nikitin S.P. et al.* «High power diode pumped solid-state femtosecond laser systems», *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1692. No. 1. IOP Publishing, 2020.
- [8] *Левченко А.Е. и др.* «Фемтосекундный усилитель на основе титан-сапфира с непрерывной диодной накачкой для изготовления оптоволоконных датчиков», *Труды ВКВО-2025*, Пермь, Россия.

★ ★ ★

*Диплом II степени
ООО «АВЕСТА», г.Москва*

Подавление угловых и пространственных флуктуаций лазерного пучка при помощи системы активной стабилизации BPS

Авторский коллектив: Д.А.Конященко, А.В.Бодров



Современные задачи с применением лазерных систем предъявляют все более высокие требования к пространственному положению лазерного пучка.

Зачастую малейшее отклонение луча (даже на доли микрона) может привести к потере данных, ошибочным результатам эксперимента или порче дорогостоящих материалов. Например, в сфере сверхточной микрообработки ма-



Рис.1 Компоненты системы BPS.

териалов необходима высокая стабильность фокуса для прецизионной резки или сверления отверстий микронного размера, т.е. луч должен попадать строго в одну точку. Смещение пучка на входе в фокусирующую оптическую систему приводит к смещению фокуса на объекте обработки. При интеграции лазеров в многоосевые манипуляторы погрешности движения каждой из осей неизбежно приводят к отклонениям пучка и браку обрабатываемых деталей.

Многие современные эксперименты в области фотоники также невозможны без фиксации направления пучка. В методах микроскопии сверхвысокого разрешения типа STED или атомно-силовой микроскопии (АСМ) положение луча определяет пространственное разрешение – дрейф луча размывает изображение.

В экспериментах Рипр-probe спектроскопии с ультракороткими импульсами важно, чтобы два луча (накачки и зондирования) пересекались в пространстве и времени с высокой точностью в течение многих часов измерений. Для эффективного ввода лазерного излучения в одноволоконное оптоволокно также требуется удержание луча с очень высокой точностью. Сами эксперименты зачастую могут длиться недели и даже месяцы, за это время положение пучка может многократно и непредсказуемо меняться, как из-за человеческого фактора, так и из-за разъюстировки оборудования.

Причин возникновения таких отклонений может быть несколько. При работе лазер и оптические крепления нагреваются, что вызывает их микродеформации и постепенный медленный уход луча. Многим лазерам требуется десятки минут для прогрева, пока положение пучка не стабилизируется. Вибрации от кондиционеров, насосов или транспорта рядом с помещением передаются на оптический стол и приводят к быстрым воспроизводимым отклоне-

ниям. Даже небольшие потоки воздуха меняют показатель преломления и приводят к хаотическим флуктуациям пучка. Разнообразие причин отклонений и условий, в которых установлен источник излучения, во многих случаях не позволяет устранить их последствия без дополнительной активной стабилизации.

Из-за высокой стоимости, плохой доступности и больших габаритов существующих на рынке зарубежных систем (Newport, Thorlabs, MRC Systems) компанией «АВЕСТА» разработана компактная система стабилизации лазерного пучка BPS. Ключевые элементы системы показаны на рис.1.

Система работает по принципу отрицательной обратной связи (*closed-loop*) и включает в себя три основных компонента:

- **Детектор положения PSD** – светочувствительный сенсор, который определяет координаты центра пучка по двум осям. Для приведения уровня сигнала к нужному уровню, сенсор оснащается дополнительными сменными ND фильтрами.
- **Контроллер BPSC** – электронный блок, который анализирует сигнал с детектора, вычис-

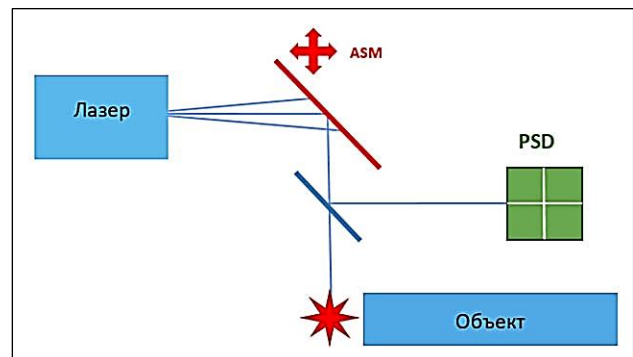


Рис.2 Типичная схема установки однокаскадной системы.

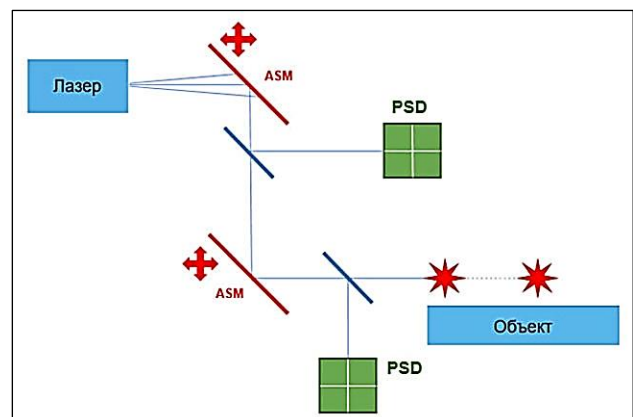


Рис.3 Типичная схема установки системы из двух каскадов.

Контроллер	BPSC-L	BPSC-N	BPSC-N-P	BPSC-H	BPSC-H-P
Полоса цикла компенсации	100 Гц	1 кГц		до 100 кГц	
Непрерывный лазер	да				
Импульсный лазер		от 1 кГц			от 1 кГц
Дискретность сенсора по X/Y	13 бит (до 16 бит с усреднением)				
Дискретность зеркала по X/Y	13 бит				
Перемещение по Z	12 бит *				
Увеличенный угол отклонения	±4° В связке с шаговым контроллером SMC-AD2-128 и моторизованной оправой *				
Габариты	57 x 64 x 26 мм				
Зеркало	ASM		ASM-H		
Угол отклонения	1 мрад				
Перемещение вдоль оси Z	2.8 мкм (при нулевом угле отклонения)				
Увеличенная полоса			да		
Размер оправы	15 / 25.4 мм		25.4 мм		
Размер подложки	12.7 / 25.4 мм		12.7 мм		
Сенсор	PSD-5-VI	PSD-10-VI	PSD-1-NI	PSD-3-NI	
Размер чувствительной области	5x5 мм	10x10 мм	≈1 мм	≈3 мм	
Размер оправы	20 мм				
Спектральная чувствительность	320-1100 нм		800-1700 нм		
Фильтры ослабления	ND2 - ND1000 *				

* Опционально

Рис.4 Характеристики компонентов системы.

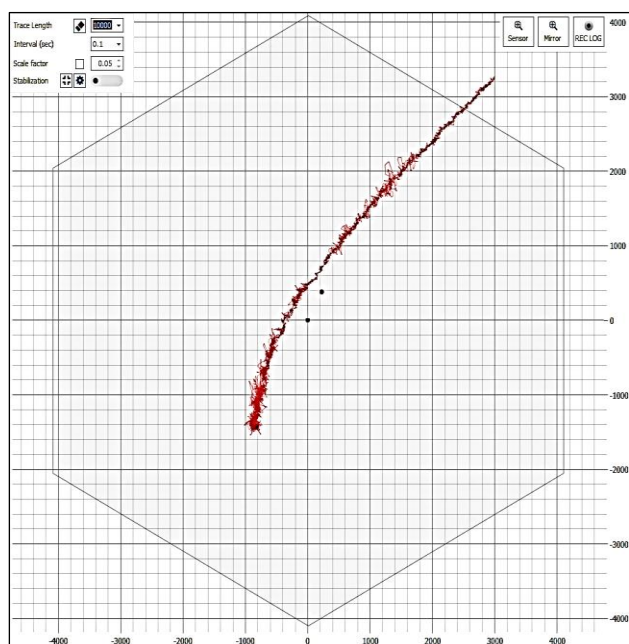


Рис.5 Пример дрейфа положения пучка при прогреве лазера без стабилизации.

ляет необходимые коррекции в реальном времени и формирует сигналы для управляемого зеркала.

- **Управляемое зеркало ASM** – компактное пьезоэлектрическое зеркало со сменным оптическим элементом и установкой в стандартную оправу. Осуществляет корректирующее откло-

нение пучка с высокой скоростью, стабильностью и разрешением.

Система, состоящая из одного каскада (рис.2), осуществляет точную стабилизацию пучка в одной заданной точке пространства. Для полной пространственной стабилизации траектории пучка используется двухкаскадная схема (рис.3) из двух управляемых зеркал и двух датчиков.

Два полностью независимых каскада обеспечивают простоту настройки, гибкость установки элементов и позволяют скорректировать как линейное смещение, так и угловое отклонение пучка. Первый каскад компенсирует основное параллельное смещение и угловое отклонение. Второй каскад компенсирует остаточное угловое отклонение.

В отличие от большинства конкурентных систем наша система позволяет работать как с непрерывными, так и с импульсными лазерами с частотой повторения от 1 кГц. За счет уникальной конструкции управляемого зеркала и схемы контроллера удалось достичь значительно меньших габаритов относительно зарубежных систем при сопоставимых или лучших параметрах.

В случаях, когда дрейф лазерного пучка превышает пределы отклонения пьезоэлектрических зеркал, их рабочий диапазон возможно расширить до ±4° установкой зеркал в моторизованные оправы с управлением от шаговых

контроллеров SMC-AD128. Малые габариты контроллера BSPC – 57x64x26 мм и питание от стандартного USB-C порта с минимальным потреблением позволяют интегрировать систему стабилизации практически в любую установку заказчика.

В контроллере предусмотрена индикация выхода за границы допустимой мощности и предельных отклонений пучка. Таким образом, после первоначальной настройки и юстировки, подключение к ПК не требуется и система может работать неограниченное время в полностью автономном режиме.

Первый комплект системы был установлен у заказчика в лаборатории спектроскопии ультрабыстрых процессов института спектроскопии Российской академии наук (ИСАН), где используется для проведения научных экспериментов, требующих высокой стабильности позиции лазерного пучка. После доработки по замечаниям заказчика на рынок система выведена в 2025г.

Список компонентов системы в зависимости от комплектации и их характеристики приведен в таблице (рис.4).

Максимальный размер пучка ограничен размером сменной подложки управляемого зеркала и может достигать 15-20мм в зависимости от применяемой компоновки элементов системы. Возможны и другие размеры под требования заказчиков. Спектральный диапазон определяется чувствительностью сенсора и характеристиками зеркал. Предельные мощности управляемого излучения определяются лучевой

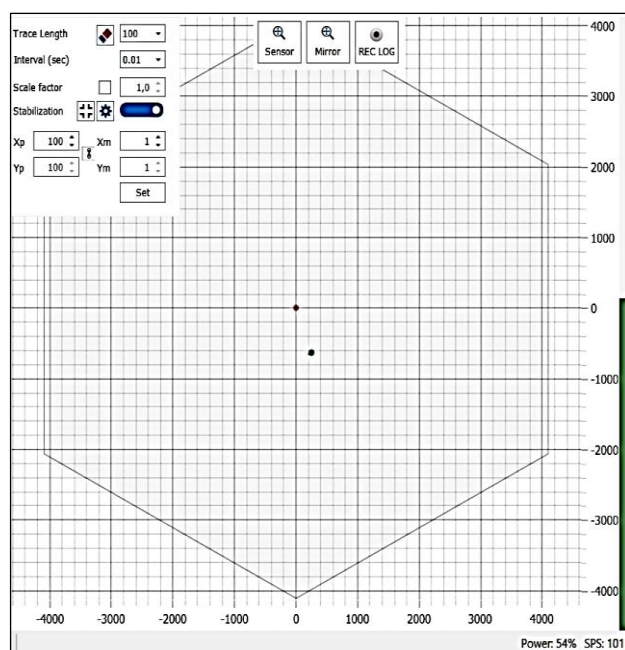


Рис.6 Пример отсутствия дрейфа при прогреве лазера с включенной активной стабилизацией.

прочностью отражающих покрытий.

Для гибкой настройки циклов обратной связи и упрощения юстировки контроллер BPC оснащен интерфейсом USB-C и ПО для визуализации уровня сигнала детектора, параметров положения пучка и сбора статистики. На рис.5 и 6 приведены скриншоты из ПО с примерами мониторинга положения пучка при прогреве лазера.

Доля отечественных комплектующих в устройстве – более 75%.

★ ★ ★

Диплом III степени

ООО «НПП «Инжект», г.Саратов

Лазерный модуль SLM-808-1000-CW-L-353-063

Авторский коллектив: И.В.Галушка, Т.В.Харитонов, В.А.Панарин, В.В.Сысоев, В.А.Комиссарова, С.Д.Акчурина, Е.В.Борисов, М.А.Копенкин, А.В.Хапилин, А.И.Лепилов



В связи с разработкой и развитием высокоэнергетических лазеров и лазерных систем создание высокоэффективных систем диодной накачки является определяющим фактором. Одним из ключевых компонентов систем диодной накачки являются мощные наборные решетки лазерных диодов. Основными производителями таких изделий на мировом рынке являются ведущие зарубежные фирмы: Coherent (включая DILAS), Leonardo Electronics US Inc., nLight, IPG Photonics (США); Suzhou Everbright Photonics Company Limited, BWT Beijing Ltd, Focuslight Technologies (Китай); Laserline GmbH, Jenoptik (Германия) и др.

В России до последнего времени производст-

ва таких компонентов не было. В ООО «НПП «Инжект» проведена разработка и началось производство лазерного модуля (ЛМ) SLM-808-1000-CW-L-353-063 (ЯДГК.433751.353-063) инфракрасного диапазона спектра излучения, который изготавливается на основе наборной решетки линеек полупроводниковых многомодовых инжекционных лазерных диодов (ЛД). ЛМ предназначен для использования в качестве источника оптического излучения в аппаратуре широкого применения. Фотография и габаритный чертеж ЛМ приведены на рис.1

Основные параметры и характеристики лазерного модуля представлены в табл.1 и на рис. 2 и 3, а сравнительный анализ параметров ЛМ с параметрами типичных образцов

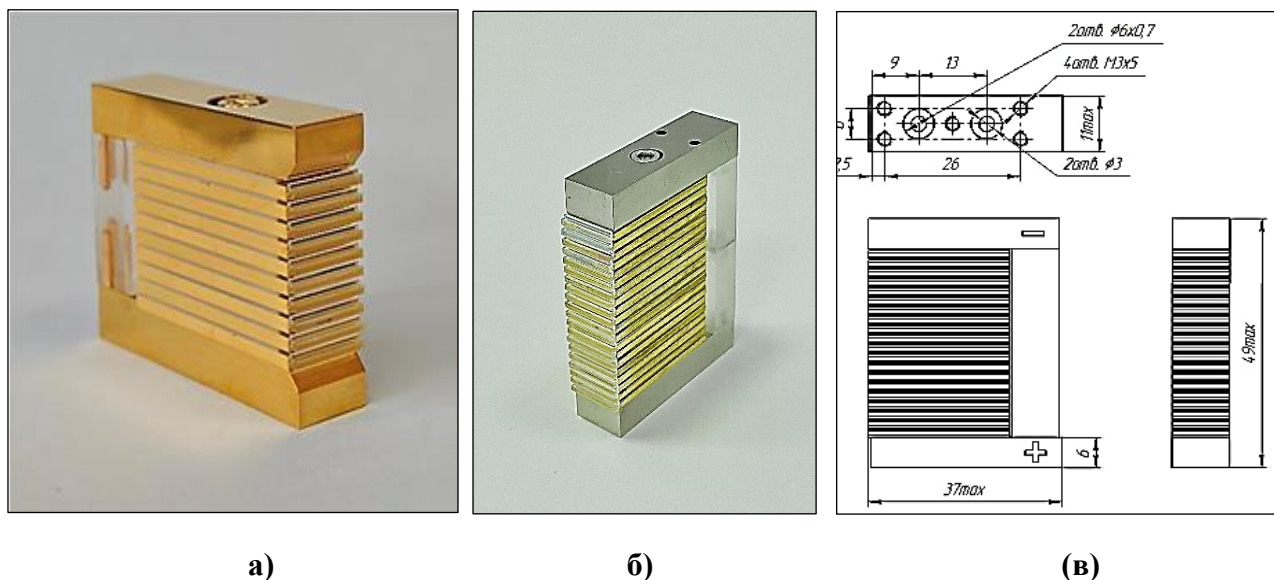


Рис.1 Внешний вид (а,б) и габаритный чертеж лазерного модуля (в).

Табл.1 Основные параметры и характеристики лазерного модуля

Параметр	Значение
1. Оптические параметры	
Выходная мощность лазерного излучения (CW)	не менее 1500 Вт
Длина волны максимума спектра излучения	808 ± 5 нм (при 25 °С)
Ширина спектра (FWHM)	не более 8 нм
Расходимость в горизонтальной плоскости (FWHM),	не более 10°
Расходимость (FWHM), в вертикальной плоскости	не более 40°
2. Структурные параметры	
Конструкция	модульная
Количество линеек ЛД	20 шт.
Ширина излучающей области линейки ЛД	10 мм
Расстояние между линейками ЛД	1.7 мм
3. Электрические параметры	
Пороговый ток	не более 20 А
Ток накачки	не более 110 А
Рабочее напряжение (на ЛД)	не более 20 В
Падение напряжения на линейке ЛД	не более 2 В
КПД	более 50%
Режим работы	CW и QCW
Тип питания	Стабилизированный источник тока
4. Параметры охлаждения	
Тип теплоотвода	микроканальный
Тип охлаждения	жидкостное
Расход теплоносителя (деионизированная вода)	2...4 л/мин
Температура теплоносителя	+15...+35 °С
Габаритные размеры корпуса (Д x Ш x В)	11 x 30,5 x 37 мм
Масса	не более 70 г

аналогов, выпускаемых зарубежными производителями, – в табл.2.

Изделие успешно демонстрировалось на выставке «ФОТОНИКА-2025» и вызвало интерес со стороны разработчиков систем накачки высокоэнергетичных лазерных систем. Также получены запросы компаний по замене ранее использованных импортных узлов накачки на основе ЛД-линеек и решеток на основе теплоотводов с микроканальными пластинами.

Драйверы развития этого сегмента рынка мощных полупроводниковых лазеров – диодная накачка волоконных и твердотельных лазеров, промышленная лазерная обработка материалов, фундаментальные и прикладные исследования.

Лазерные системы обработки материалов прямым излучением полупроводниковых лазеров имеют ряд преимуществ:

- возможность формирования большого пятна прямоугольной формы (~ 20x4мм и более) в зоне воздействия без дополнительной системы сканирования луча;
- высокий КПД 40–50%;
- компактность и надежность;
- высокую эффективность и производительность и низкие эксплуатационные расходы.

Анализ рынка на основе экспертных оценок выделяет следу-

Табл.2 Сравнительный анализ параметров ЛМ с параметрами типичных образцов аналогов, выпускаемых зарубежными производителями

Параметр	«НПП «Инжекст» (Россия)	BWT-VJ (Китай)	Everbright (Китай)	Focuslight (Китай)	Leonardo (США)	nLIGHT (США)	Coherent (США)
Мощность излучения линейки лазерных диодов, CW	100 Вт	80 Вт	100 Вт	100 Вт	80 Вт	80 Вт	100 Вт
Общая мощность	2000 Вт	1600 Вт	2000 Вт	2000 Вт	1600 Вт	1600 Вт	2000 Вт
Ширина спектра (FWHM)	≤4 нм	≤8 нм	≤6 нм	≤5 нм	≤5 нм	≤5 нм	≤4 нм
Охлаждение	MCC	MCC	MCC	MCC	MCC	MCC	MCC
Микрооптические элементы	FAC + SAC	FAC	-	FAC + SAC	-	FAC + SAC	FAC + SAC
КПД (WPE)	≥55%	≥55%	≥50%	≥58%	-	≥58%	≥58%

ющие основные перспективные области применений лазерных модулей на основе наборных решеток линеек ЛД:

Накачка лазерных систем – основное применение ~ 70% рынка:

- ▶ *твердотельные, дисковые лазеры и др.*

Прямая обработка материалов излучением мощных полупроводниковых лазеров ~20% рынка:

- ▶ *лазерная поверхностная закалка;*
- ▶ *сварка тонколистового металла;*
- ▶ *пайка – низкотемпературные соединения деталей с минимальной деформацией*
- ▶ *наплавка металлическим порошком и модификация поверхности, восстановление изношенных деталей, нанесение защитных покрытий;*
- ▶ *отжиг полупроводников: локальный нагрев кремниевых пластин.*

Медицинские и косметологические приложения ~ 8% рынка

- ▶ *лазерная эпиляция;*
- ▶ *фототерапия и лечение сосудистых патологий;*
- ▶ *фотодинамическая терапия и фотоакустическая томография.*

Научные и специальные приложения ~2% рынка

- ▶ *активная визуализация (лазерный стробоскоп) короткие лазерные импульсы высокой энергии для регистрации быстрых процессов;*
- ▶ *высокоэнергетические лазерные установки для исследования термоядерного синтеза*

SLM-808-1000-CW-L-353-063 по параметрам и характеристикам соответствует уровню луч-

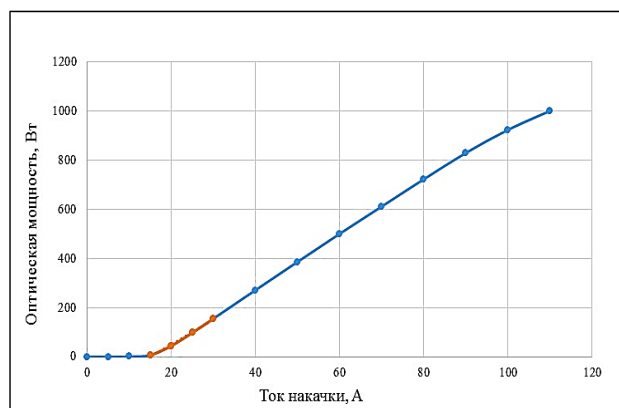


Рис.2. Типичная ватт-амперная характеристика лазерного модуля, измеренная при $T=25\text{C}^{\circ}$.

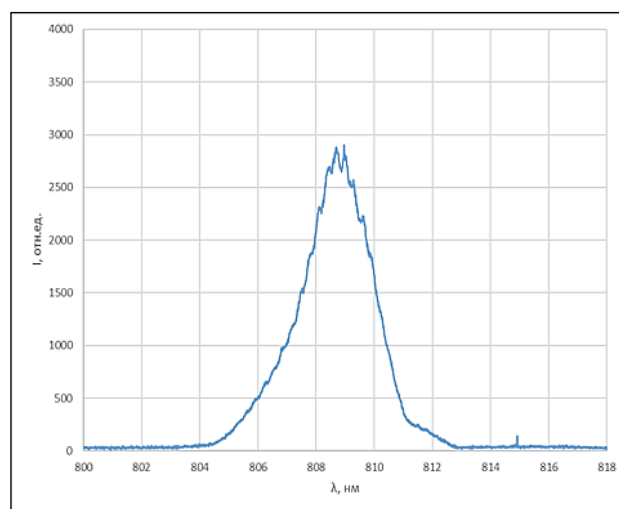


Рис.3 Типичная спектральная характеристика лазерного модуля (собранный на основе 10 ЛД-линеек), измеренная при $T=25\text{C}^{\circ}$. Полуширина спектра излучения на уровне 0,5 от максимума составляет ~ 2,7 нм.

ших зарубежных аналогов. Он создан в результате оригинальной отечественной разработки всех составных частей изделия на основе отечественной компонентной базы фотоники, произведенной в ООО «НПП «Инжест»: ► линейки лазерных диодов, ► асферические оптические микроэлементы, ► микроканальные теплоотводы, ► корпусные части. ЛМ изготавливается полностью из отечественных материалов и обеспечивает импортозамещение в данном классе полупроводниковых лазеров. При использовании полупроводниковых лазерных диодов других длин волн возможно изготовление ЛМ, излучающих в спектральном диапазоне 780-1064 нм.

Конструкция лазерного диодного модуля и используемые технические решения оформлены и защищены патентом РФ на изобретение № 2854621 «Микроканальный лазерный излу-

читель». Усовершенствования конструкции лазерного модуля касались повышения эффективности теплоотвода, надёжности и долговечности изделия.

Применение таких ЛМ в России обеспечивается гарантией предприятия-производителя, поэтому исключается необходимость импорта и задержек в сервисном обслуживании изделий.

Лазерный модуль имеет значительный потенциал развития и адаптации для различных технических задач, связанных с разработкой новых систем диодной накачки, технологических процессов лазерной обработки материалов прямым излучением полупроводниковых лазеров в приборостроении, машиностроении и научных исследованиях.

С.Н.Соколов, советник по инновационной деятельности ООО «НПП «Инжест»

ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ

В Ставрополе разрабатывают лазерный ЧПУ-станок с работой на двух лазерах

В Северо-Кавказском федеральном университете разрабатывают технологию производства лазерного ЧПУ-станка с одновременной работой на двух лазерах для параллельного изготовления идентичных деталей.

В рамках студенческого стартапа разрабатывают технологию производства лазерного ЧПУ-станка с двумя СО₂-лазерами для параллельного изготовления идентичных деталей, что поможет наладить мелкосерийное производство для дальнейшего тиражирования организациям и частным лицам. На его реализацию в Фонде содействия инновациям выделили миллион рублей.

Свыше 30% обучающихся выпускных курсов проходят в СКФУ через различные форматы мероприятий по развитию предпринимательских навыков. Так, в прошлом году 51 из них стали победителями конкурса «Студенческий стартап» и получили 1 млн. руб. на реализацию своего бизнес-проекта. В этом году на конкурс уже подано свыше 400 заявок.

«Для СКФУ проекты создания студенческих инноваций и стартапы являются драйверами технологической предпринимательской активности обучающихся. Именно через такие инициативы молодежь учится превращать свои инженерные идеи в реальные продукты, востребованные рынком. Ребята остаются в регионе и формируют новое поколение технологических лидеров, способных развивать экономику Ставрополья и всей страны», — сообщила и.о. ректора СКФУ профессор Татьяна Шебзухова.

Станок, который разрабатывается в рамках проекта, даст возможность одновременно изготавливать основную деталь на одном поле печати, и её

точную копию – на втором. Это станет доступно благодаря единому компьютерному блоку управления. Преимущества заключены в том, что будет снижено время массового производства изделий в два раза, и предлагаемый лазерный ЧПУ-станок с двумя печатающими головками может быть использован как самостоятельная единица производства, например, для обработки фанеры, дерева, ткани, так и с другим производственным оборудованием, например, с токарными станками или фрезерным оборудованием. Разработкой занимается студентка направления «Графический дизайн» *Ангелина Рожко* под руководством наставника *Романа Саленко* – начальника отдела организации проектно-грантовой деятельности Пятигорского института (филиала) СКФУ.

«Всё началось, когда я запустила производство подставок под стаканы и кружки, под горячее. Для этого был приобретен лазерный станок СО₂, но в процессе появилась необходимость расширения и приобретения еще одного лазерного станка СО₂. И в ходе анализа рынка было принято решение приобрести станок с двумя лазерами, чтобы сократить время работы, но оказалось, что на российском рынке отсутствуют станки такого типа. В связи с этим было решено начать производить собственный прототип, и этот рабочий прототип работает по сей день. Также мы решили доработать его и начать массовое производство станков с двумя лазерами на СО₂», — рассказала *Ангелина Рожко*.

Помимо сокращения времени на производство, станок будет иметь резервный источник и сможет обрабатывать разнородные материалы за один цикл. Например, на одном листе можно разместить заготовки из материалов, требующих одинаковых параметров обработки, и назначить каждой зоне свой лазер с оптимальными настройками. К тому же, несмотря на высокую стоимость станка с двумя лазерами, его удельная производительность будет

выше на 100%, что позволит быстрее окупить оборудование и снизить себестоимость единицы продукции за счет увеличения выпуска без покупки второго станка, а также экономии на площади, персонале и энергопотреблении.

В настоящий момент стартап находится на стадии сборки рамной конструкции, а реализуют проект в октябре 2026 года.

<https://ncfu.ru/novosti/nauka/>

★ ★ ★

В России лазер и серебро ставят диагноз по капле крови

В России создали медицинский анализатор нового поколения: лазер и серебро ставят диагноз по капле крови.

Исследователи из Калининграда представили инновационный медицинский анализатор нового поколения, который позволяет ставить диагноз пациенту по оптической биопсии крови. В основе технологии — рамановская спектроскопия и нейронные сети. Об этом сообщили в пресс-службе Десятилетия науки и технологий.

Как работает анализатор:

Для анализа требуется всего капля крови — её наносят на подложку из наноструктурированного серебра и освещают лазером. Рассеянное излучение, содержащее информацию о составе образца, регистрируется специальным детектором. Далее искусственный интеллект сравнивает полученный

спектр с базой данных, и на основании чего делается вывод о наличии или отсутствии заболевания.

Ведущий научный сотрудник НОЦ «Фундаментальная и прикладная фотоника. Нанопотоника» БФУ Иван Братченко подчеркнул: «Благодаря результатам спектрального анализа профиля крови врач сможет выявлять наличие патологии только по одному тесту».

Специалист добавил, что детектор работает при комнатной температуре и отличается низкой стоимостью, что делает технологию перспективной для широкого внедрения в медицинскую практику.

<https://tvspb.ru/news/2026/04/21/>

★ ★ ★

С помощью лазеров космический аппарат сможет долететь до Альфы Центавра за 20 лет

Ближайшая к Солнцу звездная система Альфа Центавра находится на расстоянии более четырех световых лет от Земли. При использовании существующих ракетных двигателей путешествие туда может занять сотни или даже тысячи лет.

Группа американских ученых предложила метод, который потенциально способен сократить это время. В статье, опубликованной в журнале *Newton*, они описывают использование лазеров для перемещения объектов на расстоянии без физического контакта. По их утверждению, в перспективе лазеры смогут разгонять космические аппараты настолько, что полет к Альфе Центавра займет всего около 20 лет.

В рамках работы ученые создали микроскопические устройства, получившие название «метаджеты». Их размер меньше толщины человеческого волоса. На поверхности этих устройств нанесены сложные узоры — метаповерхности, которые меняют поведение света подобно линзе. При воздействии лазерным лучом метаджеты начинают двигаться, и исследователям впервые удалось контролировать это перемещение в трех измерениях.

Один из авторов исследования сравнивает этот эффект с отскоком мячика для пинг-понга: при отражении света от поверхности объект получает небольшой импульс. В условиях микрогравитации даже такое слабое воздействие, накапливаясь, может обеспечить значительное движение. Ранее похожая идея была продемонстрирована на солнечных парусах, которые движутся под действием солнечного света.

Новизна работы заключается в достижении полной трехмерной маневренности, чего не позволяли традиционные методы оптического управления. Ученые полагают, что их подход можно масштабировать: мощность воздействия зависит от интенсивности лазера, а не от размера объекта. Теоретически это позволяет управлять как микророботами, так и крупными установками, в том числе межзвездными световыми парусами.

При этом авторы признают, что реализация концепции на практике пока под вопросом. Эксперименты проводились в жидкой среде для компенсации гравитации.

<https://www.computerra.ru/343359/>



«Международная конференция по оптике и лазерной физике»

17 сентября 2026 года, г.Ташкент, Республика Узбекистан,
Институт ионно-плазменных и лазерных технологий им. У.А.Арифова

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

Основные направления конференции:

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

Языки конференции:

узбекский, русский и английский.

Основные сроки:

Срок регистрации – до 01 сентября 2026 года.
Срок подачи тезисов – до 01 сентября 2026 года.

Контакты:

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова
Академии наук Республики Узбекистан, ул. Дурмон йули 33, 100125,
город Ташкент, Узбекистан.

Телефон: +998 71 262 31 69; факс: +998 71 262 32 54

Website: <http://optics-2026.iplt.uz>

«Лазер-Информ»

Издание зарегистрировано
в межведомственной комиссии
МГСНД 26.12.91, Рег. N 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, стр. 1, ЛАС
Телефоны: (495) 333-00-22,
334-47-80
Моб. тел.: +7 916 807 1165
E-mail: info@cislaser.com
<http://www.cislaser.com>