

## Большие проблемы малого предприятия, которое хочет «играть по правилам»

*В.С.Ашихмин, директор ООО «Фотокор», Москва*



Наше предприятие уже более 25 лет разрабатывает и производит анализаторы наночастиц в жидкостях. Начинали в годы, когда в России спроса на такие научные приборы практически не было, и 95% своей продукции мы поставляли в США, Францию, Японию, Бельгию. Последние лет 8 спрос у нас в стране на такое оборудование значительно увеличился (вне зависимости от Роснано), и теперь 95% своих приборов мы поставляем ведущим НИИ и КБ России, а также на ряд коммерческих предприятий. В связи с некоторым наведением порядка в законодательной и нормативной базе в стране мы столкнулись как с облегчением нашей деятельности, так и с усложнением.

Внимание государства к нам мы видим в двух вариантах:

• постоянное, связанное в основном с вниманием налоговой службы

• эпизодическое – несколько грантов на проведение НИОКРов и помощь в представлении нашего оборудования на выставке в Иране.

И в том, и в другом вариантах можно выделить так называемые государственные меры поддержки.

В моем представлении основными мерами поддержки частных предприятий со стороны государства являются:

- 1) деньги;
- 2) материальные ресурсы;
- 3) кадры;
- 4) административные меры поддержки.

### Деньги

Госзаказы на НИОКРы до нас практически не доходят. Судя по всему, стоимость НИОКРов у нас сильно недооценена (если сравнивать с США). Для нас, на текущий момент, не деньги являются узким местом, а кадры. С оговоркой, что деньги в научные организации, являющиеся нашими основными заказчиками, будут выделяться государством хотя бы в прежних объемах.

### В номере:

- **Большие проблемы малого предприятия, которое хочет играть «по правилам»**  
*В.С.Ашихмин*
- **ПИСЬМА КОЛЛЕГАМ.** Детектор наносекундных лазерных импульсов диапазона 0,25-3,3 мкм на базе фоторезистора PbS-st-65  
*Р.Д.Мухамедьяров*
- **Представляем победителей Конкурса ЛАС-2024**
  - ▶ «Лазерный диодный модуль с узкой шириной спектра излучения для систем спин-обменной оптической накачки благородных газов, применяемых в МРТ»
  - ▶ «Лазерный эталон единицы высоты нижней границы облаков в диапазоне значений от 10 000 до 12 000 м»
- **Итоги опроса участников ТП «Фотоника»**
- **От Совета ЛАС**
- **Круглые столы по проблеме «Применение адаптивной оптики в случайных средах»**

## Материальные ресурсы

**а)** Все поставки комплектующих у нас сейчас переведены на Китай. При этом таможня как работала по принципу «держат и не пушат», так и продолжает, несмотря на войну, санкции ... Положение, когда импорт радиоэлектронных деталей, совершенно отсутствующих в РФ, обкладывается драконовскими таможенными требованиями, я рассматриваю как головотяпство (минимум), а вообще-то – вредительство. Таможня должна с нас пылинки сдувать, что мы сумели найти пути возрождения приборостроения в РФ. Некоторые наши сотрудники работали лет 10-15 назад за рубежом, где разработчик оставлял заявку на любые импортные детали и через несколько дней получал их. Это находится в разительном контрасте с актуальной ситуацией у нас. Скорее всего, это связано с тем, что наша таможня имеет перед собой крайне узкую задачу – увеличить сбор таможенных платежей и никак не озабочена действительно государственной задачей – развитием производства в РФ.

**б)** еще одной ресурсной проблемой для нас является исчезновение ресурсов малосерийной мехобработки и мелкосерийного производства электронных плат и оптических изделий. Раньше было много производств, которые за это брались. Теперь все отмахиваются, поскольку завалены огромным госзаказом. А поскольку основная масса ЧПУ и станков идет к нам из Китая, то прекращение приема платежей российских предприятий банками Китая превращается в угрожающую для нас проблему.

## Кадры

Уровень студентов технических вузов сильно упал в связи с перекосом на выпуск экономистов, бухгалтеров, юристов ... Толковых студентов переманивают всякие Яндекссы, Тиньковы, Сбербанки и т.д. Статус инженеров и ученых связан с зарплатами, которые явно проигрывают зарплатам не в производственной, а в обслуживающей нас сфере (явный перекоп, который не может быть решен без госучастия). Учитывая грандиозную пропасть между лоббистскими возможностями банков и юристов и лоббистскими возможностями производственников, скорее всего, проблема может быть решена только после осознания первыми лицами государства важности развития реального сектора и еще большей важности опережающих производство разработок. Как тут не вспомнить стремительное развитие станкоинструментальной и вообще инфраструктурной промышленности в 30-х годах прошлого века.

## Административные меры

**а)** Организация государственных аукционов осталась на низком уровне, превратившись в чисто бюрократическую процедуру. Ни для кого

не секрет, что, если заказчик заинтересован в определенном поставщике (а в нашей сфере это бывает в 95% случаев, то есть всегда!), то он вносит в ТЗ всякие несущественные подробности (которые никак на реальные потребности заказчика не влияют) и тем самым отсекает всех других. Например, указав геометрические размеры прибора или тип краски/покрытия корпуса и др. Очевидно, что это превращает аукцион в профанацию. И такое происходит в нашей сфере в 90% случаев. У нас есть опыт участия в аукционах за рубежом. Они делят ТЗ на несколько разделов: кардинально важные параметры, важные и т.д. Влияние кардинально важных параметров на оценку участников на порядок выше, чем все остальное. Внедрение механизма оспаривания участником отнесения всяких несущественностей в кардинально важные параметры помогло бы повысить эффективность аукционов в нашей сфере – сфере наукоемкого, сложного оборудования. Очевидно, применимость одинаковых правил аукционов для торговли картошкой, автомобилями и спектрометрами – это миф, тормозящий эффективное управление закупками госпредприятий, а значит, и эффективное использование госбюджета, что сейчас является задачей №1 государства.

**б)** Кроме того, номинально существующая преференция для отечественных производителей бюрократически сведена к нулю. Мы 25 лет производим анализаторы наночастиц. Начали с поставок их в США (на экспорт). Но получить сертификат о производстве в РФ для нас практически невозможно из-за превращения этой процедуры в нагромождение бюрократических барьеров. Например, ТПП требует предоставления им чертежей в формате ПДФ. У нас сотни, а то и тысячи чертежей. Но мы их делаем не для бюрократов, а для изготовителей блоков и узлов. ЧПУ делают мехобработку не по картинкам, а по файлам из АВТОКАДа или СОЛИДВОРКСа. Эти файлы и есть то, что нужно реальному производству, а не бумажные картинки в ПДФ. Я бы сказал, что отсутствие у «производителя» чертежей в АВТОКАДе говорит (скорее всего) об их жульничестве. То же самое относится и к производству электронных плат. Многослойную плату никто на бумажках не рисует. И автоматы, их производящие, используют специфический формат файлов, не читаемый чиновниками просто никак. Переводить всю эту гору чертежей из реально нужных форматов в совершенно бесполезные ПДФ требует массу времени. А у нас и так сотрудников не хватает. Да и противно занимать людей очевидно маршуткиным трудом. Таким образом, понятная и полезная цель – выяснить отечественного производителя – из-за негодных бюрократических процедур превратилась в свою противополож-

ность – трату значительного времени на получение якобы(!) достоверных фактов. А в такой мутной обстановке появляются и мутные люди, готовые китайский товар оформить российским с помощью наклеивания этикеток, что мы неоднократно видели с экранов телевизоров. А то, что проблема предпочтений отечественным приборам важна, мы видим по тому, как за последний год в РФ появились похожие на наши китайские аналоги. Китайцы активно договариваются с НИИ и КБ, «пропихивая» свою продукцию. Учитывая их огромные производственные мощности, думаю, что через пару-тройку лет они нас вообще вытеснят с российского рынка.

Надеемся, что государство поможет в кратчайшие сроки решить текущие кричащие про-

блемы – такие как платежи китайским поставщикам (например, через специально организованный банк, обслуживающий не только монополистов, но и огромное количество малых предприятий) или облегчение создания и ведения бизнеса малым производственным компаниям мехобработки, мелкосерийного производства электронных плат....

Уверены, что без четкой политической поддержки и осознания необходимости приоритетного развития реального сектора экономики, исключения чисто бюрократических рогаков, создания системной скоординированной деятельности всех государственных ведомств, решающей стратегические государственные задачи, развитие России невозможно.

## ПИСЬМА КОЛЛЕГАМ

### Детектор наносекундных лазерных импульсов диапазона 0.25-3.3 мкм на базе фоторезистора PbS-st-65

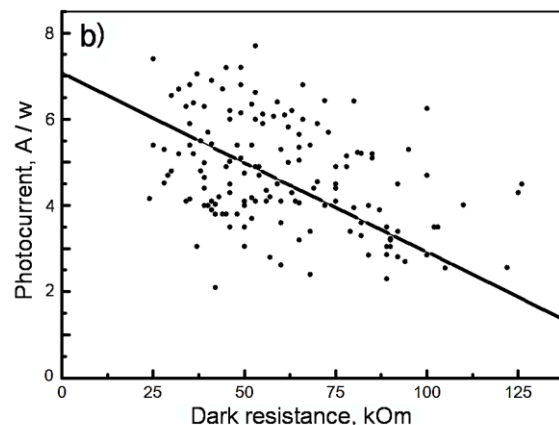
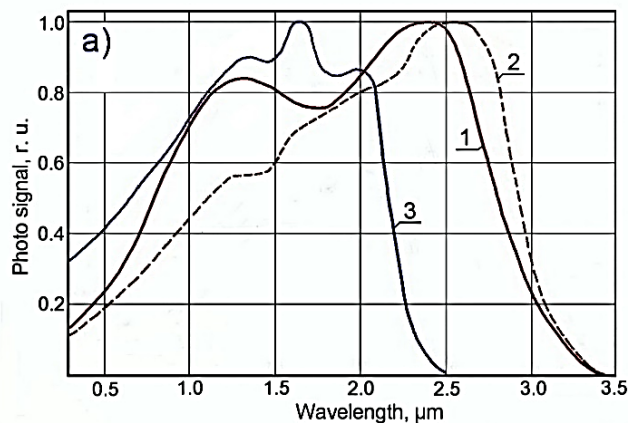
Р.Д.Мухамедьяров, ООО «Урал оптроникс», г.Екатеринбург

Известна работа [1] о принципиальной возможности использования приёмников излучения с большой постоянной времени ( $\tau$ ) типа пирозлектрической структуры ( $\tau = 5-15$  мс) для детектирования 30-нс лазерных импульсов. Там же приведена схема ФПУ и комплектация.

В работе [2] предлагается использовать для этой цели известные тонкоплёночные фоторезисторы PbS ( $\tau = 100-400$  мкс) и PbSe ( $\tau = 5-8$  мкс). Однако возможность такого интересного использования этих фоторезисторов (ФР) на практике до сих пор никем не реализована.

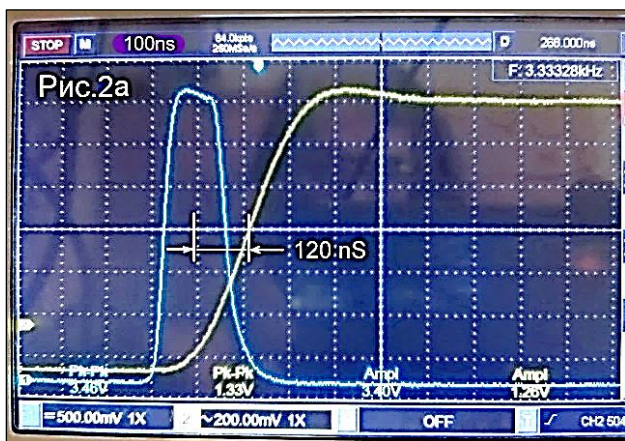
Причина в том, что токовая чувствительность у этих серийно производимых ФР очень низкая. Это обусловлено низкой подвижностью носителей  $\mu = 1-3$  см<sup>2</sup>/(V s) в поликристаллической

плёнке. В нашей сверхчистой и стехиометрической плёнке PbS-st [3] (получена впервые в мире) подвижность носителей аномально высокая,  $\mu_e = \mu_p = 320-480$  см<sup>2</sup>/(V s). И это составляет 60% от лучших исследованных монокристаллов PbS. Тогда для квадратной площадки в 1.0 мм<sup>2</sup> при  $U = 20$  В дрейфовая скорость носителей составляет в среднем 80000 см/s. Эта почти километровая скорость носителей позволяет получить при темновом сопротивлении 35-100 кОм токовую чувствительность ФР на уровне 6 А/Вт, и это в 10 раз лучше, чем у кремниевых фотодиодов. Тонкая (0.5 мкм) плёнка PbS-st не имеет поверхностной рекомбинации носителей и работает во всем спектральном диапазоне как квантовый счётчик – см **рис. 1а**.

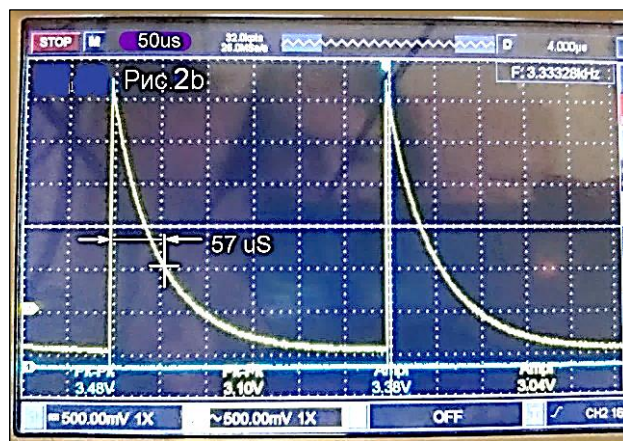


**Рис.1а.** Спектральные  $x$ -ки фотопроводимости тонких пленок при 295K, кривые: 1- для пленки PbS-st с толщиной  $h=0.41$  мкм и 2- для пленки PbS-st с  $h=0.63$  мкм; 3- для пленки Cd<sub>1</sub>Pb<sub>15</sub>S<sub>16</sub> с  $h=1.4$  мкм.

**Рис.1б.** Зависимость токовой чувствительности от темнового сопротивления для ФР PbS-st-65.



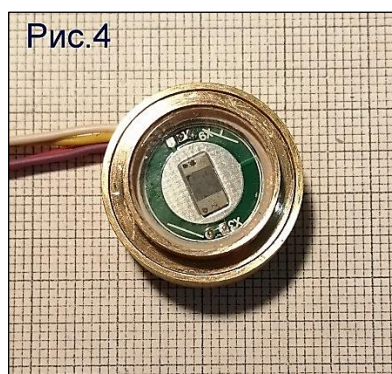
**Рис.2а** Реакция ФР на импульс тока в 0.7 А (ключ на КТ972) через СИД SFH4545 при длительности импульса 125 нс с генератора PSG9080. Частота следования импульсов 3.3 кГц. Задержка выходного фотосигнала по центру импульса излучения при полосе ПУ в 2.5 МГц составляет 120 нс.



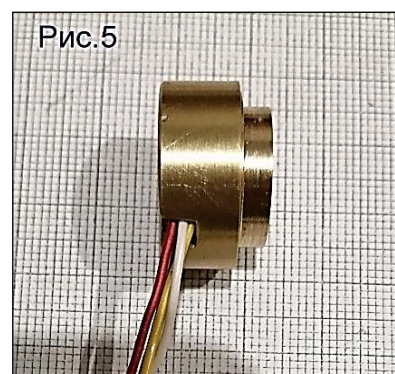
**Рис.2б** Расширение импульса фототока в соответствии с постоянной времени фотопроводимости ФР в 57 мкс при 295 К. То есть ФР работает по коротким импульсам как пиковый детектор напряжения, интегрируя при этом число всех квантов в импульсе излучения.



**Рис.3**  
Фоторезистор МФП-4.



**Рис.4** Универсальный ФПУ, вид спереди.



**Рис.5** Универсальный ФПУ, вид сбоку.

При охлаждении ФР расширение импульса фотосигнала увеличивается в соответствии с ростом его постоянной времени. А вот амплитуда импульса **почти не зависит** от температуры, так как определяется только подвижностью носителей и приложенным к ФР напряжением.

Если включить параллельно 4 элемента от МФП-4 (см **рис.3**), то можно увеличить токовую чувствительность ещё в 4 раза при темновом сопротивлении 10-20 кОм.

Фронт фотосигнала определяется только ёмкостью монтажа ФР и для ПУ на ОУ AD8007 задержка фронта будет менее 30 нс для импульса излучения в 30 нс. Это позволяет создать, например, измеритель дальности с точностью типа 3 м в окне прозрачности 2.1-2.4 мкм и даже правее 3 мкм при ТЭМО-2 охлаждении ФР. На **рис.4** представлено фото универсального ФПУ, вид спереди. В его габаритах можно вклеить на плату любой чип с размерами чувствительной площадки до  $A=10 \times 10$  мм<sup>2</sup>. На обратной стороне печатной платы с диаметром 20 мм собран ПУ на сдвоенном ОУ. Плата ФПУ размещена в металлическом корпусе из двух частей, см **рис.5**. Надёжность бескислородных пленок для

изготовления ФР PbS-st-65 такова, что не требуется герметизации сваркой в металло-стеклянный корпус, как это принято для серийных ФР PbS и PbSe. ФР работает и в вакууме.

На цепочку ФР+ R<sub>н</sub> подаётся необходимое напряжение смещения до 80 В. Питание предусилителя однополярное 5-12 В. Потребление тока ПУ определяется выбором типа двухканального ОУ в диапазоне тока потребления 20 мкА-20 мА, что позволяет получить передний фронт фотосигнала от 40 мкс до 40 нс. Температурный диапазон эксплуатации для ФР +50С ÷ - 40°С

Таким образом, предлагается использование фоторезистора PbS-st-65 и фотоприемных устройств на его основе для измерения мощности и обнаружения коротких лазерных импульсов длительностью 5-500 наносекунд. Высокая токовая чувствительность и быстродействие обеспечиваются применением фоторезистора PbS-st-65 на базе сверхчистой и стехиометрической тонкой плёнки, не имеющей аналогов [3] по своим фотоэлектрическим параметрам.

И электроны, и дырки в нашей плёнке имеют одинаковые подвижности и при дрейфовой скорости 800 м/с и времени жизни носителей в 65 мкс

пробегают суммарный путь в 52 см через межэлектродный промежуток в 1 мм. То есть дают усиление выходного фототока в  $2 \times 520$  раз от поглощения одного фотона. В результате наш ФР работает по фотосигналу как пиковый вольтметр и фотоумножитель длительности, и ввиду более низкой стоимости в ряде применений может заменить фотодиоды на тройных полупроводниках.

#### Литература

[1]. В.Н.Вьюхин, С.Д.Иванов Регистрация маломощных наносекундных импульсов излучения приёмником на основе тонко плёночной пироэлектри-

ческой структуры / «Автометрия», 2018. т.54, №5, с.94-98.

[2]. С.В.Бушман, Л.И.Горелик, Н.В.Кравченко, К.М.Куликов, А.К.Петров. Регистрация коротких световых импульсов медленными фотодетекторами PbS и PbSe. / «Прикладная физика», 2007, № 5, с.86-88.

[3]. R.D.Mukhamedyarov, A.A.Beketova, V.I.Stuk and G.R.Mukhamedyarova. Ultrapure thin films of CdPbS and PbS and photodetectors based on them were obtained and studied for the first time. / Indian Journal of Physics, (2024), v.98, p.1229–1246, <https://doi.org/10.1007/s12648-023-02899-2>.

## Представляем победителей Конкурса ЛАС (2024) на лучшую отечественную разработку в области лазерной аппаратуры и лазерно-оптических технологий, вышедшую на рынок в 2022-2023гг.\*

Номинация «Информационные материалы и лабораторное оборудование»

Диплом I степени

ООО «НПП «Инжект», г.Саратов

### Лазерный диодный (ЛД) модуль с узкой шириной спектра излучения для систем спин-обменной оптической накачки благородных газов, применяемых в магнито-резонансной томографии (МРТ)

Авторский коллектив: Е.В.Борисов, И.В.Галушка, И.А.Зимин,  
О.В.Коренченко, Л.С.Молодых, В.А.Панарин, С.Н.Соколов



В результате разработки, проведенной в 2022г. в НПП «Инжект», был создан лазерный диодный (ЛД) модуль с узкой шириной спектра лазерного излучения (ЯДГК.433751.290-01). Этот ЛД-модуль изготавливается из линеек лазерных диодов с внешним резонатором на основе брэгговской решётки. Система термостабилизации и удержания длины волны лазерного излучения позволяет производить её точную подстройку. Вывод лазерного излучения из корпуса модуля осуществляется через оптическое окно.

Основные технические характеристики и параметры ЛД-модуля:

- длина волны максимума спектра лазерного излучения: 794,8 нм
- мощность излучения: 50 Вт;
- ширина огибающей спектра лазерного излучения: не более 0,1 нм;

- габаритные размеры корпуса (ШхВхГ): 140 мм х 98 мм х 40 мм
- масса: не более 0,6 кг.

Габаритный чертёж изделия приведен на **рис.1**.

На **рис.2** представлен типичный спектр излучения ЛД-модуля, а на **рис.3** – типичная ватт-амперная характеристика ЛД модуля.

#### Принципиальные отличия разработки от имеющихся аналогов, её применения

Результаты проведенного патентного поиска показали отсутствие аналогов изделия в Российской Федерации. Отличительной особенностью разработанного ЛД-модуля является малая ширина огибающей спектра лазерного излучения ( $\sim 0,1$  нм) при высокой выходной мощности лазерного излучения – 50 Вт на длине волны 794,8 нм.

По техническому уровню данное устройство

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

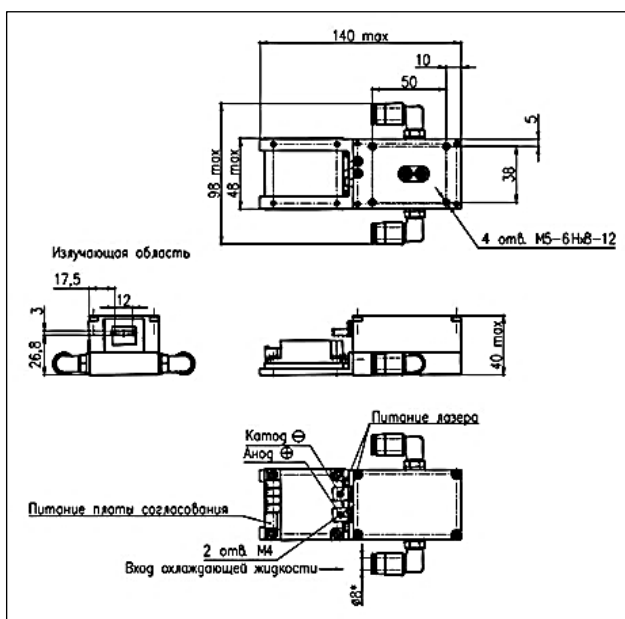


Рис.1 Габаритный чертеж изделия.

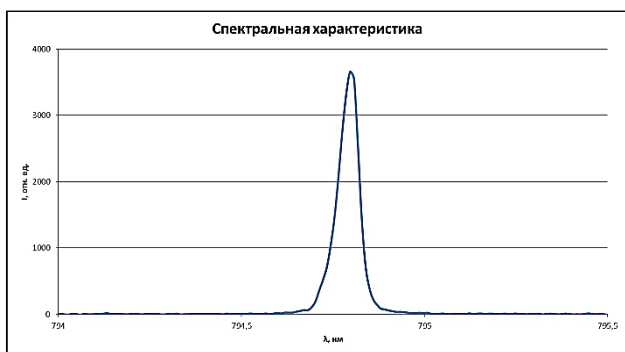


Рис.2 Типичный спектр излучения ЛД модуля.

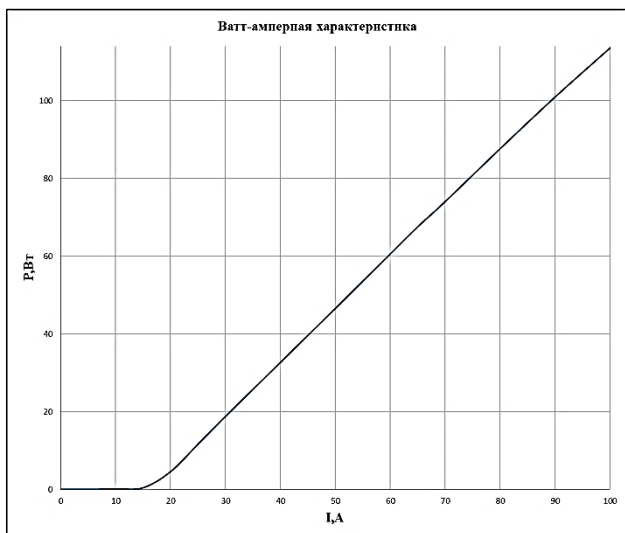


Рис.3 Типичная ватт-амперная х-ка ЛД модуля.

соответствует лучшим мировым образцам. Наиболее близким к разработанному ЛД-модулю является ЛД-модуль BrightLock® Ultra-100, модель 6307-0002.

Первая поставка этого изделия состоялась в 2022г., оно используется в работах по созданию системы спин-обменной оптической накачки

благородных газов для применения в медицинской магнитно-резонансной томографии (МРТ).

### История метода магнито-резонансной томографии

Магнито-резонансная томография (МРТ) является одним из современных методов диагностики, позволяющим неинвазивно получать изображения внутренних структур тела человека. Важнейшим преимуществом МРТ по сравнению с другими методами лучевой диагностики является отсутствие ионизирующего излучения и, как следствие, эффектов канцеро- и мутагенеза, с риском возникновения которых сопряжено воздействие рентгеновского излучения.

Именно поэтому ранее использовавшееся название метода «ядерно-магнитно резонансная томография» (ЯМРТ) в настоящее время не используется, чтобы избежать неправильных ассоциаций с ионизирующим излучением.

МРТ является единственным методом неинвазивной диагностики, обладающим высокой чувствительностью и специфичностью при выявлении отека и инфильтрации костной ткани. Развитие МР-спектроскопии и диффузионной МРТ, а также создание новых органотропных контрастных препаратов является основой развития «молекулярной визуализации» и позволяет проводить гистохимические исследования *in vivo*.

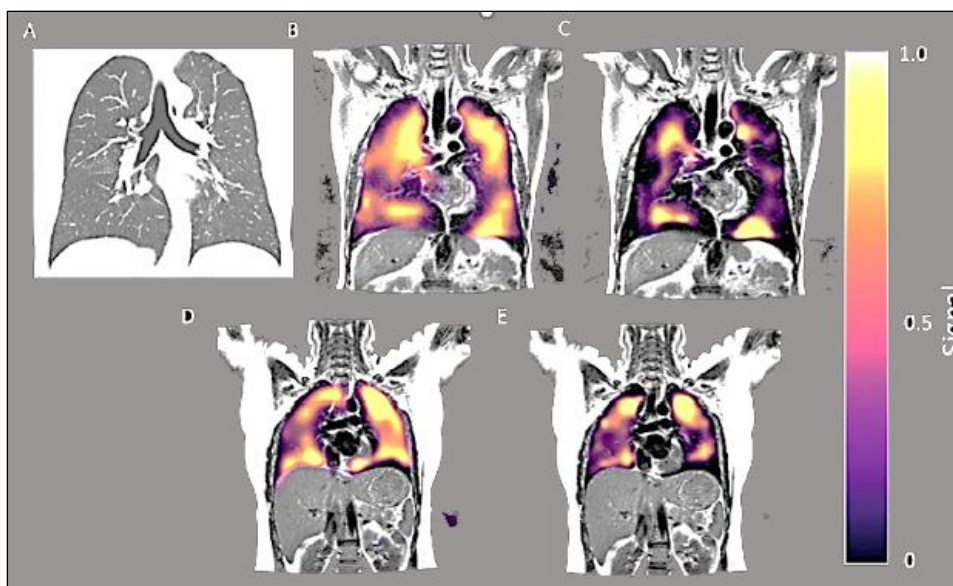
В основе МРТ лежит феномен ядерно-магнитного резонанса (ЯМР), открытый в 1946 году физиками Ф.Блохом и Э.Парселлом (Нобелевская премия по физике, 1952г.). Суть ядерно-магнитного резонанса состоит в способности ядер некоторых элементов (H, C, O, P), находясь под воздействием статического магнитного поля, принимать энергию радиочастотного импульса и переходить на более высокий энергетический уровень. При переходе на нижний энергетический уровень ядра выделяют полученную энергию – МР-сигнал. На протяжении многих последующих десятилетий определение резонансных частот с помощью ЯМР-спектроскопии позволяло анализировать химический состав комплексных веществ.

В 1960г. В.А.Иванов в СССР предложил способ и устройство для ЯМР-томографии. Авторское свидетельство № 1112266. «Способ определения внутреннего строения материальных объектов» – зарегистрировано 07.09.1984 с приоритетом от 21.03.1960.

В 2017г. в Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН была разработана технология и прототип отечественного магнитно-резонансного томографа.

### Актуальность метода МРТ с использованием гиперполяризованных благородных газов

В настоящее время в мире наблюдается высокая активность в развитии технологий МРТ диагностик с применением ксенона  $^{129}\text{Xe}$ . В этой



**Рис.4** Серия  $^{129}\text{Xe}$  МРТ изображений исследования пациента – 60-летнего мужчины с одышкой после COVID-19 в анамнезе и через 172 дня после выписки. (МРТ-изображения  $^{129}\text{Xe}$  показаны в корональной проекции для двух исследований с разрушенными эритроцитами у пациента – «Radiology», 2021).

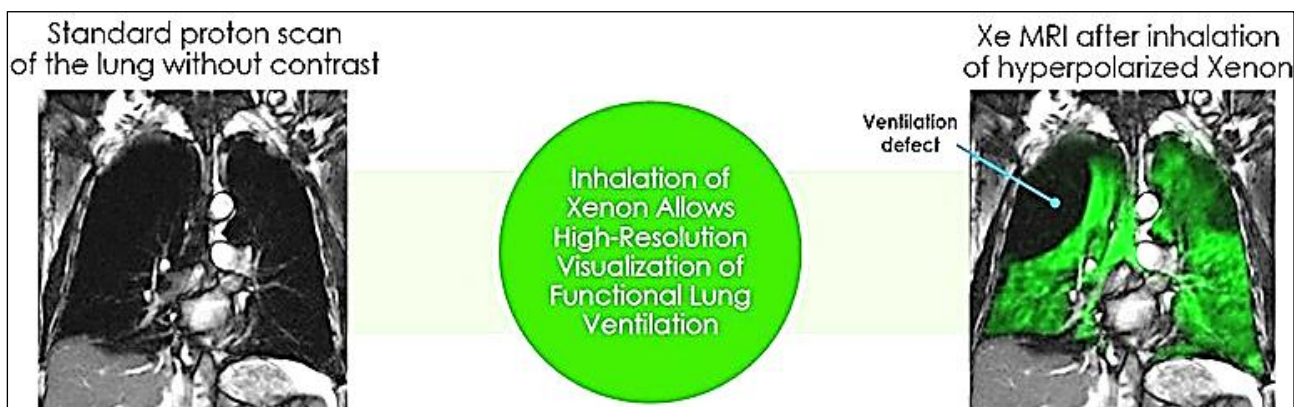
ядер исследуемых веществ, т.е. создание существенной неравновесной поляризации ансамбля спинов с применением гиперполяризованных благородных газов, позволяет получать МРТ-изображения функционирования отделов дыхательной системы – легких, альвеол, бронхов, не наблюдаемых ни в КТ, ни в обычной МРТ. Эта технология усовершенствует диагностику и динамику процесса лечения респираторных заболеваний в пульмонологии, что особенно важно для условий типа пандемии

методике стабильный изотоп ксенона  $^{129}\text{Xe}$  с гиперполяризованными (ГП) по магнитному моменту ядрами используется в качестве контраста при функциональной МРТ. Это обусловлено новыми возможностями, открывающимися с применением намагнитенных газов.

В результате их применения значительно повышается контраст медицинских МРТ изображений при визуализации системы дыхания (увеличение до пяти порядков величины в сравнении с традиционной протонной МРТ), появляется возможность наблюдения динамики процессов газообмена в легких (т.е. контроль не только анатомии, но и, что очень важно, функции легких) и эффективной работы на менее дорогостоящих томографах с уменьшенной индукцией магнитного поля (0,3-0,4 Тл и менее).

Использование спиновой гиперполяризации

COVID-19. Благородный газ ксенон  $^{129}\text{Xe}$  проявляет различные свойства в пустых полостях, тканях и плазме крови. За счет этого можно провести уникальные исследования состояния легких. Гиперполяризация редкого благородного инертного газа  $^{129}\text{Xe}$  позволяет получить вдыхаемый контрастный агент с 100000-кратным усилением сигнала. Это дает возможность выполнять визуализацию всей дыхательной системы, а также регионарную оценку газообмена и функционирования легких за одну 10-секундную задержку дыхания, не подвергая пациента ионизирующему излучению, присущему рентгеновским или КТ процедурам. Изображения на **рис.4** и **рис.5** показывают преимущество использования гиперполяризованных газов при медицинском контроле постковидных изменений в легких пациентов.



**Рис.5** Применение  $^{129}\text{Xe}$  МРТ в медицинских исследовательских целях. Регионарная и количественная визуализация функции легких:

фото слева – стандартное протонное сканирование легких без контраста;

фото справа – вдыхание ксенона позволяет получить визуализацию функциональной вентиляции легких с высоким разрешением.  $^{129}\text{Xe}$  МРТ после вдыхания ксенона. Темное пятно - дефект вентиляции легких (по данным Polarean Inc., США).

Данный метод МРТ исследований широко распространен за рубежом, в Великобритании входит в клиническую практику.

Самым распространённым и эффективным методом поляризации изотопов газов с полуполным спином является метод оптической накачки щелочных атомов с последующим спиновым обменом с изотопами благородных газов – спин-обменная оптическая накачка (SEOP), где первичным источником энергии является лазерное излучение. На первой стадии процесса за счет поглощения циркулярно-поляризованных фотонов происходит спиновая гиперполяризация электронов испаренного щелочного металла – рубидия. Гиперполяризация ядра  $^{129}\text{Xe}$  достигается передачей углового момента от гиперполяризованного электрона атома рубидия через механизм Ферми-взаимодействия ядер ксенона. Эта двухступенчатая оптическая накачка через процесс спинового обмена создает избыток населенности в конкретном спиновом состоянии  $^{129}\text{Xe}$ , значительно увеличивающим поляризацию чистого ксенона  $^{129}\text{Xe}$ .

Важными условиями пригодности устройства спин-обменной оптической накачки благородных газов для эффективного процесса поляризации является высокая мощность лазерного излучения на длине волны 795 нм, стабильность по ряду параметров, хорошее согласование спектра излучения со спектром поглощения рубидия и минимально возможная эллиптичность поляризации для эффективного преобразования в излучение с круговой поляризацией (*Birchall J.R. et al., / Analytical Chemistry, 2020, т.92, вып.6, стр. 4309*).

При диагностике респираторных заболеваний гиперполяризованный газ вдыхается пациентом, которого впоследствии сканируют с помощью стандартной процедуры МРТ.

В настоящее время также существует большая потребность в гиперполяризованном ксеноне  $^{129}\text{Xe}$  для ЯМР-спектроскопии при исследованиях в области химии, биологии и материаловедения при изучении внутренней структуры и свойств пористых материалов со структурами нанометрового размера, микро и наноструктурированных материалов, нанотрубок, полимерных аэрогелей, электродов современных батарей, пористых молекулярных, дипептидных и пр. кристаллов.

Отечественное производство медицинских МРТ, планируемое, согласно данным Минздрава, в количестве 100 шт./год, а также парк уже имеющихся в России МРТ установок (~750 шт.) может быть обеспечено в необходимом объеме ЛД модулями, с узкой шириной спектра излучения, выпускаемых в ООО «НПП «Инжект», для систем спин-обменной оптической накачки благородных газов.

Применение разработанных лазерных модулей в современных медицинских МРТ системах открывает уникальные возможности для развития новых методов исследований в пульмонологии и других областях применения. В конструкции разработанного изделия используются полупроводниковые гетеро-эпитаксиальные пластины, материалы, оптические микроэлементы, изготовленные в России, поэтому применение устройства в новых отечественных разработках устраняет зависимость от импорта и монопольного поставщика.

★ ★ ★

## ***Номинация «Информационно-управленческие технологии и системы фотоники»***

*Диплом I степени*

*АО «Лазерные системы», г.Санкт-Петербург*

### **Рабочий эталон единицы высоты нижней границы облаков (ВНГО) в диапазоне значений от 10 000 до 12 000 м**

*Авторский коллектив: вед. инженер-оптик Л.Ю.Маслов, инженер-конструктор В.В.Красных, вед. инженер-электроник А.О.Трухин, инженер-электроник А.В.Никонова, мастер участка А.Н.Ермолин, директор департамента перспективных технологий А.Е.Орлов*



Лидарные технологии широко применяются в промышленности, в том числе для обеспечения безопасности воздушного транспорта. Они позволяют оперативно получать информацию, например, о таком важ-

нейшем параметре, как высота нижней границы облаков.

Использование лидарных технологий в качестве средств обеспечения безопасности авиатранспорта в составе аэродромных информационно-аналитических систем, а также для метео-





*Рис.1* ВОЛЗ-1, установленный на прибор измерения высоты облаков.

наблюдений, равно как и для иных особо ответственных применений, влечет за собой необходимость своевременного проведения работ по метрологическому обеспечению лидарного измерительного оборудования. С другой стороны, внедрение новых перспективных образцов продукции и развитие рынка лидарных технологий приводит к тому, что вопрос методического и стендового метрологического обеспечения в настоящее время становится все более актуальным.

Основными метрологическими параметрами лидаров являются их пространственно-временные характеристики (диапазон дистанций и точность). Как правило, лидары являются средствами измерений и требуют в процессе эксплуатации проведения периодических поверок. Для этого их приходится снимать с мест установки и отправлять в специальные аккредитованные организации для проведения таких работ.

АО «Лазерные системы» разработало **компактный рабочий эталон единицы высоты нижней границы облаков** на основе волокон-

конно-оптических линий задержки ВОЛЗ-1.

ВОЛЗ-1 предназначен для первичной калибровки и периодической поверки приборов измерения высоты нижней границы облачности в местах установки таких приборов.

Волоконно-оптическая линия задержки ВОЛЗ-1 представляет собой компактное изделие, содержащее несколько оптических волокон разной длины, организованных в единый волоконно-оптический блок, и блок ввода лазерного излучения поверяемых приборов в волокно и вывода лазерного излучения обратно в прибор.

Изделие создает временные задержки разной длительности, эквивалентные времени прохождения лазерного излучения в атмосфере от поверяемого прибора до измеряемого объекта и обратно. Основные метрологические характеристики ВОЛЗ-1: ► диапазон измеряемых дистанций от 10 до 12 000 м, ► пределы абсолютной погрешности измерений  $\pm 0,5$  м для диапазона дистанций 10-20 м, ► относительной –  $\pm 1\%$  для диапазона дистанций 1000-12000 м.

Поверка метрологических параметров лидаров сводится к созданию точно известных времен задержки распространения зондирующего импульса в волоконно-оптической линии известной протяженности, которая эквивалентна протяженности реальной атмосферной трассы. Однако применения лишь одной калиброванной длины в случае с лидарами оказывается недостаточно ввиду более сложной структуры метеорологических измерений по распределенной атмосферной трассе. Лучших результатов можно добиться, используя массив оптоволоконных линий задержки, соединенных последовательно или параллельно и имитирующих протяженную атмосферную оптическую трассу, содержащую набор отражающих целей. Для измерения больших дистанций (1000м, 2000м и т.д.) применяется циклическая линия задержки, которая с одного лазерного импульса создает несколько повторяющихся с заданным периодом временных задержек. Такая структура была предложена и апробирована в поверочном стенде ВОЛЗ-1.

Изделие состоит из приемо-передающего и оптоволоконного блоков, размещенных в отдельных кейсах.

Приемо-передающий блок устанавливается на монтажные площадки поверяемого прибора и осуществляет следующие функции:

- прием излучения от поверяемого прибора;
- ввод излучения в оптическое волокно;
- передача излучения посредством дуплексного оптоволоконного кабеля в оптоволоконный блок и обратно;
- передача дискретно задержанного (пассивно модулированного) излучения в прибор.

Оптоволоконный блок предназначен для временной задержки оптического излучения, эквивалентной времени распространения света в атмосфере до твердого объекта и обратно.

Отличительными особенностями данного изделия являются отсутствие в измерительной схеме электронных компонентов, компактность конструкции и возможность проведения поверок и калибровок непосредственно на месте установки приборов. Пример установки ВОЛЗ-1 на приборе измерения высоты облачности показан на **рис. 1**.

### **Заключение**

Поверка лидарных систем – сложный ресурсозатратный процесс. Основная проблема процесса поверки – отсутствие мобильных решений, которые позволят в кратчайшие сроки и

при минимальных финансовых затратах оценить основные характеристики таких систем.

Предложенная методика поверки с помощью волоконных линий задержки типа ВОЛЗ-1 успешно апробирована при проведении первичных и периодических поверок Импульсных ветровых лидаров ИВЛ-5000, приборов измерения высоты облаков типа Skydex-15 и С131.

В настоящее время изготовлено и аттестовано несколько рабочих эталонов, которые поставлены в следующие организации: АО «Лазерные системы», ФГБУ «ГГО», ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» и ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Планируются поставки эталонов в другие филиалы Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации.

## **Итоги опроса участников ТП «Фотоника»**

В феврале – марте 2024г. Секретариат Лазерной ассоциации провёл опрос участников российской технологической платформы «Фотоника» с целью выявления их сегодняшних потребностей в мерах обеспечения и поддержки работ по технологиям фотоники и их применениям.

Полученную информацию предполагалось использовать для конкретизации задач Секретариата техплатформы и организации действий ЛАС в поддержку участников ТП и отечественной лазерно-оптической отрасли в целом.

Разосланный вопросник содержал 3 группы вопросов:

- о желательных мерах господдержки и госрегулирования;
- о потребности в кадрах;
- о потребности в новых техрегламентах и стандартах.

Письма с просьбой ответить на эти вопросы были направлены в 183 российские организации, работающие в 39 регионах РФ. Среди этих организаций 9% – «большие» предприятия, в т.ч. научно-производственные предприятия и производственные объединения, 18% – отраслевые НИИ и НПО, 13% – академические НИИ и НТЦ, 23% – ВУЗы, 37% – малые и микропредприятия.

Ответы (надо отметить: некоторые после однократных напоминаний) были получены от 70 организаций из 26 регионов, т.е. доля ответивших – около 40%.

Готовность ответить, внести свой вклад в формирование общих усилий по улучшению условий работы в российской лазерно-оптической

отрасли оказались разными у разных групп организаций. Наиболее ответственно к участию в опросе отнеслись в крупных предприятиях и НПО, среди них откликнулись 53% опрошенных, чуть меньше таковых среди ВУЗов – 48%, среди научно-исследовательских центров – 42%. Хуже всего отношение к опросу оказалось у малых предприятий, заполненные вопросники прислали лишь 20% опрошенных МП.

Подавляющее большинство респондентов представило чёткие ответы по всем пунктам вопросника, некоторые добавили свои замечания и предложения, подчас весьма интересные и хорошо обоснованные, но были и весьма неожиданные отклики на обращения ЛАС. Так, один из петербургских университетов, давний участник техплатформы, сообщил, что «в настоящий момент у него нет потребности в мерах поддержки работ по фотонике», а одно зеленоградское малое предприятие, регулярно демонстрирующее на выставках «Фотоника» производимое лазерное оборудование, ответило на просьбу ответить на вопросы следующим образом: «к сожалению у нас некому ответить на этот запрос, нет заинтересованности». Как соотнести такие ответы с уже многолетним стремлением этих организаций оставаться участниками общеотраслевой технологической платформы, созданной именно для поддержки и развития работ по фотонике – бог весть ... Но подчеркнём, приведённые ответы – это лишь исключение из общего числа нормальных, деловых и чётких откликов.

Полученные 70 ответов на запрос ЛАС мы считаем вполне репрезентативной выборкой –

40% от общего числа участников техплатформы, разнообразно представлены все группы участников ТП и все основные регионы, в которых имеются такие участники – что позволяет уверенно судить о состоянии дел и проблемах организаций, объединившихся в ТП «Фотоника».

### Результаты опроса

► Среди желательных для отечественной фотоники мер господдержки и госрегулирования практически 100% респондентов на первое место поставили принятие целевых госпрограмм, поддерживающих освоение и использование лазерно-оптических и оптоэлектронных технологий в реальном секторе экономики.

На втором месте (около половины ответивших) оказалось включение компонентной базы фотоники в перечень направлений исследований и разработок, затраты на которые учитываются при исчислении налога на прибыль с коэффициентом 1,5 – наряду с электронной компонентной базой. Остальные из перечисленных в вопроснике мер – организация статучёта выпуска продукции фотоники в стране, госрегулирование импорта этой продукции, введение ускоренной амортизации оборудования фотоники – поддержали по 10-30% респондентов из различных групп отраслевых организаций.

При этом целый ряд ответивших указали другие меры, которые, по их мнению, должно принять руководство страны:

- определение ФОИВ, ответственного за отрасль, за реализацию программ её развития и их эффективность;
- повышение статуса инженерно-технических ВУЗов и специалистов;
- модификация систем классификации ОКПД и ОКВЭД для учёта оборудования и компонентов фотоники, деятельности по их изготовлению;
- формирование предприятиями, технологическими платформами, РАН перечня перспективных инновационных разработок (проектов) для предложения в рамках программ работы межправительственных комиссий по торгово-экономическому и научно-техническому сотрудничеству между Российской Федерацией и дружественными зарубежными странами – для стимулирования научно-технического прогресса;
- организация госпрограммы выдачи безвозвратных грантов (субсидий) компаниям на разработку в срок до двух лет новых видов продукции фотоники (условиями получения гранта должен быть наличие у заявителя научно-технического задела и писем от заинтересованных в этом продукте будущих его потребителей; никаких требований к софи-

нансированию работ с чьей – либо стороны быть не должно; в качестве отчёта должен предъявляться действующий образец продукции, демонстрирующий все заявленные технические характеристики);

- существенное упрощение импортных процедур для компонентов и запчастей, предназначенных для проведения НИОКР и производства продукции фотоники в России;
- пересмотр федерального законодательства о проведении аукционов с целью создания реальной, а не дубовой конкуренции в конкурсах на проекты по созданию новой техники и с усилением преференций отечественным производителям;
- приведение положений о признании производства отечественным к содержательному уровню и отказ от действующего сейчас формально-бюрократического, за которым утрачено реальное видение современного производства;
- господдержка мелкосерийного производства деталей и комплектующих, без которого абсолютно невозможна разработка нового оборудования;
- решение проблемы с экспресс – доставкой контрактных таможенных мелких грузов (1 - 40 кг), закупаемых на предприятиях КНР в обеспечение оперативных потребностей промышленных предприятий РФ;
- господдержка выпуска технической литературы и учебников по фотонике и её применениям (сейчас на русском языке доступны лишь издания, появившиеся 12-15 лет назад и ранее).

### ► О потребности в кадрах

В вопроснике предлагалось оценить ориентировочную потребность в кадрах для работ, связанных с фотоникой, в 2024-2025гг. Были указаны следующие типы нужных кадров:

- 1) для проведения научных исследований и разработок
- 2) для производства и/или использования продукции фотоники, в т.ч.
  - 2а - инженерного уровня (конструкторы, технологии, экономисты)
  - 2б - технического уровня (операторы, наладчики, техники)
  - 2в - уровня специалистов (медицина, обеспечение безопасности...)
- 3) для учебно-педагогической деятельности, в т.ч.
  - 3а - для непосредственного проведения занятий
  - 3б - для организации повышения квалификации (практики, on-line курсы и др.)

Если экстраполировать полученные данные на всю техплатформу, считая, что у «промолчавших» организаций такие же в среднем потребности, как и у ответивших организаций того

же типа, получается, что 183 российским участникам техплатформы «Фотоника» требуется в 2024-2025гг. привлечь на работу примерно по 2,5 тыс. чел. в год. Необходимо отметить, что очень высокую долю от этой потребности составляют специалисты технического уровня.

Многие респонденты не ограничились в своих ответах чисто количественными данными, но подчёркивали необходимость согласования номенклатуры учебных программ и их содержания в области фотоники с требованиями отраслевых предприятий и институтов, необходимость скорейшего возврата к полноценной инженерной подготовке в университетах, необходимость организации эффективной производственной практики для студентов университетов и колледжей.

#### ► **О потребности в новых стандартах и техрегламентах**

В вопроснике предлагалось указать потребность в следующих типах стандартов и техрегламентов:

- 1) по конкретным техпроцессам
- 2) по конкретным видам оборудования
- 3) по лазерной безопасности
- 4) по специальностям, в т.ч. научным
- 5) по общим вопросам (терминология, кодификация при статучёте и т.п.)

Ответы на вопрос о нужных стандартах и регламентах оказались на удивление многочисленными и разнообразными.

Две трети от общего числа респондентов сообщили, что им не хватает нормативной документации для нормальной организации производства и сбыта своей продукции – от стандартов на процессы лазерной обработки и руководящих технических материалов по нормированию до образовательных и профессиональных стандартов, каж-

дой третий из ответивших руководителей предприятий и институтов отметил необходимость разработки пригодных для практического использования стандартов по лазерной безопасности, столько же респондентов отмечают необходимость единой терминологии в области фотоники и разумной кодификации её продукции.

#### ► **Выводы и заключения**

Проведённый опрос однозначно свидетельствует о наличии широкого круга актуальных задач, которые нужно срочно решать для развития в Российской Федерации фотоники как отрасли. Эти задачи – организация подготовки кадров с нужным работодателям уровнем компетенций, нормативно-техническое обеспечение производства продукции фотоники и её использования в стране, принятие государственных мер для ускорения внедрения лазерно-оптических и оптоэлектронных технологий во всех областях, где они обеспечивают существенный технико-экономический и социальный эффект, для организации удобного российским производителям таможенного регулирования импорта компонентов и оборудования фотоники – требуют для своего решения совместных усилий ФОИВ, госкорпораций, РАН, Государственной Думы и, конечно, самого отраслевого сообщества. Участники техплатформы «Фотоника» формируют его наиболее активную часть, и их экспертиза, их пример должен играть существенную роль в решении вышеперечисленных задач. А поскольку достижение технологического суверенитета страны сегодня невозможно без самообеспечения критически важными технологиями фотоники и оборудованием для их реализации, эти задачи нужно решать быстро.

*Секретариат ЛАС*

## **ОТ СОВЕТА ЛАС**

### **От Совета Лазерной ассоциации: о задачах ЛАС в свете Указа Президента РФ от 28 февраля 2024г. и решений председателя Правительства РФ, сформулированных на совещании по фотонике 20 мая с.г.**

**Н**а заседании Совета Лазерной ассоциации 29 мая с.г. были рассмотрены итоги работы ЛАС и техплатформы «Фотоника» по подготовке и проведению 18-й специализированной международной выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики» и XII Конгресса ТП «Фотоника», а также задачи Совета и аппарата ЛАС на период до предстоящего в апреле 2025г. очередного отчётно-перевыборного съезда Лазерной ассоциации.

Далее активно обсуждались вопросы о том, как Ассоциация должна учесть в своей деятельности Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля с.г. «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и какое участие должна принять Лазерная ассоциация в разработке отечественной программы развития фотоники (о планах создания такой программы и необходимости «правильных лекал» для неё сообщил председатель Правительства РФ на совещании в Сарове 20 мая с.г.).

По итогам обсуждения Совет поддержал инициативу Президента ЛАС о направлении письма Председателю Правительства с выражением поддержки решения о создании госпрограммы развития отрасли и предложением использовать возможности Лазерной ассоциации и российской технологической платформы «Фотоника» при её разработке, а также письма с предложениями по порядку такой разработки («лекалам») – в рабочую группу при Минпромторге России по этой программе.

Принято решение рекомендовать Секретариату техплатформы «Фотоника» организовать в сжатые сроки очередное обновление Стратегической программы техплатформы, чтобы содержащиеся в ней подпрограммы и проекты могли быть аргументированно предложены в создаваемую госпрограмму.

## **О государственной программе развития фотоники в стране (предложения по порядку её разработки)**

**1.** Разработка любой программы начинается с определения её целей и важнейших задач, которые нужно решить для достижения этих целей. Следующим принципиальным шагом является установление основных этапов работы по программе и результатов, которые должны быть достигнуты на каждом из этих этапов и по которым следует судить об эффективности действий исполнителей программы. Только после этого можно начинать составление программы как совокупности распределённых во времени взаимосвязанных проектов и мероприятий, обеспечивающих достижение результатов, требующихся к концу каждого этапа работ.

Для программы развития российской фотоники очевидны две основные цели:

- достижение технологического суверенитета в тех секторах фотоники, которые критически важны для обеспечения обороноспособности страны и эффективного решения важнейших общегосударственных задач в части энергетики, транспорта, связи и др.;
- обеспечение страны оборудованием, необходимым для широкого внедрения уже разработанных технологий фотоники и получения за счёт этого существенного повышения производительности труда, улучшения качества производимой продукции и предоставляемых услуг, энерго сбережения и экологической безопасности, а также создание новых технологий и видов оборудования фотоники, отвечающих существующим и перспективным потребностям отечественной экономики.

Задачи, которые необходимо решать для достижения указанных целей, во многом аналогичны, но они принципиально различаются условиями их решения:

- в части обороноспособности и общегосударственных задач они должны ставиться государственным заказчиком и решаться в режиме первоочередного госзаказа;
- в части гражданского использования возможностей фотоники они должны определяться спросом – существующим и прогнозируемым – и учитывать наличие активного импорта, поэтому отбор проектов в эту часть программы должен быть открытым и конкурсным, чтобы бюджетная поддержка этих проектов – а без неё невозможно обойтись в существующих реалиях – использовалась с максимальной эффективностью для страны.

При этом существуют общие для обеих целей задачи. Это, во-первых, обеспечение страны материалами современной фотоники и оборудованием для обработки таких материалов, необходимыми для создания отечественной элементной базы фотоники, во-вторых, это кадровое обеспечение работ по созданию и практическому использованию технологий фотоники, в-третьих, это нормативно-техническое обеспечение производства продукции фотоники и применения технологий фотоники в реальном секторе экономики, медицине, информатике и др.

**2.** В России в настоящее время в области фотоники работают около 860 организаций – изготавливают оборудование фотоники, выполняют профильные НИОКР и разрабатывают технологии, готовят кадры по специальностям фотоники. 180 непосредственных производителей продукции фотоники в России и 15 в Белоруссии предлагают на нашем общем открытом рынке практически все известные виды этой продукции – от разнообразных источников лазерного излучения до лазерных технологических комплексов, систем оптической связи и передачи информации, биомедицинской аппаратуры, устройств зондирования, распознавания, управления и др., причём в последние 2-3 года идёт быстрое обновление этой продукции за счёт использования отечественных комплектующих. Но общий объем производства аппаратуры фотоники и её комплектующих в РФ, к сожалению, пока невелик и составляет лишь долю процента от общемирового, который уже приближается 1 трлн долл/год – что, собственно, и требует повышения внимания к фотонике в стране для обеспечения возможности развития нашей экономики и обороноспособности.

В отсутствие общеотраслевого ФОИВ единственной структурой, работающей со всеми организациями, создающими лазерно-оптическую и оптоэлектронную технику и/или ведущими профильные НИОКР, является действующая с 1990г. Лазерная ассоциация (ЛАС). Она ведёт активную информационную и экспертно-аналитическую работу, ежегодно организует общеотраслевую выставку-конгресс, регулярно проводит опросы и поэтому владеет актуальной информацией о внутреннем рынке фотоники и состоянии дел в отрасли. Ежегодно выпускает каталоги-справочники по продукции фотоники, которую предлагают отечественные производители (в 2024г. – 9 наименований, более 5 тыс. моделей). С 1997г. ЛАС формирует Коллегию национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям, в которой России предоставляется 140 мест (выборы в Коллегию – раз в 4 года, основными критериями при выборах членов Коллегии являются высокая профессиональная компетентность, получившая общественное признание, и известная коллегам объективность и принципиальность в экспертизах, отзывах и рецензиях). В 2011г. была организована российская технологическая платформа (ТП) «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника», координатором которой назначена Лазерная ассоциация. На сегодняшний день эта ТП объединяет около 180 организаций – в т.ч. практически все ведущие отечественные отраслевые предприятия и институты. В рамках ТП действуют 19 рабочих групп, перекрывающих по тематике всю современную фотонику.

**3.** После утверждения уполномоченным государственным органом целей и задач, которые ставятся перед программой развития фотоники в Российской Федерации, и сроков её реализации потребуются выполнить большой объём экспертно-аналитических работ для выбора проектов и мероприятий, включаемых в программу, и обоснования этого выбора результатами анализа существующего и прогнозируемого спроса на технологии фотоники в стране, имеющихся научно-производственных заделов и ресурсов. Ту часть программы, которая будет посвящена развитию фотоники для инновационного развития отечественной экономики, целесообразно увязать с целевыми программами освоения технологий фотоники в различных отраслях и подотраслях – в машиностроении, электронике, сельском хозяйстве и др. Такие программы, по-видимому, должны будут создаваться в соответствии с Указом Президента РФ №145 от 28.02.2024г. «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (см. п.п. 17 и 21) и их нужно разрабатывать с участием специалистов, имеющих опыт создания оборудования фотоники для этих отраслей и внедрения технологий фотоники в этих отраслях.

**4.** Лазерная ассоциация и техплатформа «Фотоника» готовы принять активное участие в составлении проекта госпрограммы развития фотоники в Российской Федерации и программ практического освоения технологий фотоники в стране – рекомендуя экспертов, выполняя заказы на экспертно-аналитические и прогнозные работы, а после утверждения таких программ – в их реализации, в т.ч. в организации экспертизы выполняемых проектов.

## «Круглые столы» по проблеме «Применение адаптивной оптики в случайных средах»



СО РАН регулярно проводится в формате «круглого стола» совещание по тематике **«Применение адаптивной оптики в случайных средах»**.

Целью проведения такого мероприятия является обсуждение состояния дел и координация исследований по проблеме использования систем и техники адаптивной оптики для повышения эффективности применения современных

оптико-электронных систем в случайных средах. Круг участников расширяется с каждым годом (см. **табл. 1**).

Учитывая высокий научный интерес, проявляемый к тематике, обсуждающейся на этих круглых столах, редакционная коллегия журнала «Оптика атмосферы и океана» приняла решение выпустить тематический выпуск переводной версии журнала (*Atmospheric and Ocean Optics*) по этой тематике, который вышел в 2022 году (*Atmospheric and Ocean Optics, 2022, v.35, № 3, редактор-составитель – В.П.Лукин*).

В целом структура выпуска повторяла структуру заседаний Круглого стола:

**Табл.1 Проведение круглых столов по тематике  
«Применение адаптивной оптики в случайных средах» в период 2016-2023гг.**

Год проведения КС	Представлено докладов	География авторов-участников
2016	16	Томск, Иркутск, Саров, Москва, Подольск, Санкт-Петербург
2018	14	Томск, Иркутск
2019	12	Томск, Иркутск
2020	15	Томск, Иркутск, Саров, Москва, Санкт-Петербург
2021	11	Томск, Иркутск, Подольск
2022	25	Томск, Иркутск, Симферополь, Москва, Подольск, Самара, Санкт-Петербург
2023	20	Томск, Иркутск, Симферополь, Саров, Москва, Нижний Новгород, Подольск, Самара, Санкт-Петербург, Чэнду (Китай)
<b>Всего за 7 лет</b>	<b>115</b>	Томск, Иркутск, Саров, Москва, Подольск, Санкт-Петербург, Симферополь, Самара, Нижний Новгород, Чэнду (Китай)

### Теория атмосферных ОЭС

1. *Шиховцев А.Ю., Лукин В.П., Коваadlo П.Г.* (ИСЗФ СО РАН, Иркутск) «Пути развития систем адаптивной оптики для солнечных телескопов наземного базирования».

2. *Коняев П.А.* (ИОА СО РАН) «Обработка цифровых изображений для коррекции атмосферных турбулентных искажений в реальном времени».

3. *Канев Ф.Ю., Аксенов В.П., Макенова Н.А., Веретехин И.Д.* (ИОА СО РАН) «Оценка возможности передачи информации с использованием оптических вихрей при наличии фона, сформированного массивом случайно расположенных дислокаций».

4. *Kotlyar V.V., Kovalev A.A., Nalimov A.G., Savelyeva A.A.* (IPSI RAS – Branch of the FSRC «Crystallography and Photonics» RAS, Samara, RF) «Superposition of two converging and diverging coaxial hypergeometric beams».

5. *Лукин В.П.* (ИОА СО РАН) «Требования к динамическим характеристикам систем адаптивной оптики».

### Разработка и применение систем адаптивной оптики

6. *Банах В.А., Кусков В.В.* (ИОА СО РАН) «Фокусировка частично когерентного пучка по сигналу обратного атмосферного рассеяния».

7. *Сычев В.В., Клем А.И., Короткова К.И., Комарова О.И.* (МГТУ им. Н.Э.Баумана, г.Москва, ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого», г.Москва, АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС» Госкорпорация «Росатом», Московская обл., г.Подольск, АО «ЦНИРТИ им. академика А.И.Берга», г.Москва) «К вопросу о выборе схемы контроля деформации главного зеркала на телескопе БТА».

8. *Лукин В.П., Коняев П.А., Борзилов А.Г., Соин*

*Е.Л.* (ИОА СО РАН) «Адаптивная система стабилизации и формирования изображения для крупно-апертурного солнечного телескопа».

9. *Волков М.В., Богачев В.А., Стариков Ф.А., Шнягин Р.А.* (ИЛФИ РФЯЦ ВНИИЭФ, г.Саров) «Численные исследования динамической адаптивной фазовой коррекции турбулентных искажений излучения и оценка их временных характеристик с помощью датчика Шэка–Гартмана».

10. *Alexandra Georgieva, Aleksei Ezerskii, Aleksey Chernykh and Nikolay Petrov* (ITMO University, Sankt-Petersburg) «Numerical Displacement of Target Wavefront Distribution with DMD-based modulation and Geometric Phase Holographic Registration System».

### Турбулентность атмосферы как основной фактор, влияющий на работу систем АО

11. *Носов В.В., Лукин В.П., Коваadlo П.Г., Носов Е.В., Торгаев А.В.* (ИОА СО РАН, ИСЗФ СО РАН) «Переменяемость колмогоровской и когерентной турбулентности в горном пограничном слое (обзор)».

12. *Большасова Л.А., Лукин В.П.* (ИОА СО РАН, Томск) «Исследования атмосферы для задач адаптивной оптики».

13. *Шиховцев А.Ю.* (ИСЗФ СО РАН, Иркутск) «Метод определения характеристик оптической турбулентности по лучу зрения астрономического телескопа».

14. *Коняев П.А., Лукин В.П., Носов В.В., Носов Е.В., Соин Е.Л., Торгаев А.В.* (ИОА СО РАН) «Сравнительные измерения параметров атмосферной турбулентности оптическими методами».

15. *Toselli I., Gladysz S.* (Fraunhofer IOSB, Ettlingen, Fraunhofer Institute of Optonics, System Technologies and Image Exploitation, Ettlingen, Germany) «Angle of arrival for plane and spherical

waves in non-Kolmogorov, power-conserved turbulence».

В 2023 году был проведен очередной – уже седьмой – круглый стол. Общее время его работы составило более 7 часов, было заслушано 20 докладов, в том числе 8 было сделано дистанционно.

В зале в среднем присутствовало более 20 участников (в максимуме до 30), а число удаленных слушателей обычно превышало 20 человек. Были, в том числе, слушатели из Китая (Ченду) и из Африки (Сенегал). По окончании плановых докладов состоялась общая дискуссия по проблеме.

Хотелось бы отметить высокий процент среди участников и докладчиков на круглом столе членов Лазерной ассоциации.

*В этом году круглый стол будет проходить в Томске с 25 по 29 ноября в рамках конференции «Аэрозоли Сибири». Будет сохранен смешанный режим работы круглого стола в целом: очный и удаленный. Регламент: приглашенные доклады – до 30 минут, устные - до 20 минут, презентация стенда до 5 минут. Стенды (очные или удаленные) вывешиваются на весь день работы стола.*

Мы искренне благодарим организаторов «Аэрозолей Сибири» (бессменного председателя совещания «Аэрозолей Сибири» д.ф.м.н. *М.В.Панченко* и ученого секретаря *О.В.Праслову*) за возможность проведения наших круглых столов.

*Руководитель круглого стола  
д.ф.-м.н., профессор В.П.Лукин*

## Круглый стол «Применение адаптивной оптики в случайных средах».

25-29 ноября 2024г., г.Томск, ИОА СО РАН



### Программа заседаний:

- I. Случайные среды как тракт для распространения оптических волн
- II. Теория адаптивных систем и лазерные опорные звезды
- III. Техника управления светом, эксперименты
- IV. Стендовая секция по всей тематике

**Контакты:** 3822/492-606; [lukin@iao.ru](mailto:lukin@iao.ru)

*Приглашаем всех наших друзей,  
а также просто знакомых и специалистов.  
Ждем предложений по приглашенным докладам.*

«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 3010181040000000225  
БИК 044525225