

Потеря когерентности

Мировой рынок фотоники к 2028 году перешагнет отметку 1,3 трлн долларов, лидирует на нем Китай. СССР был научно-техническим лидером в этой сфере, но сегодня доля России на этом рынке — десятые доли процента. Разобраться с главными проблемами российской фотоники мы пытаемся с президентом [Лазерной ассоциации](#) Иваном Ковшом.



*Президент Лазерной ассоциации, доктор физико-математических наук Иван Борисович Ковш
Фото: Алексей Таранин*

Квантовая электроника и ее детище — лазеры — в значительной степени были созданы усилиями советских ученых. Достаточно назвать такие имена, как Фабрикант, Басов, Прохоров, Алферов. Этой отрасли науки и техники и основанной на их достижениях промышленности в СССР уделялось большое внимание. Сейчас чаще говорят не о «лазерной отрасли», а о фотонике, которая объединяет большое количество самых разных горячих направлений современной промышленности — от станкостроения до квантовых коммуникаций.

Президент Лазерной ассоциации, доктор физико-математических наук **Иван Борисович Ковш** рассказывает о прошлом и настоящем состоянии фотоники России и формулирует перечень наиболее острых ее проблем.

— **Сейчас вместо лазерных технологий говорят о фотонике. Что такое фотоника?**

— Термин «фотоника» стал активно использоваться буквально лет пятнадцать назад. До этого для обозначения нашей тематики использовались другие термины — «лазерная техника», «оптические технологии», «оптоэлектроника» и другие. А «фотоника» как обобщающий термин вошла в обиход не так давно, и это большая проблема, потому что понимают его все по-своему, не только люди, далекие от науки и техники, но и сами специалисты. Мы определяем фотонику так: это совокупность технологий, базовым процессом в которых является передача информации или энергии пучком электромагнитного излучения, как правило лазерного. И одновременно это отрасль, которая производит оборудование для реализации этих технологий.

До недавнего времени в нашей среде разделяли понятия «фотоника» и «оптика». Потом некоторые специалисты стали включать в понятие фотоники и всю оптику (правда, есть и те, кто считает, что фотоника — это часть сильно развившейся оптики). Но нам кажется, что определение фотоники, которое я привел, как совокупности технологий, самое правильное.

Сегодня, по определению западных экспертов и Еврокомиссии, фотоника является одним из локомотивов инновационного развития экономики.

Мы используем лазерное излучение в самых разных применениях. Во-первых, когда что-то нужно дистанционно измерить, диагностировать, определить пространство, где находится объект. Во-вторых, когда нужно бесконтактно воздействовать на объект, то есть как-то изменить его форму, состояние, размер. А самое известное применение — это быстрая передача информации, оптоволоконная связь, обеспечивающая телекоммуникационные применения и интернет.



Благодаря оптоволокну широкое распространение получил скоростной интернет, создавший подобие нервной системы для всего человечества, где любая информация распространяется практически мгновенно

Фото: rostec.ru

Следующее направление, примыкающее к связи, — это информатика, то есть создание устройств, которые регистрируют, обрабатывают и выдают информацию. Мы накануне создания оптических вычислительных устройств, слово «компьютер», на мой взгляд, использовать в данном случае не очень правильно, специалисты уверены, что чисто фотонного компьютера никогда не будет. Будет сочетание электроники с фотоникой.

Следующее направление — обработка материалов. Сфокусированный лазерный пучок режет, сваривает, пробивает отверстия, наносит маркировки, меняет структуру поверхностного слоя металла, повышая его твердость и износостойкость — и все это с высокой скоростью и точностью. Более того, лазерные технологии позволяют реализовать то, что невозможно для традиционных технологий, например сваривать разнородные металлы, залечивать усталостные трещины, выращивать сложные объемные изделия из металлического порошка (аддитивные технологии). Сегодня каждый четвертый станок, выпускаемый, скажем, в Германии, — это лазерный станок. И сегодня без лазерных технологий обработки материалов, контроля, диагностики, просто невозможно точное машиностроение. А уж вся современная микроэлектроника с ее высокой плотностью

упаковки элементов интегральной микросхемы существует только потому, что есть лазерные технологии микрообработки материалов, в том числе полупроводников, керамики, покрытий. И есть лазерная литография, экстремальная ультрафиолетовая литография, которая обеспечивает массовое производство чипов с минимальным расстоянием между элементами в семь нанометров, а в ближайшем будущем будет и три-пять нанометров. Сегодняшняя микроэлектроника полностью зависит от фотоники.

Огромное направление — биофотоника: это диагностика состояния и контроль живых организмов и их органов, биологических сред и, соответственно, воздействие на них. И наконец, медицина, где сегодня фотоника творит чудеса. Уже нет ни одной области медицины, где не применялись бы с большой эффективностью технологии фотоники. Некоторые из таких применений стали уже просто рутинными, например лечение и контроль состояния глаз.

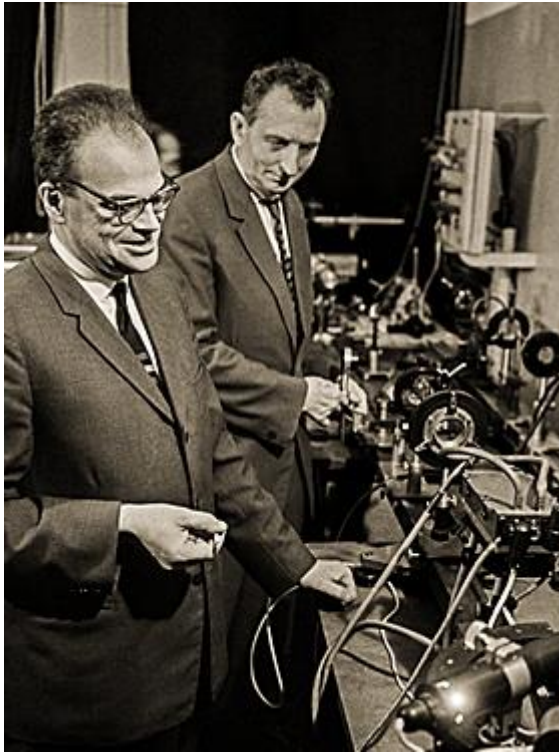
Сегодня армию без фотоники просто невозможно представить: это контроль расстояния, анализ поля боя, беспроводная связь, тепловидение, точное прицеливание, навигация летательных аппаратов с помощью лазерных гироскопов

— В НИИ «Полюс», на территории которого мы сейчас находимся, еще в начале 1970-х годов были созданы первые в Советском Союзе лазерная установка для лечения глаукомы и лазерный скальпель.

— Да, лазерные скальпели тогда начали у нас широко использовать. Сейчас, конечно, это уже другие приборы, более компактные, на других лазерах, но сама по себе идея лазерной хирургии оказалась исключительно плодотворной. Врачи активно используют сегодня лазерные эндоскопическую диагностику и хирургию в пульмонологии, урологии, флебологии, гинекологии, лазеры широко используются в косметологии и пластической хирургии фотодинамическая терапия оказалась весьма эффективной при лечении опухолей.

Лазерные методы лечения очень активно работают и в ветеринарии. Вот пример, о котором мне рассказывали животноводы. В молочном стаде, к сожалению, почти всегда находят несколько коров, которые больны маститом. Это воспаление сосков на коровьем вымени. При ручной дойке доярка сначала эти соски разминает, массирует, а потом уже начинает их сжимать и тянуть. А оператор автодойки накидывает свои насосы и начинает доение без всякой преамбулы, в результате частенько возникают трещины на конце соска. Трещина воспаляется — вот и мастит. Лечат его, естественно, антибиотиками, корова должна пить их ведрами дней десять. Во время лечения молоко необходимо сливать и выбрасывать, потому что оно с антибиотиками. Но часто не выбрасывают... И потому во многих молочных продуктах, включая детское питание, есть антибиотики. Так вот, оказывается, правильное облучение сосков лазером дает возможность убрать это воспаление за три дня. Сегодня в Германии наладили выпуск аппаратов для дойки, куда уже встроен лазерный диод, и перед тем как доить корову, сначала облучают ее соски в порядке профилактики, а только потом начинают дойку.

Можно привести очень много примеров использования фотоники — от считывания штрихкодов до автоматического контроля состояния ответственных сооружений типа мостов и газопроводов, от биостимуляции растений до квантовой криптографии, обеспечивающей абсолютно защищенную передачу информации. Сегодня без фотоники просто невозможно представить армию: это контроль расстояния, анализ поля боя, беспроводная связь, тепловидение, точное прицеливание, навигация летательных аппаратов с помощью лазерных гироскопов. Силовая фотоника очень перспективна для устранения того, что летает, — от дронов до спутников.



*В 1964 году за работы в квантовой физике, которые привели к созданию первых мазеров и лазеров, Нобелевскую премию получили советские физики Александр Прохоров (справа) и Николай Басов, а также их американский коллега Чарльз Таунс
Фото: rostec.ru*

То есть фотоника многообразна и нужна всем, а с другой стороны, это ее, так сказать, крест. Потому что никто не занимается тем, чтобы координировать работы в фотонике во всей их совокупности.

— Это у нас? Или во всем мире?

— В мире лучше, чем у нас. У нас нет вообще. Сейчас фотоника очень быстро развивается в мире — объем продаж продукции фотоники растет в среднем на восемь процентов в год. И это уже лет пятнадцать продолжается.

В 2020 году полный объем производства продукции фотоники в мире, по разным оценкам, составил от 600 до 750 миллиардов долларов. К 2028 году ожидают уже примерно 1,3 триллиона долларов.

К большому сожалению, у нас Росстат не ведет отдельный учет производства фотоники. Поэтому то, что мы знаем, мы знаем только по опросам членов нашей ассоциации, специалистов, организаций. В последние два года, по нашим оценкам, объем производства фотоники в России составлял примерно 180–200 миллиардов рублей в год.

Николай Геннадьевич Басов в конце семидесятых годов утверждал, что все известные в мире лазеры были либо придуманы, либо принципиально усовершенствованы в СССР. И он был прав

В мире сегодня безусловный лидер — Китай, у него 29 процентов мирового рынка фотоники. На втором месте Западная Европа — 16 процентов, на третьем Северная Америка — 15 процентов. И наши 200 миллиардов — это несколько десятых процента от мирового рынка.

— По объемам понятно, что мы не впереди. А как бы вы оценили в целом состояние фотоники как науки в России? В свое время мы, можно сказать, были ее зачинателями

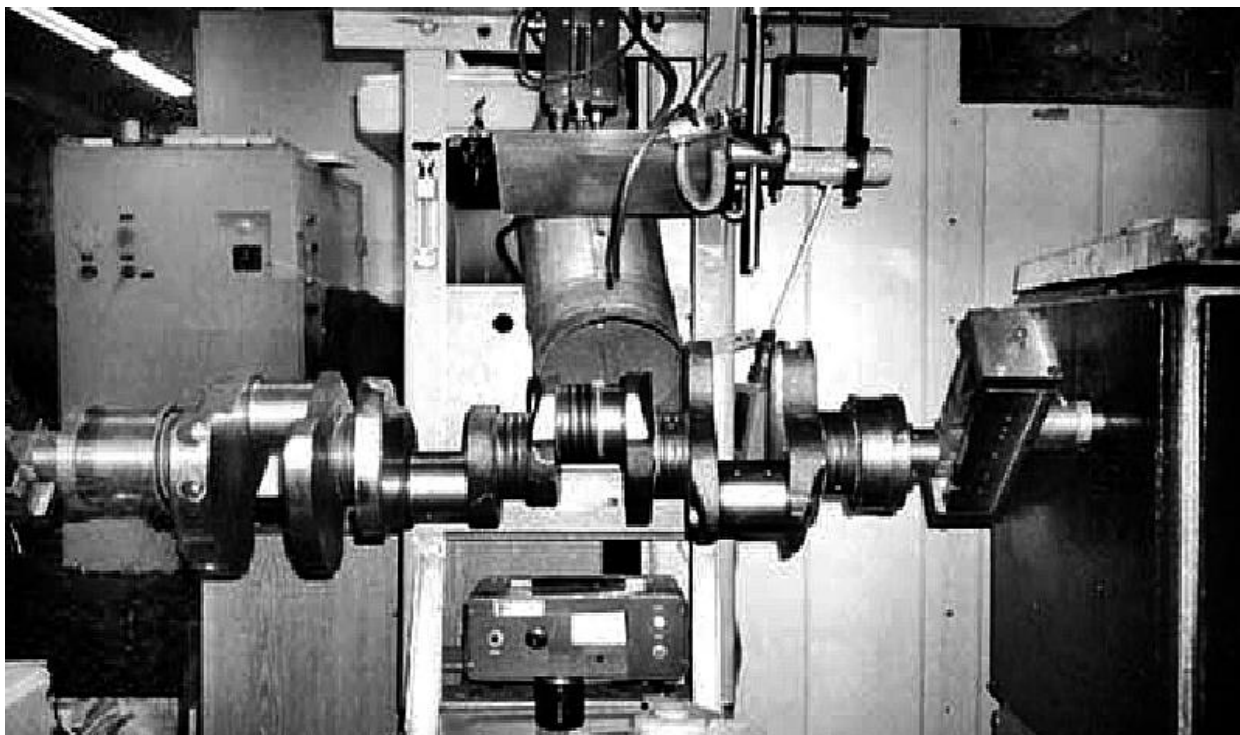
— Да, мы были пионерами. Николай Геннадьевич Басов в конце семидесятых годов утверждал, что все известные в мире лазеры были либо придуманы, либо принципиально усовершенствованы в СССР. И он был прав. Тогда возглавляемая им лаборатория, лаборатория квантовой радиофизики ФИАНа, была одним из безусловных лидеров в лазерной физике. И, кстати, «Полюс» ведь тоже был первым научно-исследовательским лазерным институтом в мире.

— Даже в мире?

— Да, это был первый научный исследовательский институт в мире, который работал в области лазеров и их применений. Страна тогда очень быстро реагировала на возможности и на запросы.

В шестидесятые и семидесятые годы в нашей стране было сделано очень много пионерских работ по лазерам, взаимодействию лазерного излучения с веществом, по нелинейной оптике, было выдвинуто множество идей в части возможностей практического использования

лазерного излучения. Все помнят о предложенной у нас схеме лазерного термоядерного синтеза и первых нейтронах, полученных в лазерной плазме; о лазерной локации Луны и первых хирургических операциях, сделанных лазерным пучком; об открытии самофокусировки и обращения волнового фронта; о наблюдении лазерного разделения изотопов и создании первых в мире технологических лазерных установок для электронной промышленности. Их разработали как раз в том институте, который сейчас называется НИИ «Полюс» имени М. Ф. Стельмаха. И, например, первое в мире применение лазерной технологии на серийном машиностроительном заводе состоялось в СССР. Это был 1969 год, на заводе АЗЛК, главный технолог завода Хина купил лазер «Кардамон», который выпускал фрязинский «Исток», и поставил технологию упрочнения коробки дифференциала в заднем мосте автомобиля. В результате срок службы этого блока повысился в четыре раза.



*Лазерный комплекс для упрочнения и восстановления коленчатых валов тракторных и автомобильных двигателей на Борском РТП Нижегородской области
Фото из открытых источников*

Первое в мире внедрение лазерной сварки в серийное машиностроение было на заводе «Красный пролетарий» в 1976 году. На станке 16К20 был ступенчатый блок шестерен. Их надо соосно соединить. На заводе их склеивали в печи. Выход годных был пять штук из ста. В результате совместной работы специалистов из НПО «Астрофизика» и ФИАН с технологами завода во главе с Виталием Дауге была разработана лазерная сварка этого блока. И у нас был стопроцентный выход. Не в лаборатории, а именно на заводе, на действующем производстве. Так что многое тогда делалось и хорошо, и впервые, и очень активно.

Надо отдать должное Николаю Геннадьевичу Басову, он был, что называется, государственный, у него первый вопрос был всегда, когда предлагали какой-то новый лазер, новую какую-то технологию: а как это пойдет в народном хозяйстве? Многие тогда посмеивались: мы-то наукой занимаемся, а он там все про это... То про оборону, то про народное хозяйство. Между прочим, одна из первых лабораторий оптоэлектроники тоже была у Басова, в ФИАНе. Он активно занимался вопросами лазерной информатики.

Сегодня у нас в Российской Федерации фотоникой занимаются примерно 850 организаций. Что значит «занимаются фотоникой»? Либо они производят, что называется, «железо» — оборудование для реализации технологий фотоники, комплектующие изделия и материалы для оборудования, специальную оптику и тому подобное. Либо они разрабатывают сами

технологии. Это типично для медицинских организаций. Третий вариант — готовят кадры для работ по фотонике. И конечно, четвертое — проводят научные исследования в части фотоники, взаимодействия лазерного излучения с веществом, публикуют статьи, берут патенты.

Конечно, наши малые предприятия не могут соперничать по объемам производства с крупными производственными центрами отрасли, но по разнообразию разработок, по скорости реакции на запросы рынка лидируют именно они

— **А какие ведущие научные центры фотоники в России вы бы назвали?**

— Очень трудный вопрос. В каждом секторе фотоники свои лидеры. Если говорить об академических институтах, то на протяжении многих лет ведущими многопрофильными центрами были и остаются ФИАН и ИОФАН в Москве, Физико-технический институт имени Иоффе в Петербурге, [Институт автоматизации и электротехники](#) и [Институт физики полупроводников](#) в Новосибирске, Институт прикладной физики в Нижнем Новгороде. Если говорить об отраслевых НИИ и НПО, то это, безусловно, НИИ «Полус», а также НПО «Орион», ВНИИОФИ, ТРИНИТИ, НПКСПП, ЦНИТИ «Техномаш», ГНЦ лазерной медицины в Москве, КИПО в Казани, ВНИИЭФ в Сарове. Очень сильные научные коллективы работают по тематике фотоники в Российском квантовом центре и НТО «ИРЭ-Полус». Среди университетов в качестве мощных научных центров фотоники нужно выделить МГУ, МФТИ, МИФИ, МГТУ, МИЭТ в Москве, ИТМО в Петербурге, Новосибирский госуниверситет, ТГУ и ТУСУР в Томске, Саратовский и Нижегородский университеты.

Сразу прошу извинить тех, кого не упомянул среди перечисленных примеров. Научные исследования в области фотоники ведут в России 90 академических институтов, 90 отраслевых НИИ и НПО, 140 университетов.

— **А как вы можете охарактеризовать продукцию отечественных лазерно-оптических и оптоэлектронных предприятий?**

— Разнообразное оборудование фотоники и его комплектующие, а также оптические и



*Лазерная хирургическая установка «Скальпель-1» в операционной
Фото из открытых источников*

полупроводниковые материалы, необходимые для изготовления такого оборудования, предлагают на внутреннем рынке около 200 отечественных организаций. Они изготавливают в общей сложности более четырех тысяч моделей такого оборудования. Обновление номенклатуры этой продукции идет очень активно, на 10–40 процентов ежегодно (в зависимости от типа изделий), при этом следует отметить, что большую роль в развитии рынка фотоники у нас играют малые предприятия. Что вполне естественно. Большие предприятия, многие из них сохранились еще с советских времен, всегда были заняты госзаказом, в том числе оборонзаказом, и работа на открытый рынок, хотя они работают на нем, и многие даже очень успешно, — это все-таки не их главная задача. А вот малые предприятия, которые создавались выходцами из этих же институтов, сегодня этот рынок и формируют.

Их у нас сейчас в стране примерно около 350. Они очень разные. Есть микропредприятия, буквально до десяти человек, есть уже под сто человек и по оборотам по 500–600 миллионов рублей в год. Есть и миллиардники. Некоторые предприятия у нас очень успешные. Я вам могу привести пример, скажем, Петербургского лазерного центра — лидера в области лазерной маркировки и гравировки. В общем, микрообработки. Прекрасная техника, широкий модельный ряд до недавнего времени, когда это еще не было, так сказать, затруднено, они поставляли свою аппаратуру во многие страны мира. Другой пример, это, скажем, наша фирма «Т8» (компания — национальный чемпион. — «Стимул»). Они занимаются системой уплотнения сигналов для волоконно-оптических линий связи. И тоже высочайший мировой уровень, и заказов у них много, и объемы большие. И разработки очень интересные. Московское малое предприятие «НЦВО-фотоника» и пермская «Инверсия-сенсор» делают волоконно-оптические датчики и системы дистанционного контроля различных технических параметров, тройская «Авеста» и новосибирский «Техноскан» выпускают уникальные установки с фемтосекундными лазерами, петербургская компания «Лазерные системы» (компания — национальный чемпион. — «Стимул») разработала наукоемкую аппаратуру для контроля воздушных потоков, установки для реализации аддитивных технологий, а еще так называемую алкорамку, которая по одному выдоху в ее сторону может сразу определить, можно ли допускать к работе водителя или оператора.

Нам нужен комплексный план развития фотоники, тот же самый технологический суверенитет без фотоники просто невозможен. Значит, нужна координация, причем координация надведомственная

Тульский «РИК», саратовская «Трима», московский «Лазмедтех» делают лазерную аппаратуру для медицины, зеленоградские «Булат» и «Лазеры и аппаратура» предлагают мирового класса лазерные технологические установки для приборостроения и электроники. И таких примеров очень много. Конечно, наши малые предприятия не могут соперничать по объемам производства с крупными производственными центрами отрасли — предприятиями Оптического холдинга «Швабе» госкорпорации «Ростех», НТО «ИРЭ-Полюс», Пермской научно-производственной приборостроительной корпорацией, но по разнообразию разработок, по скорости реакции на запросы рынка лидируют именно они.

— Какие бы вы обозначили основные проблемы российских компаний — и государственных, и негосударственных — в фотонике?

— Первая проблема — кадры, потому что кадры толком не готовили уже многие годы, и это очень остро почувствовалось, когда потребовалось работать в две смены, в три смены...

— Это рабочие кадры или инженерные? Или и те и другие?

— И те и другие. У нас долгие годы у многих руководителей была уверенность, что сейчас вот завод загибается, дадим ему денег, людей наберут, и все будет хорошо. А сейчас хоть миллион предлагай в день — некому. Нет людей нужной квалификации.

Хотя на сегодня мы насчитываем около 80 университетов, в которых есть образование по лазерной технике, по фотонике, по оплотехнике. Они выпускают — по данным, которые мы получили в Минобрнауки, для группы специальностей, к которым относится фотоника, — каждый год чуть больше пяти тысяч человек. У нас есть, как я уже сказал, 850 организаций, которым нужны эти выпускники. Но работодатели говорят: то, что дают им университеты, — это совершенно не то, что им надо. Как они говорят, недоспециалисты. Вот почему Путин заговорил о том, что надо отменять бакалавриат и снова выпускать специалистов. Когда бакалавры, которые получили какой-то набор базовых знаний и чуть-чуть что-то специальное, приходят в тот же «Полюс» работать, их надо два-три года доучивать.



*Крупнейшим в стране экспертом и системным интегратором в области фотоники является холдинг «Швабе» Госкорпорации Ростех
Фото: rostec.ru*

А с другой стороны, нужны не только инженеры — нужны и просто технические работники, нужны грамотные рабочие. Их вообще не готовят. И по идее надо восстановить систему «ПТУ — колледж — университет». И надо прежде всего изучить, где, сколько людей нужно. Сейчас для нас готовят специалистов в основном Москва, Питер, Новосибирск и Томск. А у нас предприятия в 61 регионе страны. К тому же процент выпускников, который реально работает по специальности, очень маленький. Это даже не 50 процентов. Люди откуда-то уезжают, приезжают учиться в Москву, в Питер, здесь они получают дипломы и обратно не едут. И работают зачастую совсем в других сферах.

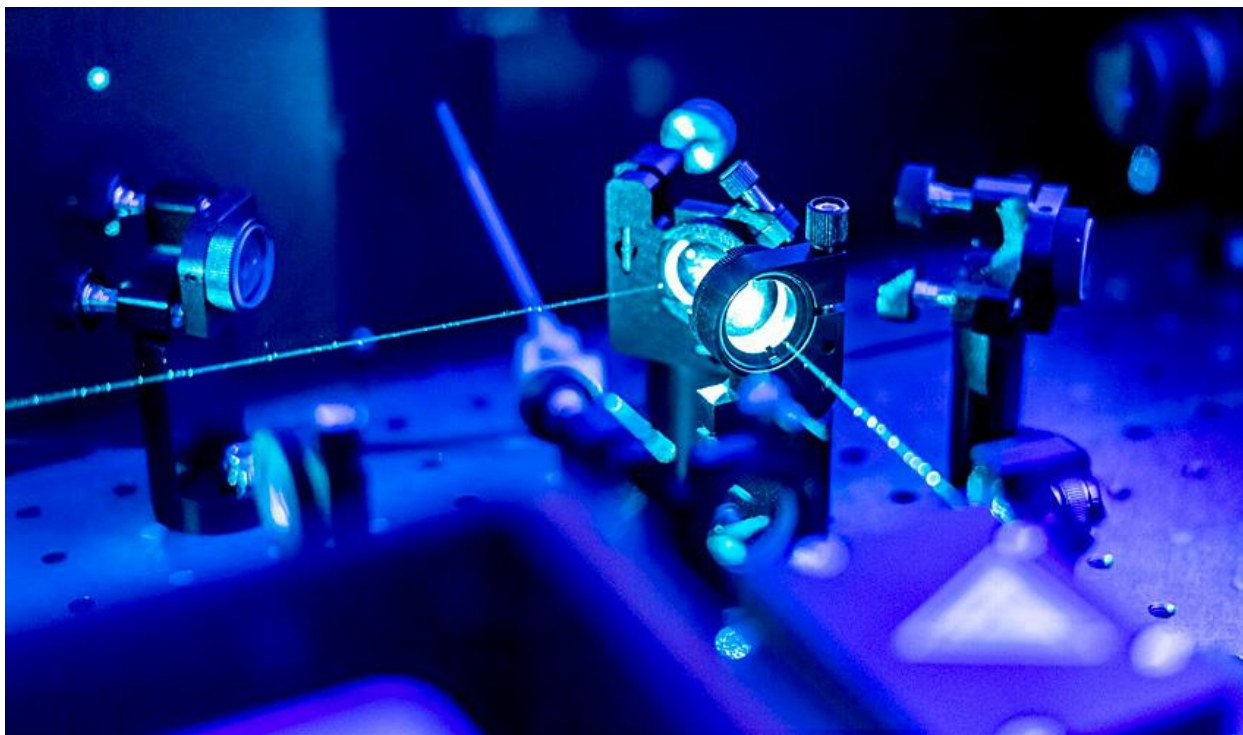
В Оптической долине Китая, в провинции Хубэй, когда возникает малое предприятие, оно приходит в ближайший технопарк, ему там дают инженерно оборудованную площадь. И до тех пор, пока у него объем продукции растет хотя бы на процент в год, оно вообще налоги имеет почти нулевые

Но еще более острая проблема в нашей отрасли — это координация и планирование. Вот у нас 850 организаций. В каждом министерстве, в каждой госкорпорации есть очень хорошие, сильные фирмы, работающие в фотонике. И в «Ростехе», и в «Роскосмосе», и в «Росатоме». Везде есть свои прекрасные разработки. И каждый независимо делает то, что ему кажется нужным для себя. И все упираются в то, что нужно всем, — в элементную и компонентную базу, в оборудование, которое необходимо для изготовления сверхчистых материалов, их обработки, нанесения покрытий и так далее. Построить в каждой отрасли, в каждой корпорации свое производство всей этой базы — это, я бы сказал, большой перебор. Но и объединить усилия пока не получается.

Я считаю, что нам нужен комплексный план развития фотоники, тот же самый технологический суверенитет без фотоники просто невозможен. Значит, нужна координация, причем координация надведомственная. Мы десять лет назад разработали дорожную карту развития фотоники, которую утвердило правительство. И мы там записали одним из первых пунктов запуск государственной целевой программы «Базовые

технологии и компоненты фотоники». Если бы тогда запустили, у нас бы не было сегодняшних проблем с импортозамещением. Но нам сказали: ищите деньги сами, — бюджетных денег не дали. И, естественно, программу не запустили.

Надо навести порядок в государственном управлении отраслью, поскольку у нее нет куратора, нет координатора, нет не то что министерства — нет департамента, даже отдела какого-нибудь, отвечающего за ее развитие в целом. Даже просто контроля и учета в отрасли не ведется. Росстат учет ведет по разделам типа «Изделия из жидких кристаллов, лазеры, кроме лазерных диодов, другие оптические приборы», «Станки лазерные, для обработки металлов, аналогичные станки другие и обрабатывающие центры». И все это в одну строчку. Как отсюда можно вытащить, сколько на самом деле сделано, продано, сколько их экспортировано, импортировано?



«Нужен комплексный план развития фотоники, тот же самый технологический суверенитет без фотоники просто невозможен. Значит, нужна координация, причем координация надведомственная»

Фото: rostec.ru

Как пример, сегодня возникла огромная проблема с запчастями для транспорта, потому что много импортных машин. Существует технология восстановления изношенных частей с помощью лазерной наплавки. У нас сегодня есть малые предприятия, которые, используя эту технологию, повышают срок службы деталей в несколько раз. Сразу. Наши эксперты прикинули, что, если бы сегодня эти технологии восстановления и упрочнения деталей только на автомобильном транспорте внедрили, страна бы сэкономила сто миллиардов рублей на ремонт.

Но я бы хотел остановиться еще на одной проблеме, и это существенная проблема для всего хайтека — высокие налоги. Конечно, сейчас есть льготы для участников различных организаций, локализованных в Сколково, в других технопарках, там свои скидки, свои налоги, но там далеко не все могут разместиться. Когда мы сравниваем с тем, что платят наши коллеги в той же Прибалтике, там гораздо меньше. Поэтому мы на рынке в трудном положении. Вот почему китайцы всегда обгоняют наши малые предприятия. У них, как мне рассказывали коллеги из Оптической долины Китая в провинции Хубэй, когда возникает малое предприятие, оно приходит в ближайший технопарк, ему там дают инженерно оборудованную площадь, и оно работает. И до тех пор, пока у него объем продукции растет хотя бы на процент в год, оно вообще налоги имеет почти нулевые. А прекратил расти —

тогда плати налоги в полном объеме. И второе: оно начинает получать льготные кредиты. Очень льготные. С нулевым процентом. И опять-таки, пока оно растет, оно сохраняет право на льготные кредиты. И в итоге их малые предприятия изо всех сил стараются расти, расширяться, за какие-то пять-шесть лет развиваются уже в международные фирмы.

Александр Механик

Источники:

[Потеря когерентности](#) – Стимул (stimul.online), Москва, 24 апреля 2023.