



ГАЗООБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

А.Васильев, ОАО "Линде Газ Рус", www.linde-gas.ru, Балашиха, Моск. обл.

Разрабатывая технологию металлообработки лазерным излучением высокой мощности, инженер сталкивается с вопросами выбора лазерного источника, его газообеспечения. Производители волоконных и диодных лазеров стремительно завоевывают рынки, на которых CO_2 -лазеры блистали в последние годы. Кивая на необходимость регулярной замены газа, производители "забывают" сказать, что CO_2 -лазеры доступны, у них самая низкая закупочная цена на ватт потребляемой мощности, они имеют развитую сеть сервисного обслуживания. Компания "Линде Газ Рус" производит более 40 стандартных наименований лазерных смесей и умеет передавать их в лазерные комплексы без потери чистоты.

Увеличение ресурса работы лазерных комплексов, их совершенствование, повышение надежности и эффективности, а также обеспечение безопасности работы обслуживающего персонала – эти вопросы актуальны для разработчиков и пользователей лазерного оборудования в любой индустрии. Грамотный выбор и правильное использование технических газов оказывают существенное влияние на все эти аспекты. Во-первых, любой лазер стоит огромных денег. Поэтому, естественно, приобретая лазер, его собственники хотят максимально защитить свои инвестиции, минимизировать эксплуатационные затраты и затраты на сервисное обслуживание. Во-вторых, любая компания, вложившая огромные инвестиции в оборудование, стремится снизить сроки его окупаемости. И, в-третьих, конечно, необходимо обеспечить безопасность персонала при работе с лазером. Поэтому, проведя множество совместных исследований с ведущими мировыми производителями лазерных машин, инженеры компании The Linde Group разработали программу Laserline.

Программа предоставляет пользователям лазеров ряд решений, позволяющих использовать дорогостоящее оборудование с максимальной эффективностью, – это резонаторные газы, рабочие газы для резки,

сварки и других применений, системы подачи резонаторных газов. Резонаторные газы высокой чистоты для генерации лазерного излучения включают в себя чистые газы, готовые газовые смеси, газовые смеси по спецификации заказчика. Перечень рабочих газов лазерной чистоты, которые применяют для разных видов обработки материалов, содержит кислород, азот, аргон, смеси для создания защитной атмосферы (сварка, термообработка, гравировка). Для обеспечения передачи чистых беспримесных газов без потери чистоты в лазерные комплексы программа предлагает системы подачи

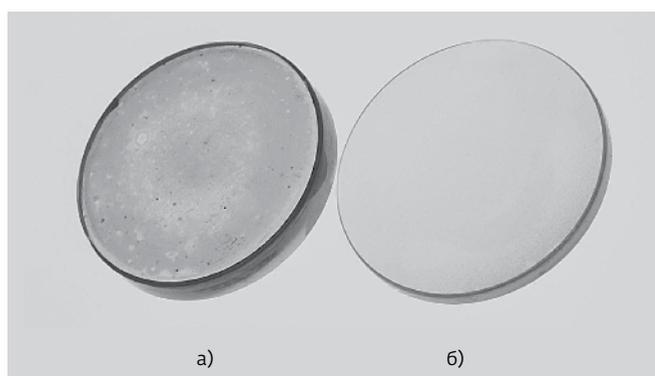


Рис.1. Выходное зеркало резонатора: а) – поврежденное зеркало; б) – зеркало в исправном состоянии



резонаторных газов – редукторы для чистых газов, настенные панели и рампы, трубопроводы и шланги.

РЕЗОНАТОРНЫЕ ГАЗЫ

Состав газов для лазеров

Для генерации лазерного луча в газоразрядных лазерах используются чистые газы или предварительно подготовленные смеси. Смесь газов, необходимых для работы CO₂-лазера, содержит 60–85% гелия, 13–55% азота и 1–9%

углекислого газа. Точный состав смеси зависит от типа лазера и его изготовителя (табл.1). Иногда для некоторых типов лазеров требуется добавить небольшое количество других газов, например кислорода, водорода или ксенона. Используемый для эксимерных лазеров газ содержит 0,05–0,3% галогена (фтора или хлористого водорода), 1–10% инертного газа (криптона, ксенона или аргона) и 90–99% буферного газа (гелия или неона).

Таблица 1. Характеристики резонаторных газов

Лазерный газ	Минимальная чистота	Содержание примесей
Laser He 4.6 (6.0)	≥99,996% (4.6)	H ₂ O ≤ 5 ppm* Углеводороды ≤ 1 ppm
Laser N ₂ 4.6 (5.0)	≥99,996% (4.6)	H ₂ O ≤ 5 ppm Углеводороды ≤ 1 ppm
Laser CO ₂ 4.5	≥99,995% (4.5)	H ₂ O ≤ 5 ppm Углеводороды ≤ 1 ppm
LASERMIX® He + N ₂ + CO ₂	≥ 99,996 % (4.6) Погрешн. смешения: ±2%	H ₂ O ≤ 5 ppm Углеводороды ≤ 1 ppm

Чистота газов для лазеров

Производители современного лазерного оборудования требуют использовать для него резонаторные газы сравнительно высокой чистоты. Примеси в смеси газов для лазера ухудшают работу CO₂-лазера. Со временем это может привести к снижению его выходной мощности, нарушению стабильности электрического разряда или увеличению расхода газов. Кроме того, примеси влияют на внутренние оптические элементы (рис.1). Влага,



Рис.2. Поврежденная оптика лазерного резонатора

конденсируясь на электродах резонатора, ведет к их выгоранию и, в конце концов, – к необходимости преждевременной замены. Углеводороды, попадая на оптические элементы, изменяют их отражающую способность. В результате доля лазерного излучения, поглощенная оптикой, увеличивается, что укорачивает ресурс ее работы. На рис.2 представлены фотографии оптики лазерной головки, на которую попала частица резины. Частица выступала в роли концентратора энергии и постепенно привела к микровзрыву. Поэтому понятно, что при выборе газов для резонатора необходимо рассматривать не только их общую чистоту, но также тип и количество примесей.

Однако, одна задача – создать чистый газ в баллоне, другая – передать его в резонатор без потери чистоты. Если в баллоне газ содержится в состоянии с определенным давлением, то в резонаторе газ имеет иное, пониженное, давление. Оборудование, которое применяется для понижения давления и стабилизации

потока лазерного газа, обладает своими особыми рабочими параметрами. От него требуют выполнения особых условий по числу ступеней снижения давления, материалу, герметичности, системе фильтрации и регулировке выходного потока.

Наиболее вредные примеси – это пары воды и углеводороды. Однако примеси могут попадать в газы не только из самих баллонов, но и натекают в них при использовании системы подачи газа, обладающей плохой конструкцией или просто плохо смонтированной. Поэтому ясно, что выбор подходящих компонентов системы подачи газа и ее квалифицированный монтаж очень важны для обеспечения надежной и максимально эффективной работы лазера.

Для подачи резонаторных газов рекомендуется обязательно использовать двухступенчатые редукторы или газовые панели для газов с чистотой 6.0, оборудованные системой продува для предотвращения натекания атмосферных газов в лазерный резонатор при замене баллонов (рис.3). Выполнение этих требований обеспечит стабильное давление на выходе. При изготовлении магистрали предпочтительны материалы из нержавеющей стали и меди, для коротких участков можно взять полиэтилен и тефлон. Диаметр труб определяют в зависимости от требуемого расхода газа, длины системы, числа соединителей, изгибов и т.д., вызывающих потери давления.

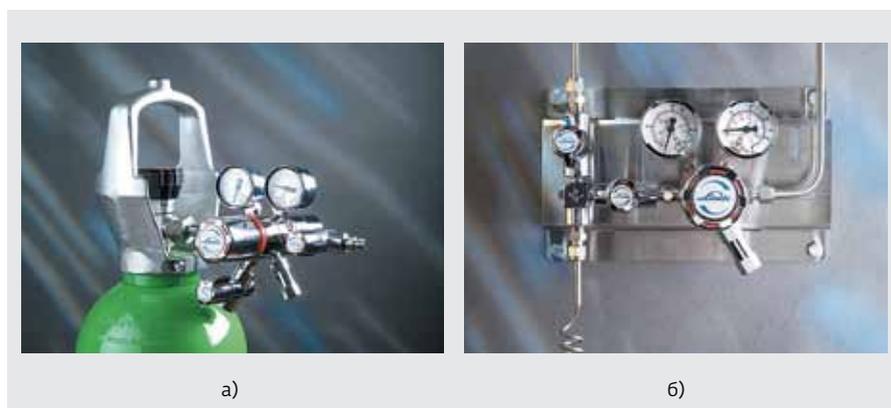


Рис.3. Оборудование для редуцирования резонаторных газов: а) – двухступенчатый редуктор; б) – газовая панель



Соединители для трубной разводки

Трубки из нержавеющей стали для создания трубной разводки должны соединяться с помощью круговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа. При этом необходимо, чтобы во время сварки трубка изнутри продувалась газом. Медные трубки должны соединяться пайкой. Во время пайки медная трубка тоже должна изнутри продуваться газом для предотвращения случаев образования в ней оксидов меди, которые также могут повредить оптику и электроды в резонаторе. Для соединения трубок из нержавеющей стали и трубок из меди рекомендовано использовать фитинги Swagelok. Подчеркнем, что крайне нежелательно применять стандартные резьбовые соединения с тефлоновыми уплотнениями.

Магистраль, изготовленные из других материалов, не позволяют сохранить требуемую чистоту газа, так как возможно возникновение вторичных реакций газов с материалом трубопровода, а также проникновение частиц через стенки

шлангов из атмосферы. На рис.4 представлено проникновение водяных паров в магистраль в зависимости от материала, из которого изготовлена системы подачи, и времени пропускания газа по магистрали.

Существуют два способа создания газовых смесей для генерации излучения в лазерных комплексах. Можно создать газовую смесь после подачи отдельных газовых компонентов, смешивая их затем внутри самого комплекса. Или предварительно приготовить лазерную смесь по спецификации производителя лазерного комплекса. Выбор, прежде всего, зависит от устройства лазерного станка. На сегодняшний день компания "Линде Газ Рус" имеет возможность производить более 40 стандартных наименований лазерных смесей, используя при этом самые чистые компоненты. При использовании готовых смесей видны очевидные преимущества: снижение минимум в три раза баллоного парка, снижение затрат на транспортировку баллонов, сокращение затрат и времени на операционные работы.

РАБОЧИЕ ГАЗЫ

Надо иметь в виду, что газы, широко применяемые в сфере промышленных лазерных технологий, необходимы не только для генерирования лазерного излучения. Они обеспечивают условия большинства рабочих процессов при лазерной обработке (резке, сварке, напылении и т.п.). Эти газы так и называются – "рабочими". В лазерных технологиях металлообработки выбор рабочих газов и их качество – важные факторы эффективной работы и срока службы оборудования. При этом значительная роль принадлежит не только фактору чистоты этих рабочих газов, но даже и качеству используемой газовой арматуры в системах подачи газов к технологическому оборудованию.

Для обеспечения максимальной эффективности рабочих процессов обработки материалов, таких как сварка, резка, наплавка, напыление, применяемые рабочие газы должны отвечать

Таблица 2. Характеристики рабочих газов

Газ	Чистота
Кислород	≥99,95 % (3,5)
Азот	≥99,996 % (4,6)
Аргон	≥99,998 % (4,8)

целому ряду требований по чистоте и наличию примесей (табл.2).

Рассмотрим влияние газов на процесс лазерной резки низкоуглеродистых низколегированных сталей. В данном процессе лазерный луч нагревает металл до температуры плавления. Кислород под давлением подается в зону плавления. Там он, реагируя с расплавленным металлом, создает мощные экзотермические реакции (горение железа). Реакции поддерживают процесс

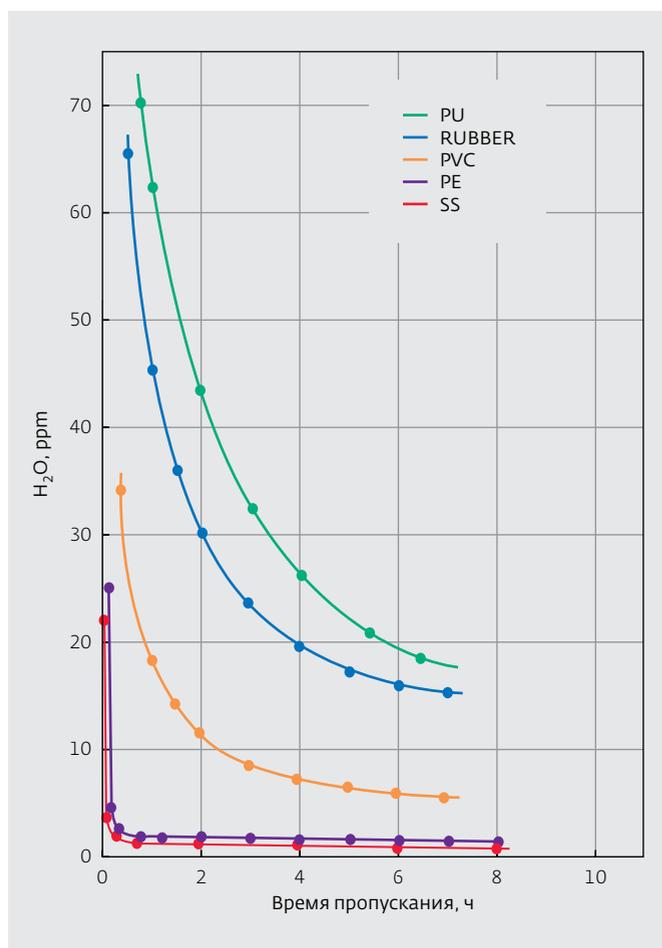


Рис.4. Проникновение влаги в магистраль в зависимости от материала изготовления системы подачи

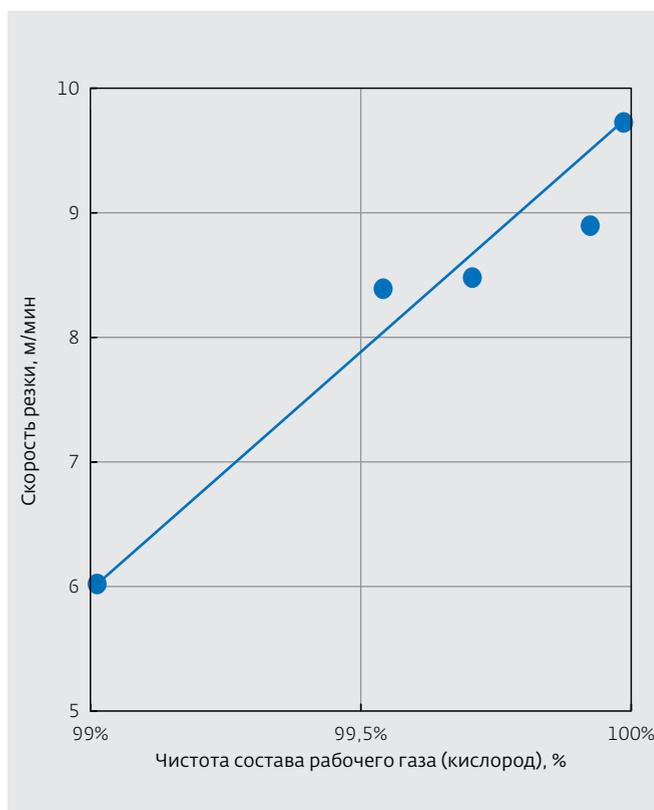


Рис.5. Влияние чистоты кислорода на скорость лазерной резки (материал – низкоуглеродистая сталь; толщина: 1 мм; режущий газ – кислород; мощность лазера 800 Вт; давление кислорода 3 бар; выходной диаметр сопла 1 мм; расстояние от сопла до изделия 0,3 мм; фокусное расстояние 64 мм)



резки, позволяя обрабатывать относительно толстые материалы.

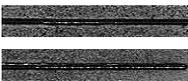
В целом, увеличение скорости лазерной резки носит ограниченный характер и до определенных пределов зависит от мощности лазерной установки. Благодаря экзотермической реакции кислорода с металлом увеличивается подвод энергии к зоне взаимодействия лазерного луча и заготовки. Это заметно повышает эффективность процесса. Чистота кислорода имеет здесь ключевое значение, обеспечивая дополнительные условия для повышения скорости реза, возможно исключительно за счет использования более чистого кислорода с чистотой не хуже 99,90% (обычно технический кислород имеет чистоту 99,5–99,7%).

На рис.5 представлена зависимость скорости лазерной резки низкоуглеродистой стали от чистоты применяемого кислорода. В эксперименте изменение скорости резки производили при одинаковой мощности лазера и получения одинакового качества реза. Из рисунка

5 видно, что применение кислорода чистотой 99,95% по сравнению с обычным составом (99,5%) ведет к увеличению скорости лазерной резки на 25%. Чистота применяемого кислорода оказывает сильное влияние не только на скорость, но и на качество реза (табл.3). Применение кислорода более высокой чистоты на той же скорости позволяет получить более чистый рез.

Кроме увеличения скорости и качества реза при использовании лазерных комплексов важно также и увеличение ресурса работы оптики лазерной головки. Поэтому во всех рабочих газах необходимо контролировать содержание примесей и ограничивать превышение ими допустимых пределов. В первую очередь надо следить за содержанием паров воды (влаги) и углеводородов. Это связано с тем, что в процессе работы рабочие газы могут непосредственно контактировать с оптикой лазерной головки, и вредные примеси, оседающие на ней, с течением времени приводят

Таблица 3. Внешний вид реза при различной чистоте режущего кислорода (сталь 1203, толщина 3 мм, P – 1 кВт)

Q ₂ -чистота, %	Качество резы	Скорость резы, м/мин
99,999 99,97		4,8
99,97 99,62		4,6
99,62 98,90		4,0

к появлению локальных концентраторов энергии. Под воздействием лазерного луча в этих локальных местах резко повышается температура, что в конце концов приводит к общему перегреву и даже разрушению линз. К примеру, в рабочих газах производства "Линде Газ Рус" суммарное содержание влаги и углеводов не превышает 25 ppm (0,0025%).

Отдельно заметим, что затраты как на лазерные, так и на рабочие газы при использовании лазеров справедливо оценивать не в абсолютных величинах на закупку газовой продукции, а в затратах на единицу производимой продукции (себестоимости изделий) с учетом всех затрат на эксплуатацию лазера. В этом отношении обсуждаемое выше повышение скорости реза за счет применения кислорода высокой чистоты является дважды эффективным для предприятия: пропорционально сокращаются и расход самого рабочего газа (кислорода), и общие расходы по эксплуатации лазера на метр реза (единицу изделия).

Анализ структуры затрат при лазерной резке обычной низкоуглеродистой стали (рис.6) показывает доли затрат. Видно, что затраты на лазерные и рабочие газы в общих затратах на процесс обработки материалов с использованием лазерных комплексов составляют не более 7%, а



Рис.6. Структура затрат при лазерной резке низкоуглеродистых низколегированных сталей

затраты на ремонтные работы и простой оборудования при использовании некачественной газовой продукции оказываются в десятки раз больше.

Известно, что расход кислорода при лазерной резке может достигать 3-4 м³/ч, в результате чего становится крайне неудобным использовать стандартные баллоны (емкость 6,36 м³) для лазерного комплекса. ОАО "Линде Газ Рус", имеющая в своем распоряжении импортные 50-литровые баллоны с возможностью наполнения под давлением 200 атм, предлагает их для широкого использования. Благодаря такой комплектации фактический объем кислорода в одном баллоне при рабочем наполнении 200 атм увеличивается на 60%. Заметьте, практически при тех же габаритах баллона.

Помимо одиночных баллонов, мы предлагаем пользователям моноблоки (конструктивный модуль из 12 баллонов) со стандартным выходным подсоединением G3/4, как на обычных баллонах (рис.7). Вместимость одного моноблока (12×50л×200 атм) составляет 126 м³ (!!!).

На практике для потребителя это означает значительное снижение транспортных



Рис.7. Газовый моноблок

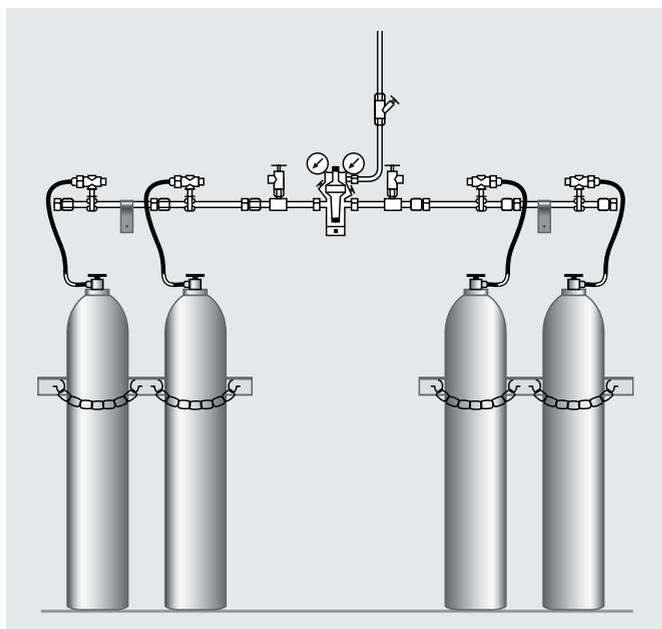


Рис.8. Принципиальная схема двухплечевой рампы на четыре баллона

расходов по доставке газов, возможность сокращения рабочего запаса баллонов для работы, расходов на закупку или аренду баллонов, уменьшение требуемой складской площади для хранения баллонов, сокращение временных потерь на переподключение баллонов и трудозатрат на такелажные работы и внутрискладские перемещения.

Учитывая, что при серийном производстве необходима постоянная загрузка лазерного станка, становится понятно, что его остановки с целью замены баллонов или моноблоков практически недопустимы. Для решения данного вопроса очень удобно подсоединять баллоны или моноблоки через газоразрядную рампу (рис.8). Конфигурация необходимой рампы подбирается с учетом типа газа, необходимого его потребления, требуемого давления и максимальной пропускной способности. Такие рампы имеют встроенный редуктор, их поставляют в разных вариантах: ручном, полуавтоматическом с сигнализацией, с автоматическим переключением.

Лазерная резка высоколегированных сталей, алюминия и некоторых других материалов (кроме титана) отличается от резки низкоуглеродистых сталей и строится по совершенно иному принципу. В данном случае в качестве рабочего газа используется азот, который выдувает расплавленный металл из зоны реза, поэтому он подается в оборудование под давлением более 30 атм. При этом расход азота может достигать 80–100 м³/ч. Использовать моноблоки, а тем более баллоны, при 100%-ной загрузке станка на резку материалов такого рода крайне неудобно. В этом случае гораздо эффективнее установить криогенное оборудование для хранения и газификации жидкого азота и систему дальнейшей его подачи в станок. Установки такого рода (рис.9) дают целый ряд преимуществ, а именно гарантируют чистоту газа, бесперебойность поставки, автономность системы, гибкость к увеличению объемов потребления и т.д.

Отдельно отметим, что лазеры мощностью более 4 кВт требуют обязательной защиты канала прохождения лазерного луча. Продувка канала должна осуществляться не только во время работы станка, но и во время его простоя для исключения вероятности попадания цеховых атмосферных газов в станок. Различные частицы, попадая в канал, вызывают рассеивание луча, а это приводит к изменению плотности мощности и, как следствие, к некачественному резу. Для продувки канала обычно применяется азот чистотой не ниже 99,99%. При этом расход азота может достигать 4 м³/ч. И в таком случае очевидны все преимущества постройки станции газификации, как варианта обеспечения подачи азота.

Компания ОАО "Линде Газ Рус" обладает огромным опытом в области газовых технологий, мощной технической поддержкой иностранных коллег, высококвалифицированным инженерным персоналом. Поэтому компания способна тщательно проработать условия применения конкретного лазерного оборудования, специфику его применения у заказчика и предложить комплекс оптимальных решений для любой задачи по газовому обеспечению лазерных комплексов.



Рис.9. Станция газификации

ФОТОНИКА 2012 – ИТОГИ И ВПЕЧАТЛЕНИЯ

Завершилось одно из важнейших мероприятий года для участников лазерного и оптического рынков – выставка "Фотоника-2012". Она проходила в рамках недели "Россия инновационная" и заслуженно оказалась одной из самых достойных площадок "Экспоцентра". Компания OPTICS-M участвовала в мероприятии впервые. Приятно было видеть, что выставка прекрасно организована и может по праву называться деловой и даже научной площадкой. Изобилие новинок промышленности и высококлассный контингент посетителей радовали не только российских, но и зарубежных участников. Вообще трафик на выставке очень хороший (особенно если учесть узконаправленность рынка). Специалисты нашей компании с гордостью отметили: "На месте сидеть не пришлось – поток посетителей стенда был "бесконечным". Даже последний день выставки не прошел зря".

Конечно, нельзя не отметить, что все же посетители привлекает имиджевая

составляющая. Имидж нашей компании разрабатывался в полном соответствии с ее миссией и целями с привлечением опытных специалистов в области маркетинга и дизайна. Результат оправдал наши усилия. По отзывам клиентов, стенд OPTICS-M оказался самым привлекательным, тут же хотелось узнать о компании подробнее. На нашем стенде было зарегистрировано около 200 потенциальных клиентов (это лишь те, кто консультировался у специалистов), многие из них положительно отзывались и о новом бренде OPTICS-M, и о выставке в целом. Что касается инноваций: OPTICS-M – компания, обладающая очень широким спектром услуг и производственными мощностями, при помощи которых реально воплотить любые индивидуальные заказы. Наши посетители проявили повышенный интерес к такой продукции, как: оптика из сапфира с высокими классами чистоты – до 0-40; асферическая оптика, изготовленная из стекла и кристаллов собственного производства; обтекатели и линзы для CO₂-лазеров с алмазоподобным покрытием. Это очень небольшая часть нашего ассортимента.

Кроме этого, на выставке мы продемонстрировали детали с покрытиями, изготовленными при помощи нашего нового оборудования: например, немецкая установка Leybold позволяет наносить покрытия во всем спектральном диапазоне, включая



алмазоподобные покрытия на материалы Si, Ge, ZnCe, ZnS. Также на нашем заводе уже запущены в эксплуатацию полностью автоматизированные оптические станки фирмы OptoTech (Германия), шлифовальный станок SM100CNC, прецизионный полировальный станок HPP100CNC и интерферометр OWI150, освоено изготовление точных сферических и асферических оптических деталей из стекла и кристаллов.

"Вчера" мы закупили новое оборудование, а уже сегодня, благодаря "Фотонике", о нем знают 200 потенциальных клиентов! Специалисты OPTICS-M с уверенностью заявляют, что в следующем году участвовать нужно обязательно. И мы непременно подготовим приятные сюрпризы для наших посетителей!

Е.Гилева, ООО "Оптикс-М"

