

Мощные лазеры: широкое поле деятельности

С докладом «Мощные лазеры на углекислом газе в промышленности и в лазерноплазменных нанотехнологиях» выступил заведующий лабораторией лазерных импульсов Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН д.ф.-м.н. А.М. Оришич. Он наглядно продемонстрировал, какую пользу могут принести человечеству лазерные установки для обработки металла и прочих материалов.

В Сибирском отделении РАН начало исследований в области создания мощных газовых лазеров связано с именем Г.Г. Долгова-Савельева. В середине 1960-х годов под его руководством в Институте ядерной физики работала лаборатория, которая занималась физикой лазеров, а ведущим научным руководителем этих исследований был академик Н.Г. Басов. Приоритет в разработке новых лазеров был отдан ИЯФу, поскольку в результате проведенных исследований здесь оказались сконцентрированы самые современные представления о лазере; только ИЯФ к тому времени овладел передовыми знаниями в области физических процессов газового разряда, плазмы и электронных пучков. Всё это широко использовалось при создании, в основном, газовых лазеров, хотя уже в то время начинал создаваться широкий спектр разнообразных лазеров: на красителях, химических и т.д. Это была яркая эпоха открытий, научных опытов с новыми газами; велась работа по получению и изучению эффекта лазерного излучения, делались попытки разработать новые принципы получения генерации.

Диапазон исследований был очень широк: изучались газовые электроразрядные лазеры, лазеры с химической накачкой, лазеры на красителях с оптической накачкой и т.п. В частности, в данной лаборатории проводились первые опыты по преионизации газа электронным пучком с целью повышения рабочего давления. Развитие данного направления привело к появлению нового класса газовых электро-ионизационных лазеров, работающих при давлении масштаба атмосферы. В ИЯФе в качестве заместителя директора работал в то время чл.-корр. АН СССР Р.И. Солоухин, по образованию физик-экспериментатор. Он много занимался изучением возможностей использования лазера в диагностике — именно ему принадлежит идея создания технологических разработок. В 1971 году он вместе с академиком Лаврентьевым получил Ленинскую премию за разработку теории точечного взрыва.

Когда Р.И. Солоухин стал директором Института теоретической и прикладной механики, то «взял» тематику с собой и начал использовать научную базу института в целях поиска наиболее полезного применения свойств лазера. ИТПМ был тогда единственным за Уралом научным центром в области газодинамики, который мог серьезно заниматься подобными исследованиями. Именно поэтому в Новосибирском Академгородке было начато дело, которое успешно развивается и по сей день. Таким образом, семидесятилетие вошло в историю развития лазера как время активных поисков, научных опытов и самых смелых предположений. Открытие этого явления послужило толчком к созданию огромного числа исследовательских подразделений во всем мире, хотя о технологических лазерах, их практической пользе и области применения говорить пока ещё было рано.

Анатолий Митрофанович Оришич, начавший свою деятельность ещё аспирантом во времена существования лаборатории в ИЯФ и ставший кандидатом физико-математических наук к моменту их перехода в ИТПМ, стал заведующим лабораторией импульсных лазеров института. Одной из задач этой лаборатории было создание стенда по моделированию космических процессов в лабораторных условиях. Это направление, которое возглавлял А.Г. Пономаренко, включало изучение импульсных лазеров. Основной целью было создание возможностей моделирования мощных возмущений в магнитосфере Земли с помощью лазерного излучения. Для решения этих задач непременно нужен был лазер, который в составе конструкции смоделировал бы маленькие точечные взрывы. Положительные результаты первых же разработок привели к тому, что на базе Института теоретической и прикладной механики были созданы мощные импульсные системы электроразрядного типа. Вскоре был изготовлен импульсный лазер мощностью в 1 кДж, что позволило начать моделирование процессов взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли.

За короткое время новосибирские ученые стали мировыми лидерами в области разработки мощных технологических лазеров. Значительную роль в этом сыграл А.И. Иванченко, занимавший к началу разработки лазерной установки должность старшего инженера. В результате теоретического ана-

лиза А.И. Иванченко пришел к выводу, что создание мощного газодинамического лазера на основе сверхзвукового истечения газа через сопло займет неопределенное количество времени и будет довольно затруднительным. Обладая несомненной научной интуицией и имея за плечами достаточный опыт работы, он начал искать альтернативные способы решения задачи создания мощного лазера. В целом на создание первой установки от разработки до внедрения в эксплуатацию у учёных ИТПМ ушло около пяти лет. Следующей же их целью стало решение задачи по эффективному выводу излучения, создаваемого специальным резонатором, генерирующим качественное излучение.

Исследования в области оптических резонаторов серьезно повлияли на всю работу над лазерами и привели к внедрению новой схемы резонатора, которая в этом типе лазеров раньше не применялась. Поначалу её эффективность в применении с данной схемой казалась неочевидной, более того, это считалось невозможным. Однако проведенные исследования привели к неожиданным результатам. Для того, чтобы резать металл, лазерный луч должен быть мощным и одновременно фокусироваться в маленькое пятнышко размером в 150—200 микрон, чтобы обеспечить высокое качество резки. Эти требования противоречивы, поэтому традиционные схемы не позволяли добиться фокусировки луча мощностью 5 кВт, например, в пятно размером 150 микрон. Новая схема дала возможность значительно повысить мощность излучения, сохранив при этом его способность фокусироваться в малое пятно. Сегодня мощность лазеров повышена до 8 кВт, при этом лазерный пучок остается высококачественным. По оценкам специалистов лаборатории, по этому же принципу могут быть созданы лазеры с мощностью, по крайней мере, вдвое большей, но высокого качество излучения при этом сохранится.

Таким образом, новосибирцы добились в своих исследованиях таких параметров лазерного пучка, которые позволяют считать эту разработку самой успешной из подобных в мире. Созданная лазерная установка имела компактные размеры не только вследствие организации мощного тлеющего поперечного разряда, но и благодаря оригинальному резонатору, который позволяет максимально приблизиться по качеству излучения к традиционному устойчивому резонатору. В итоге было сконструировано компактное устройство нового типа с хорошим качеством излучения, разработаны основные инженерно-физические принципы создания подобных лазеров. Позднее, в середине 90-х годов, встал вопрос о том, насколько мощную лазерную установку необходимо создавать, в первую очередь, для применения на промышленных предприятиях с последующим выпуском малой серии. После обсуждения всех факторов было принято решение об изготовлении установки мощностью в 5 кВт. И хотя появившаяся вскоре «Сибирь» может обеспечить мощность до 10 кВт, её рабочим параметром все же принято считать 5 кВт. Это объясняется одним правилом — оставлять запас, так как лазер предназначен для промышленного использования.

Сегодня коллектив Института теоретической и прикладной механики — признанный лидер в области создания мощных лазеров. Не считая некоторых лет, когда финансирование института сократилось до минимума, эта тематика велась постоянно. Второй период, начавшийся после 1998 года, привёл к возобновлению исследовательских работ, руководство которыми принял на себя А.М. Оришич. Количество сотрудников увеличилось примерно в пять раз, изменилась и роль института: если раньше ИТПМ был научной базой для промышленного выпуска, то теперь он взял на себя все функции, которые ранее распределялись между наукой и производством. Невысокая квалификация инженеров и отсутствие опыта на заводах и отраслевых институтах послужили толчком к тому, что молодое поколение лазерщиков, работающих в академических институтах, взяло на себя работы по разработке КД, изготовлению опытных образцов лазерной техники, подготовке специалистов и внедрению лазерного оборудования и лазерных технологий в промышленное производство. Большую поддержку научному коллективу в тот период оказал директор ИТПМ В.М. Фомина; было принято решение о переходе к программе создания лазерной техники для конечного потребите-

ля — заводов и других предприятий.

Поскольку лазерная установка имеет очень высокую стоимость (один лазерный комплекс стоит примерно 400 тысяч долларов), чтобы заниматься развитием этого направления с научной точки зрения, надо обеспечить стабильное поступление больших денежных сумм. Около 10% от этой суммы уходит на научные исследования. Благодаря наличию Опытного завода, а также других факторов, в ИТПМ удалось создать и поддерживать в стабильном состоянии структуру, которую можно было бы назвать научно-производственной. Принципы её построения и работы заинтересовали даже российское правительство, а руководитель лаборатории А.М. Оришич делал доклад об опыте финансирования промышленного производства лазерных комплексов в Государственной Думе. Структура, разработанная тогда в институте под руководством В.М. Фомина, могла бы послужить примером для многих научных заведений, которые при всем имеющемся исследовательском потенциале испытывали в те годы острую нехватку денег.

Итак, для чего же всё-таки нужны мощные лазеры, в каких сферах находят они применение? Прежде всего, лазеры нужны для «раскройки» первичных материалов — металла, стали, древесины, пластика, практически любых, которые существуют на Земле (легче сказать, что они раскроить не могут — например, алмаз). Раньше в этих целях использовалась механическая обработка, а на сегодняшний день пальма первенства принадлежит лазерной технике. Мощность данных лазеров варьируется от сотых долей ватта до десятков киловатт. Лазерная резка достаточно широко используется, кардинальным образом меняя структуру предприятия: в результате её использования на заводе резко сокращается или вообще исчезает так называемый заготовительный участок. То есть лазерный цех фактически заменяет собой заготовительное производство, а иногда и существование часть механического производства — сразу получается готовая деталь, которую не нужно потом обрабатывать.

Основываясь на громадном опыте ИТПМ в области формирования сверхзвуковых потоков, в последние годы разработана новая технология кислородно-лазерной резки металлов большой толщины (20–70 мм) с высоким качеством поверхности. Кроме резки, лазерное излучение используется для сварки. Это новое слово в науке — лазерной сваркой занимаются учёные во всем мире, в том числе и в Институте теоретической и прикладной механики. Дело в том, что прочность сварного соединения, полученного традиционным методом, ниже прочности основного металла. Этой прочностью достаточно для сварки многих изделий (например, судов, автомобилей и т.п.). Однако именно поэтому в самолетостроении до сих пор применяется метод клепки — прочности соединения обычными методами сварки для авиационной техники не хватает. Как известно, для пассажирских самолетов основным материалом остается алюминий, а для военной авиации — титан. И если во втором случае сварка более или менее активно внедряется, то в пассажирской авиации сварка именно корпуса не применяется. Сегодня ИТПМ активно занимается разработкой новых методов лазерной сварки, которые можно было бы использовать при сваривании деталей самолетов.

Разработана технология, позволяющая получить прочность сварных деталей, которая практически не уступает прочности основного материала. Идея новосибирских учёных основана на том, что при использовании специфических свойств сварки в режиме лазерного излучения туда добавляются нанопорошки, что позволяет управлять процессом кристаллизации металлов в одном шве, получая хорошую структуру. Такие нанопорошки надо специально готовить — их поверхность подвергается активации, в результате чего прочность соединений становится достаточной. Существует, правда, ещё одна проблема, связанная не просто с прочностью, а с усталостной прочностью в результате многократного воздействия. Полученные результаты показывают, что сварка с использованием нанопорошков дает возможность в два-три раза улучшить в том числе и усталостную прочность. И хотя усталостная прочность, равная прочности основного материала, пока ещё не достигнута, прогресс в этой сфере наблюдается, и весьма существенный. По-



АЛТК для сварки. Мощность лазера — 1,5 кВт.

этому, по мнению специалистов, есть все основания надеяться, что в ближайшие пять-семь лет задача будет решена, и сварка позволит улучшить автоматизацию при создании авиационной техники. Идет активное обсуждение с авиационными предприятиями, т.е. уже выпуск начнется.

Ещё одно направление, в котором активно используется лазерное излучение — это упрочнение поверхности. С одной стороны, люди придумывают новые, всё более прочные материалы, но на фоне этого возникает другая проблема — необходимо находить все более прочные инструменты, которые обрабатывали бы эти материалы. И лазерное излучение играет здесь важную роль, потому что обычные методы упрочнения не всегда позволяют добиться нужного результата. Твёрдость всегда сопровождается хрупкостью (эти физические свойства неразрывно связаны) — твёрдую деталь можно сломать, а мягкая — не ломается. Решением этой проблемы может стать упрочнение, создание твердой и тонкой корочки на поверхности, при том, что подложка внутри останется мягкой. Лазеры обрабатывают поверхность, не затрагивая внутреннюю часть. Классический пример — самозатачивающийся инструмент, скажем, нож. Он выполняется именно таким образом: тонкая поверхностная пленка представляет собой очень твердый закаленный слой, а остальная часть ножа — мягкая. Здесь открывается широкое поле деятельности. В частности, Институтом теоретической и прикладной механики разработана технология, позволяющая использовать мощные лазеры в машиностроении, в обработке режущих деталей для сельскохозяйственной техники, в результате чего срок их службы возрастает в два-три раза. Планируется наладить производство для сельского хозяйства области; большой интерес проявил Алтайский край.

Несмотря на достигнутые успехи, актуальной задачей остается создание лазера с самым высоким качеством пучка. Конечная цель деятельности — не только продвижение российской науки, но и возможность получения доходов. Если рассматривать перспективы достижения этих целей в России, то наиболее целесообразным представляется создавать и продавать уникальную технологию — ведь бюджетного финансирования недостаточно, чтобы обеспечить достойный уровень развития науки, особенно когда надо создавать мощные установки. А для этого необходимо ставить цель — разработку приборов и машин, опережающих по мощности все, созданные ранее. Лазерная отрасль — очень перспективные вложения. И несмотря на то, что российская промышленность порой «запаздывает», наука движется вперед. ИТПМ делает лазеры с помощью Опытного завода, а также на базе самого института.

На ярмарке, проходившей в Ганновере в апреле 2005 года и считающейся крупнейшим в мире форумом современных технологий, появление действующей сибирской лазерной установки из России стало настоящим фурором. Институт теоретической и прикладной механики Сибирского отделения Российской академии наук продемонстрировал всему миру, что в области развития лазерных технологий и оборудования российские ученые все ещё опережают исследователей во всем мире, занимаясь разработкой мощных технологических лазерных установок, которые не имеют мировых аналогов и находятся вне конкуренции. Автоматизированные лазерные комплексы, разрабатываемые в ИТПМ совместно с Опытным заводом СО РАН, являются единственными в мире, которые могут резать сталь толщиной до 70 мм.

Ю. Александрова, «НБС»