

А. Э. НУДЕЛЬМАН

Первые в СССР лазерные технологические и медицинские установки

Квантовый генератор-усилитель вынужденного излучения в диапазоне сверхвысоких частот (мазер) был создан впервые в 1955 г., независимо друг от друга Н. Г. Басовым, А. М. Прохоровым (СССР) и Ч. Таунсом (США). В 1960 г. заработал первый лазер — квантовый генератор видимого диапазона излучения, в котором в качестве рабочего вещества использовался рубин. Он обеспечивал импульсное излучение с длиной волны 694,3 нм. Для возбуждения (или «накачки») применялась специальная лампа. За эти работы Н. Г. Басов, А. М. Прохоров и Ч. Таунс были удостоены Нобелевской премии (1964 г.).

Строгая монохроматичность, большая мощность и когерентность излучения в узком пучке обусловили целесообразность применения нового технического устройства в самых различных областях практики. Но для этого необходимо было создать на базе научных разработок достаточно эффективные и надежные инженерные конструкции, пригодные для технологического применения. Первые в СССР научные разработки рубиновых лазеров проводились в Физическом институте АН СССР (ФИАН) в 1960-1961 гг. Немного позже к исследованию в этой области приступил Государственный оптический институт (ГОИ), затем — Институт кристаллографии АН СССР (ИКАН) в Москве. И уже с 1962 г. результаты фундаментальных научных исследований советских ученых были положены в основу прикладных научных и опытно-конструкторских работ, проводившихся КБточмаш—ОКБ-16 Министерства оборонной промышленности СССР. Мне довелось руководить ОКБ-16 с 1943 г. до 1987 г. Работа, положившая начало практическому применению в нашей стране лазерных установок в технологических целях, до сих пор вспоминается как время огромного творческого подъема всех сотрудников бюро.

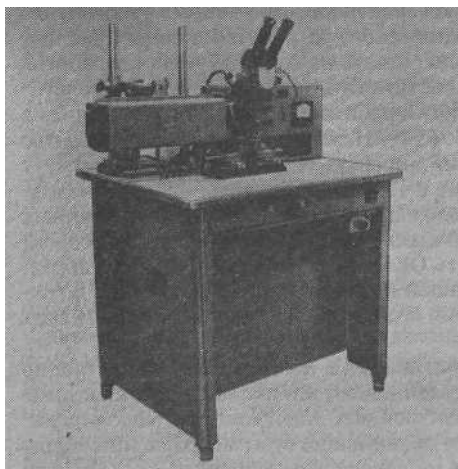
Уже к концу 50-х гг. стало ясно, что основная тематика ОКБ должна быть существенно развита: начиналась эпоха расцвета электроники. В связи с этим в ОКБ были организованы новые лаборатории по оптике, электронике, микроэлектронике, электронному моделированию. Главная ставка — опора на молодежь. Только что окончившие вузы молодые инженеры были увлечены новыми идеями. Особенно привлекала их задача практического применения лазеров. По нашей инициативе перед коллективом была поставлена задача создать первые в СССР лазерные установки, пригодные для широкого практического применения. Уже в 1962 г.

были разработаны лабораторные образцы лазеров на рубине. В 1962-1973 гг. в СССР конструкции приборов с применением ОКГ кроме нашего КБ никто не доводил до серийного производства. На базе первых научных разработок ФИАН большой объем научно-исследовательских работ в короткие сроки провели коллективы ГОИ, ИКАН, НИИПФ. Большое значение имели тесные научные связи с академиками Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым. Все это и стало теоретической и научно-технической основой наших успехов. Высокая активность ОКБ-16 в создании лазерной техники связана с именем Д. Ф. Устинова. В 1962 г. Устинов пострелил ГОИ, где его ознакомили с исследованиями различных схем ОКГ. Ученые продемонстрировали работу лабораторного лазера на рубине сравнительно небольшой энергии: пробит световым лучом медный пятак. Устинов попросил установить вместо монеты стальную линейку. Пробиты и сталь. По тем временам это было впечатляющее достижение. Вернувшись в Москву, Дмитрий Федорович вызвал меня и рассказал о работах ГОИ. Он поверил в будущее лазеров в промышленности, в оборонной технике. Узнав о работах КБ, он поддержал их и поставил задачу: форсированно конструировать технологические лазеры, одновременно привлекая заводы для подготовки серийного производства. Это заставило нас изменить планы и ускорить темпы. Подразделениям, разрабатывавшим оптику и аппаратуру ОКГ и технологии, на 1963 г. было задано: разработать технологическую (сварочную) установку, продолжить изучение свариваемости новых пар различных металлов и материалов, которые обычно не сваривались. Создать медицинскую аппаратуру для лечения глазных болезней (например, для «приварки» отслоившейся сетчатки), для чего совместно с Институтом глазных болезней им. Филатова изучить взаимодействие лазерного луча и ткани глаз животных (кроликов). Проверить, при какой энергии возможны космическая (дальняя) связь, проведение светолокации Луны. Последняя задача была особенно сложной: если для решения многих технологических задач достаточно было энергии до 1 дж., то для светолокации Луны необходим был лазер с энергией 60-80 дж. Разработки эти должны были быть осуществлены в один-два года. Такая программа требовала форсировать работу по многим техническим направлениям одновременно. И это было сделано: в некоторых подразделениях работы велись круглосуточно (буквально — «стиль военного времени»).

Мы знали, что специальные КБ, Институты других ведомств (например, МЭП) не торопились с освоением ОКГ, ожидая, когда будут разработаны новые электрорадиоэлементы (кристаллы, конденсаторы, лампы и т. п.). Поэтому одной из главных задач нашего КБ было стимулирование разработок элементов для скорейшего применения их в промышленных образцах ОКГ. Мы понимали, что, находясь впереди всех по созданию первых в СССР лазерных промышленных приборов, мы непосредственно отвечаем за преодоление отставания СССР в этой области от заграницы на 5-6 лет. Так нацеливать усилия коллектива на создание лазеров нам позволяли успехи по основной тематике ОКБ-16.

1962 год был посвящен изучению построенных в ФИАНе и в ГОИ лабораторных лазеров, их теоретических основ. Необходимые возможности оба института нам предоставили. В свою очередь с ходом наших работ мы знакомили руководство ФИАНа и ГОИ.

В том же 1962 году была создана новая конструкция лазера на рубине до 1 дж. Это обеспечило развертывание работ по созданию технологической и медицинской аппаратуры. Уже



*Установка СУ-1
(лазерная сварочная установка)*

в 1963 г. удалось провести экспериментальное изучение воздействия лазеров на различные материалы, разработать опытный образец сварочной установки СУ-1 и подготовить документацию для ее серийного производства. В следующем году на Ковровском механическом заводе было организовано серийное производство первой в СССР лазерной сварочной установки. Первая партия (30 установок) СУ-1 была установлена в цехе одного из зеленградских предприятий Министерства электронной промышленности. Применение технологических лазеров в производстве резисторов резко повысило производительность труда и качество продукции. Нужда в таких установках была велика. В последующие 3 года Ковровский завод изготовил более 250 установок СУ-1 для более чем 70 организаций страны. Установки применялись для прошивки микроотверстий, приварки контактов к полупроводникам, пленочным элементам и для других задач. СУ-1 стали широко применяться в приборостроении.

Установка СУ-1 состояла из генератора, блока питания, стола с конденсаторами, стереоскопического микроскопа с предохранительным устройством и столика (точность перемещения 0,005 мм) для крепления свариваемых элементов. Основным узлом являлся оптический квантовый генератор на кристалле рубина.

Сварка выполнялась лучом оптического квантового генератора с затяжкой импульса излучения до 5 мс на длине волны, равной 6934 Å.

Установка работала в импульсном режиме (четыре импульса в минуту) при непрерывном воздушном охлаждении.

Для наблюдения за наведением луча на место сварки и визуального контроля качества сварки использовался стереоскопический микроскоп МБС-2.

На установке, кроме обычных пар, могли свариваться: золото—кремний; золото—германий; золото—инвар; никель—алюминий; тантал—медь. Толщина привариваемой проволоки до 0,1 мм.

В 1964 г. СУ-1 экспонировалась на Лейпцигской ярмарке, где была единственным действующим образцом среди представленных другими странами.

К середине 70-х гг. в СССР появились аналогичные технологические установки, разработанные другими организациями. Группе разработчиков лазерных установок в 1979 г. присуждена Государственная премия СССР. Из коллектива авторов первой в стране СУ-1 в эту группу был включен А. И. Артемьев.

По заданию медиков в ОКБ-16 разработали лазерный прибор для лечения глазных болезней. На основе офтальмоскопа был создан офтальмоскоп-коагулятор (экспериментальный), с помощью которого в 1963 г. исследовалось воздействие лазерного излучения на ткани глаз животных (кроликов). В 1968-79 гг. были проведены более глубокие исследования на обезьянах во Всесоюзном НИИ экспериментальной медицины (г. Сухуми) с участием Ю. Л. Тверского.

Исследования подтвердили возможность применения рубинового лазера для коагулирования тканей внутри глаза: были определены оптимальные дозировки света. Работа велась совместно с НИИ им. Филатова (г. Одесса) при участии Ю. Л. Тверского, Л. А. Линника, Н. А. Пучковской.

В июне 1964 г. в НИИ им. Филатова была проведена первая в СССР операция на человеке: «приварка» сетчатки глаза лазером (на рубине). При этом использовался тот же экспериментальный офтальмоскоп-коагулятор. Оперировал доктор Л. А. Линник при участии Ю. Л. Тверского и В. Л. Резникова.

В 1964-1965 гг. нами был создан первый в стране специальный клинический прибор — лазерный фотокоагулятор ОК-1. Была разработана документация для серийного производства ОК-1, проведены испытания на опытном образце и Решением Комитета Минздрава СССР по новой технике прибор запущен в серийное производство в 1965 г.

За исследования, положенные в основу разработки ОК-1, была присуждена премия им. С. И. Вавилова ведущим участникам разработки Ю. Л. Тверскому и В. И. Рыбальскому. Серийное производство обеспечил Загорский оптико-механический завод (ЗОМЗ). В 1967-1968 гг. ОК-1 был широко освоен в клинической практике (НИИ им. Филатова, НИИ им. Гельмгольца, Клиника Военно-Медицинской Академии и т.д.).

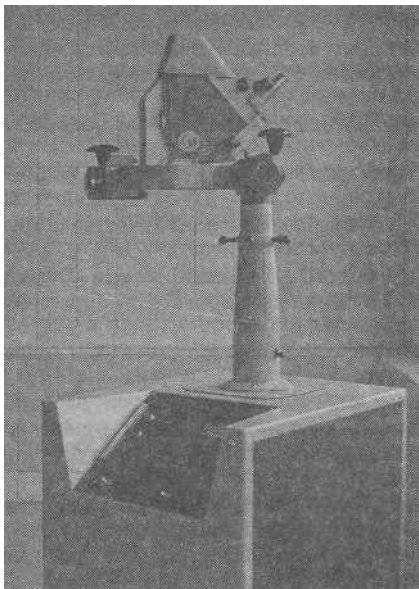
Более мощная установка ОК-2 была разработана и освоена в серийном производстве вместо ОК-1 в 1973 г. Более 200 приборов ОК-2 успешно эксплуатировались в 60 клиниках страны в течение нескольких лет.

Более надежная конструкция ОК-2 обеспечивала прохождение лазерных пучков с плотностью энергии в 10 раз больше, чем в ОК-1. В 4 раза повышена точность наведения лазерного луча, значительно увеличен ресурс прибора.

Когда в 1962 г. в КБ приступили к завершению основного плана работ, мы решили поставить перед коллективом новую задачу, увлечь специалистов и стимулировать выполнение в короткое время большо-



Офтальмоскоп-коагулятор



Лазерный фотокоагулятор

го объема разносторонних разработок. Такой задачей была первая в СССР лазерная светолокация Луны. Новаторская конструкторская и расчетно-исследовательская работа была успешно выполнена коллективом за три месяца. Для проведения лазерной светолокации Луны требовалось создать мощную лазерную установку (до 80 дж) на рубине, состоящую из задающего и ряда усилительных каскадов; нужно было обеспечить оптическое фокусирование излучения и наведение луча в заданную точку Луны, создать систему приема и регистрации отраженного от поверхности Луны сигнала. Комплексная научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа (проектирование и изготовление системы задающего и усилительных каскадов, идейное, материальное и организационное обеспечение эксперимента) была предложена и проведена нашим ОКБ. В НИИ-ОКР приняли участие коллективы НИИ прикладной физики МОП, разрабатывавшего систему приема и регистрации прямого и отраженного от Луны сигнала, обсерватории на Южной станции Астрономического института им. Штернберга МГУ, предоставившего и обслуживавшего телескоп 1,25 м и систему его наведения. Телескоп был использован в качестве фокусирующей системы. Это позволило создать достаточно узкий луч и точно навести его на заданную точку поверхности Луны (в пределах кратера Прокл). В каждом сеансе проводилась серия импульсов. Это дало возможность вести статистическую обработку результатов измерения времени прохождения излученным сигналом двойного расстояния от Земли до Луны, что существенно повысило достоверность результатов.

Эксперимент проводился ночами в период с 8 по 13 сентября 1963 г. В результате впервые в СССР была подтверждена возможность лазерного дальнометрирования на космических расстояниях. Цитируем:

«В период с 8 по 13 сентября 1963 г. на Южной станции Государственного Астрономического Института им. Штернберга с использованием 1,25-м телескопа был произведен эксперимент по светолокации Луны с применением оптического квантового генератора на рубине. Аппаратура для проведения эксперимента разработана и изготовлена Конструкторским бюро и научно-исследовательскими институтами Промышленности. Эксперимент подготовлен и проведен сотрудниками этих организаций и Государственного Астрономического института им. Штернберга. В результате эксперимента приняты отраженные от Луны световые сигналы по величине близкие к расчетным. Подробности эксперимента будут опубликованы».*

Участие в эксперименте «Лазерная светолокация Луны» способствовало повышению квалификации сотрудников ОКБ, практически отработавших лазер с энергией до 70–80 дж (на рубине). Совместно с НИИПФ создана система направленного на Луну и приема на Земле отраженного от Луны сигнала. Большой объем работ по решению сложной задачи светолокации Луны был выполнен за три месяца 1963 года, в удивительно короткое время.

Одновременно в эти же ночи с 8 по 13 сентября 1963 г. с помощью 2,6 м телескопа Крымской Астрофизической обсерватории проводил светолокацию Луны посредством ОКГ коллектив ФИАН СССР. Результаты были опубликованы в 1964 г.

Инициативные работы по созданию технологической и медицинской аппаратуры сократили период освоения в СССР промышленных лазеров на 6–7 лет.

* * *

Хроника событий

1960-1961 гг.

В СССР созданы первые лазеры (на рубине). ФИАН, ГОИ.

* Из астрономического Циркуляра Бюро Астрономических сообщений АН СССР № 264 от 18 октября 1963 г.

1962 г.

В ОКБ-16 созданы первые лабораторные образцы лазеров (на рубине).

1963 г.

Изучение воздействия лазерного излучения на различные материалы и исследование технологической (сварочной) лазерной установки СУ-1 и технической документации для серийного производства.

Построен экспериментальный офтальмоскоп-коагулятор (на рубине). Авторское свидетельство № 28953 (приоритет 13 декабря 1963 г.). На нем проведен комплекс исследований воздействий лазерного излучения на ткани животных (кроликов).

8 - 13 сентября 1963 г.

Эксперимент по светолокации Луны с применением квантового генератора на рубине. Участники эксперимента от ОКБ-16: Толстошев А. В., Парлов Д. И., Терентьев Г. С., Рыбальский В. И., Андреева Г. М., Петров И. Л., Пашкеев В. Г., Дедушкевич В. В., Оренов А. В.

13 декабря 1963 г.

Авторское свидетельство № 28953 на лазерный офтальмоскоп-коагулятор (экспериментальный). Авторы: Тверской Ю. Л., Рыбальский В. И., Нудельман А. Э.

1964 г.

Решение ВСНХ СССР о серийном производстве установки СУ-1 на Ковровском механическом заводе.

1964 г., июнь

Проведена первая операция «приварки» сетчатки глаза человеку лазером (институт им. Филатова и ОКБ-16). Создан опытный образец офтальмокоагулятора (фотокоагулятора) ОК-1 для работы в клиниках.

1965 г.

Решение Комитета по новой технике Минздрава СССР о серийном производстве ОК-1.

1966 г.

Начало серийного выпуска ОК-1 на Загорском оптико-механическом заводе.

15 июля 1966 г.

Авторские свидетельства на изобретения: № В 1188 «Способ обработки деталей излучением ОКГ»; № 1189 «Установка для обработки деталей излучением ОКГ». Оба свидетельства — с приоритетом 18 мая 1964 г. Авторы изобретений: Артемьев А. И., Вошинский М. Л., Рыбальский В. И., Толстошев А. В., Нудельман А. Э., Суранов А. С., Левин Л. Н., Левин В. И., Пашкеев В. Г.

2 сентября 1966 г.

Авторское свидетельство на изобретение № 1314 лазерная установка ОК-1 с приоритетом от 8 января 1965 г. Авторы: Тверской Ю. Л., Рыбальский В. И., Нудельман А. Э., Линник Л. А., Архангельский В. В., Пучковская Н. А., Ковалев И. Ф., Рославцев А. В., Урмахер Л. С.

1965-1967 гг.

Создание универсальных лазерных технологических установок УЛ-2 и УЛ-20 (мощность 2 и 20 дж).

Изготовление первых серий УЛ-2 (17 шт.) и УЛ-20 (8 шт.). Экспонирование УЛ-2 и УЛ-20 в Монреале, Будапеште, Бухаресте.

1967-1968 гг.

Освоение ОК-1 в клинической практике (Институт им. Филатова — Одесса; Институт им. Гельмгольца — Москва; Военно-Медицинская Академия — Ленинград и др.).

Экспонирование ОК-1 на выставках в Монреале, Лейпциге, Будапеште, Братиславе, Риме, Лондоне.

Разработка более мощного ОК-2.

28 августа 1967 г.

Авторское свидетельство № 305815 усовершенствованный фотокоагулятор ОК-2. Автор: Тверской Ю. Л.

1967-1968 гг.

Модернизация УЛ-2 и УЛ-20, совместная работа ОКБ-16 и Института сварки им. Патона. Разработка техдокументации для серийного производства УЛ-2М и УЛ-20М.

1968 г.

Экспонирование УЛ-2 и УЛ-20 в Риме и Лондоне.

1973 г.

Серийное производство ОК-2.

1980-1985 гг.

Разработка, изготовление, испытания опытных образцов лазерного офтальмологического комплекса «Лиман-2», обеспечивающего микрохирургические операции на глазах в сине-зеленом, красном, инфракрасном диапазонах спектра. Изготовление первой серийной партии «Лиман-2».