

## К 40-летию НИИ «Полус» им. М.Ф.Стедьмаха

А.А.Казаков

В марте 2002 г. коллектив НИИ «Полус» отмечает 40-летие института. Созданный почти одновременно с появлением первых лазеров, НИИ «Полус» внес значительный вклад в развитие квантовой электроники и отечественного лазерного приборостроения. Инициатива создания первого в мире специализированного лазерного института принадлежала М.Ф.Стедьмаху и Председателю ГКЭТ СССР А.И.Шокину.

Основатель и первый директор института М.Ф.Стедьмах уделял огромное внимание формированию его коллектива, лично занимался подбором специалистов и беседовал с каждым принимаемым на работу. Большую роль в становлении института сыграли связи с крупнейшими вузами столицы: первыми дипломниками НИИ «Полус» были студенты физического факультета МГУ, уже в 1970 г. «Полус» стал базовой кафедрой МФТИ, а в дальнейшем появились базовые кафедры МИРЭА и МИЭМ. Не менее важными были плодотворные связи с организациями АН СССР – ФИАН, ИКАН, ИСАН, ИПФ и т. д. С первых лет своего существования НИИ «Полус», будучи отраслевым промышленным институтом оборонного комплекса, решал конкретные научно-исследовательские и прикладные задачи, направленные на разработку и организацию промышленного производства приборов и систем лазерной техники.

Одними из первых были развернуты работы по материалам и элементам квантовой электроники. В результате многолетних усилий технологов по росту, отжигу и обработке кристаллов, а также химиков и испытателей к концу 60-х годов было налажено массовое производство высококачественных рубиновых стержней. По методу Чохральского в 1966 г. выращены первые кристаллы АИГ: $\text{Nd}^{3+}$  и начато освоение их производства на опытном заводе. Впоследствии их производство было организовано также на заводах НПО «Полус» в Богородицке и Сергаче.

В эти же годы активно велись работы по созданию нелинейных и электрооптических материалов, была разработана технология производства кристаллов ниобата и танталата лития, постоянно проводился поиск новых более эффективных кристаллов, налажено производство электрооптических затворов, модуляторов, преобразователей частоты. Параллельно велись разработки водорастворимых кристаллов ADP, KDP, DKDP, TGS, CDA, DCDA и др. и элементов из них, несколько позднее была



Митрофан Федорович Стедьмах (1918–1993 гг.) – основатель и первый директор НИИ «Полус».

создана промышленная технология производства элементов из кристаллов КТР, что обеспечило возможность создания высокоэффективных преобразователей частоты лазерного излучения.

С использованием первых лазеров в НИИ «Полус» разрабатывалось лазерное технологическое оборудование – установки К-3 (общий выпуск которых составил более 100 шт.) и серии «Квант», предназначенные для сверления алмазных волок и точечной сварки реле (их выпуск составил более 1100 шт.), установка «Катунь» на базе мощного  $\text{CO}_2$ -лазера и др.

К началу 80-х годов лазерное технологическое оборудование НИИ «Полус» серийно выпускалось четырьмя заводами МЭП, общее количество выпущенной продукции достигло 7 тыс. единиц, а парк используемого в СССР лазерного оборудования составил около 50 % от мирового.

Одним из важнейших направлений работ НИИ «Полус» стала разработка полупроводниковых лазеров, начатая в 1962 г. по инициативе М.Ф.Стедьмаха и В.И. Швейкина. Уже в 1963 г. в «Полусе» был запущен первый полупроводниковый лазер, а проведенные в 1966–1971 гг. исследования гетеропереходов на соединениях  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$  позволили создать непрерывные низкопороговые и высокоэффективные полупроводниковые лазеры, не требующие охлаждения. На базе разработанных в НИИ «Полус» полупроводниковых лазеров в начале 80-х годов



Директор ФГУП «НИИ "Полус" им. М.Ф.Стельмаха» А.А.Казаков.

были созданы первые в нашей стране волоконно-оптические линии связи, успешно эксплуатирующиеся до настоящего времени; полупроводниковые лазеры НИИ «Полус» нашли широкое применение в космических системах, в системах записи и считывания информации и др. В настоящее время нами выпускается около сотни типов полупроводниковых лазерных излучателей и передающих модулей с использованием современной МОС-гидридной технологии выращивания высококачественных полупроводниковых структур, начаты работы по созданию технологий производства сверхъярких светодиодов, нашедших широкое применение во многих приборах и системах гражданской и специальной техники.

Одними из первых лазерных приборов спецназначения в НИИ «Полус» стали лазерные дальномеры. В 1972–1973 гг. с использованием лазера НИИ «Полус» в НИИ космического приборостроения была проведена успешная локация луноходов на поверхности Луны. Широко известны дальномеры-бинокли НИИ «Полус» серии ЛДИ-3, ЛДИ-3-1М массой менее 1.3 кг, топографический тахеометр КТД-3, не имеющий аналогов в мире и объединяющий в себе лазерный дальномер, электронный теодолит и микроЭВМ. В последние годы дальномеры выпускаются с безопасной для глаз длиной волны излучения (1.5 мкм).

Одним из важнейших направлений НИИ «Полус» стала разработка лазерных целеуказателей-дальномеров для высокоточной артиллерии. В 70–80-х годах были созданы и освоены в серийном производстве лазерные целеуказатели 1Д15, 1Д20, 1Д22, работы по их совершенствованию и решению новых перспективных задач продолжают и в настоящее время.

Разработка лазерных гироскопов в НИИ «Полус» началась в 1963 г., и уже в следующем году на макете первого кольцевого лазера Т-130 была получена первая генерация и наблюдался сигнал разностной частоты встречных волн. В 1965–1966 гг. были сформулированы основные идеи зеемановского лазерно-гироскопического направления и созданы гироскопы Т-100В, Т-50, К-50, К-15 и т.д. В 1967 г. в НИИ «Полус» начаты разработки моноблочных призмных лазерных гироскопов высокой точности типа КМ-11 и КМ-43, нашедших широкое применение в гражданской авиации и спецтехнике.

В процессе развития лазерной гироскопии был решен поистине гигантский объем конструкторских и технологических проблем, в том числе сохранения газовой

смеси, создания высокоотражающих зеркал, прецизионных призм и пьезопроводов, устранения вредного влияния захвата встречных волн, разработки высокоэффективных катодов и технологии оптического контакта, создания адекватных радиоэлектронных узлов, электровакуумных технологий и соответствующего вакуумно-технологического оборудования. Были проведены исследования целого ряда новых режимов генерации и методов повышения точности (реверс оси чувствительности, переход к четырехчастотному режиму генерации и т. д.).

В 1990–2000 гг. основной упор был сделан на отработку технологии производства зеемановских лазерно-гироскопических датчиков и создание на их базе малогабаритных трехосных приборов для систем навигации и управления (МТ-5, МТ-4, ЗЛК-16-1, МТ-45, МТ-401, 9Б-183, 17М-78). В эти же годы на территории НИИ «Полус» было возобновлено производство зеемановских лазерных гироскопов (ЭК-101, ЭК-104, ЛГК-200, ЗЛК-16); совместно с ЗАО «Лазекс» была разработана БИНС НСИ-2000, интегрированная с глобальными навигационными системами GPS и ГЛОНАСС для комплектации транспортных самолетов ИЛ-76. Совместно с НИИЯФ МГУ создан лазерный гироскоп нового типа – на базе сверхмалогабаритного моноблочного кольцевого чип-лазера на АИГ: $\text{Nd}^{3+}$  и накачкой полупроводниковым лазером, и в 2000 г. впервые была исследована его частотная характеристика.

В НИИ «Полус» в течение всего времени его существования велись работы по созданию лазерных фотоприемных устройств (ФПУ). Еще в 1963 г. в Институте был продемонстрирован оптический супергетеродинный прием на длине волны рубинового лазера и начаты разработки полупроводниковых германиевых ФПУ с уникальными быстродействием и квантовой эффективностью. Эти разработки велись в тесном контакте с предприятиями МЭП: НИИ «Пульсар», Калужским ВНИИМЭТ и др. В частности, широкое применение во многих системах спецназначения нашел германиевый лавинный фотодиод ЛФД-2, производимый на Ульяновском радиоламповом заводе. В последние годы в НИИ «Полус» разработано большое число модификаций германиевых фотодиодов и ФПУ на их основе, в том числе лавинные фотодиоды ЛФД-Г (11 модификаций), фотоприемные модули для ВОЛС и дальномеров; готовится к производству комплекс фотоприемных изделий для перспективных систем.

В конце 60-х годов по инициативе М.Ф.Стельмаха в НИИ «Полус» началась разработка приемников ИК излучения на основе пироэлектрических кристаллов – триглицинсульфата и танталата лития, была отработана технология их выращивания и создано соответствующее технологическое оборудование. В период с 1960 по 1990гг. создано более 15 типов пироприемников серии ПМ и ПП, нашедших применение в авиационной и космической технике, а в последние годы – в медицине (для дистанционного измерения температуры).

М.Ф.Стельмах уделял большое внимание разработке приборов лазерной медицины, начатой в 1965 г. Уже в 1967 г. сотрудниками НИИ «Полус» и Института хирургии им. А.В.Вишневского было обнаружено противоопухолевое действие лазерного излучения, а с 1969 г. в этом институте на лазерах НИИ «Полус» начались «бескровные» операции на органах, содержащих мелкие сосуды. В 1970–1975 гг. был разработан и внедрен в серийное про-

изводство первый отечественный «лазерный скальпель» на базе  $\text{CO}_2$ -лазера, до сих пор применяемый во многих клиниках России и СНГ. В дальнейшем был создан целый ряд лазерных медицинских приборов, таких как «Импульс-1» для коагуляции опухолей, офтальмологические установки серии «Ятаган», лазерные скальпели серии «Скальпель» и «Ромашка» и т. д. Только за период с 1972 по 1997 г. заводами НПО «Полюс» было выпущено более 3000 единиц лазерного медицинского оборудования. Приоритет НИИ «Полюс» в этой области защищен 112 авторскими свидетельствами, 26 зарубежными патентами, 60 медалями ВДНХ, Большой золотой медалью Лейпцигской ярмарки, публикациями в научных изданиях и т. д. Работы по внедрению приборов лазерной медицины НИИ «Полюс» в широкую клиническую практику проводились в тесном контакте с ведущими медицинскими организациями – ЦНИЛ 4 ГУ МЗ, ВНИИ ГБ МЗ, ВОИЦ РАМН, НИИ туберкулеза и др.

М.Ф.Стедьмах, Р.В.Хохлов и И.С.Рез еще в 1962 г. прекрасно понимали необходимость разработки и внедрения в промышленность лазеров с преобразованием частоты. Уже в 1964 г. в НИИ «Полюс» совместно с МГУ был создан и испытан в натуральных условиях в составе макета лазерной системы подводного видения первый лазер на стекле с неодимом и генерацией второй гармоники. В 1967 г. закончилась разработка и начался серийный выпуск первой в мире серии лазеров на  $\text{AIG:Nd}^{3+}$  с преобразованием частоты во вторую, третью и четвертую оптические гармоники (серии ЛТИ и ЛТИПЧ); Саратовским заводом «Тантал» было выпущено более 1500 таких лазеров.

Позднее были разработаны лазерные излучатели ИЗ-25, ИЛТИ-401, ИЛТИ-403 для систем спецназначения, которые дали жизнь целой серии последующих высокоэффективных излучателей и лазеров. На Ульяновском РЛЗ была разработана и внедрена в производство серия непрерывных лазеров ЛТН-401-403 с удвоением частоты, нашедшая применение в научно-прикладных исследованиях, в системах связи и записи информации. Современное состояние исследований и разработок к области нелинейной оптики в НИИ «Полюс» характеризуется созданием и широким внедрением в практику высокоэффективных твердотельных импульсных и непрерывных лазеров с преобразованием частоты лазерного излучения в оптические гармоники, параметрических генераторов света, ВКР-лазеров и т. п.

Эффективность преобразования излучения неодимовых лазеров (1064 и 1320 нм) во вторую гармонику (532 и 660 нм) в новых перспективных кристаллах типа КТР достигает 50–70 % при энергии в импульсе  $\sim 0.1$  Дж и частоте повторения до 500 Гц. Созданы малогабаритные высокоэффективные ПГС, позволяющие эффективно преобразовывать излучение с длиной волны 1064 нм в диапазон 1500 нм, безопасный для органов зрения операторов. С этой же целью разрабатываются ВКР-лазеры как эффективные источники излучения в системах измерения дальности, подсветки и целеуказания и др.

В НИИ «Полюс», являющемся базовым институтом крупнейших вузов страны – МИРЭА, МИЭМ, МФТИ, большое внимание уделяется подготовке высококвалифицированных кадров в области квантовой электроники. Ведущими учеными НИИ «Полюс» читаются факультативные базовые и специальные курсы лекций, написан

ряд монографий по лазерной физике, нелинейной оптике и перестраиваемым лазерам, получивших признание не только в бывшем СССР, но и за рубежом, опубликованы сотни научных статей в ведущих отечественных и зарубежных журналах, сделано множество докладов на Всесоюзных и Международных конференциях, защищено более сорока кандидатских и несколько докторских диссертаций, получены сотни авторских свидетельств и патентов.

Многотысячный коллектив ученых, исследователей, инженеров, технологов и рабочих НПО и НИИ «Полюс» выполнил сотни научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, которые легли в основу лазерных технологий во многих отраслях промышленности и спецтехники. По разработкам Института были выпущены десятки тысяч лазеров различных типов, нашедших широкое применение в военной технике, технологии обработки материалов, медицине, технике физического эксперимента.

Создана и успешно работает мощная школа ученых и специалистов высшей квалификации, многие из которых имеют мировую известность. Ученые и разработчики НИИ «Полюс» удостоены высших Правительственных наград, Ленинских и Государственных премий СССР, премий Совета Министров СССР и Ленинского комсомола, Государственных премий России.

Невозможно перечислить всех ученых и разработчиков, конструкторов и технологов, испытателей и рабочих НИИ «Полюс», чей самоотверженный труд позволил нашему институту стать одним из отечественных лидеров в области высоких технологий, но нельзя не отметить определяющий вклад его «старейшин» и ведущих ученых, таких как А.В.Иевский, Г.М.Зверев, В.И.Швейкин, Б.В.Рыбаков, В.Г.Дмитриев, В.А.Пашков, А.И.Ларюшин, А.И.Тимофеев, Б.Н.Мальшев, В.Н.Курятов, И.С.Рез, В.М.Гармаш, Л.К.Ковалев, В.М.Вакуленко, В.М.Кан, С.Н.Столяров, Е.Р.Алеев, Г.М.Ромадин и многие другие.

В небольшой статье практически невозможно отразить все значимые разработки нашего института, поэтому я вынужден ограничиться лишь кратким обзором основных направлений работ НИИ «Полюс».

Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность руководству и редколлегии журнала «Квантовая электроника» за предоставленную возможность выпустить специальный номер журнала, посвященный 40-летию НИИ «Полюс», носящего имя его основателя и первого директора М.Ф.Стедьмаха. Опубликованные здесь научные статьи, разумеется, далеко не охватывают весь круг научных и научно-прикладных исследований и разработок НИИ «Полюс», а характеризуют лишь его некий «мгновенный срез».

Пользуюсь случаем выразить через журнал «Квантовая электроника» свою глубочайшую благодарность всем сотрудникам НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стедьмаха за их долголетний и самоотверженный труд, а также признательность всем ученым Российской Академии Наук, Высшей школы и научно-исследовательских институтов страны, с которыми нам выпала честь сотрудничать в области развития отечественной квантовой электроники и лазерной техники.