



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

А В Т О М Е Т Р И Я

2007, том 43, № 3

ИНСТИТУТУ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СО РАН 50 ЛЕТ

Институт автоматики и электрометрии (ИАиЭ) был создан в числе первых десяти институтов Сибирского отделения АН СССР в 1957 г. (Постановление Совета Министров СССР от 18 мая 1957 г. и Постановления Президиума АН СССР 1957 г.).

Организацию Института и его работу в течение первых десяти лет возглавил первый директор, заслуженный деятель науки и техники Украинской ССР, член-корреспондент АН СССР и АН УССР, профессор, доктор технических наук Константин Борисович Карандеев. Основное ядро Института составила большая группа учеников и сотрудников К. Б. Карандеева, прибывших вместе с ним в Новосибирск из Физико-механического института АН УССР (г. Львов) и Львовского политехнического института. В дальнейшем кадры ИАиЭ пополнялись научными работниками и инженерами из новосибирских организаций и выпускниками вузов (прежде всего Новосибирского электротехнического института и Новосибирского государственного университета).

Первое десятилетие Институт развивал принципы построения автоматических измерительных приборов и систем, предназначенных для сбора и обработки информации, ориентируясь на электрические методы и средства.

За это время сотрудниками Института был получен ряд важнейших научных результатов: сформулированы основы информационной теории измерений; предложены новые методы автоматического управления; разработаны теория и принципы построения автоматических (в том числе цифровых) измерителей комплексных электрических величин и интегральных характеристик сигналов.

Фундаментальные достижения коллектива позволили успешно решить две крупные научно-технические проблемы, возложенные на Институт при его организации: создание измерительных комплексов для разведки полезных ископаемых с самолетов и вертолетов в труднопроходимых регионах Сибири и высокопроизводительный контроль параметров радиодеталей, выпускаемых в массовом объеме предприятиями страны. Кроме того, решался ряд прикладных задач. Среди внедренных результатов следует отметить разработку теории и создание образцов цифровых автоматических мостов переменного тока с передачей их для серийного освоения киевскому заводу «Точэлектроприбор». Это позволило заводу (в содружестве с киевским Институтом электродинамики АН УССР) к концу 1975 года выпустить более 3,5 тысяч цифровых мостов, которые успешно работали в 150 организациях СССР, а также в ГДР, ПНР, ЧССР, Англии, Франции и в других странах.

На исходе первого десятилетия обозначенное Институту направление научного поиска прочно утвердилось как «автометрия». Оно базировалось

на электрических методах восприятия измерительной, контрольной и диагностической информации о неживых и живых объектах и процессах материального мира. В 1965 г. К. Б. Карандеевым создан журнал «Автометрия», который скоро стал одним из ведущих журналов в соответствующей области науки. За выдающиеся достижения К. Б. Карандеев был удостоен ордена Ленина. К сожалению, К. Б. Карандеев тяжело и длительно болел и состояние здоровья заставило Константина Борисовича уехать из Сибири во Львов.

В конце 1967 г. директором Института был назначен доктор физико-математических наук Юрий Ефремович Нестерихин (ставший со временем академиком). Молодой, активный и решительный доктор наук Ю. Е. Нестерихин с благословения М. А. Лаврентьева и директора Института ядерной физики СО АН СССР Г. И. Будкера начал «перестройку» Института в 1968 г. У Нестерихина хватило сил не только провозгласить некоторые лозунги, но и действительно преобразовать Институт. Им была существенно усилена «физическая» компонента Института. Оптическую тематику в ИАиЭ принес кандидат технических наук Вольдемар Петрович Коронкевич, приглашенный Юрием Ефремовичем из Сибирского государственного НИИ метрологии. Из Института физики полупроводников были приглашены группы физиков-лазерщиков во главе с Г. В. Кривошековым и Ю. В. Троицким, из Института математики – группа сотрудников во главе с Э. Г. Косцовым. Институт ядерной физики также поделился своими молодыми и перспективными кадрами – это В. К. Малиновский, В. С. Львов, А. М. Рубенчик, С. Л. Мушер, Е. А. Кузнецов (ставший впоследствии членом-корреспондентом), Б. И. Стурман, В. И. Белиничер. Впоследствии из Москвы был приглашен профессор С. Г. Раутиан (ставший вскоре членом-корреспондентом), который собрал вокруг себя большую команду физиков-лазерщиков, пришедших также из других институтов. ИАиЭ стал базироваться, как говорил Юрий Ефремович, на «трех китах»: физике и ее проблемах, использовании новых физических явлений в технике и широком применении ЭВМ для автоматизации научных исследований. Огромное значение для успеха задуманных преобразований играли, без сомнения, личные качества Нестерихина: научное чутье, решительность и умелый подбор кадров.

Начав в 1968 г. с создания измерительных устройств для автоматизации научных исследований (АНИ), Институт постепенно развивает новое направление работ – теорию и принципы построения систем сбора, обработки, хранения и представления информации, предназначенных для АНИ на основе применения ЭВМ. При этом первостепенное внимание уделяется разработке магистрально-модульного принципа организации систем АНИ и созданию специализированных оптико-электронных средств.

Исследования и разработки в области оптических методов хранения и обработки информации, возникших на «стыке» физики твердого тела, когерентной оптики, голографии, микроэлектроники и вычислительной техники, начаты в Институте по инициативе Ю. Е. Нестерихина в 1968 г. Их целью было создание систем голографической памяти, специализированных оптико-электронных процессоров и их элементов: дефлекторов света, интегральных матриц, фазовых масок, сред для записи оптической информации, модуляторов света и др. С 1971 г. исследования выполнялись в сотрудничестве с институтами СО АН СССР (Институтом физики полупроводников, Институтом геологии и геофизики, Новосибирским институтом неорганической химии и др.) и отраслевыми предприятиями по Координационным планам Президиума СО АН СССР. В 1975 г. по инициативе академика А. М. Прохорова

эти работы вошли в Координационный план Отделения общей физики и астрономии АН СССР, была организована Комиссия АН СССР «Фундаментальные основы памяти и оптической обработки информации».

В течение десятилетия (1967–1977 гг.) в Институте были разработаны теоретические и экспериментальные основы построения голографических систем архивной памяти, частично-когерентных оптических корреляторов, матричных оптико-электронных процессоров, электрооптических аналоговых моделей, голографических объемных дисплеев и лазерных устройств ввода–вывода информации в/из ЭВМ. В сотрудничестве с Институтом геологии и геофизики и Институтом физики полупроводников созданы высококачественные дефлекторы света и фазовые маски, а совместными усилиями с промышленностью изготовлены фотоматрицы и модуляторы света. На основе промышленной технологии получены образцы лазерных контрольно-измерительных устройств и голографических систем архивной памяти.

Начало исследованиям в области цифровой обработки изображений положило создание в 1970-е годы прецизионного устройства ввода изображений в ЭВМ «Зенит-2», обладавшего по тем временам уникальными метрологическими характеристиками и предназначенного первоначально для измерения координат звезд на астронегативах. В результате обработки сотен астронегативов были вычислены параллаксы заданного множества звезд с точностью, превышавшей достигнутую ранее, в 2 раза и более.

Очень скоро выяснилось, что возможности комплекса «Зенит-2» – ЭВМ позволяют существенно расширить область задач. Совместно с ИЛиД СО АН СССР были созданы методики, алгоритмическое и программное обеспечение обработки аэрофотоснимков леса, позволившие классифицировать лесные выделы по продуктивности, определять степень повреждения лесных участков вредителями, создать модель развития одновозрастных сосновых древостоев.

В области сред для оптической памяти был открыт и всесторонне изучен ряд новых физических явлений: фотогальванический эффект и фотоиндуцированная анизотропия оптических свойств в пленках халькогенидных стеклообразных полупроводников; возникновение анизотропии и фотоадаптация в фотохромных стеклах; фотоиндуцированное отражение и просветление в кристаллах ниобата лития; асимметрия проводимости вдоль оси спонтанной поляризации в сегнетоэлектрических кристаллах; обратный закон Аррениуса для проводимости неупорядоченных твердых тел. На основе экспериментальных данных были поняты механизмы оптической записи в разных классах сред для памяти и построены соответствующие теоретические модели.

Значительные результаты получены в области интерферометрии: созданы уникальные киноформные элементы, селекторы частоты для лазеров, первые баллистические лазерные гравиметры, первые лазерные доплеровские измерительные системы. Успешно развивались исследования нелинейных процессов в плазме, волновой турбулентности.

В 1977–1987 гг. были достигнуты значительные успехи в решении целого ряда важнейших научных и народнохозяйственных проблем.

В области автоматизации научных исследований:

– созданы системы цифрового синтеза визуальной обстановки в реальном времени для широкого класса тренажерно-моделирующих комплексов и построения САПР последующих поколений (трехмерное проектирование). Введение одной такой системы в эксплуатацию в самом Институте позволи-

ло приступить к практическому конструированию методик применения подобных систем в составе тренажеров, успешно работающих, в частности, в Центре подготовки космонавтов;

- разработан векторный процессор конвейерного типа с максимальной производительностью 10^6 опер./с с плавающей запятой и мини-ЭВМ «Север-10», «Север-100»;

- созданы методы, технические и программные средства комплексирования управляющих отечественных ЭВМ семейства «Электроника» с векторными процессорами (системы типа «мини-гиго»);

- разработан образец высокопроизводительного мультипроцессорного Центра коммутации пакетов для интегральной цифровой сети связи, обеспечивающий функционирование на основе стандартных протоколов;

- создан комплекс технических и программных средств автоматизированной обработки изображений – основа Центра обработки данных коллективного пользования – как синтез достижений Института в области создания многомашинных комплексов и систем распределенной обработки данных для решения ряда важнейших научных и народно-хозяйственных задач (инвентаризация природных ресурсов Земли, изучение ледового покрова, решение научных проблем в области физики, астрономии, молекулярной биологии, медицины и т. д.);

- создан макет высокопроизводительного автоматизированного комплекса обработки информации «Пирамида», с помощью которого получены важные результаты по гидрофизике Океана;

- созданы и внедрены в промышленность автоматизированные системы проектирования и контроля производственных процессов;

- разработан и обеспечен промышленный выпуск полного функционального набора модулей КАМАК (более 100 наименований) и базовых конфигураций автоматизированных систем для широкого класса проблемных исследований (системы «МикроКАМАК-Лаб»);

- созданы системы автоматизации научных исследований в области гидродинамики, оптических измерений, биофизики, экспериментальной биологии и медицины, физики плазмы, что обеспечило высокий уровень экспериментальных исследований в институте и существенно повысило их эффективность.

В области оптических информационных технологий:

- разработан и создан (совместно с промышленными предприятиями Новосибирска) опытный образец голограммного запоминающего устройства емкостью 1000 Мбайт;

- создана теория лазерной интерферометрии, разработан ряд лазерных интерферометров и доплеровских измерителей скорости для определения параметров движения объектов и сред, что позволило исследовать и сформулировать основные закономерности перехода от ламинарного течения к турбулентному (на примере течения Куэтта);

- установлен ряд закономерностей явлений оптической памяти в различных классах материалов.

В области физики лазеров и их применений:

- предсказан и изучен эффект кооперативного комбинационного рассеяния света;

- развита теория нелинейных резонансов в газах и выявлен (в том числе экспериментально) ряд новых нелинейно-спектроскопических эффектов;

– обнаружен эффект светоиндуцированного дрейфа компонентов газовых смесей и исследованы возможности применения эффекта в различных областях науки и техники;

– обнаружено и применено на практике селективное двухквантовое лазерное разрезание молекул ДНК и РНК;

– получены новые фундаментальные сведения в области изучения мировой гравиметрической системы и внесен крупный вклад в создание гравиметрической сети стран СЭВ;

– разработаны новые типы ионных и твердотельных лазеров.

За два десятилетия (1967–1987 гг.) под началом Ю. Е. Нестерихина Институт в тесной взаимосвязи с СКБ НП СО АН СССР (в настоящее время – Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН) внедрил в промышленность и в научный эксперимент несколько десятков крупных разработок. За одну из них Ю. Е. Нестерихин как руководитель этих работ в СССР и группа ведущих сотрудников ИАиЭ и СКБ НП (Ю. Н. Золотухин, З. А. Лившиц, П. М. Песляк, М. Б. Штарк, Б. И. Быховский, О. З. Гусев и Ю. К. Постоечко) в составе большого межведомственного научно-технического коллектива в 1985 г. удостоены Премии Совета Министров СССР.

Благодаря работе «Фундаментальные основы памяти и оптической обработки информации» в рамках Координационного плана ООФА АН СССР Институт уже к началу 1980-х гг. занял в этой области лидирующее положение не только в нашей стране, но и за рубежом. Надо отдать должное Ю. Е. Нестерихину, потратившему много сил и энергии для организации межотраслевого конструкторского отдела (который впоследствии стал Сибирским НИИ оптических систем), установлению тесных связей с промышленными предприятиями Новосибирска.

В 1987–1993 гг. Институт возглавлял доктор технических наук Петр Емельянович Твердохлеб – один из старейших сотрудников Института, руководивший исследованиями в области оптической записи и обработки информации. В этой области был получен ряд приоритетных результатов международной значимости, в частности создано и передано в промышленность голографическое запоминающее устройство (ГЗУ). Лаборатория П. Е. Твердохлеба явилась колыбелью для ряда руководящих работников высокого ранга. Из нее вышли директор КТИ НП СО РАН Ю. В. Чугуй, директор СНИИОС И. С. Гибин, кроме того, половина нынешнего состава дирекции Института – также выходцы из этой лаборатории.

В 1993 г. директором Института стал член-корреспондент РАН Семен Тимофеевич Васьков. До этого он продолжительное время работал в ИАиЭ, затем возглавлял СКБ научного приборостроения и СКБ вычислительной техники. Являясь известным специалистом в области информационных систем и систем автоматизации научных исследований, он разработал научные основы создания прецизионных систем ввода–вывода изображений для ЭВМ, инженерную методику их проектирования, стал одним из лидеров в создании магистрально-модульных систем автоматизации научных исследований.

Одна из главных заслуг С. Т. Васькова как директора состояла в том, что он сумел наладить нормальный психологический климат в Институте. Основным методом его руководства было налаживание человеческих отношений, умелое «разруливание» (его любимый термин) конфликтных ситуаций в их зародыше. К этому времени в Институте окончательно сложилась система

финансовой самостоятельности подразделений. Были выработаны четкие, всех устраивающие правила игры при распределении и расходовании финансовых средств и в других сторонах жизни. Спустя некоторое время эта «реформа» стала приносить свои плоды: центробежные тенденции сменялись центростремительными, появился интерес лабораторий участвовать в совместных исследованиях, благо, что для таких (интегрирующих) работ в Институте оставались неистраченные предпосылки.

К сожалению, в 2002 г. Семен Тимофеевич по состоянию здоровья вынужден был оставить пост директора Института, и его заменил член-корреспондент РАН Анатолий Михайлович Шалагин. К этому времени жизнь стала легче: на науку стало выделяться немного больше денег, появились признаки оживления промышленности в стране, стали возобновляться оборонные заказы, государственные программы, возникли новые программы РАН и СО РАН. Научная деятельность получила новый импульс, усилились интеграционные процессы.

В Институте в основном закрепились и развивалась тематика, сгруппированная в двух направлениях: Физические процессы в газах и конденсированных средах, индуцированные излучением; лазерные технологии и системы и Методы, модели и системы восприятия, анализа и отображения информации на основе электронных и оптических технологий. Научная база этих направлений была заложена еще Ю. Е. Нестерихиным, так что можно сказать, что посевы «нестерихинской эпохи» продолжают давать щедрый урожай.

Назовем некоторые из наиболее значимых результатов, полученных за эти годы.

Разработана теория уширения спектральных линий в среде ионных лазеров, надежно установлена доминирующая роль кулоновского уширения. Результаты использовались для создания ионного ВКР-лазера.

Разработаны в коммерческом исполнении ионные лазеры для генерации в видимой и ультрафиолетовой областях спектра.

Обнаружены и исследованы уникальные оптические характеристики фрактальных металлических кластеров и специфических агрегатов молекул (J-агрегаты). (*Лаборатория физики лазеров*)

Развивались теоретические и экспериментальные исследования в области светоиндуцированной газовой кинетики. В частности, зарегистрирован новый эффект – светоиндуцированный электрический ток в плазме, обусловленный специфическим, селективным по скоростям частиц, действием излучения. Эффект может представлять интерес для объяснения зарождения магнитного поля в атмосферах звезд, например на Солнце. (*Лаборатория нелинейной спектроскопии газов*)

Получены значительные результаты в новой области – волоконной оптике: создано несколько типов волоконных лазеров, выявлены физические причины формирования их спектров генерации, разработаны способы записи брэгговских решеток как неперемещаемых атрибутов волоконных лазеров и других оптоволоконных устройств (сенсоров, датчиков). (*Лаборатория фотоники*)

Разработан метод исследования структуры аморфных и стеклообразных материалов с помощью низкочастотного неупругого рассеяния света, позволяющий определять пространственные корреляционные функции в стеклах, размеры нанокристаллов, спектральную размерность фрактальных систем и другие важные параметры неупорядоченных сред. Экспериментально

выявлен закон, описывающий плотность колебательных состояний в стеклах различной природы, столь же универсальный для стекол, как дебаевский закон для кристаллов. Развита аналитическая теория низкоэнергетических колебательных спектров в неупорядоченных материалах и установлен механизм формирования наноструктуры в процессе стеклования. Обоснована определяющая роль нарушений структуры на нанометровых масштабах в переносе заряда и кинетике рекомбинационных процессов в твердых телах. Изучена генерация локальных полей в нанобъемах под воздействием лазерного излучения. Разработаны новые модели переноса зарядов в сегнетоэлектрических кристаллах. Исследованы оптические свойства и перенос заряда в новом классе углеродных материалов – фуллеренах. (*Лаборатория физической электроники*)

Реализована технология изготовления высокоэффективных дифракционных элементов методом полутонковой фотолитографии, предусматривающая запись полутонковых микроизображений в тонких пленках аморфного кремния и в поверхностно модифицированных LDW-стеклах и последующий их перенос в рельеф подложки путем ионного травления. Получены образцы полутонковых фотошаблонов дифракционных структур с разрешением до 1000 лин./мм; достигнуто воспроизведение кварцевых дифракционных элементов с минимальным периодом зон 8 мкм и дифракционной эффективностью 80–90 %. (*Лаборатория лазерных технологий*)

Разработаны методы многослойной оптической записи информации, в частности с использованием фотополимерных материалов. (*Лаборатория оптических информационных систем*)

Создано поколение высокопроизводительных и высокоразрешающих лазерных систем вывода изображений на различные носители. Системы имеют гибкую архитектуру, ориентированы на применение термографических технологий, обеспечивают многоканальную регистрацию изображений. (*Лаборатория лазерной графики*)

Создана оригинальная алгоритмическая база обработки данных в реальном времени в приложении к одной из важнейших современных задач – обнаружению малоразмерных подвижных слабоконтрастных изображений, получаемых с космических носителей. Изучена математическая модель восприятия данных дистанционного зондирования Земли, получаемых из сети аэрокосмических носителей в нескольких спектральных диапазонах. Разработаны новые методы анализа информации при дальнем и сверхдальнем космическом стереовидении (углы обзора до 1°, дальность от единиц до десятков тысяч километров). (*Лаборатория цифровых методов обработки изображений, Тематическая группа высокопроизводительных систем реального времени и Лаборатория вероятностных методов исследования информационных процессов*)

Разработан метод изображения пространственных предметов на виртуальных сферических поверхностях. Сферическая перспектива (геометрическая инверсия пространства относительно единичной сферы) должна найти широкое применение при построении дисплеев персонального пользования для систем компьютерной коммуникации, телеприсутствия и телеуправления, так как она наиболее полно соответствует физиологии и психологии зрительного восприятия. (*Тематическая группа проблем виртуальной реальности*)

Разработана методика определения наиболее информативной системы признаков процесса горения газообразных углеводородов. Выявлены зако-

номерности трансформации оптических свойств пламени при изменении режимов горения. Предложен метод оптимизации процесса сжигания газового топлива с целью его экономии и экологической безопасности. Создана и внедрена многоканальная информационная система дистанционного селективного контроля параметров пламени. *(Лаборатория физико-технических проблем дистанционной диагностики)*

Проведен цикл экспериментальных исследований вариаций ускорения силы тяжести g с помощью уникального лазерного баллистического гравиметра, имеющих принципиальное значение для решения фундаментальных проблем геофизики (в частности, геодинамики). Последняя модификация лазерного гравиметра ИАиЭ СО РАН – прибор ГАБЛ-Э – сохраняет уровень лучших мировых разработок в данной области (наряду с аналогичными приборами США), что в очередной раз было подтверждено результатами метрологических сравнений новых лазерных гравиметров различных стран в Международном бюро мер и весов в Париже в 1997 году. Гравиметр ГАБЛ-Э включен в Государственную поверочную схему в гравиметрии.

Разработан метод прямой лазерной термохимической записи в полярной системе координат уникальных синтезированных голограмм, предназначенных для контроля формы поверхности главных параболических зеркал больших современных телескопов. Запись осуществляется на пленке хрома, нанесенной на подложку из ситалла. Диаметр светового поля записанных голограмм превышает 200 мм, минимальный размер дифракционной структуры $\sim 0,6$ мкм, среднеквадратичная точность изготовления ~ 50 нм. Голограммы генерируют асферический волновой фронт с погрешностью, не превышающей $\lambda/20$, и используются как эталон в интерферометрических измерительных системах. *(Лаборатория лазерных технологий)*

Создана многоканальная система визуализации для имитации различных средств наблюдения международной космической станции (МКС) в тренажерах Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина и космической корпорации «Энергия» им. С. П. Королева; созданы программный комплекс конструирования визуальных моделей трехмерных сцен для тренажеров и визуальные модели основных модулей МКС, которые используются при подготовке космонавтов в рамках российско-американской космической программы. Система основана на оригинальных алгоритмах преобразования графической информации, учитывающих специфику цифровых сигнальных процессоров как ядра системы визуализации реального времени. *(Лаборатория синтезирующих систем визуализации)*

В реализации наиболее важных научных результатов прикладного характера ИАиЭ сотрудничает с КТИ НП и КТИ ВТ СО РАН, отраслевыми институтами и промышленными предприятиями России и региона, среди которых ФГУП «ЦНИИ «Комета»» ОКБ «Топаз» и МИФИ (Москва), Физико-энергетический институт (г. Обнинск), Новосибирский машиностроительный завод «Искра» и Новосибирская ГЭС, Сургутская ГРЭС-1, Красноярский машиностроительный завод и другие. Являясь лидером среди отечественных разработчиков компьютерных систем визуализации для авиакосмических тренажеров, Институт постоянно сотрудничает с Российским государственным научно-исследовательским и испытательным центром подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина и Российской космической корпорацией «Энергия» им. С. П. Королева.

Ученые и специалисты ИАиЭ ведут совместные исследования с коллегами из многих зарубежных университетов и научных учреждений.

Приток свежих научных сил обеспечивает подготовка специалистов на трех базовых кафедрах Института в Новосибирском государственном университете: Квантовой оптики (С. Г. Раутиан, А. М. Шалагин), Автоматизации физико-технических исследований (С. Л. Мушер, В. С. Киричук), Информационно-измерительных систем (О. И. Потатуркин). На этих кафедрах за пять последних лет прошли специализацию свыше 250 человек. Следующей ступенью системы подготовки кадров является аспирантура, которую за период 2000–2006 гг. закончило около 60 человек. Выпускники аспирантуры стали стабильным источником приращения высококвалифицированных научных кадров. Постоянно действующие институтские научные семинары способствуют обмену информацией и квалификационному росту сотрудников Института.

В настоящее время в Институте работает 406 человек, среди которых 152 научных сотрудника (из них два члена-корреспондента РАН, 28 докторов и 66 кандидатов наук).

В последние годы в Институте проявляется тенденция стабильного развития. Расширяются связи с производством, с иностранными заказчиками, наметился приток молодежи, особенно в динамично развивающиеся подразделения. Проблем остается еще довольно много (недостаточность бюджетного финансирования, проблемы жилья и др.), но все же есть некоторые основания смотреть вперед хоть и со сдержанным, но оптимизмом.