



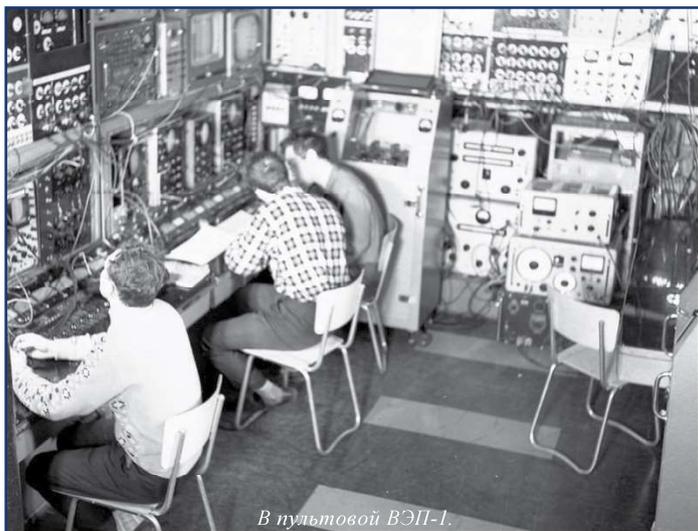
ЭНЕРГИЯ ИМПУЛЬС

№4 (448)

май 2024 г.

ISSN: 2587-6317

Методу встречных пучков — 60 лет



В пультовой ВЭП-1.

В мае 1964 года в ИЯФ была получена первая светимость на установке со встречными электрон-электронными пучками ВЭП-1. Таким образом была продемонстрирована принципиальная возможность реализации метода встречных пучков, разработка которого была инициирована Г. И. Будкером в 1956 году. На ВЭП-1 были выполнены пионерские эксперименты по пучковой физике, разработаны уникальные методики. О том, с чего началась физика встречных пучков в институте, вспоминает участник команды ВЭП-1 Герман Михайлович Тумайкин.

Читайте на стр. 4

Правительство расширило и продлило федеральную программу развития синхротронных и нейтронных исследований

Федеральная научно-техническая программа развития синхротронных и нейтронных исследований, в рамках которой в России формируется сеть уникальных установок класса «мегасайенс», продлена до 2030 года и на дальнейшую перспективу. На ее реализацию из федерального бюджета планируется направить около 450 млрд рублей. Постановление об этом подписал Председатель Правительства М. В. Мишустин. Средства пойдут на создание, модернизацию и функционирование установок класса «мегасайенс» и комплексов ядерной медицины, на оказание государственной поддержки исследовательских проектов по научным направлениям программы, а также на подготовку специалистов и научных кадров.

В связи с продлением программы добавлен третий этап ее реализации: с 2028 по 2032 год. В этот период плани-

руется расширить сеть синхротронных и нейтронных исследований, завершить создание и обеспечить дальнейшее развитие инфраструктуры, превосходящей по техническим характеристикам действующие и проектируемые международные источники синхротронного излучения, провести технические и клинические испытания и регистрацию новых медицинских изделий, разработать новые технологии по направлениям реализации программы. «Важно сделать всё необходимое, чтобы скорее нарастить собственные компетенции в критически значимых отраслях и достичь технологического суверенитета нашей страны», — отметил М. В. Мишустин на совещании с вице-премьерами 8 апреля 2024 г.

Федеральная научно-техническая программа развития синхротронных и нейтронных исследований была утверждена в 2020 году. В ее рамках плани-

руется создать источники синхротронного излучения в Новосибирской области, в городе Протвино (Московская область) и на острове Русский, модернизировать Курчатовский специализированный источник синхротронного излучения, модернизировать и ввести в эксплуатацию специализированный источник синхротронного излучения в Зеленограде, создать на базе Курчатовского института научно-образовательный медицинский центр ядерной медицины и адронной терапии, ввести в эксплуатацию не менее 25 исследовательских станций Международного центра нейтронных исследований в Гатчине (Ленинградская область). Координатором программы выступает Минобрнауки, головной научной организацией — НИЦ «Курчатовский институт».

Пресс-служба Правительства РФ.

Физики готовят базу для возможного перехода на терагерцевый диапазон в области телекоммуникаций

Сотрудники ИЯФ разработали и создали плазмонный интерферометр терагерцевого диапазона — прибор, который с высокой точностью способен определять оптические свойства материалов. Эта актуальная научно-технологическая задача позволит быстрее перейти в область терагерцевых частот в сфере телекоммуникаций. Терагерцевые частоты, в отличие от широко используемых сверхвысоких частот (СВЧ), способны передавать с высокой скоростью большой объем данных.

Плазмонный интерферометр уникален: для изучения оптических свойств металлов и полупроводников, на основе которых создаются интегральные компоненты для систем беспроводной связи, используются не классические электромагнитные волны, а поверхностные плазмон-поляритоны. Эта разновидность не излучаемой в пространство электромагнитной волны распространяется по поверхности материала вместе с волной свободных зарядов, которая способна более точно характеризовать поверхностные свойства изучаемых образцов на глубине скин-слоя. Интерферометр успешно протестирован на Новосибирском лазере на свободных электронах (ЛСЭ), входящим в ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцевого излучения» (ЦКП СЦСТИ). Результаты опубликованы в журналах *Instruments and Experimental Techniques* и *Applied Sciences*.

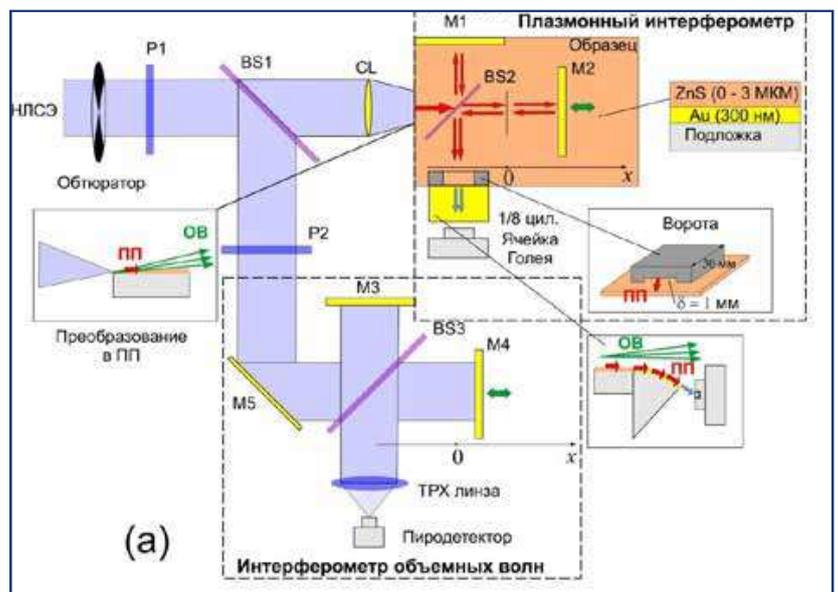
Современные устройства передачи и обработки сигналов (например, 4G) работают на СВЧ. Средний объем передачи и скорость обработки данных в этом микроволновом диапазоне в зависимости от класса устройств варьируется от 0,5 до 100 Гбит в секунду. Чтобы увеличить этот параметр специалисты осваивают терагерцевый (ТГц) диапазон. Разрабатываемые в настоящее время телекоммуникационные устройства ТГц диапазона, в том числе системы беспроводной связи, стандарта 6G, смогут увеличить это значение до 1 Тбит/с. «И это только одна из областей применения терагерцевых волн, — рассказал

старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Василий Валерьевич Герасимов**. — ТГц диапазон привлекателен для биологии и медицины. Например, за рубежом активно развивается диагностика офтальмологических заболеваний и онкологических заболеваний кожи при помощи ТГц волн. Прозрачность большинства пластиков, бумаги и тканей для ТГц излучения позволяет использовать его для обнаружения скрытых предметов, что актуально для систем безопасности. Терагерцевые телескопы используются для изучения реликтового космического излучения, что позволяет получать больше информации о ранних этапах жизни Вселенной. Использование терагерцевой спектроскопии позволяет диагностировать и исследовать различные новые материалы, в том числе наноразмерных масштабов».

Актуальные исследования физиков ИЯФ нацелены на изучение материалов, из которых возможно создавать так называемые планарные интегральные пассивные и активные плазмонные схемы, в которых сигнал передается в виде поверхностных электромагнитных волн — плазмон-поляритонов. При проектировании таких схем не-

обходимо знать оптические свойства металл-диэлектрических и полупроводниковых поверхностей, на которых они создаются. Для этой задачи специалисты разработали и создали плазмонный интерферометр Майкельсона, работающий в ТГц диапазоне.

«Плазмон — это колебания ансамбля электронов, а поляритон — это фотон, квант электромагнитного излучения. Получается, что плазмон-поляритон — это связанный комплекс из классической электромагнитной волны и волны зарядов (электронов или ионов), который не излучается поверхностью в пространство, а движется вдоль нее, — объяснил В. В. Герасимов. — Плотно прилегая к поверхности проводника, такая волна на очень небольшую глубину (порядка десятка нанометров) проникает в материал, поэтому свойства плазмон-поляритонов, а значит энергоэффективность плазмонных схем и качество передаваемой с их помощью информации, сильно зависит от оптических свойств приповерхностного слоя материала и его покрытий, из которых делаются интегральные схемы. И тут встает задача: а какие материалы использовать? Многие стандартные материалы (металлы, полупроводники) хорошо исследованы, даже в терагерце-

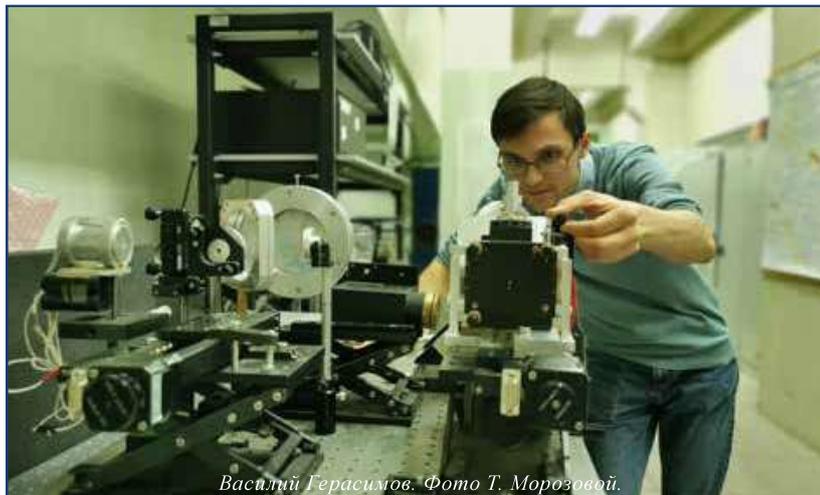


Оптическая схема полной установки из двух интерферометров, одним из которых является плазмонный. Иллюстрация предоставлена В. Герасимовым.

вом диапазоне, но только сделано это с помощью классических спектроскопических методов с использованием объемного излучения, взаимодействующего с исследуемой средой. Получаемые данными методами результаты несут информацию в основном об объемных свойствах материала, а не о поверхностных, которые важны для плазмоники. Экспериментально изучить оптические свойства материала при помощи поверхностной волны и получить более точную информацию о характеристиках образца довольно сложно. Во-первых, нужен достаточно мощный, стабильный и перестраиваемый по частоте источник ТГц излучения, а во-вторых, необходимо решить многие экспериментальные проблемы».

Ученым ИЯФ совместно с группой из Научно-технологического центра уникального приборостроения РАН (НТЦУП РАН, г. Москва), которые в самом начале явились инициаторами данных исследований, удалось справиться со многими задачами благодаря целенаправленной систематической работе и полученному экспериментальному опыту, а также наличию Новосибирского лазера на свободных электронах. Мощный терагерцевый ЛСЭ является одной из главных пользовательских установок ЦКП «СЦСТИ». Средняя мощность излучения этого лазера в ТГц диапазоне является рекордной в мире, и, по-видимому, останется такой в ближайшее время. По спектральной плотности мощности излучения Новосибирский ЛСЭ в области частот 0.8-10 ТГц на несколько порядков превосходит все существующие в мире источники.

«Многие отечественные и зарубежные научные группы занимались исследованиями в области ТГц плазмоники в 1970-2000-х гг., но прекратили, так как столкнулись с большими экспериментальными сложностями. Поэтому наши работы в данной области можно считать пионерскими, — добавил В. В. Герасимов. — Впрочем, у нас это заняло очень много времени. Мы начали вести фундаментальные исследования плазмон-поляритонов в терагерцевом диапазоне вместе с сотрудниками НТЦУП РАН более десяти лет назад, и первые несколь-



Василий Герасимов. Фото Т. Морозовой.

ко лет мы только учились генерировать поверхностную ТГц волну и отделять ее от классической электромагнитной волны. На сегодняшний день мы умеем генерировать плазмоны, управлять их распространением и характеристиками, изучили, как эти характеристики зависят от оптических свойств, шероховатости и геометрии поверхности. Таким образом, из фундаментальных работ по исследованию свойств поверхностных плазмон-поляритонов, по кирпичикам, получилось разработать уникальное оборудование — плазмонный интерферометр Майкельсона ТГц диапазона частот».

В основе данного устройства лежит классическая схема интерферометра Майкельсона. На нем американский физик Альберт Майкельсон в 1887 г. впервые наиболее точно измерил длину волны света. В отличие от классической схемы физики ИЯФ использовали вместо электромагнитных волн поверхностный плазмон-поляритон, который и является носителем информации. На данный момент разработанный и апробированный на ТГц излучении Новосибирского лазера на свободных электронах плазмонный интерферометр продемонстрировал возможность решения поставленных задач, а именно: изучения оптических свойств поверхности материалов и тонких пленок.

«Нам повезло, что у нас есть ЛСЭ, — сказал В. В. Герасимов. — Характеристики лазера на свободных электронах ИЯФ — монохроматичность и когерентность излучения и, что важно, высокая

средняя мощность, аналогов которой в мире нет, позволили нам пройти многие трудности и препятствия. И теперь, апробировав интерферометр на мощном лазере, исследовав и подобрав оптимальные режимы работы установки, узнав многое о плазмонах, мы можем работать с менее мощными источниками ТГц излучения, практически настольными, тем самым расширив практическое применение данного метода. Апробация проходила на металлических пленках, которые напыляются на подложку методом магнетронного распыления у нас же в ИЯФ. Мы не только измерили оптические свойства пленок, но и выяснили, что от технологии их напыления, материала и шероховатости подложки, сильно зависят оптические свойства материала. Теперь эту информацию могут использовать и наши коллеги, так как металлические пленки используются при изготовлении рентгеновских зеркал для ЦКП "Сибирский кольцевой источник фотонов". В настоящее время проводится измерение оптических констант нового композитного материала на основе графеновых наночастиц, нанесенного в виде пленок толщиной 1-400 нм методом 2D-печати (производства Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН). Но в целом наш интерферометр может использоваться для исследований тонкопленочных материалов для любой области применения терагерцевых частот, о которых говорилось выше».

Пресс-служба ИЯФ.

«Моя судьба оказалась связана со встречными пучками»

В ИЯФ я поступил в июне 1962 года по приглашению Геннадия Ивановича Димова (познакомился с ним студентом и позже работал в его лаборатории в Томске). Планировалось, что буду заниматься перезарядной инжекцией. Я вошел в круг проблем, но вскоре всё кардинально поменялось. Геннадий Ивановичу, имеющему опыт строительства синхротрона «Сириус» в Томске, было поручено организовать перевозку установки со встречными пучками ВЭП-1 из Москвы в ИЯФ. В конце июля я поехал в Курчатовский институт, и с этого момента моя судьба оказалась связана со встречными пучками.

В воспоминаниях Бориса Валериановича Чирикова и Александра Николаевича Скринского отражено то, что происходило незадолго до этих событий.

Б. В. Чириков в книге «Академик Г. И. Будкер. Очерки. Воспоминания» писал: «...критическая ситуация возникла в 1956 году. Довольно большой, уже руководимый А. М. Будкером коллектив Лаборатории новых методов ускорения (ЛНМУ) Института атомной энергии, с энтузиазмом работал над осуществлением первоначальной идеи Андрея Михайловича — стабилизированного электронного пучка, который, по его замыслу, должен был открыть совершенно новые перспективы в ускорительной технике. Были достигнуты впечатляющие успехи по созданию мощных электронных пучков. Однако становилось всё более ясным, что поставленная задача значительно сложнее, чем казалось вначале, а конечная цель — стабилизированный пучок — скорее удаляется, чем приближается по мере продвижения вперед. Что делать? Конечно, можно было бы жить по инерции, превратиться в заурядную лабораторию, получающую неплохие второстепенные результаты в области физики и техники пучков с различными, может быть и важными, побоч-



ными приложениями. Но нет, не об этом мечтал Андрей Михайлович, создавая в муках свой коллектив! Его устраивало только кардинальное, революционное решение, и он нашел его — **встречные пучки!**»

А. Н. Скринский (круглый стол, 2004 год) о начале развертывания Будкером работ по встречным пучкам в ЛНМУ:

«Весной 57-го года, когда я был студентом 4 курса, в МГУ пришел Вадим Волосов, нашел меня в общежитии и стал агитировать войти в компанию, которая потом преобразуется в институт. Мы приехали после каникул в августе, собеседование в ЛНМУ прошли несколько человек. Сентябрь, октябрь, может быть, и ноябрь я в группе Б. В. Чирикова занимался экспериментами по созданию и изучению виртуального катода в сильноточном электронном пучке — в связи с предложением А. М. Будкера использовать поле электронного пучка для фокусировки протонных пучков, а потом, видимо, по рекомендации Чирикова, Андрей Михайлович меня позвал к себе и сказал: «Мы собираем группу, которая займется электрон-электронными пучками. Хотим привлечь тебя». Я сразу согласился. К концу 1957 года стала постепенно складываться эта группа. В нее вошли Б. Г. Ерозолимский, Л. Н. Бондаренко, А. Кадымов,

В. С. Панасюк и я. Началось формирование понимания того, что же такое электрон-электронные пучки.

Стало ясно, что потребуется какой-то инжектор. Был опыт спирального накопления на Б1 и бетатронного режима на Б2, и решено было преобразовать бетатрон Б-2, ускорявший электроны до 2 МэВ, в синхротрон Б-2С на энергию 100 МэВ (но реально получился ускоритель на 43 МэВ). Как было выпустить пучок? <...> В течение 1 нсек нужно было создать на орбите дополнительное поле, отклоняющее пучок и направляющее его в выпускной канал. Проблема была острой. Высоковольтный импульс с наносекундным фронтом и с малыми «хвостами» — задача трудная (тем более в 1950-х годах!). Занимались тогда этой задачей Б. Г. Ерозолимский и Л. Н. Бондаренко. <...> В 1958 году чертеж собственно ВЭП-1 был готов. Производство накопителя началось здесь, в Новосибирске, в 1959 году. Многого не было заложено. <...> Изготовленный накопитель в 1960 году перевезли в Москву. ВЭП-1 разбирали и собирали несколько раз...

С ВЭП-1 было много «нетехнических» сложностей. Сначала мы думали, что он будет в Москве. Те, кто оставался в столице, этого хотели. «Перенос ВЭП-1 в Новосибирск — это не только потеря времени, но и работы», — говорили они. Команда Ерозолимского, остававшаяся в Курчатовском институте, стала добиваться статуса лаборатории и отделилась от лаборатории Будкера. Конфликт пришелся на 1962 год, когда мы уже были в Новосибирске.

Дело разбиралось в Министерстве среднего машиностроения, куда входил Курчатовский институт. Там выступил М. А. Лаврентьев. Он резко заявил, что некоторые хотят развивать науку в Сибири, а вот некоторые в Москве не хотят отдать оборудование. Решение было в пользу Будкера, в пользу ИЯФ. Очень быстро команда под руководством Димова демонтировала ВЭП-1 и перевезла его сюда».

Итак, в конце июля 1962-го я оказался в Москве. В первую очередь, мне было поручено ознакомиться с инжектором ВЭП-1 — синхротроном Б-2С. Работавший на синхротроне Азис Кадымов (доброжелательный и квалифицированный физик) научил меня работать на нем. Оригинальная безжелезная конструкция со скиновым формированием магнитного поля произвела на меня сильное впечатление. Система импульсного питания, основанная на конденсаторных батареях и трехэлектродных разрядниках, ужасала своими мощными выстрелами. Синхротрон был в стадии наладки, и многие вопросы еще требовали решения. Накопительные кольца и канал были частично смонтированы. Ящики, помеченные буквой «Д» (что означало фамилию Димов) уже в августе были разгружены в третьем блоке. Комплекс предполагалось разместить на месте нынешнего ВЭПП-2000. Сейчас, по прошествии десятков лет, хочется отметить, что это место оказалось очень удачным. Именно здесь было реализовано еще два успешных проекта: ВЭПП-2М и ВЭПП-2000.

Определилась команда ВЭП-1 во главе с А. Н. Скринским, которая должна была запускать комплекс. А. М. Будкер, как любитель волейбола, называл создаваемые им команды «волейбольными» (имея в виду, что

у всех членов команды одна задача — выиграть, а чтобы забить гол, нужно подавать мяч тому, кто это умеет лучше делать). На первом этапе в команду из ускорительщиков вошли С. Г. Попов, Б. Кудинов, Л. С. Коробейников и я. Через год после получения первого пучка появился Г. Н. Кулипанов. Было три инженера: Ю. Матвеев, отвечающий за наносекундные системы впуска-выпуска, Д. Весновский вместе с лаборантом И. Лагутиным, обеспечивающие работу систем управления и контроля, и Б. А. Лазаренко, обслуживающий высокочастотные системы, которые создавались еще в Москве В. С. Панасюком и Г. Н. Острейко. Без толковых лаборантов А. Чабанова, А. Чернова, Ю. Украинцева, А. Ефимова и других невозможно было бы быстро ввести установку в строй и поставить пионерские эксперименты.

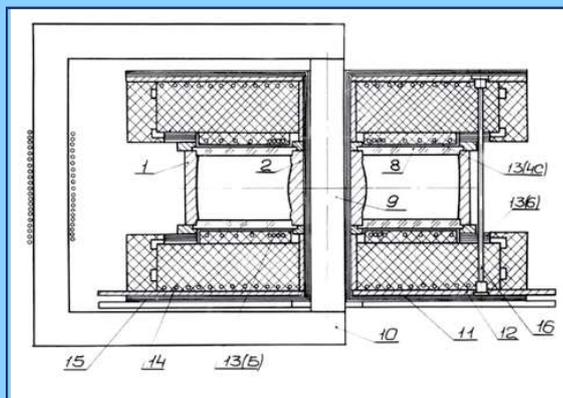
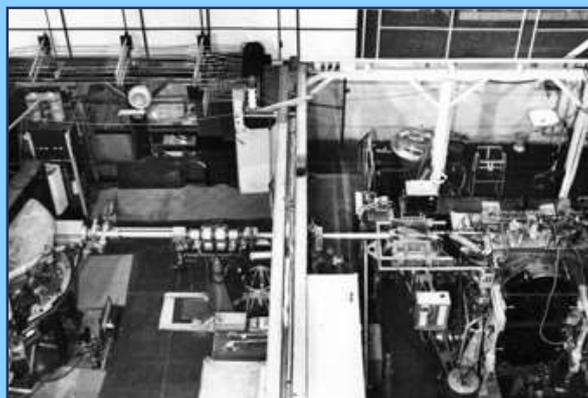
Канал с системой питания создавала лаборатория Е. С. Миронова и Г. И. Сильвестрова, в которой важную роль играл В. Пакин, разработавший в Новосибирске компенсирующие системы. Это был аналог септум-магнитов, выполняющих задачу проводки пучка по прямой траектории через рассеянное поле магнитной системы. Вакуумную систему накопительных колец готовила группа Г. А. Блинова, в составе которой был «ас вакуумных проблем» А. Кулаков. С самого начала

было ясно, что для наблюдения за пучками можно будет использовать синхротронное излучение, и этой задачей А. Н. Скринский и Э. И. Зинин начали заниматься за несколько месяцев до перевозки ВЭП-1 в Новосибирск, с ориентировкой на ВЭПП-2.

Многое нужно было конструировать, улучшать, переделывать. К этим работам были привлечены сотрудники конструкторского отдела А. Щепин и В. Зайцев. К концу октября были закончены строительство антресолей, электромонтаж, монтаж систем дистиллята и вентиляции. Далее последовала установка оборудования, монтаж источников питания, высоковольтных блоков с мощными конденсаторными батареями, пультовой с ее электроникой и т.д.

Несколько слов об электронике. Она была построена на лампах, временную синхронизацию импульсных элементов обеспечивали «шестинаканалки». Самым важным инструментом наблюдения был только что появившийся осциллограф С1-8. Использовались самописцы, имеющие высокую чувствительность. Для зарядки конденсаторных батарей применялись выпрямительные тиратроны, одновременно обеспечивающие грубую стабилизацию. Для тонкой стабилизации использовалась система сброса лишнего заряда с помощью импульсного тиратрона.

Продолжение на стр. 6



Илл. слева. Общий вид комплекса. Илл. справа. Разрез синхротрона Б-2С в вертикальной плоскости: 1 — наружная обечайка, 2 — внутренняя обечайка, 8 — крышка вакуумной камеры, 9, 10 — бетатронный сердечник, 11 — медные экраны, 13 (Б) — бетатронные витки, 13 (Ас) — 4 синхротронных витка, 13 (Б) — шестивитковый пакет, 12, 14 — обратные витки, 15 — элемент силовой конструкции, 16 — стягивающие шпильки.

Начало на стр. 4

Первой задачей команды ВЭП-1 было получение пучка в однопорочечном варианте. Для этого было выбрано верхнее кольцо, магнитное поле было сформировано азимутально симметричным с $n=0,6$. Но вначале нужно было запустить синхротрон. Помню его сборку двумя асами-механиками: В. Свищевым и В. Семенчевым. Особенно сложным местом была сборка с пайкой экранов, защищающих область движения электронов от рассеянного поля бетатронно-го сердечника.

Схема синхротрона показана на рисунке на стр. 5. Внутренняя и наружные обечайки (стенки) были выполнены из дюралюминия и имели лабиринтный разрез, чтобы не было коротко-замкнутого витка, а их профиль за счет скин-эффекта помогал формировать спадающее по радиусу магнитное поле. Последнее создавалось специальной системой витков, расположенных симметрично над вакуумной камерой и под ней. На наружной обечайке имелось несколько съемных фланцев, обеспечивающих доступ внутрь камеры. Фланцы должны были иметь надежный электрический контакт с обечайкой, чтобы не исказить скин-токи. Поэтому важным инструментом ускорителя был ключ на 17, позволяющий надежно прижимать эти фланцы.

Цикл работы синхротрона был таким. Сначала происходила инжекция электронов с энергией 20 кэВ из пушки, расположенной у внутренней обечайки, в квазистационарное магнитное поле при включенном вихревом электрическом поле. Последнее формировалось бетатронным сердечником, находящимся в центре внутренней обечайки. Ускоряясь, пучок разворачивался по спирали (100-150 оборотов), заполняя всю вакуумную камеру, затем начинало расти ведущее магнитное поле, обеспечивая бетатронный режим. В конце бетатронного ускорения размеры пучка уменьшались, а средняя орбита сдвигалась на наружный радиус. Далее включалось напряжение на ускоряющем резонаторе, начинало нарастать поле на равновесной орбите, и шел процесс синхротронного ускорения с длительностью около одной миллисекунды. Частота повторения работы синхротрона — один раз в 16 секунд. Дальше необходимо было обеспечить выпуск. Для этого были установлены витки для сдвига орбиты в дефлектор и к выпускному каналу. Выпуск был организован при участии приехавшего из Москвы Л. Н. Бондаренко, защитившего на этой задаче кандидатскую диссертацию.

Пока мы запускали синхротрон, группа Сильвестрова готовила канал вместе с системой питания от синхротрона к накопительным кольцам. Почти все элементы канала имели импульсное питание. Для наблюдения за пучком как в синхротроне, так и в канале, использовались свинцовые пробники, регистрирующие заряд пучка, и фотопленки, вставляемые в подвижные трубы. Пучок в верхней дорожке мы получили 20 августа 1963 года. Это случилось за день до доклада Андрея Михайловича на Международной конференции в Дубне, где он должен был впервые сообщить о работах по встречным пучкам. Мы впервые своими глазами увидели яркое сияние пучка и сразу позвонили Андрею Михайловичу.

Следующей задачей было получение двух пучков. Во-первых, требовалось подготовить магнитную систему для работы с двумя пучками, создав однородное поле в области взаимодействия при наличии открытого участка для выпуска рассеянных на большие углы электронов. С этой задачей успешно справился Л. С. Коробейников. Во-вторых, нужно было обеспечить сведение электронных орбит по обеим координатам в центре щели для рассеянных электронов. Все эти решения были найдены здесь, в Новосибирске. В камере накопителя на полюсах были установлены медные пластины по две пары в каждом



А. Н. Скринский, В. А. Сидоров (стоит) и А. П. Онучин в пультовой системе регистрации ВЭП-1.

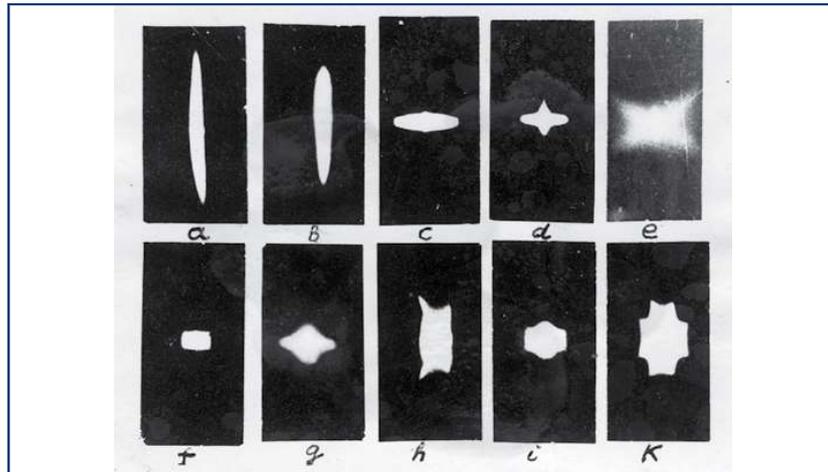
кольце токов, каждая из пластин была запитана от индивидуального источника тока. Задавая определенные значения токов, можно было сводить пучки по вертикали, изменять угол встречи, управлять частотами бетатронных колебаний. Подав высокочастотное напряжение на эти пластины, мы с Г. Н. Кулипановым впервые измерили бетатронные частоты. Это была такая же радость, как и первое наблюдение пучка. Одновременно, при ведущем участии Э. И. Зинина, развивались оптические методики: калибровка интенсивности по одному электрону, измерение продольных и поперечных размеров сгустков. Сильную зависимость интенсивности синхротронного излучения от энергии в синхротроне мы использовали для стабилизации энергии выпуска.

В это же время А. П. Онучиним решалась задача эффективной регистрации рассеяния сталкивающихся электронов. Он предложил установить внутри камеры счетчики для регистрации рассеяния на малые углы. Сечение рассеяния этой системы в 2000 раз превышало сечение системы регистрации на большие углы, созданной к этому времени Е. А. Кушнниренко.

Итак, весной 1964 мы подошли к работе с двумя пучками. Первые события рассеяния на малые углы были зарегистрированы в ночь на 19 мая. Примерно в это время заработала установка со встречными электрон-электронными пучками в Стэнфорде (США).

Далее началась работа по набору статистики с системой регистрации на большие углы, созданной на основе искровых камер. Нам удалось полностью автоматизировать работу всего комплекса. Цикл работы длительно в несколько минут включал в себя накопление пучков заданной интенсивности сначала на верхнюю дорожку, потом на нижнюю; выравнивание сгустков в сепаратрисах; ускорение с регулируемой по ходу нерезонансной раскачкой пучка для улучшения Тушековского времени жизни с одновременной регулировкой частот бетатронных колебаний; после ускорения сведение орбит по обеим координат, сведение сгустков по фазе. Затем давалась команда на включение систем регистрации. При уменьшении токов до заданных величин включался обратный процесс перехода на энергию инжекции. Всё работало на электроприводе к реостату, концевиках, релейной и аналоговой электронной технике без вмешательства оператора. Компьютерную систему тогда только начинали использовать для обработки результатов с детектора на искровых камерах.

Эксперименты были проведены на энергиях $2 \times 43 \text{ МэВ}$ (энергия инжекции), 2×130 и $2 \times 160 \text{ МэВ}$. Отмечу, что первоначально планируемая энергия была $2 \times 130 \text{ МэВ}$. Энер-



Фотографии поперечного сечения пучка вблизи различных резонансов.

гии $2 \times 160 \text{ МэВ}$ удалось достичь установкой специальных катушек, уменьшающих рассеянное поле и, соответственно, уменьшающих насыщение ярма. Энергия $2 \times 160 \text{ МэВ}$ в системе одного электрона соответствует энергии 100 ГэВ . Эту цифру часто, беседуя с гостями, любил называть Андрей Михайлович. Набор статистики продолжался до 1966 года. В этот период А. П. Онучиным были поставлены пионерские эксперименты по изучению однократного и двойного тормозного излучения.

Накопительное кольцо по сравнению с ускорителем, да еще при наличии синхротронного излучения и соответствующей аппаратуры, дает уникальные возможности для

исследования пучковой динамики. Мы старались этим воспользоваться и провели много новых экспериментов. Особенно следует отметить изучение нелинейных резонансов и эффектов встречи, а также выполненные Г. Н. Кулипановым эксперименты по наблюдению областей автофазировки нелинейных колебаний и стохастического движения. Полученный на ВЭП-1 опыт, несомненно, пригодился для создания следующих коллайдеров.

Г. М. Тумайкин.

Фото на стр. 4: участники экспериментов на ВЭП-1 Г. Н. Кулипанов, С. Г. Попов, А. Н. Скринский и Г. М. Тумайкин.

Открылись две выставки научной фотографии

В Выставочном центре СО РАН 10 апреля открылись две выставки научной фотографии: «Природа науки» и «Объекты». Экспозиции приехали из ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН». Авторы снимков посмотрели на объекты науки и процесс научных поисков с необычной стороны, постарались взглянуть на исследование глазами ученого, влюбленного в свое дело. Фотографии показывают неразрывную связь между наукой и окружающим миром.

После открытия прошел круглый стол «Роль фотографии в научной коммуникации», на котором обсу-

ди особенности и сложности популяризации науки с помощью фотографии. На встрече выступили директор Института систематики и экологии животных СО РАН член-корреспондент РАН В. В. Глухов, куратор выставок, научный фотограф, специалист по связям с общественностью Красноярского научного центра СО РАН А. А. Тамаровская и пресс-секретарь Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН Н. В. Дмитриева. Модератором круглого стола выступил Е. С. Заде-реев, куратор выставок, руководитель службы научных коммуникаций

ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН». Состоялась дискуссия о современных тенденциях и возможностях в сфере научных коммуникаций, а также о том, как рассказывать о науке с помощью визуальных средств. Также прошел практикум по научной фотографии.

Экспозиции «Природа науки» и «Объекты» находятся в большом зале на первом этаже Выставочного центра СО РАН, посетить их можно до сентября. Вход бесплатный.

Группа научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН.



Ияфовские мастера вновь продемонстрировали чудеса ручной работы

26 апреля в нашем институте прошла традиционная выставка рукоделия, организатором которой является культурно-массовая комиссия Профсоюза ИЯФ. Цель выставки — представить общественности работы сотрудников, занимающихся различными видами творчества (будь то живопись, бисероплетение, изготовление предметов гардероба, интерьерных украшений или кондитерских изделий). В выставке принимают участие мастера и мастерицы из самых разных подразделений ИЯФ. По словам организаторов, число желающих поделиться своим творчеством растет: в этом году поступило 24 заявки.

Фото Ю. Ключниковой.



Одна из постоянных участниц выставки — к.т.н. Светлана Иваненко.



Адрес редакции: г. Новосибирск,
Пр. ак. Лаврентьева, 11, к. 423.
Редактор Ю. В. Ключникова.
Телефон: (383) 329-49-80
Yu.V.Klyushnikova@inp.nsk.su
Выходит один раз в месяц.

Газета «Энергия-Импульс»
издается ученым советом
и профсоюзом ИЯФ СО РАН.
Отпечатано в типографии
«Техноком-Сибирь»,
г. Новосибирск.



9 772587 631007 >

Тираж 500 экз. Бесплатно.