

чат получение значительного (несколько десятков) коэффициента усиления энергии в облучаемых термоядерных мишенях.

В программе нашли место и проекты термоядерных систем, в которых для иницирования реакций синтеза применяются пучки тяжелых ионов. Однако на современном этапе эти работы, проводимые в Аргоннской, Брукхейвской и Берклиевской лабораториях, расчетно-теоретические, конкретных планов строительства экспериментальных установок представлено не было.

Таким образом, в 1984—1985 гг. по крайней мере на трех установках (неодимовый лазер «Шива-Нова», CO_2 -лазер «Антарес» и релятивистский электронный пучок EBFA) можно ожидать проведения демонстрационного эксперимента. Дальнейшее продвижение по пути к термоядерным реакторам на основе ЛТС связано с необходимостью создания лазера, генерирующего излучение с достаточно короткой длиной волны (0,3—0,6 мкм) при высоком КПД (~10%) и способного работать с частотой повторения импульсов 1—10 Гц.

Г. Канава, говоря о целях исследований в области инерционного термоядерного синтеза, поставил на первое место возможность применения микровзрывов под воздействием лазерных пучков и пучков заряженных частиц в военных целях. После ввода в эксплуатацию мощных лазерных систем «Шива-Нова» и «Антарес» и осуществление экспериментов по облучению термоядерных мишеней выход достигнет 10^{17} — 10^{19} нейтр./импульс. В качестве ориентировочного срока создания демонстрационного лазерного термоядерного реактора был указан 2005 г.

Программы по ЛТС Японии, Франции, ФРГ, Великобритании существенно уступают широким и дорогостоящим исследованиям, проводимым Лос-Аламосской и Ливермор-

ской лабораториями. В Японии в стадии разработки неодимовые и CO_2 -лазеры, рассчитанные на выходную энергию ~10 кДж (установки «Гекко XII» и «Лекко X»). В очередной раз на конференции был представлен доклад об иодном лазере «Астерикс III» (ФРГ, Гархинг). По утверждению авторов, лазер может давать импульсы каждые 8 мин. Достигнута энергия 300 Дж при длительности импульса 180—360 нс; КПД лазера равен 0,09%. Однако каких-либо результатов о взаимодействии излучения с мишенями представлено не было. Судя по всему, пока не преодолены трудности с достижением необходимого энергетического контраста.

Интенсивно продолжают в США работы по созданию и исследованию эксимерных лазеров. В некоторых фирмах («Максвелл», «Авко-Эверетт») созданы лазеры, энергии которых больше 100 Дж (KtF) в ультрафиолетовой области спектра. В Ливерморской лаборатории работает импульсно-периодический KtF-лазер и XeCl-лазер средней мощностью ~40 и 13,5 Вт соответственно. Такого типа лазеры можно применять в экспериментах по разделению изотопов. Для разделения изотопов тяжелых элементов большой интерес представляют импульсные оптически накачиваемые CF_4 -лазеры. В Лос-Аламосской лаборатории на таких лазерах получена генерация в широком спектральном диапазоне от 600 до 650 см⁻¹. КПД преобразования при этом достигал 10%. В Ливерморской лаборатории получили 44-кратное обогащение изотопа ¹³C при селективной ИК-диссоциации молекулы CF_3Br . В Научно-исследовательской лаборатории Военно-Морского флота считают, что первым экономически выгодным применением лазерного метода разделения изотопов будет обогащение дейтерия.

VIII Конференция состоится в конце мая — начале июня 1981 г. в Вашингтоне.

БАРАНОВ В. Ю.

II Международная конференция по мегагауссовым магнитным полям

Конференция состоялась 29 мая — 1 июня 1979 г. в Вашингтоне (США). В ее работе участвовали около 200 специалистов из 28 научно-исследовательских центров Великобритании, СССР, США, Франции, Японии и других стран. На семи секциях обсуждено 68 докладов о последних достижениях в следующих областях: экспериментальная техника генерации мегагауссовых магнитных полей; проводники и изоляторы при высокой плотности энергии и высокой скорости; моделирование магнитодинамических систем; сжимающиеся лайнерные системы для УТС; применение техники сверхвысоких магнитных полей; устройства для мощных импульсных систем.

Конференция открылась обзорным докладом одного из организаторов первой конференции по мегагауссовым магнитным полям (Фраскати, Италия, 1965) Ф. Герлаха (Бельгия). Его доклад содержал сведения об истории исследований в области сильных магнитных полей, начиная с пионерских работ П. Л. Капицы, а также результаты наиболее интересных исследований, выполненных в последнее время.

Самый простой способ получения сильных импульсных магнитных полей связан с использованием в качестве источника энергии конденсаторных батарей. Описанию и анализу экспериментальных результатов по этим вопросам посвящено несколько докладов советских и американских специалистов. Особенностью работ является то, что для получения импульсных полей ~1—3 МГс микросекундной длительности созданы конденсаторные батареи малой внутренней индуктивности (единицы нГ), позволяющие получать мегаамперный ток со скоростью нарастания-

которая превышает 10^{12} А/с. В работах исследуются различные механизмы, приводящие к разрушению соленоидов: пластическое течение материала соленоидов, диффузия магнитного поля, взрыв скин-слоя и др.

Значительное внимание уделено разработкам методики измерения сверхсильных импульсных магнитных полей. В нескольких советских и американских докладах описана оптическая методика регистрации, разработанная применительно к условиям конкретного эксперимента. Методика основана на магнитооптическом эффекте Фарадея и позволяет с погрешностью 1—5% измерять импульсные поля от 0,6 до 10 МГс.

Весомый вклад в труды конференции по взрывным магнитокумулятивным генераторам (МК) вносят работы советских авторов. Их доклады вызвали большой интерес. Разработанный советскими специалистами спиральный МК-генератор имеет высокую эффективность при непосредственном включении в его цепь активной или индуктивной нагрузки (КПД до 20%). Результаты исследований воплощены в конструкции генератора со спиралью внутренним диаметром 320 и длиной 1600 мм. Используя в качестве мощного источника энергии МК-генератор, А. И. Павловскому и др. (ИАЭ им. И. В. Курчатова) удалось воспроизводимым образом получать магнитные поля ~10 МГс, при этом эффективность преобразования кинетической энергии оболочки в энергию магнитного поля составляет до 40%.

Группа специалистов Лос-Аламосской научной лаборатории, возглавляемая М. Фаулером, выступила с двумя докладами, в одном из которых анализируется работа импульсного трансформатора. Его первичная цепь нахо-

дится в области мегагауссова магнитного поля. Авторы на основе экспериментов показывают, что импульсные трансформаторы могут эффективно работать в магнитных полях более высокой напряженности, чем те, в которых предсказывается расплавление и структурные изменения проводников. Вторичная обмотка трансформатора работает в полях 1,1 и 1,65 МГс. Врывной генератор работает на активную (0,5—40 Ом), индуктивную (12,5·10⁻⁶ Г) и емкостную (7,15 мкФ) нагрузки. Коэффициент трансформации имеет удовлетворительную воспроизводимость и изменяется в зависимости от серии опытов от 0,66 до 0,81. Во втором докладе приведены результаты генерирования мегагауссовых магнитных полей в катушке диаметром 9,5 и длиной 25 мм с использованием «мини-генераторов». В них масса взрывчатого вещества (ВВ) была всего лишь 70—100 г.

Численному моделированию работы МК-генераторов были посвящены доклады Дж. Говера, Дж. Мак-Глауна, Дж. Фримена и др.

Несколько докладов посвящено исследованию работы МГД-генераторов с газообразным рабочим телом. В докладе В. М. Титова и Г. А. Швецова (ИАЭ им. И. В. Курчатова) представлены результаты численного и экспериментального исследований работы линейного МГД-генератора, работающего на продуктах детонации газодулятивных зарядов ВВ. Сформулированы требования к рабочему телу взрывных МГД-генераторов. Близкие вопросы рассмотрены в докладах Д. Баума, В. Шиммина и С. Гилла. Группа специалистов Сандиевских лабораторий, руководимая М. Коуэном, представила доклад с изложением идеи создания «Пульсара» — компактного взрывного генератора, неразрушающегося, работающего в частном режиме при мегаджоуловом диапазоне энергии в импульсах длительностью 10—50 мкс. Приведены подробные расчеты расширения плазмы и сжатия магнитного потока. Показано, что в кинетическую энергию может перейти 20% энергии ВВ. Для эффективного сжатия нужна достаточно высокая начальная проводимость плазмы.

Значительное внимание было уделено лайнерной программе: сжатие цилиндрических проводящих оболочек энергией ВВ или внешнего магнитного поля. Специалисты Научно-исследовательской лаборатории Военно-Морского флота США представили пять докладов, посвященных получению плотной плазмы на установке «Шива». Цель экспериментов — создание мощного импульсного источника рентгеновского излучения. Запас энергии меняется от 110 кДж до 1,9 МДж, разрядный ток достигает 10 МА. При пропускании тока через лайнер из алюминия или алюминизированного пластика он испаряется и образуется плотная плазменная оболочка (10¹⁸ см⁻³), сходящаяся к оси со скоростью (1,5—2)·10⁷ см/с. Кинетическая энергия лайнера достигает 200—300 кДж, т. е. 20—30% запасаемой энергии. В момент схлопывания оболочки возникает мощное рентгеновское излучение: в эксперименте энергией 1,1 МДж в рентгеновское излучение переводится 120 кДж за ~100 нс, энергия квантов 30—50 эВ. Рассматривается возможность использования в дальнейшем в качестве источника питания индуктивного накопителя. Аналогичные эксперименты проведены в Сандиевских лабораториях. Лайнер из алюминизированного пластика схлопывается со скоростью 2·10⁷ см/с. Температура плазмы после сжатия достигает нескольких сот электронвольт, магнитное поле на оси 0,84 МГс.

Работы по жидкометаллическим лайнерам развиты в Лаборатории Военно-морского флота. Обзорный доклад результатами исследований и дальнейшей программой работ на установках «Linus», «Linus-O», «Gelios» сделал П. Тёрки — председатель оргкомитета конференции. На этих установках сжатие к оси натриево-калиевого лайнера, сформированного при вращении всей системы, осуществляется специальными поршнями, приводимыми в движение сжатым газом. Достигнуто 30-кратное радиальное сжатие при удовлетворительной повторяемости циклов сжатия — расширение. В экспериментальных и теоретических

докладах этой лаборатории приводятся результаты изучения динамики лайнера, его устойчивости, диффузии магнитного поля в лайнер, сжимаемости лайнера, а также проблемы открытых концов и другие вопросы. Для создания плазмы внутри сжимающегося лайнера предлагается использовать импульсный пучок релятивистских электронов, инжектируемых в лайнер с торца. Обсуждаются преимущества реактора на основе жидкометаллического лайнера. В докладе А. Шервуда из Лос-Аламосской лаборатории приведены результаты экспериментального изучения сжатия лайнера на установке СЦИЛЛАК. Для заполнения лайнера плазмой применяется коаксиальная плазменная пушка. Получена плазма плотностью 10¹⁶—10¹⁸ см⁻³ и температурой 50 эВ.

Пять докладов по лайнерной программе представлены специалистами ИАЭ им. И. В. Курчатова. Результаты экспериментального изучения сжатия алюминиевых лайнеров сильным импульсным магнитным полем (600 кГс) приведены в докладе А. М. Андрианова и др. Лайнер, сжимаемый со скоростью 5·10⁵ см/с, не теряет устойчивости при отношении толщины оболочки к начальному радиусу ~0,025. Максимальное поле внутри сжимающегося лайнера достигает 3,2 МГс. В расчетной работе Э. А. Азизова и др. предлагается идея ускорения двухступенчатого лайнера с использованием индуктивного накопителя. До 10% энергии накопителя можно передать в магнитное поле. В докладе Ю. А. Нареева и др. обосновывается возможность создания термоядерного реактора при увеличении времени удержания плазмы толстым лайнером ($\Delta > 6$ см) за счет взрыва внутренней поверхности, нагреваемой термоядерными нейтронами из плазмы. Доклад Р. Х. Куртмуллаева и др. посвящен расчетам квазисферического сжатия плазмы, выполненным на основе двумерной модели жидкого проводящего лайнера. С. Г. Алиханов и В. П. Новиков на основе численных экспериментов показывают эффективность использования плазменного слоя для уменьшения потерь магнитного потока при сжатии его лайнером.

Одна из секций конференции была посвящена использованию сильных импульсных магнитных полей в научных исследованиях и технологии. С обзорным докладом по этим вопросам выступил С. Келлер (США). Специалисты Максвелловской лаборатории выступили с докладом, в котором описана конденсаторная установка ($C = 50$ мкФ, $U = 40$ кВ; $L = 25$ нГ) для получения мегагауссовых полей и их применения для герметизации защитных оболочек тепловыделяющих элементов реакторов.

В двух докладах Дж. Барбера и Р. Маршалла, а также Р. С. Хаука и Дж. Скюддера обсуждается возможность ускорения макроскопических частиц до большой скорости. В первом из докладов этот вопрос изучается экспериментально: конденсаторная батарея разряжается через промежуточный индуктивный накопитель на релесотронный ускоритель, магнитное поле в зоре которого достигает 400 кГс. Удалось ускорить тела массой 1 г до скорости 6 км/с. Во втором докладе подробно рассматриваются проблемы, возникающие в процессе работы релесотронного ускорителя: нагрев и плавление перемишки, механические напряжения, возникающие в конструкциях вследствие давления магнитного поля и высокой температуры и др. Проведенные расчеты позволяют сделать авторам оптимистический вывод о возможности осуществления таких ускорителей. В докладах Дж. Ширера из Ливерморской лаборатории им. Лоуренса рассматривается применение импульсного магнитного поля для создания ударных волн. Используя сравнительно медленно нарастающее поле (0,9 МГс за 50 мкс), авторы получили в плоской камере ударные волны в ксеноне со скоростью 40 км/с. Для генерации волн с более высокими параметрами необходимо обострение фронта нарастания магнитного поля. Для этого необходим быстрый «включатель» магнитного поля, о разработке которого сообщается в другом докладе. В качестве перемишки на входе в ударную трубу используют профилированную алюминиевую прокладку, которая при нагревании ее током разрывается под действием

магнитного давления. Систему приводили в действие МК-генератором. Измерения показали, что при магнитном поле 1,1 МГс время открытия переключки составляет 2 мкс, скорость ксенонового слоя — $4 \cdot 10^6$ см/с. При этом около 40% магнитной энергии переходит в энергию ксенонового слоя.

Интересный доклад об использовании сверхсильных магнитных полей для ускорения заряженных частиц представлен советскими специалистами (Б. С. Панасюком,

А. А. Соколовым и Б. М. Степановым). В качестве источника энергии в том проекте предусматривается использовать цилиндрические и плоские магнитокумулятивные взрывные генераторы. Следует отметить также работу Р. Хаука, в которой магнитное поле от взрывного генератора применяют для излучения изэнтропического сжатия водорода, неона, Al_2O_3 , тефлона до давления 5 Мбар. Труды конференции будут изданы.

ДЕМИЧЕВ В. Ф.

IV семинар СССР—ФРГ по Мёссбауэровской спектроскопии

В семинаре, состоявшемся в июне 1979 г. в Мюнхене (ФРГ), участвовали специалисты ИХФ АН СССР, ИАЭ им. И. В. Курчатова и специалисты института E15 Мюнхенского технического университета, а также некоторых других центров.

Тематика семинара включала четыре раздела: свойства парамагнитных ионов и релаксационные явления; химическая релаксация; статические и динамические свойства биомолекул; когерентные явления и динамика кристаллической решетки.

По первому разделу сделано семь докладов. А. М. Афанасьев (ИАЭ им. И. В. Курчатова) рассказал о результатах совместных работ с проф. Цинном (Юлих) о влиянии слабого магнитного поля (десятки эрстэд) на Мёссбауэровский спектр в монокристалле $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O : Fe^{+3}$. Оказалось, что при некоторых углах ориентации магнитного поля относительно осей кристалла возникает смешанное электронно-ядерное состояние, которое ответственно за появление в спектре новых не свойственных для железа линий.

Об исследовании свойств европиевого и дипрозиевого гранатов при переходе в аморфную фазу сообщил Литтерст (Мюнхенский технический университет). Аморфные пленки получали выбиванием атомов из мишени и последующим осаждением на холодную подложку. Обнаружено резкое отличие спектров аморфного и кристаллического гранатов. В. Вагнер из этого же университета рассказал об использовании спиновой релаксации Du^{+3} в сверхпроводнике. Предлагаемая теория (совместно с В. Д. Горобченко из ИАЭ им. И. В. Курчатова) учитывает взаимодействие спина Du с электронами, причем время корреляции зависит от ширины щели сверхпроводящего состояния.

По второму разделу обсуждалось шесть докладов. Здесь главное внимание было уделено электронному обмену, атомным и молекулярным движениям, которые имеют место при фазовых температурных переходах, химических реакциях и как следствие предшествующего радиоактивного распада.

Самым большим оказался третий раздел, связанный с биологией. Здесь было заслушано 13 докладов, посвященных динамической структуре белка. В части работ Мёссбауэровская спектроскопия являлась основным мето-

дом. Однако рассматривались и сочетания с другими методами исследования, например с рэлеевским рассеянием, рентгеновской дифракцией, электронным парамагнитным резонансом, оптической спектроскопией, люминесцентным анализом, методом тотальной тритиевой метки. Здесь следует отметить доклад В. И. Гольданского (ИХФ АН СССР) о молекулярном химическом туннелировании при низкой температуре. Были приведены примеры химических реакций при сверхнизкой температуре, а также развиты новые идеи в химической эволюции.

Четвертый раздел семинара (шесть докладов) освещал динамическую дифракцию Мёссбауэровского излучения и фильтрацию синхротронного излучения. Эффекту Мёссбауэра и квазиупругому рассеянию для одно- и двумерных систем был посвящен доклад Ю. М. Кагана (ИАЭ им. И. В. Курчатова). Вычислялась температурная зависимость упругого и неупругого рассеяния, которая особенно сильной оказалась в одномерном случае. У. ван Бюрк рассказал о совместных работах со специалистами ИАЭ им. И. В. Курчатова по динамической дифракции Мёссбауэровского излучения на кристалле $FeVO_3$. Сообщалось о создании установки для Мёссбауэровской дифракции с разрешением 0,5". О первом наблюдении однофононных переходов в тербии с использованием эффекта Мёссбауэра сообщил Х. Ландхофф. Для этого была разработана центрифуга с частотой вращения $5 \cdot 10^3$ Гц и радиусом 6 см.

Сообщение об использовании вторичных процессов (появление рентгеновского излучения, электронов внутренней конверсии, оже-электронов) при изучении Мёссбауэровской дифракции сделал П. А. Александров (ИАЭ им. И. В. Курчатова). Метод оказался полезным для изучения различного рода искажений поверхности кристаллов. Р. Мёссбауэр рассказал о готовящемся эксперименте в Гренобле по обнаружению нейтринных осцилляций, Р. Ханном (Хьюстон, США) — о совместных работах с Гамбургским университетом по выделению Мёссбауэровской части из синхротронного излучения. Предполагается использовать металлические пленки ($\lambda/4$) при критическом угле отражения.

АЛЕКСАНДРОВ П. А.

3-е Всесоюзное совещание по микродозиметрии

Совещание, организованное, как и предыдущие два, МИФИ, состоялось в июне 1979 г. в Москве. На нем присутствовали 200 специалистов из 61 организаций, было заслушано и обсуждено 66 научных сообщений и докладов.

Нелинейная зависимость вероятности проявления радиационных эффектов в структурах и облучаемых объектах в целом от средней энергии, переданной им ионизирующим излучением, не позволяет характеризовать радиационное