

из которых наибольший интерес представляют сообщения о многожильном ниобий-оловянном кабеле в герметичной оболочке квадратного сечения из нержавеющей стали («Airco», США) и об оценке давления в каналах магнитной системы при ее аварийном переходе из сверхпроводящего состояния в нормальное. Обзорный доклад о сверхпроводящих магнитах для токамаков сделал проф. П. Комарек (Институт технической физики Ядерного центра в Карлсруэ, ФРГ). В обсуждении этого доклада принял участие и автор настоящей заметки, сообщивший, в частности, о проведении на T-7 первых экспериментов по физике плазмы.

Многие доклады связаны с использованием для охлаждения сверхпроводников переохлажденного сверхтекучего гелия.

В течение нескольких лет в Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (США) идут работы по сооружению протонного синхротрона со сверхпроводящими диполями («дابلера», т. е. удвоителя энергии). Сейчас сделано около 300 диполей (их общее число должно составить ~800). Результаты испытаний обобщены в докладе М. Вакэ. Несмотря на многочисленные технологические и конструктивные меры, диполи имеют довольно значительный разброс по току перехода в нормальное состояние. Убедительно показано практически полное отсутствие связи деградации с критическими токами коротких образцов.

В ряде докладов рассматриваются криогенные установки, предназначенные для охлаждения сверхпроводящих магнитов. Основная тенденция состоит в полной автоматизации

этих установок, в том числе и в пусковых режимах. Таков ожижитель-рефрижератор сверхпроводящей «змейки», который фирма «Зульцер» монтирует в Дэресбери (Великобритания) на источнике синхротронного излучения. Установка рассчитана на 1000 ч безостановочной работы и оснащена миникомпьютером.

Об исследовании сверхпроводящих ниобий-оловянных материалов, модели сверхпроводящего машинного компонента мощностью 400 кВА и о других исследованиях сообщили специалисты из КНР.

Включается в работы по прикладной сверхпроводимости и Италия. На сопровождавшей конференцию выставке фирма «Ansaldo» представила материалы о двух больших сверхпроводящих магнитах с циркуляционным охлаждением, выполненных ею недавно для ЦЕРН.

Конференция была хорошо организована. На выставке были представлены образцы криогенного оборудования, новые сверхпроводящие материалы и т. д. На территории выставки отведено место для стендовых докладов. Большое число последних позволило ограничиться проведением всего двух параллельных секций, что значительно облегчило возможность прослушивания нужного доклада или встречи с коллегами.

Следующую конференцию по криогенной технике намечено провести в мае 1982 г. в Японии, а в марте — апреле 1981 г. в Карлсруэ (ФРГ) должна состояться VII Международная конференция по магнитной технологии, на которой также большое место займут проблемы прикладной сверхпроводимости.

КЕЙЛИН В. Е

## Десятый семинар по моделированию на ЭВМ радиационных и других дефектов в кристаллах

Семинар «Моделирование дефектов в щелочно-галогидных и полупроводниковых кристаллах» проходил 15—17 января 1980 г. в Риге. В нем участвовали 102 человека из 43 институтов.

После лекций В. М. Аграновича, В. Л. Бонч-Бруевича, М. К. Шейнкмана, К. К. Шварца был прочтен обзорный доклад А. Е. Кива (Криворожский педагогический институт) о развитии метода квантовохимического моделирования активационных характеристик алмазоподобных полупроводников. В случае бинарных систем алгоритм задачи модифицируется с учетом изменения характера гибридизации, степени ионности при атомных перестройках.

Цикл работ группы авторов по расчету электронных состояний и конфигураций дефектов в ковалентных и ионных кристаллах доложил К. Б. Толыго (Донецкий ФТИ АН УССР). Между зонными и автолокализованным состояниями в кристаллическом неоне существует небольшой барьер  $< 0,25$  эВ, что отвечает сосуществованию экситонов двух типов. В кристаллах NaCl и KCl энергия автолокализации дырки, рассматриваемая как разность между энергиями кристалла с «размазанной» и локализованной дыркой, получается соответственно 0,86 и 0,64 эВ. Поэтому энергетически выгодна автолокализация дырки, т. е. образование  $V_K$ -центра.

Е. А. Котомин (ИФ АН ЛатвССР) рассчитал электронные структуры и положения одноэлектронных уровней N-,  $V_K$ -, F-центров относительно зон совершенных кристаллов LiF и NaCl с учетом неточной природы ионов, окружающих молекулярный кластер с дефектом. Он показал, что для расчета F-центра в традиционную модель необходимо ввести дополнительную функцию, центрированную на вакансии, и что дефекты одного сорта в ходе накопления имеют тенденцию к образованию кластеров, размер которых определяется параметрами сферы реком-

бинации и функцией исходного распределения пар Френкеля.

Для выяснения процесса распада кластера Ф. В. Пиров (ИФ АН ЛатвССР) провел моделирование диффузионно-контролируемого накопления некоррелированных точечных дефектов в двумерной картине  $70 \times 70$  ячеек при различных значениях объема рекомбинации, скорости создания дефектов и скорости блуждания дефектов по моделируемой области. Небольшие различия (~10%) между экспериментальными и расчетными значениями стационарной концентрации дефектов связаны с ошибкой, возникающей при статистическом моделировании, и с предположением о сферической области рекомбинации.

В исследовании упругого взаимодействия краевых дислокаций с анизотропными точечными дефектами вакансионного и межузельного типов в щелочно-галогидных кристаллах получена ориентационная зависимость, являющаяся следствием значительной относительной анизотропии тензора деформации дефекта, наложения размерного и модульного эффектов и неоднородности поля дислокации в объеме дефекта. Отношение величин максимальной и минимальной энергий притяжения составляет 9,9 для бивакансии, 4,7 для M-центра и 1,1 для N-центра. Наличие ориентаций, соответствующих указанным энергиям, позволяет интерпретировать экспериментальные данные по изменению механических свойств ионных кристаллов, облученных в свободном и напряженном состояниях (Р. Д. Дохнер, ИФ АН ГССР).

При исследовании локализованных состояний на основе метода функций Грина существенной проблемой является выбор массива векторов первой зоны Бриллюэна, по которому суммируются функции Грина. Использование специальных точек зоны Бриллюэна в настоящее время представляется единственным с практической точки зре-



ния выходом из положения. В частности, А. Ш. Махмудов (ИЯФ АН УзССР) показал, что при увеличении числа специальных точек наблюдается очень быстрая сходимость энергии ионизации локального центра.

А. И. Купчишин (Каз.ГУ) рассчитал вероятности захвата и выхода позитронов из дефекта. В случае прямоугольного потенциального барьера рассчитана зависимость вероятности выхода от разности высоты барьера и энергии позитрона для различных толщин барьера. Получено, что с ростом энергии позитрона или понижением высоты потенциального барьера вероятность выхода из ловушек растет.

Исследование профиля концентраций смещенных атомов в решетке Si, облученного дозами ионов  $K^+$ , провел

Э. Т. Шипатов (УПИ). При этом учитывалось изменение функции распределения каналированных ионов по поперечной энергии на заданной глубине в кристалле. Анализ распределений, полученных с помощью ЭВМ, показал, что смещенные атомы располагались вблизи стенок каналов и что необходимо учитывать рассеяние на примесных атомах К, если их концентрация превышает  $10^{21}$  см<sup>-3</sup>.

Кроме перечисленных обсуждены результаты исследований температурной зависимости пространственного разделения пар точечных дефектов в кристаллах, структуры коллоидных центров окраски, возможность применения ЭВМ для моделирования физических процессов в полупроводниковых структурах интегральных микросхем и другие вопросы.

ТРУШИН Ю. В.

## В институтах и лабораториях

### Сверхпроводящий торсатрон «Кристалл-2»

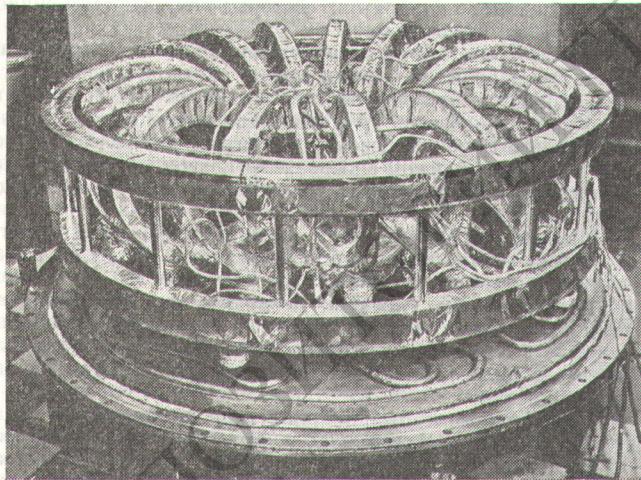
В Харьковском физико-техническом институте в 1980 г. введена в строй новая термоядерная установка стеллараторного типа — сверхпроводящий трехзаходный торсатрон «Кристалл-2» с дивертором (см. рисунок), предназначенная для отработки криогенного обеспечения сверхпроводящих магнитных ловушек, криогенной вакуумной технологии, исследования диверторов, бестоковых методов создания и нагрева плотной плазмы при больших скоростях откачки в системе с дивертором, динамики загрязнения и очистки плазмы. Установка состоит из следующих узлов: вакуумной камеры — криостата; сверхпроводящей магнитной системы (СМС), включающей винтовую обмотку

и диагностики плазмы. Основные узлы «Кристалла-2» размещены внутри единой камеры — криостата большого объема, что упрощает криостатирование сверхпроводящих обмоток, улучшает условия их теплозащиты, упрощает технологию ее изготовления и сборки. Наличие только винтовых обмоток позволяет использовать распределенный по всей длине системы винтовой дивертор, подобный долоидальному дивертору токамака, обеспечивает наибольший доступ к исследуемой плазме, дает возможность располагать откачивающие устройства большой производительности в непосредственной близости от источников газовой выделенности, что существенно повышает эффективность криогенных средств откачки и снижает их стоимость. Для охлаждения СМС выбрано косвенное охлаждение потоком двухфазного гелия ( $T \approx 4,2 \div 3$  К) при наличии в обмотке длинных каналов сечением  $5 \times 5$  мм<sup>2</sup> для протока криогента.

Основные параметры установки: напряженность продольного магнитного поля  $1,353 \cdot 10^6$  А/м, винтовые и компенсирующие обмотки получают ток независимо, что позволяет управлять топографией магнитного поля; большой радиус винтовой обмотки — 60 см, малый — 9,5 см; конструктивная плотность тока  $\sim 2 \cdot 10^4$  А/см<sup>2</sup>; запасенная энергия — 1 МДж; отношение максимального поля в обмотке к продольному  $\sim 2$ ; удельный расход криогентов на охлаждение СМС: жидкого азота  $\sim 0,81$  кг, жидкого гелия  $\sim 0,07$  кг на 1 кг конструкции СМС; общая масса СМС  $\sim 1265$  кг; продолжительность охлаждения системы до сверхпроводящего состояния  $\sim 80$  ч; число витков в винтовых полосках — по  $\sim 696$  (кабель NbTi диаметром 1,5 мм), компенсирующих — по  $\sim 555$ ; расход жидкого гелия в стационарном режиме до 70 л/ч, жидкого азота на охлаждение радиационных экранов —  $\sim 1,7$  л/(ч·м<sup>2</sup>); средний радиус плазмы  $\sim 6,5$  см; угол вращательного преобразования  $\sim 1,4\pi$ .

На установке предполагается получить плазму плотностью  $\sim 5 \cdot 10^{13}$  см<sup>-3</sup>, температурой  $\sim 0,2-0,4$  кэВ и временем жизни  $\sim 5$  мс путем внешней инжекции, а также с помощью ВЧ- и СВЧ-методов.

СНИБЕНКО Е. И., СУПРУНЕНКО В. А., ЮФЕРОВ В. В.



Сверхпроводящий торсатрон «Кристалл-2»

без катушек продольного поля и два компенсирующих соленоида; средств криогенного обеспечения; криогенной вакуумной системы, а также средств создания, нагрева