

ХРОНИКА

**СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ
И ХИМИЧЕСКИХ НАУК АКАДЕМИИ НАУК УССР
ПО ВОПРОСАМ ФИЗИКИ**

Со 2-го по 5-е февраля с. г. в Киевском Институте физики Академии наук УССР происходила сессия отделения физико-математических и химических наук Академии наук УССР. На сессии обсуждались некоторые из работ, выполненных в Физических учреждениях Академии наук УССР: Харьковском физико-техническом институте (ФТИАН), Киевском институте физики (ИФАН), Лаборатории металлофизики (ЛМФ).

Группа докладов была посвящена работам лаборатории проф. Б. Г. Лазарева (ФТИАН) по сверхпроводимости.

Д. С. Кан, Б. Г. Лазарев и А. И. Судовцов в Исследовании сверхпроводимости индия и олова при всестороннем сжатии под давлениями 1370 кг/см² и 1730 кг/см² "улучшили свою методику получения высоких давлений, основанную на замораживании воды в замкнутом объеме. Применяя метод измерения давлений с помощью сверхпроводящих манометров, они показали большую однородность давлений, получаемых по их способу.

Ими продолжена работа по измерению смещения критической температуры и критических магнитных полей в зависимости от давления поликристаллического и монокристаллического олова и поликристаллического индия. Во всех случаях смещение оказалось пропорциональным давлению. У олова эффект больше, чем у индия. Смещение критического магнитного поля уменьшается с понижением температуры. Как и в обычных условиях, характер кривых перехода под давлением различен у монокристаллических и поликристаллических образцов.

Авторам впервые удалось экспериментально обнаружить, с помощью специально разработанной методики, изменение объема при сверхпроводящем переходе в магнитном поле. Однако эти наблюдения еще не обладают точностью количественных измерений.

Очень интересными оказались Исследования сверхпроводимости при высоких частотах А. А. Галкина и Б. Г. Лазарева, подводющие к кинетике образования сверхпроводящего состояния. В этих опытах использована идея разрушения сверхпроводящего состояния магнитным полем тока. Если амплитудные значения синусоидального переменного тока, пропускаемого через сверхпроводник, превосходят критическое значение, то осциллограмма изменения падения напряжения на исследуемом образце соответственным образом искажается, так как во время сверхпроводящего перехода падение напряжения на образце резко меняется от определенного значения до нулевого, или наоборот. Очевидно, что временная ширина скачка на осциллограмме напряжения соответствует временному интервалу сверхпроводящего перехода в магнитном поле.

Перенеся эту идею в изящную методику трансформатора с сердечником из сверхпроводника, авторы непосредственно измерили как верхний предел

длительности перехода образца из нормального состояния в сверхпроводящее ($\tau \ll 10^{-6}$ сек), так и минимальную скорость перемещения границы между нормальной и сверхпроводящей фазой ($v > 10^3$ см/сек).

Усовершенствование применяемой аппаратуры несомненно позволит авторам значительно уточнить свои результаты.

В следующей работе Б. Г. Лазарева и А. А. Галкина: „Некоторые детали сверхпроводящего перехода“, была исследована температурная зависимость сопротивления образцов олова и тантала в области перехода из нормального состояния в сверхпроводящее. Экспериментальные трудности заключаются в необходимости поддерживать постоянство температуры с большой точностью, так как весь температурный интервал перехода составляет одну-две тысячных градуса.

Ход сопротивления с температурой в области перехода показал очень сложную „структуру“. Наиболее интересным в этой зависимости является то, что после достижения нулевого значения сопротивление с дальнейшим понижением температуры опять скачкообразно возвращается к своему нормальному значению и сохраняет его в некотором интервале $< 5 \cdot 10^{-4}$ градуса. Затем происходит срыв на нулевое значение, сменяющееся резкими колебаниями с небольшими, всё затухающими амплитудами. Эта область „хвоста“ тем шире, чем больше деформирован образец. Картина получается тем сложнее, чем больше идущий через образец ток, с которым производится измерение.

Измерения в магнитном поле дали другую картину, причём существенно различную для случаев поперечного и продольного полей.

Следующая группа докладов касалась вопросов фазовых превращений и некоторых вопросов металлофизики.

Действительный член АН УССР Г. В. Курдюмов (ЛМФ) выступил с докладом, подытоживающим многолетнюю работу его и сотрудников в области мартенситных превращений в сплавах.

Изучая превращения в сплавах при закалке и отпуске, автор со своими сотрудниками открыл неизвестный раньше вид так называемых бездиффузионных фазовых превращений, сказавшихся одним из основных видов фазовых превращений в твёрдом состоянии. Эти превращения получили название мартенситных, так как впервые были изучены на примере образования мартенсита.

Мартенситные превращения характеризуются обратимостью и наличием значительного гистерезиса. Было установлено, что кристаллическая решетка мартенсита вполне определённым образом ориентирована по отношению к исходной. Количество вещества, претерпевающее мартенситное превращение, обуславливается, в основном, температурой, а не временем выдержки или скоростью нагрева (охлаждения). Это является следствием протекания процесса превращения с большой скоростью и, следовательно, бездиффузионно. Больше того, было показано, что при этих превращениях отсутствует и обмен местами между атомами. Упорядоченные растворы и после мартенситного превращения остаются упорядоченным с тем же расположением соседних атомов. Поэтому механизм мартенситного превращения должен заключаться в закономерной перестройке решётки, при которой соседние атомы смещаются друг относительно друга на расстояния, составляющие доли межатомных. Возможность реализации наблюдающихся перестроек при помощи такого механизма продемонстрирована докладчиком на моделях.

Только с этой точки зрения можно представить себе открытое в лаборатории автора явление структурной обратимости. Так, например, в изысканном опыте с монокристаллом твёрдого раствора было показано, что после превращения при охлаждении он состоит из большого числа кристалликов мартенситной фазы, закономерно ориентированных в несколько положений в соответствии с симметрией исходной решётки и характером ориентировки. В результате обратного превращения возникает одна, первоначальная, ориентировка исходного монокристалла.

В кинетике мартенситных превращений сохраняется одна характерная особенность, не объяснённая с полной убедительностью. Вследствие указанного механизма процесс роста зародышей новой фазы идёт очень быстро, но почему-то сразу же обрывается, и увеличение количества вещества в новой фазе идёт не за счёт роста зародышей, а за счёт роста их числа. Автор видит причину ограничения роста кристаллов новой фазы в возникающих напряжениях, которые обрывают связь между решётками старой и новой фаз.

Член-корреспондент АН УССР В. И. Данилов (ЛМФ) в докладе „О зарождении центров кристаллизации в переохлаждённых жидкостях“ подвёл итоги своих исследований в этой области.

Здесь мы сталкиваемся с двумя главными проблемами; явлением спонтанной кристаллизации и влиянием на кристаллизацию нерастворимых примесей. Разделение обоих эффектов является трудной экспериментальной задачей. Однако автору с сотрудниками удалось, работая с чистыми органическими веществами и металлами, после тщательной их дополнительной очистки выделить образцы, удовлетворяющие критериям спонтанного характера образования в них центров кристаллизации, и изучить кинетику этого образования. На основании многочисленных исследований автор разбивает все вещества по характеру зависимости скорости зарождения в них центров кристаллизации от переохлаждения на три группы, каждая из которых названа именем вещества, наиболее подробно исследованного. 1) В веществах группы сала спонтанная кристаллизация отсутствует при всех температурах. 2) Группа ортохлорнитробензола характеризуется наличием резкой границы метастабильности. Вещества этой группы, куда относятся и металлы, перевести в стеклообразное состояние не удаётся. 3) Вещества группы пиперина позволяют получать кривую зависимости скорости зарождения центров кристаллизации от переохлаждения в широком интервале переохлаждений, почему и являются удобными объектами исследования.

Сопоставление полученных экспериментальных закономерностей с выводами флуктуационной теории позволяет произвести оценку поверхностного натяжения между кристаллическим зародышем и жидкостью, а также энергии активации, отвечающей переходу молекулы из жидкости в зародыш.

Роль изоморфных примесей хорошо изучена экспериментально и удовлетворительно объясняется флуктуационной теорией кристаллизации. Авторы больше интересовали эффекты активированных примесей, изучение которых привело к выводу, что активация примесей происходит только в том случае, когда примеси находятся в контакте с кристаллической фазой исследуемого вещества. Скорость активации зависит от температуры и при сильном понижении последней убывает до нуля. Механизм активации автор связывает с установлением молекулярного контакта между частицами примесей и кристаллами закристаллизовавшегося вещества. Деактивация примесей, растущая с ростом температуры выше точки плавления жидкости, связывается с разрушением граничного слоя, возникшего на поверхности частичек при активации.

В своем докладе „К кинетике двухфазной (эвтектической) кристаллизации“ проф. В. Я. Пинес (ФТИАН) изложил теорию образования в затвердевающих эвтектиках слоистой структуры, состоящей из чередующихся пластинчатых образований компонент, входящих в сплав.

Другой доклад В. Я. Пинеса касался методики получения и локального рентгеноструктурного анализа сплавов переменной концентрации. Задача применения рентгенографического исследования требует получения конденсированных плёнок достаточной толщины (не менее нескольких микрон). Для получения толстых плёнок автор предлагает, вместо сложного метода питания сферической капли по Векшинскому, пользоваться коническими испарителями, допускающими сразу

большие загрузки. Такой испаритель представляет собой конус из окиси алюминия, опущенный вершиной в нагреваемую током коническую вольфрамовую спираль. Автор даёт формулы для расчёта распределения конденсата на конденсаторе с учётом изменения уровня испаряемого металла в испарителе.

При конденсации металлов на холодной поверхности плёнка, по достижении некоторой критической толщины, в результате внезапно наступающей рекристаллизации, быстро разрушается. Поэтому автор рекомендует пользоваться горячими конденсаторами. В качестве таковых он нашёл удобным пользоваться тонкими листочками слюды, подогреваемыми до нескольких сот градусов. Для получения образцов нужный участок плёнки вырезается вместе со слюдяной подкладкой и наворачивается на стеклянную нить диаметром 0,3—0,5 мм. Экспозиции при съёмке с острофокусными трубками длятся 15—20 мин.

Наиболее трудной задачей, оставшейся неразрешённой в данной работе, является экспериментальный контроль местной концентрации сплава.

На сессии высказывались соображения, что принципиальным недостатком метода сплавов переменного состава в рентгенографии является то обстоятельство, что в задачах изучения равновесных состояний приходится пользоваться образцами с состояниями неравновесными. Это ограничивает метод поисковыми исследованиями и требует, для точных измерений, дополнения его методом отдельных образцов постоянного состава. Правда, изучение плёнок переменного состава с неравновесными состояниями может представлять самостоятельный интерес.

Лаборатория проф. С. Д. Герцикена (ЛМФ) много занималась изучением явлений диффузии в металлах. В проведённых работах ставилась задача выяснения главных факторов, характеризующих процесс диффузии в двухкомпонентных сплавах. Этими определяющими факторами являются энергия и энтропия активации.

В работе С. Д. Герцикена и И. Я. Дехтяра „Влияние валентности и сил связи на скорость диффузии в серебряных и медных сплавах“ авторы переходят к изучению тройных сплавов. При этом небольшое, в виде примеси, содержание третьей компоненты вводится в ранее изученные двухкомпонентные сплавы с тем, чтобы исследовать влияние на процесс диффузии этого третьего элемента.

Была исследована диффузия Cd (12—17%) в Ag, когда в качестве примеси (около 3% атомных) в сплав вводились Zn, Al, Sn и Sb, и диффузия Zn (около 7%) в α -латунь в присутствии примесей (около 2% атомных) Mn, Ni, Au, Sn, Sb. Как постановка опытов, так и обработка полученного интересного экспериментального материала проводились с точки зрения выяснения влияния на процесс диффузии валентности элемента примеси. Разница в энергиях активации для диффундирующего элемента в чистом сплаве и в сплаве с примесями оказалась линейной функцией от валентности третьего элемента. Подобная линейная зависимость получается и для изменения энтропии.

Отдавая должное экспериментальным результатам, выступавшие полемизировали с авторами по вопросу об их трактовке, усматривая некий произвол в приписывании валентностей, которые, по их мнению, являются для данных процессов пока параметрами неопределёнными.

Два доклада из лаборатории проф. Р. И. Гарбера (ФТИАН), известной работами по изучению явлений упругого двойникования, были связаны с попытками обнаружения и изучения промежуточной прослойки между исходным кристаллом и двойником.

В докладе „Исследование вторичной спайности“ Р. И. Гарбер сообщил о новых опытах, проведённых с кристаллами кальцита. Оказалось, что вторичная спайность (спайность по плоскости двойникования) обнаруживается только в некоторых случаях. Лишь с большим трудом

удаётся сколоть кристалл по этой плоскости, особенно после проведения повторных операций образования и уничтожения упругого двойника. Это приводит автора к заключению, что наблюдаемое при двойниковании упрочнение связано с упрочнением кристалла на излом по граням вторичной спайности.

Произведённое интерферометрическое исследование сколотой поверхности показало наличие общего искривления поверхности со стрелой прогиба порядка десятых долей микрона при отсутствии террас и ступеней, характерных для поверхности излома по грани обычной спайности. Эти наблюдения дают основание автору для заключения о том, что между двойниковой прослойкой и исходным кристаллом образуется аморфная переходная область толщиной, не превосходящей несколько десятых микрона.

Некоторые сомнения оппонентов в достаточной обоснованности выводов автора базировались на том, что наличие общего искривления поверхности не исключено, из-за неидеальности кристалла, и на обычной его грани. Если оптическим методом не выявлена кристаллическая микроструктура поверхности излома, то это ещё не значит, что она отсутствует и не будет обнаружена более тонкой методикой, скажем, электронной микроскопией.

В работе Р. И. Гарбера и Г. Б. Райса „Кристаллооптическое исследование двойникового кристалла кальцита“ были произведены теоретические расчёты коэффициентов отражения света на границе раздела sdвойникового одноосного кристалла при различных состояниях поляризации падающего света. Результаты вычислений были использованы для сравнения с результатами проведённых измерений в интервале углов от 64° до 90° . Полученное согласие между опытными и теоретическими данными должно свидетельствовать об отсутствии промежуточной прослойки между двойником и исходным кристаллом. Однако вследствие значительной погрешности измерений, составляющей 5%, вопрос нельзя считать окончательно решённым.

В ИФАН была выполнена серия работ по электронным явлениям в неметаллических твёрдых телах.

В докладе действительного члена АН УССР В. Е. Лашкарёва „Фотоэлектродвижущие силы в полупроводниках“ были подведены итоги проведённых вместе с К. М. Косоноговой экспериментальных исследований в этой области, завершённых докладчиком созданием теории, удовлетворительно объясняющей с единой точки зрения большую группу разнообразных явлений.

Авторы показали, что на обычной закиси меди может быть получен как вентильный фотоэффект („минус“-эффект), так и кристалл-фотоэффект противоположного знака („плюс“-эффект). Экспериментально и теоретически показано, что знак фотоэффекта целиком определяется знаком контактного поля у освещаемого электрода. Запорный слой у дырочных полупроводников даёт „минус“-эффект, антизапорный „плюс“-эффект. Последний, в отличие от вентильного, весьма чувствителен к объёмным свойствам полупроводника (концентрация уровней прилипания для фотоэлектронов).

Спектральные исследования эффектов обоих знаков привели к обнаружению повышенной чувствительности „плюс“-элементов в ультрафиолете, что находит естественное объяснение в рамках предложенной теории возникновения фото-эдс. Последняя, ввиду крайней малости времени пребывания фотоэлектронов в состоянии с повышенной энергией, сводит задачу к исследованию диффузии свободных зарядов в электрическом поле.

Показано, что фотопроводимость образцов закиси меди, дающих „плюс“-эффект, может быть разделена на части: зависящую от электрического поля и не зависящую от него. Удельный вес второй возрастает с увеличением длины волны применяемого света.

Теоретически показано, что неуправляемая полем часть фотопроводимости связана с фотоэффектом непосредственно на локальные уровни.

Управляемая же часть связана с переделом электронов в подвижное состояние. Концентрация избыточных дырок может быть во много раз больше концентрации фотоэлектронов, так как дыркам приходится компенсировать объёмный заряд электронов, не только находящихся в свободной зоне, но и осевших из неё на локальные уровни прилипания. Поэтому условный квантовый выход может быть больше единицы, что действительно и было показано измерениями токов насыщения при фотопроводимости „плюс“-элементов.

Удалось определить ряд параметров теории, в частности длину диффузионного смещения электронов, оказавшуюся равной 30 микронам, и время жизни электрона в свободном состоянии — $0,5 \cdot 10^{-5}$ сек.

Проф. С. И. Пекар, развивая дальше разрабатываемую им теорию полярона, выступил с докладом „Поляронная теория электропроводности“.

Гетерополярный кристалл, диэлектрически поляризованный полем электрона проводимости, представляет для этого электрона потенциальную яму, в которой существуют дискретные квантовые уровни энергии. Находясь на самом нижнем из этих уровней, электрон стационарно поддерживает необходимую поляризацию кристалла. Последний же, представляя для электрона потенциальную яму, в свою очередь поддерживает электрон в локальном состоянии. Такие самосогласованные состояния и названы поляронами.

Переход электрона из „зонного“ состояния в состояние полярона сопровождается монотонным убыванием энергии системы на несколько десятых электронвольта. Зонное состояние не представляет собой ни минимума, ни даже точки стационарности энергии системы и потому неустойчиво (переходит в состояние полярона за время 10^{-13} сек.).

Полярон во внешнем электрическом поле движется подобно отрицательному заряду с эффективной массой, равной 100—1000 массам электрона и является носителем тока. В одном и том же кристалле концентрация поляронов в 10^6 — 10^9 раз больше концентрации зонных электронов. Согласно расчёту, подвижность полярона равна 3 — 300 см²/вольт.сек, что по порядку величины как раз совпадает с наблюдаемыми подвижностями носителей тока в различных кристаллах. Поскольку концентрация поляронов подавляюще превосходит концентрацию зонных электронов, а вычисленная подвижность поляронов того же порядка, что и наблюдаемая подвижность господствующего носителя тока, то последний следует признать поляроном (а не зонным электроном, как это предполагает современная теория проводимости).

С докладом „Электронно-колебательный спектр нафталина“ выступила д-р физ.-мат. наук А. Ф. Прихотько. Автор продолжил свои работы по исследованию спектров поглощения молекулярных кристаллов при низких температурах. Идея этих исследований заключалась в получении картины возбуждённых энергетических состояний „замороженных“ молекул. В основе методики лежало предположение, что молекулярный кристалл со сравнительно слабыми взаимодействиями между молекулами просто повторяет, в смещённом по энергетической шкале виде, спектр состояний свободных молекул. Однако экспериментальные обоснования такого предположения отсутствовали.

С другой стороны, на основании недавно разработанной в ИФАН А. С. Давыдовым теории спектров поглощения молекулярных кристаллов, применённой к моноклинным кристаллам типа нафталина и антрацена, энергетический терм молекулы в кристалле может расщепиться на термы, обуславливающие появление новых линий поглощения, характерным образом связанных с состоянием поляризации света.

А. Ф. Прихотько измерила спектр поглощения паров нафталина для сопоставления его с ранее измеренным спектром поглощения кристалла

нафталина при низкой температуре. Из тщательно проведённого сравнительного анализа спектров автор делает целый ряд интересных заключений, из которых особенно эффектными являются следующие. В кристалле действительно сохраняются электронные уровни свободной молекулы, с некоторой их деформацией. Однако в кристалле появляются ещё и новые электронные состояния, причём линии в спектре, соответствующие переходам на эти состояния, оказываются резко поляризованными. Флуоресценция кристалла в главной своей части оказалась связанной именно с одним из этих дополнительных уровней, появившихся в кристалле.

Этими важными результатами вводится новый аспект в исследование спектров поглощения кристаллов.

Наконец, в теоретической работе проф. И. М. Лифшица и Л. Н. Розенцвейга (ФТИАН) „Некоторые методы в механике кристаллической решётки, заполняющей полупространство“ поставлена задача исследования влияния на спектр колебаний решётки свободной поверхности кристалла. Влияние свободной поверхности трактуется как возмущение в невозмущённой задаче о колебаниях неограниченной кристаллической решётки, и задача решается методами теории регулярных возмущений, предложенными И. М. Лифшицем.

Введённое возмущение приводит к появлению в спектре колебаний дискретных частот, которым отвечают поверхностные волны, затухающие в глубь кристалла. Частотам, отделившимся от акустических ветвей, в предельном случае длинных волн отвечают обычные рэлеевские волны. Однако существуют и „оптические“ поверхностные волны, не имеющие аналога в теории упругости. Получены уравнения, дающие точный закон дисперсии и форму поверхностных волн. Общее исследование их возможно в некоторых предельных случаях.

П. Г. Борзяк