

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа представляет собой обзор основных результатов исследования интеркалатных соединений дихалькогенидов титана с переходными металлами и серебром. В неё включены данные о синтезе, электронной и кристаллической структуре, частично электрических и магнитных свойствах, термодинамике изученной части этого класса материалов. При этом пришлось опустить или коснуться только кратко и поверхностно некоторых важных аспектов их физики и химии. Так, практически не рассматривается вопрос о реализации спин-стекольного состояния в подрешётке магнитных атомов интеркаланта. Практически ничего не сказано о влиянии интеркаляции на фононный спектр материалов. Этот список может быть продолжен за счёт областей, в которых информация об интеркалатных соединениях настолько отрывочна, что не поддаётся в настоящий момент никакой систематизации. Ещё одной причиной пренебрежения этими областями знаний является то обстоятельство, что экспериментальные результаты в них прямо сейчас накапливаются столь быстро, что любая попытка изложить достигнутый уровень понимания обречена стать устаревшей в течение нескольких месяцев. Стало быть, учитывая важную роль, которую играют эти данные, включение их в общую картину представлений о природе интеркалатных материалов, является делом будущего, хотя, судя по всему, и не столь отдалённого.

Результаты, вошедшие в настоящую работу, объединены тем свойством, что могут быть поняты в рамках единой концепции. Суть её состоит в том, что интеркаляция дихалькогенидов титана приводит к формированию ковалентных центров, условно обозначаемых в тексте как  $Ti-M-Ti$ ,  $M$  – интеркалант. Такие центры имеют характеристические размеры, отличающиеся от аналогичного фрагмента исходной решётки. Также и энергии электронов, на них находящиеся, отличаются от энергии Ферми исходного материала. Энергия связи электронов с таким центром прямо пропорциональна потенциалу ионизации интеркалированного металла в экспериментально наблюдаемом валентном состоянии. При этом потенциал ионизации щелочных металлов недостаточен для локализации электронов на центре и в интеркалатах со щелочными металлами центры ионизированы. Электроны, внесённые при интеркаляции, попадают в зону проводимости и общее поведение материала полностью металлическо. В случае интеркалирования переходных металлов, чьи 2-х 3-х и 4-х валентные ионы обладают гораздо более высокими потенциалами ионизации наблюдается локализация электронов, вносимых при интеркаливании, с энергией связи прямо пропорциональной потенциалу ионизации внедрённого металла. Отсюда непосредственно следует существование критической

величины потенциала ионизации, такой, что при меньших величинах интеркалирование приводит к металлическому поведению материала, а при большей – к локализации носителей заряда на указанных центрах. Эта величина зависит от исходной решётки и понижается с ростом её поляризуемости. Величину потенциала ионизации наиболее близкую к критической демонстрирует серебро, так что в ряду  $Ag_xTiS_2 - Ag_xTiSe_2 - Ag_xTiTe_2$  можно наблюдать переход от металлизированного сценария к полностью локализованному.

Величина потенциала ионизации примеси определяет и характер деформации решётки – если потенциал меньше критического, то наблюдается расширение решётки вдоль оси  $c$ , если больше – то сжатие. В направлении плоскости слоя в обоих случаях наблюдается расширение. Деформация вдоль оси  $c$  связана со сближением или, наоборот, взаимным удалением друг от друга слоёв основной решётки-матрицы. Каждый из типов деформации приводит к специфическому для него способу упорядочения интеркаланта.

Исследование электронной структуры показывают, что в случае, когда потенциал ионизации меньше критического, интеркаляция приводит к заполнению зоны проводимости исходного материала с незначительными изменениями его исходной же электронной структуры. При внедрении переходных металлов наблюдается формирование дополнительных зон под уровнем Ферми. Анализ их ориентации, спутниковой структуры фотоэмиссионных линий и пространственного распределения электронной плотности позволяют заключить, что эти зоны есть результат гибридизации валентных состояний интеркаланта и  $Ti3d_{z^2}$  - орбитали. Расчёты электронной структуры с минимизацией общей энергии, позволяющие учесть возможные структурные искажения, показывают, что образование таких гибридизованных состояний сопровождается локальной деформацией решётки, приводящей к сближению интеркаланта и ближайшего к нему атома титана. Это качественно совпадает с наблюдаемым экспериментально характером деформации. Дополнительные зоны являются абсолютно бездисперсионными, что указывает на локализованный характер их состояний. Таким образом, интеркалированный переходный металл вступает в ковалентную связь с ближайшим к нему атомом титана и образует локализованный центр. Этот центр одновременно работает как центр деформации решётки и как ловушка для свободных электронов проводимости. Это позволяет охарактеризовать его как примесный полярон.

Проводимость тех материалов, в которых наблюдается формирование поляронов, демонстрирует сложный характер, не позволяющий классифицировать их ни как металлы, ни как материалы с активационной проводимостью. Вероятно, это есть результат наличия нескольких типов носителей, отличающихся концентрацией и подвижностью. В качестве

таковых могут выступать собственные носители – электроны зоны проводимости и дырки валентной зоны и электроны примесной зоны. Как следует из результатов исследования электронной структуры, возможен обмен электронами между примесной зоной и зонами исходного материала. Это может приводить к изменению концентрации собственных носителей, в частности, за счёт генерации дополнительных дырок в валентной зоне, поскольку интеркалант, создавая гибридные состояния под уровнем Ферми, действует как эффективный окислитель. Столь сложный состав носителей заряда с неизвестными концентрациями и подвижностями не позволяет, вообще говоря, сколько-нибудь однозначно интерпретировать механизм проводимости. Это удаётся сделать лишь в некоторых предельных случаях, когда или примесная зона расположена существенно выше уровня Ферми и не вносит вклада в проводимость, являясь только поставщиком электронов. Либо в случае предельно глубокого залегания примесной зоны под уровнем Ферми, когда она также неактивна в явлениях переноса, оказывая влияние только на концентрацию носителей и интенсивность их рассеяния. В промежуточных случаях единственная информация, которую удаётся извлечь, состоит в несомненном доказательстве локализованной природы носителей, возникающих вследствие интеркаляции.

В то же время, зона гибридных состояний существенно влияет на величину эффективного магнитного момента атома примеси. Это указывает на спиново-поляризованный характер состояний в такой зоне и важность учёта величины спинового расщепления. Степень спиновой поляризации определяется шириной спиновых подзон и, следовательно, разницей в их заполнении, уменьшаясь по мере их уширения. Ширина подзон определяется как степенью гибридизации 3d-орбиталей интеркаланта и Ti решётки-матрицы, так и степенью перекрытия орбиталей соседних центров Ti-M-Ti. В последнем случае возможно как перекрытие орбиталей атомов Ti, координированных примесью, так и прямое перекрытие орбиталей интеркаланта, в зависимости от соотношения их пространственной протяжённости. В случае, если орбитали пространственно локализованы на узле, то единственным механизмом, определяющим ширину спиновых подзон остаётся степень гибридизации валентных состояний примеси и титана решётки-матрицы. Вероятно, такой характер эффективного магнитного момента определяет и природу магнитного взаимодействия в подрешётке интеркаланта.

Природа локализации может быть понята на примере системы  $Ag_xTiTe_2$ . Для этого материала нагрев приводит к переходу от металлического или почти металлического типа проводимости в диапазоне температур от 80 до 400 К к активационному при нагреве. Этот переход сопровождается деформацией решётки типа сжатия в направлении оси  $c$  и,

следовательно, может быть интерпретирован как переход, связанный с образованием ковалентных центров Ti-Ag-Ti (примесных поляронов). Действительно, представляется невозможным предложить иной механизм локализации электронов проводимости при нагреве! В пользу такого объяснения свидетельствует концентрационная зависимость электрических свойств, хорошо описываемая в рамках теории протекания в области температур как выше так и ниже точки локализации.

На примере этого соединения отчётливо видно влияние состояния подсистемы носителей заряда на фазовую диаграмму и термодинамику материала. Действительно, локализация свободных электронов приводит к фазовому переходу первого рода, сопровождающемуся при  $x < 0,55$  распадом однородного материала на фазы, обогащённую и обеднённую интеркалантом –  $Ag_{0,55}TiTe_2$  и  $TiTe_2$ . Ясно, что такое перераспределение интеркаланта не может быть следствием ион-ионного взаимодействия, которое только и принимается во внимание при традиционном подходе к термодинамике соединений с примесным разупорядочением. Аналогичные переходы наблюдались и в других системах, интеркалированных серебром –  $Ag_xTiSe_2$ ,  $Ag_x(PbS)_{0,59}TiS_2$ , а также в последнее время такой переход обнаружен в системе  $Ag_xZrSe_2$  [49.4] и описан в литературе для  $Li_xZrSe_2$  [50.4]. Объяснение этой закономерности было найдено с помощью рассмотрения процесса локализации электронов проводимости в форме поляронов при различной степени заполнения поляронной зоны. Оказалось, что при заполнении этой зоны менее, чем наполовину локализация приводит к увеличению свободной энергии электронной подсистемы. Это делает переход в однородном материале невозможным, по крайней мере, в случае отсутствия компенсации этого вклада другими. Именно это обстоятельство определяет состав фазы, обогащённой серебром и, следовательно, электронами, образующейся при распаде однородного материала при локализации носителей. Этот состав соответствует минимальной степени заполнения поляронной зоны при которой материал может сохранить устойчивость однородного состояния при локализации. Ясно, что этот состав является критическим, таким, что при большем или равном содержании интеркаланта локализация уже не вызывает распада на фракции с разной концентрацией электронов. Согласно теоретическому рассмотрению этого процесса он соответствует заполнению поляронной зоны точно наполовину. Естественно, что это относится к случаю отсутствия других вкладов в свободную энергию, так что наблюдаемое экспериментально значение критической концентрации примеси может несколько отличаться от состава, отвечающего точно половинному заполнению поляронной зоны.

Представляется, что такой эффект – исчезновение растворимости при нагреве – совершенно невозможно описать в рамках представлений принятых для обычных твёрдых растворов, когда энтропия твёрдого раствора всегда больше энтропий компонентов, что и приводит к росту растворимости с ростом температуры. Приходится допустить, что в случае поляронной формы носителей заряда присутствует дополнительный вклад в энтропию, отсутствующий в других материалах. Очевидно, что этот вклад связан с электронной подсистемой. Причина отсутствия видимого проявления этого вклада в «обычных» материалах очевидна – малость концентрации электронов, способных изменить свою энергию под влиянием внешних воздействий. Это, в свою очередь, является следствием принципа Паули, обеспечивающем характерную ширину зон много большую, чем возможная энергия внешних воздействий. В интеркалатных материалах вдали от температуры локализации также не наблюдается никаких признаков заметного электронного вклада в энтропию. Он появляется только при локализации, обеспечивающей резкое уменьшение ширины поляронной зоны. Очевидно, что в случае, если поляронная зона обладает энергией связи близкой к нулю, то все электроны, её заполняющие, оказываются способны к изменению своего состояния при вполне умеренных энергиях внешних воздействий. Способность образовывать такие узкие зоны вблизи уровня Ферми, обладающие не только высокой плотностью состояний, но и концентрацией электронов в такой зоне, сравнимой с общей концентрацией атомов в кристалле, есть характерная особенность материалов с поляронной формой носителей заряда. Наличие таких зон обеспечивает возрастание диэлектрической проницаемости подсистемы носителей заряда, пропорциональное плотности состояний на уровне Ферми. Этим вкладом также принято пренебрегать в «обычных» материалах, однако при выполнении условия сравнимости концентрации электронов в поляронной зоне с общей концентрацией атомов в кристалле, их вклад, очевидно, становится существенен. Очевидно, что это должно приводить к экранировке межатомных взаимодействий и «смягчению» решётки, росту её поляризуемости, аналогично тому, как это наблюдается в сегнетоэлектриках - полупроводниках [48.4]. К сожалению, на сегодняшний день отсутствуют численные оценки величины изменения диэлектрической проницаемости и связанных с этим явлений. Неясно, насколько корректно может быть сравнение поляронных материалов с сегнетоэлектриками. Возможно, что поляризуемость материалов с поляронами всё же много меньше чем у сегнетоэлектриков, однако, совершенно ясно, что она значительно выше чем у их «обычных» аналогов. Таким образом, материалы с достаточно высокой концентрацией поляронов являются любопытным аналогом сегнетоэлектриков в смысле высокой поляризуемости, при

одновременном наличии высокой концентрации носителей заряда и намного более высокой, чем в сегнетоэлектриках проводимости.

Другой характерной особенностью поляронов является температурная зависимость плотности состояний поляронной зоны, изменяющейся при изменении степени локализации. Эта особенность не имеет аналогов среди других типов материалов и приводит к появлению повышенной поляризуемости только при локализации электронов. Именно такое изменение поляризуемости обеспечивает скачкообразность перехода между металлизированным и локализованным состояниями. Физической причиной скачкообразности такого перехода является связь величины деформации при образовании полярона со степенью его локализации. Действительно, если равновесная форма кластера, содержащего электрон, образующий полярон, определяется условием равенства выигрыша в свободной энергии из-за понижения энергии электрона и затрат энергии на деформацию решётки, то изменение поляризуемости решётки способно обеспечить сдвиг этого равновесия в сторону увеличения равновесной деформации и, следовательно, усиления степени локализации. Поскольку это приводит к уменьшению ширины поляронной зоны и само по себе усиливает эффект возрастания поляризуемости решётки, то возникает положительная обратная связь, делающая неустойчивым состояние с промежуточной степенью локализации (деформации решётки). Однажды начавшись, такой процесс должен идти до достижения поляроном устойчивой степени локализации, а вмещающим кластером – до достижения стабильной формы. Очевидно, что обратный процесс делокализации должен быть столь же дискретен. Таким образом, спектр энергий полярона в области температур, ниже температуры локализации является непрерывным, а начиная с этой температуры – дискретным. Возникает вопрос – является ли наблюдаемое состояние полярона единственным в этом спектре? Однозначный экспериментальный ответ на этот вопрос отсутствует. Однако, приведённый экспериментальный материал даёт косвенные свидетельства наличия и других дискретных состояний в спектре локализованного полярона. В пользу этого говорит то обстоятельство, что в случае термического распада полярона, наблюдаемые размеры кластера, его содержащего, отнюдь не возвращаются к равновесным для состояния полной делокализации. Следовательно, термический распад является не переходом между локализованным и полностью делокализованным состояниями электрона, но переходом между состояниями с различной степенью локализации. Вероятно, можно вызвать термический распад и этого состояния, однако, такой переход экспериментально пока не наблюдался. В силу приведённых выше аргументов, он также должен быть дискретным переходом.

Ясно, что описанный дискретный переход между состояниями поляронов с разной степенью локализации не может быть переходом II-го рода. Действительно, во всех наблюдавшихся экспериментально случаях этот переход сопровождался наличием теплового эффекта, температурным гистерезисом и другими признаками, характерными для фазового перехода I-го рода. Такая природа этого перехода объясняет отсутствие наблюдаемого изменения степени локализации поляронов при охлаждении во многих материалах, где их присутствие установлено с разной степенью достоверности – купраты, манганиты, различные полимеры. Действительно, если этот переход является переходом I-го рода, то существенными могут оказаться кинетические затруднения, делающие его практически не наблюдаемым. Особенно это актуально в случае, если температура изменения степени локализации достаточно низка, чтобы кинетические затруднения стали непреодолимыми.

Большой удачей можно считать обнаружение системы  $Ag_xTiTe_2$ , в которой указанный переход происходит при достаточно высокой температуре, где кинетические затруднения уже, по-видимому, не играют столь фатальной роли. Это позволяет изучить как поведение электронной подсистемы, так и характера деформации решётки непосредственно, в процессе перехода, так сказать, *in situ*. Результаты хорошо согласуются с приведёнными выше рассуждениями: переход, сопровождающий изменение степени локализации поляронов является переходом I-го рода по обе стороны от критической концентрации  $x = 0,55$  и отличается только тем, что при  $x > 0,55$  он не связан с распадом материала на фазы с различным содержанием интеркаланта и, следовательно, электронов. Материал остаётся однородным по составу, но смена степени поляризации всё равно сопровождается фазовым переходом I-го рода. Это позволяет связать I-род перехода с изменением поляризуемости решётки при изменении степени локализации поляронов. В области  $x < 0,55$  на этот эффект накладывается ещё и невозможность сохранения электронно-однородного состояния при локализации поляронов.

Очевидно, что эффект изменения поляризуемости решётки из-за изменения ширины поляронной зоны возможен не при всякой концентрации поляронов. Ясно, что предельно низкой их концентрации, позволяющей трактовать поляроны как изолированные друг от друга, изменение степени локализации не может привести к изменению перекрытия волновых функций поляронов и, стало быть, изменению ширины зоны. В пределе малых концентраций описанная выше картина переходит в классическую, развитую для изолированного полярона. Переход между областями малой и высокой концентраций поляронов есть, по сути, ни что иное, как переход Мотта в подрешётке

кластеров, на которых локализованы поляроны. В пределе больших концентраций оказалось, что критическую роль играет доля температурно-зависящей плотности состояний в общей плотности состояний на уровне Ферми. Оказалось, что изменение концентрации поляронов путём увеличения концентрации примеси способно привести к появлению дополнительных зон на уровне Ферми, образованных прямым перекрытием орбиталей примеси. Ясно, что плотность состояний такой зоны не зависит от температуры и, в случае доминирования на уровне Ферми, делает вклад поляронов незначительным. Понятно, что в обоих предельных случаях изменение степени локализации более не является дискретным переходом I-го рода, а является переходом плавным. Неясным остаётся вопрос: каков характер изменения поведения термодинамических функций на границе между областями высокой и низкой их концентраций? Возможно, что он будет соответствовать плавному изменению рода перехода, контролируемого вкладом температурно-зависящей плотности состояний на уровне Ферми в общую плотность состояний. А возможно, что этот процесс приводит к образованию полноценной тройной точки на фазовой диаграмме, отделяющей режим в котором смена локализации является переходом I-го и II-го рода.

Наконец, последнее, на что хотелось бы обратить внимание, это роль спиновой поляризации поляронных состояний в термодинамике этих материалов. Ясно, что расщепление поляронной зоны способно вызывать изменение плотности состояний на уровне Ферми несколько не меньше, чем изменение температуры. Это наводит на мысль о возможности неустойчивости некоторых состояний поляронов не только относительно изменения температуры, но внешнего магнитного поля. Вероятно, вблизи температуры локализации можно ожидать заметного влияния магнитного поля, способного играть роль «спускового крючка» в запуске процесса самопроизвольного изменения степени локализации. То, что спиновая поляризация способна влиять на устойчивость, точнее, неустойчивость электронно-однородного состояния демонстрируется приведённым экспериментальным материалом.

Таким образом, поляронная форма локализации носителей заряда приводит к ряду нетривиальных эффектов, а интеркалатные материалы позволяют наблюдать их в сравнительно простой и не загрязнённой присутствием других эффектов, виде.

## Выводы.

1. На примере дихалькогенидов титана и их мисфитных производных, интеркалированных благородными и переходными металлами, изучено влияние характеристики примеси и вмещающей решётки на кристаллическую и электронную структуру, термодинамику и физические свойства интеркалатных материалов с сильным электрон-фононным взаимодействием.

2. Установлено, что критическим параметром, определяющим характер влияния примеси на спектр носителей заряда, структуру и термодинамику материала является эффективный потенциал ионизации. В случае, если эффективный потенциал ионизации примеси превосходит критическую величину, то наблюдается формирование локальных искажений решётки с захватом свободных носителей заряда. В противном случае наблюдается полная ионизация примеси с переносом заряда в зону проводимости соединения-хозяина и ситуация удовлетворительно описывается в модели жёсткой зоны. Величина эффективного потенциала ионизации примеси отличается от табличного его значения из-за экранирования. Постоянная экранировки определяется поляризуемостью решётки-матрицы и концентрацией свободных носителей заряда. Увеличение того и другого приводит к росту постоянной экранировки.

3. Установлено, что при полной ионизации примеси основным параметром, определяющим характер её упорядочения, является геометрический фактор, определяемый соотношением ионного радиуса примесного иона и ширины межслоевого промежутка решётки-хозяина. Показано, что в основе явления «стадий интеркаляции» лежит упругое взаимодействие локальных искажений решётки вблизи внедрённых атомов.

4. Установлено, что локализация носителей заряда в случае, когда эффективный потенциал ионизации примеси превосходит критическую величину, приводит к формированию одной или нескольких бездисперсионных зон под уровнем Ферми с энергией связи прямо пропорциональной табличному значению потенциала ионизации примеси. Установлено, что эти зоны образованы гибридизацией  $Ti3d_{z^2} / M3d_{z^2}$  - орбиталей, где М – интеркалированный металл. Показано, что расщепление этих зон может быть связано с внутриатомным обменным взаимодействием, приводящим к спиновой поляризации гибридных состояний.

5. Установлено, что появление гибридных зон сопровождается характерной деформацией решётки-матрицы в виде сближения слоёв. Установлено, что величина сближения определяется степенью заполнения гибридной зоны, что, в свою очередь, определяется положением её относительно уровня Ферми исходного материала и,

следовательно, величиной эффективного потенциала примеси. Показано, для примесей с эффективным потенциалом ионизации больше и меньше критической величины, деформация имеет противоположное направление. Показано, что температурная зависимость величины деформации связана с температурной зависимостью упругих констант материала.

6. Обнаружен ряд новых эффектов, связанных с электронным вкладом в термодинамические функции материала. Показано, что материал с зоной гибридных состояний, заполненной менее, чем наполовину не может оставаться однородным при формировании искажения типа сжатия решётки. Показано, что в этом случае наблюдается распад на фазы с концентрацией примеси, обеспечивающей заполнение зоны гибридных состояний не менее, чем наполовину и фазу, в которой зона гибридных состояний пуста. Обнаружен эффект обратимого упорядочения примеси при нагревании вблизи температуры формирования искажения решётки типа сжатия. Эффект объяснён как результат усиления кулоновского отталкивания между искажёнными комплексами при локализации носителей заряда в зоне гибридных состояний.

7. Предложена модель, описывающая влияние концентрации поляронов и вклада поляронной зоны в общую плотность состояний на уровне Ферми на характер перехода, сопровождающего изменение степени локализации поляронов. Показано, что в случае существенного вклада поляронной зоны в общую плотность состояний изменение степени локализации сопровождается изменением диэлектрической проницаемости материал из-за изменения плотности состояний на уровне Ферми. Это приводит к тому, что изменение степени локализации в такого рода материалах сопровождается фазовым переходом первого рода. Получены условия, ограничивающие справедливость этого правила.

8. Установлено, что гибридизация  $Ti3d_{z^2} / M3d_{z^2}$  - состояний приводит к подавлению эффективного магнитного момента примесных атомов из-за делокализации 3d-состояний примеси, ответственных за величину спинового магнитного момента. Степень подавления возрастает с ростом степени гибридизации и описывается моделью Андерсона.

10. Показано, что наиболее адекватно температурная и концентрационная зависимости степени локализации носителей заряда могут быть описаны в рамках модели полярона малого радиуса. Поляроном при этом считается электрон, локализованный на центре Ti-M-Ti, вызывающий деформацию окружения.

## *Литература к Главе 1*

- 1.1. J.A.Wilson, A.D.Yoffe The Transition Metals Dichalcogenides. Discussion and Interpretation of the Observed Optical, Electrical and Structural Properties// *Adv. Phys.* **18** (1969) № 73 P.193-367.
- 2.1. T.Hibma Structural Aspects of Monovalent Cation Intercalates of Layered Dichalcogenides// *Intercalation Chemistry* eds. M.S.Wittingham and A.J.Jacobsen, London: Acad. Press, 1982, P.285-313.
- 3.1. W.Y.Liang Band Structure and Optical Properties of layered Compounds// *Proceeding of the NATO Advanced Study Institute Physics and Chemistry of Electrons and Ions Condensed Matter*, Dordrecht, Cambridge. – 1984. – P.459-478
- 4.1. A.M.Wooley, G.Wexler Band structure and Fermi surface for 1T-TaS<sub>2</sub>, 1T-TaSe<sub>2</sub> and 1T-VSe<sub>2</sub> // *J.Phys.C.: Solid State Phys.* **10** (1977) P.2601-2616
- 5.1. S.C.Byliss, W.Y.Liang Reflectivity, joint density of states and band structure of group IVb transition – metal dichalcogenides// *J.Phys.C: Solid State Phys.* **18** (1985) P.3327-3335
- 6.1. F.R.Gamble Ionicity, Atomic Radii and Structure of the Layered Dichalcogenides of group IVb, Vb and Vib Transition Metals// *J.Solid State Chem.* **9** (1974) P.358-367
- 7.1. D.W.Bullet Electronic band structure and bonding in transition metal layered dichalcogenides by atomic orbital methods// *J.Phys.C.: Solid State Phys.* **11** (1978) P.4501-4514
- 8.1. Ch. Sugiura, Sh.Shoji, Sh.Kojima K<sub>β</sub> X-Ray Emission Band and K X-Ray Absorption Edge Structure of Sulfur in Layered Transition-Metal Compounds TiS<sub>2</sub>, ZrS<sub>2</sub> and HfS<sub>2</sub>// *Jap. J. Appl. Phys.* **30**, No 8 (1991), P.1742-1745
- 9.1. R.Huisman, R. De Jonge, C.Haas, F.Jellinek Trigonal-Prismatic Coordination in Solid Compounds of Transition Metals// *J.Solid State Chem.* **3** (1977) P.56-66.
- 10.1. “Intercalation Chemistry”// eds. by M.S.Whittingham and A.J.Jacobson, London,: Acad. Press 1982 567p.
- 11.1. “Physics and Chemistry of Materials with Layered Structures” ed by P.A.Lee 1976 **v.4** “Optical and Electrical Properties”
- 12.1. R.H.Friend, A.D.Yoffe Electronic properties of intercalation complexes of the transition metal dichalcogenides// *Adv. Phys.* **36**, № 1 (1987) P.1-94
- 13.1. J.Rouxel Structural Chemistry of Layered Materials and Their Intercalates// *Physica B.* **99** (1980) P.3-11
- 14.1. T. Hibma X-Ray Study of the Ordering of the Alkali Ions in the Intercalation Compounds Na<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub> and Li<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub>// *J. Solid State Chem.* **34** (1980) 97-106.
- 15.1. T. Hibma Ordering of the alkali-ions in Na<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub> and Li<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub>// *Physica* **99B** (1980) 136-140

- 16.1. M.Inoue, H.Negishi “Interlayer Spacing of 3d Transition Metal Intercalates of 1T-CdI<sub>2</sub>-Type TiS<sub>2</sub>”// J.Phys. Chem. **90**, (1986) 295 – 299.
- 17.1. J.Rouxel, R.Brec Low-Dimensional Chalcogenides as Secondary Cathodic Materials: Some Geometric and Electronic Aspects// Ann. Rev. Mater. Sci. **16** (1986) P.137-199
- 18.1. S.A.Safran Phase Diagram for Staged Intercalation Compounds// Phys.Rev.Lett. **44** No 8 (1980) P.5376-5386
- 19.1. S.A.Safran Stage Ordering in Intercalation Compounds//Solid State Phys.: Adv. Res. And Appl. **40** (1987) P.183-246
- 20.1. J.M.Tranquada Phase separation, charge segregation and superconductivity in layered cuprates// in book “Neutron Scattering in Layered Copper-Oxide Superconductors” ed. by A.Furrer, Kluwer Publ. Dordrecht, The Netherlands 2000
- 21.1. S.A.Safran, D.R.Hamman Electrostatic interaction and staging in graphite intercalation compounds//Phys.Rev.B. **2** No 22 (1980) P.606-612
- 22.1. J.R.Dahn, D.C.Dahn, R.R.Haering Elastic Energy and Staging in Intercalation Compounds// Solid State Commun. **42** No 3 (1982) P.179-183
- 23.1. D.P.di Vincenzo, T.C.Koch Theoretical phase diagram for intercalated graphite// Phys.Rev.B. **30** No 12 (1984) P.7092-7096
- 24.1. K.K.Bardhan, G.Kirczenow, G.Jackle, J.C.Irwin Staging structure of the intercalation compounds Ag<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub>//Phys.Rev.B. **33**, N6 (1986) P.4149-4159
- 25.1. G.A.Sholz, R.F.Frindt Preparation and Open-Circuit Potentials of Silver –Intercalated 2H-TaS<sub>2</sub> and 1T-TiS<sub>2</sub>//J.Electrochem.Soc. **131**, No 8 (1981) P.1763-1767
- 26.1. G.A.Wiegers, K.D.Bronsema, S.van Smaalen, R.J.Haange J.E.Zondag, J.L.de Boer X-Ray Study of the Second-Order Phase Transition of Ag<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub>: A Phase Transition Characterized by Two Order Parameters// J.Solid State Chem. **67** (1987) P.9-20
- 27.1. A.Saxena, I.D.Gunton Order-Disorder Phase Transition in Stage-2 Ag<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub>// Acta Cryst. **A42** (1986) P.399-402
- 28.1. K.-I.Oshima, S.C.Moss, X-Ray Diffraction Study of Basal –(ab)- Plane Structure and Diffuse Scattering from Silver Atoms in Disordered Stage-2 Ag<sub>0.18</sub>TiS<sub>2</sub>// Acta Cryst. **A39** (1983) P.298-305
- 29.1. А.Н.Титов, Х.М.Биккин “Фазовая диаграмма Ag<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub>”// ФТТ **33** №6, (1991) с. 1876-1878
- 30.1. G.A.Sholz, R.F.Frindt Structure and staging of intercalated Ag<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub> and Ag<sub>x</sub>TaS<sub>2</sub>// Mater.Res.Bull. **15** (1980) P.1703-1716
- 31.1. Е.А.Укше, Н.Г.Букун, А.Е.Укше, Л.В.Шерстнова, В.И.Коваленко Процессы инъекции серебра в дисульфид титана// Электрохимия **20** (1984) № 9

- 32.1. G.A.Gerardes, H.Roede, R.J.Haange, B.A.Boukamp, A.G.Wiegers Structure and electrochemical properties of intercalation compounds in the system silver-titanium disulfide,  $Ag_xTiS_2$ // *Synthetic Metals* **10** (1984/85) P.51-66
- 33.1. A Honders, E.W.H.Young, A.H.der Heeren, J.H.W.de Wit, G.H.J.Broers Several electrochemical methods for the simultaneous measurement of thermodynamic activity and electric kinetic properties of inserted ions in solid solution electrodes// *Solid State Ionics* **9&10** (1983) P.375-382
- 34.1. J.B.Wagner, C.Wagner “Investigation on Cuprous Sulfide”// *J. Chem. Phys.* 1957, **26**, (6), 1602-1605
- 35.1. C.Wagner “Beitrag zur Theorie des Anlaufvorgangs”// *Z. Phys. Chem.* **B. 21**, (1-2), 1933, 25-41.
- 36.1. C.Wagner “Investigation on Silver Sulfide”// *J. Chem. Phys.* **21**(10), 1953, 1819-1827.
- 37.1. C.Wagner “Uber die Electromotorische Kraft der Kette:  $Ag/AgI/Ag_2S/Pt+S$ ”// *Z. Electrochem.* **B. 40** (7A), 1934, 364-365.
- 38.1. К.Вагнер «Термодинамика сплавов» М. Металлургиздат 1957 с. 180
- 39.1. L.Pauling *General Chemistry* W.H.Freeman & company San-Francisco, 1970 p.366
- 40.1. В.Н.Чеботин Сопряжённая химическая диффузия ионов и электронов в нестехиометрических кристаллах// *Успехи химии* **55** № 6 (1986) с.914-941
- 41.1. А.Н.Титов «Ионный и электронный перенос в интеркалатном соединении  $Ag_xTiS_2$ »// Дисс. кандидата физ. – мат. наук, Свердловск, Уральский госуниверситет, 1992
- 42.1. H.Fujimori, M.Oguni, K.Kitayama, T.Uchida, M.Wakihara “A calorimetric study on the order-disorder transition of silver ions in  $Ag_{0.361}TiS_2$ : the two-dimensional nature of transition”// *J.Phys.: Condens. Matter.* **5** (1993) 6673-6682
- 43.1. Y.Arnaud, M.Chevreton, A.Ahouanjinou, M.Danot, J.Rouxel Etude structurale des Composés  $M_xTiSe_2$  (M = Fe, Co, Ni)// *J.Solid State Chem.* **17** (1976) P.9-15
- 44.1. А.Н.Титов, А.В.Долгошеин, И.К.Бдикин, С.Г.Титова “Определение величины поляронного сдвига интеркалатных соединений на основе диселенида титана”// *ФТТ* **42** №9 (2000) 1567-1569
- 45.1. А.Н.Титов, С.Г.Титова “Фазовая диаграмма интеркалатного соединения  $Ag_xTiSe_2$ ” // *ФТТ* **37** № 2 (1995) 567-569
- 46.1. В.М.Антропов, А.Н.Титов, Л.С.Красавин “Аномальное поведение электрических свойств диселенида титана интеркалированного серебром” // *ФТТ* **38**, № 4, (1996) 1288-1291

- 47.1. А.Н.Титов "Фазовая диаграмма и электрические свойства дителлурида титана интеркалированного серебром"// Неорганические Материалы **33**, № 5, (1997), с.534-538.
- 48.1. А.Н.Титов, А.В.Долгошеин "Особенности термодинамики электронной подсистемы интеркалированных дихалькогенидов титана" // ФТТ **40**, № 7, (1998) 1187-1189
- 49.1. I.Oftedal "X-Ray Investigation of SnS<sub>2</sub>, TiS<sub>2</sub>, TiSe<sub>2</sub>, TiTe<sub>2</sub>"// Z. Phys/ Chem/ (Leipzig), **134**, 1928, 301-310
- 50.1. F.Raau, F.Gronvold, A.Kjekshus, H.Haraldsen "The Titanium – Tellurium System"// Z. Anorg. Chem. **317** (1962) 91 – 104
- 51.1. А.Н.Титов, В.В.Щенников, Л.С.Красавин, С.Г.Титова "Исследование динамики диссоциации поляронов в интеркалатном соединении Fe<sub>x</sub>TiSe<sub>2</sub>"// Известия АН. Серия Физическая **66** № 6 (2002) с.869-872
- 52.1. G.Calvarin, J.R.Gavarri, M.A.Buhannic, P.Colombet, M.Danot "Crystal and magnetic structure of Fe<sub>0.25</sub>TiSe<sub>2</sub> and Fe<sub>0.48</sub>TiSe<sub>2</sub>"// Revue Phys. Appl. **22**, (1987) 1131-1138
- 53.1. M.Danot, J.Bichon, J.Rouxel "Le systeme nikel-disulfure de titane"// Bulletin de la societe chimique de France (1972), N 8, 3063 – 3066
- 54.1. M.Danot, R.Brec "Structure cristalline de Co<sub>0.25</sub>TiS<sub>2</sub>"// Acta Cryst. **B31** (1975) 1647 - 1652
- 55.1. S.N.Patel, A.A.Balchin "Structural studies of lithium intercalated titanium di-telluride"//J. Mater. Sci. Lett. **4**, (1985), 382-384
- 56.1. L.Trichet, J.Rouxel, M.Roucbard "Electrical and magnetic properties of M<sub>x</sub>ZrS<sub>2</sub> (M=Fe, Co, Ni)"// J. Solid State Chem, **14** 1975
- 57.1. А.Н.Титов, Х.М.Биккин "Фазовые переходы в Ag<sub>x</sub>TiS<sub>2</sub> стадии 2"// ФТТ **34** №4, (1992) 1316-1318

### *Литература к Главе 2*

- 1.2. R.B.Murray, A.D.Yoffe "The band structure of some transition metal dichalcogenides: band structure of titanium dichalcogenides"// J.Phys.C.: Solid State Phys. **5**, (1972) 3038-3046
- 2.2. D.W.Fisher "X-Ray Band Spectra and Electronic Structure of TiS<sub>2</sub>"// Phys.Rev.B. **8**, N 8, (1973) 3576 – 3582.
- 3.2. H.W.Myron, A.J.Freeman "Electronic structure and optical properties of layered dichalcogenides: TiS<sub>2</sub> and TiSe<sub>2</sub>"// Phys.Rev.B. **9**, No.2 (1974) 481-486
- 4.2. A.Zunger, A.J.Freeman Self-consistent numerical basis-set linear-combination-of-atomic-orbitals investigation of the electronic structure and properties of TiS<sub>2</sub>// Phys.Rev.B **16**, N 2, (1979) pp.906-924

- 5.2. A.Zunger, A.J.Freeman “Band structure and lattice instability of  $\text{TiSe}_2$ ”// *Phys. Rev.B* **17**, N 4, (1978) pp.1839-1842.
- 6.2. C.Umrigar, D.E.Ellis, Ding-sheng Wang, H.Krakauer, M.Posternak “Band structure, intercalation and interlayer interaction of transition metal dichalcogenides:  $\text{TiS}_2$  and  $\text{TiSe}_2$ ”// *Phys.Rev.B* **26**, N 9, (1982) pp.4935-4950.
- 7.2. G.A.Benesh, A.M.Woolley, C.Umrigar The pressure dependences of  $\text{TiS}_2$  and  $\text{TiSe}_2$  band structure// *J.Phys.C.* **18** (1985) pp.1595-1603
- 8.2. Z.Y.Wu, F.Lemoigno, P.Gressier, G.Ouvrard, P.Moreau, J.Rouxel “Experimental and theoretical studies of electronic structure of  $\text{TiS}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **54**, N 16 (1996) R11009 – R11013.
- 9.2. C.M.Fang, R.A.de Groot, C.Haas “Bulk and surface electronic structure of 1T- $\text{TiS}_2$  and 1T- $\text{TiSe}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **56**, N 8 (1997) 4455-4463
- 10.2. A.Leventi-Peetz, E.E.Krasovski, W.Schattke “Dielectric function and local-field effects of  $\text{TiSe}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **51**, N 24, (1995) 17965 – 17971
- 11.2. D.R.Allan, A.A.Kelsey, S.L.Clark, R.J.Angel, G.J.Ackland “High-pressure semiconductor-semimetal transition in  $\text{TiS}_2$ ”//*Phys.Rev.B.* **57**, N 9 (1998) 5106-5110.
- 12.2. S.Sharma, T.Nautiyal, G.S.Singh, S.Auluck, P.Blaha, C.Ambrosch-Draxl “Electronic structure of 1T- $\text{TiS}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **59**, N 23 (1999) 14833-14836.
- 13.2. A.H.Reshak, S.Auluck “Electronic and optical properties of the 1T phases of  $\text{TiS}_2$ ,  $\text{TiSe}_2$  and  $\text{TiTe}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **68**, 245113 (2003).
- 14.2. D.Greenway, R.Nitsche “Preparation and properties of group IV – VI<sub>2</sub>”// *J.Phys and Chem. Solids* **65**, (1965), N. 9, 1445-1458.
- 15.2. A.H.Thompson Electron-Electron Scattering in  $\text{TiS}_2$ // *Phys.Rev.Lett.* **35**, (1975), N 26, pp.1786-1789
- 16.2. A.H.Thompson, K.R.Pisharody, R.F.Koehler Experimental Study of the Solid Solution  $\text{Ti}_x\text{Ta}_{1-x}\text{S}_2$ // *Phys.Rev.Lett.* **29**, (1972), N 3, pp.163-166
- 17.2. P.M.Williams, F.R.Shepherd He II photoemission studies of transition metal dichalcogenides// *J.Phys.C: Solid State Phys.*, **6**, pp.L36-L40, (1973)
- 18.2. D.W.Fischer X-Ray Band Spectra and Electronic Structure of  $\text{TiS}_2$ // *Phys.Rev.B.* **8**, (1973), N 8, pp.3576-3582
- 19.2. G.Lucovsky, R.M.White, J.A.Benda, J.F.Revelli Infrared-Reflectance Spectra of Layered Group-IV and Group-VI Transition-Metal Dichalcogenides// *Phys.Rev.B.* **7**, (1973), N 8, pp3859-3870
- 20.2. G.Lucovsky, W.Liang, R.M.White, K.Pisharody “Reflectivity of  $\text{TiX}_2$  and  $\text{TaX}_2$ ”//*Solid State Commun.* **19**, (1976), N.8, 3859-3870.

- 21.2. N.F.Mott and E.A.Davis. *Electron Processes in Non-Crystalline Materials*, Clarendon Press. Oxford (1979).
- 22.2. J.A.Wilson “Modelling the Contrasting Semimetallic Characters of  $\text{TiS}_2$  and  $\text{TiSe}_2$ ” // *Phys. stat. sol. (b)* **86**, (1978), N 11, pp. 11-36
- 23.2. C.A.Kukkonen, W.J.Kaiser, E.M.Logothetis, B.J.Blumenstock, P.A.Schroeder, S.P.Faile, R.Colella, J.Gambold Transport and optical properties of  $\text{Ti}_{1+x}\text{S}_2$ // *Phys.Rev.B.*, **24**, N 4 (1981), pp. 1691-1709
- 24.2. N.V.Smith, M.M.Traum “Angular-resolved ultraviolet photoemission spectroscopy and its application to the layer compounds  $\text{TaSe}_2$  and  $\text{TaS}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **11**, N 6, (1975), p. 2087 – 2108.
- 25.2. R.Z.Bachrach, M.Scibowski, F.C.Brown Angle-Resolved Photoemission from  $\text{TiSe}_2$  Using Synchrotron Radiation// *Phys.Rev.Lett.* **37**, N 1, (1976), pp.40-43
- 26.2. M.M.Traum, G.Margaritondo, N.V.Smith, J.E.Rowe, F.J.Di Salvo “ $\text{TiSe}_2$ : Semiconductor, semimetal, or excitonic insulator”//*Phys. Rev. B.* **17**, N.4, (1978) 1836-1838
- 27.2. G.Margaritondo, C.M.Bertoni, J.H.Weaver, F.Levy, N.G.Stoffel, A.D.Kattani Density-of-states changes near the Fermi level and the lattice instability in  $\text{TiSe}_2$ // *Phys.Rev.B.* **23**, N 8, (1981), pp. 3765-3769
- 28.2. C.H.Chen, W.Fabian, F.C.Brown, K.C.Woo, B.Davies, B.DeLong, A.H.Thompson Angle-resolved photoemission studies of band structure of  $\text{TiSe}_2$  and  $\text{TiS}_2$ // *Phys.Rev.B* **21**, N 2, (1980), pp.615-624
- 29.2. O.Anderson, R.Manzke, M.Skibowski “Three-Dimensional and Relativistic Effects in Layered 1T- $\text{TiSe}_2$ ”// *Phys.Rev.B* **55**, N 20, (1985), pp.2188-2191.
- 30.2. D.Straub, M.Skibowski, F.J.Himpsel, W.Drube “Interlayer interaction in the conduction bands of layered transition-metal dichalcogenides studied by inverse photoemission”//*Phys. Rev. B.* **31**, N 12 (1985), pp.8254-8256
- 31.2. N.G.Stoffel, S.D.Kevan, N.V.Smith “Experimental band structure of 1T- $\text{TiSe}_2$  in the normal and charge-density-wave phases”// *Phys.Rev. B.* **31**, N 12 (1985) pp. 8049-8051
- 32.2. J.J.Barry, H.P.Hughes, P.C.Klipstein, R.H.Friend “Stoichiometry effects in angle-resolved photoemission and transport studies of  $\text{Ti}_{1+x}\text{S}_2$ ”//*J.Phys.C.: Solid State Phys.* **16**, (1983) 393-402.
- 33.2. Th.Pillo, J.Hayoz, H.Berger, F.Levy, L.Schlapbach, P.Aebi “Photoemission of band above the Fermi level: The excitonic insulator phase transition in 1T- $\text{TiSe}_2$ ”// *Phys.Rev. B.* **61**, N 23 (2000) pp. 16213-16222

- 34.2. K.Rossnagel, L.Kipp, M.Skibowski “Charge-density wave phase transition in  $\text{TiSe}_2$ : Exitonic insulator versus band-type Jahn-Teller mechanism”// *Phys.Rev. B.* **65**, 235101 (2002)
- 35.2. В.В.Соболев, В.В.Немошкаленко Методы вычислительной физики в теории твёрдого тела. Электронная структура дихалькогенидов редких металлов// Киев, Наукова Думка 1990 с. 293
- 36.2. D.K.G.de Boer, C.F.van Bruggen, G.W.Bus, R.Coehoorn, C.Haas, G.A.Sawatsky, H.W.Myron, D.Norman, H.Padmore “Titanium ditelluride: Band structure, photoemission, and electrical and magnetic prperties”// *Phys. Rev. B.* **29**, N 12 (1984) 6797-6809
- 37.2. R.Claessen, R.O.Anderson, G.-H.Gweon, J.W.Allen, W.P.Ellis, C.Janowitz, C.G.Olson, Z.X.Shen, V.Eyert, M.Skibowski, K.Friemelt, E.Bucher, S.Hufner “Complete band-structure determination of the quasi-two-dimensional Fermi-liquid reference compound  $\text{TiTe}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **54**, N 4, (1996), p. 2453 – 2465
- 38.2. R.Claessen, R.O.Anderson, J.W.Allen, W.P.Ellis, C.G.Olson, C.Janowitz, W.P.Ellis, S.Harm, M.Kalning, R.Manzke M.Skibowski “Fermi-Liquid Line Shapes Measured by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy on 1-T- $\text{TiTe}_2$ ”// *Phys. Rev. Lett.* **69**, N 5 (1992) 808-811
- 39.2. Th.Straub, R.Claessen, P.Steiner, S.Hufner, V.Eyert, K.Friemelt, E.Bucher “Many-body definition of a Fermi surface: Application to angle-resolved photoemission”// *Phys.Rev.B.* **55**, N 20, (1997), p. 13473 – 13477
- 40.2. R.Claessen “Quasi-particle spectra and Fermi surface mapping”// *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **92**, (1998) 53 – 58.
- 41.2. L.Perfetti, C.Rojas, A.Reginelli, L.Gavioli, H.Berger, G.Margaritondo, M.Grioni, R.Gaal, L.Forro, F.Rullier Albenque “High-resolution angle-resolved photoemission investigation of quasi-particle scattering processes in a model Fermi-liquid: 1T- $\text{TiTe}_2$ ”// *Phys.Rev.B.* **64** 115102
- 42.2. P.B.Allen N.Chetty  $\text{TiTe}_2$ : Inconsistency between transport properties and photoemission results// *Phys.Rev.B.* **50**, N 20 (1994), p.14855 – 14859
- 43.2. H.Starnberg <http://fy.chalmers.se/~starn/lowd.html>
- 44.2. A.Fujimori, A.Ino, J.Matsuno, T.Yoshida, K.Tanaka, T.Mizokawa “Core-level photoemission measurements of the chemical potential shift as a probe of correlated electron system”// *J. Electron. Spectr.* **124** (2002) 127-138.
- 45.2. И.Я.Дехтяр, В.В.Немошкаленко Электронная структура и электронные свойства переходных металлов и их сплавов Наукова Думка, Киев, 1971 с. 304

- 46.2. H.I.Starnberg, H.E.Brauer, H.P.Haghes “Photoemission studies of the conduction band filling in  $Ti_{1.05}S_2$  and Cs-intercalated  $TiS_2$  and  $ZrS_2$ ”// J.Phys. Condens. Matter. **8** (1996), 1229-1234.
- 47.2. M.Remskar, A.Popovic, H.I.Starnberg “Stacking transformation and defect creation in Cs intercalated  $TiS_2$  single crystal”// Surface sci. **430** (1999) 199-205
- 48.2. H.E.Brauer, H.I.Starnberg, L.J.Holleboom, H.P.Yaghes, V.N.Strokov “Modifying the electronic structure of  $TiS_2$  by alkali metal intercalation”// J.Phys. Condens. Matter. **11** (1999), 8957-8973.
- 49.2. H.I.Starnberg “Recent developments in alkali metal intercalation of layered transition metal dichalcogenides”// Mod. Phys. Lett. B **14**, N 13 (2000) 455-471.
- 50.2. H.I.Starnberg, H.P.Haghes “Photoemission study of in situ intercalation of  $TiS_2$  with Ag”// J.Phys. C. **20** (1987), 4429-4436
- 51.2. H.Martinez, S.F.Matar, C.Auriel, M.Loudet, G.Pfister-Guillouzo “Electronic structure of intercalated metal disulfides ( $Ag_{1/3}TiS_2$  and  $Fe_{1/3}TiS_2$ ) studied by XPS and theoretical calculations”//J. Alloy Comp. **245** (1996) 30-39.
- 52.2. A.Fujimori, S.Suga, N.Negishi, M.Inoue “X-Ray photoemission and Auger-electron spectroscopic study of the electronic structure of intercalation compounds  $M_xTiS_2$  ( $M = Mn, Fe, Co, \text{ and } Ni$ )”//Phys. Rev. B. **38**, N 6 (1988) 3676-3689.
- 53.2. Y.Ueda, K.Fukushima, H.Negishi, M.Inoue, M.Taniguchi, S.Suga “Photoemission Studies of Intercalation Compounds of  $M_xTiS_2$  ( $M = 3d$  Transition Metals)”// J.Phys.Soc.Japan **56**, № 7 (1987) 2471 – 2476.
- 54.2. H.Martinez, Y.Tison, I.Baraile, M.loudet, D.Gonbeau “Experimental (XPS/STM) and theoretical (FLAPW) studies of model systems  $M_{1/4}TiS_2$  ( $M = Fe, Co, Ni$ ): influence of inserted metal”// J. Electron. Spectr. **125** (2002) 181-196.
- 55.2. T.Matsushita, S.Suga, Y.Tanake, H.Shigeoka, T.Nakatani, T.Okuda, T.Terauchi, T.Shishidou, A.Kimura, H.Daimon, S.-J.Oh, A.Kakizaki, Toyohiko Kinoshita, H.Negishi, M.Inoue “Angle-resolved photoemission study of  $M_xTiS_2$  ( $M = Mn, Fe, Co, Ni$ ;  $x = 1/3, 1/4$ )”// J. Electron. Spectr. **78** (1996) 477-480.
- 56.2. T.Matsushita, S.Suga, A.Kimura, H.Negishi, M.Inoue “Angle-Resolved Photoemission Study of Ni-intercalated  $1T-TiS_2$ ”// Phys.Rev.B. **60**, N 3 (1999) 1678-1686.
- 57.2. A. N. Titov, A. V. Kuranov, V. G. Pleschev, Yu. M. Yarmoshenko, M. V. Yablonskikh, A. V. Postnikov, S. Plogmann, M. Neumann, A. V. Ezhov, and E. Z. Kurmaev “Electronic structure of  $Co_xTiSe_2$  and  $Cr_xTiSe_2$ ”// Phys. Rev. B **63**, 035106 (2001)
- 58.2. Физические величины. Справочник под ред. И.С.Григорьева и Е.З.Мейлахова М.: Энергоатомиздат 1991 с. 414.

- 59.2. A. V. Postnikov, M. Neumann, St. Plogmann, Yu. M. Yarmoshenko, A. N. Titov and A. V. Kuranov, "Magnetic properties of 3d-doped  $\text{TiSe}_2$  and  $\text{TiTe}_2$ "// *Comput. Mater. Sci.* **17** № 2-4 (2000) pp. 450-454
- 60.2. В.Г.Плещёв, Н.В.Топорова, А.Н.Титов, Н.В.Баранов "Структура и физические свойства диселенида титана интеркалированного никелем"// *ФТТ* **46**, № 7 (2004) 1153-1157
- 61.2. M.V.Yablonskikh, Yu.M.Yarmoshenko, V.I.Grebennikov, A.V.Ezhov, E.Z.Kurmaev, M.Buturin, L.-C.Duda, C.Sathe, T.Kaambre, M.Magnusson, J.Nordgren, S.Plogmann, M.Neumann "Origin of magnetic circular dichroism in soft x-ray fluorescence of Heussler alloys at threshold excitation"//*Phys.Rev. B.* **63** (2001) 2351XX
- 62.2. T. V. Kuznetsova, M. V. Yablonskikh, A. V. Postnikov, G. Nicolay, B. Eltner, F. Reinert, Y. M. Yarmoshenko, A. N. Titov and J. Nordgren "Electron structure of 1T- $\text{TiTe}_2$  intercalated with Cr based on ARPES, RXES and XAS data" *J. Electron Spectroscopy and Related Phenomena* **137-140**, (2004) 481-485.
- 63.2. K. Yamazaki, K. Shimada, H. Negishi, F. Xu, A. Ino, M. Higashiguchi, H. Namatame, M. Taniguchi, B. M. Sasaki, S. Titova, A. Titov, Yu. M. Yarmoshenko, T.V. Kuznetsova "High-resolution angle-resolved resonant-photoemission spectroscopy of  $\text{Fe}_x\text{TiTe}_2$ "// *Proceedings of 7TH HIROSHIMA INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SYNCHROTRON RADIATION* MAR. 13-14, 2003, p. 109-110.

### *Литература к Главе 3*

- 1.3. A. N. Titov, A. V. Kuranov, V. G. Pleschev, Yu. M. Yarmoshenko, M. V. Yablonskikh, A. V. Postnikov, S. Plogmann, M. Neumann, A. V. Ezhov, and E. Z. Kurmaev Electronic structure of  $\text{Co}_x\text{TiSe}_2$  and  $\text{Cr}_x\text{TiSe}_2$  // *Phys. Rev. B* **63**, 035106 (2001)
- 2.3. M.Inoue, H.P.Hughes, A.D.Yoffe "The electronic and magnetic properties of the 3d transition metal intercalates of  $\text{TiS}_2$ "// *Adv. Phys.* **38**, N 5 (1989) 565 – 604
- 3.3. M.A.Buhannic, M.Danot, P.Colombet, P.Dordor, G.Fillion "Thermopower and low-dc-field magnetization study of the layered  $\text{Fe}_x\text{ZrSe}_2$  compounds: Anderson-type localization and anisotropic spin-glass behavior"// *Phys. Rev. B.* **34**, N 7, 4790 – 4795.
- 4.3. J.I.Meakin, P.C.Klipstein, R.H.Friend "Transport and magnetic properties of  $\text{Ag}_{1/3}\text{TiS}_2$ "// *J.Phys.C.* **20**, (1987) 271
- 5.3. A.Titov, S.Titova, M.Neumann, V.Pleschev, Yu.Yarmoshenko, L.Krasavin, A.Dolgoshein, A.Kuranov "Charge carriers localization in intercalation compounds based on dichalcogenides of titanium"//*Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **311** (1998) 161-166

- 6.3. G.A.Wiegers, A.Meerschaut “Misfit layered Compounds  $(MS)_nTS_2$  ( $M = Sn, Pb, Bi$ , rare earth metals;  $T = nb, Ta, Ti, V, Cr$ ;  $1.08 < n < 1.23$ ): Structure and Physical Properties”// Materials Science Forum **100 & 101**, (1992) 1 – 72.
- 7.3. G.A.Wiegers, A.Meerschaut “Structures of misfit layered compounds  $(MS)_nTS_2$  ( $M = Sn, Pb, Bi$ , rare earth metals;  $T = nb, Ta, Ti, V, Cr$ ;  $1.08 < n < 1.23$ )”// J. Alloys Comp. **172**, N 10 (1992) 351 – 368.
- 8.3. A. Meerschaut. C. Auriel, J. Rouxel “Structure determination of a new misfit layer compound  $(PbS)_{1.18}(TiS_2)_2$ ”// J. Alloys Comp. **183**, 129 (1992).
- 9.3. P.Panfilov, Yu.L.Gagarin, A.N.Titov “The mechanical behavior of single crystals of misfit layer compound  $(PbS)_{1.18}(TiS_2)_2$ ”// J. Mater. Sci. Lettres **17** (1998) 1049-1051
- 10.3. T.Kondo, K.Suzuki, T.Enoki, H.Tadjima, T,Ohta “Conduction and localization in incommensurate misfit layered compounds”// J.Phys. Chem. Solids **57**, N 6-8, (1996) 1105-1108.
- 11.3. T. Kondo, K. Suzuki, T. Enoki “Conduction Properties of Incommensurate Misfit Layer Compounds  $(CeS)_{1.19}(TiS_2)_n$  ( $n = 1, 2$ )”// J. Phys. Soc. Jpn. **64**, 4296 (1995).
- 12.3. P.C.Klipstein, R.H.Friend Transport properties of  $Li_xTiS_2$  ( $0 < x < 1$ ): a metal with a tunable Fermi level // J.Phys.C.: Solid State Phys. **20** (1987) 4169-4179
- 13.3. А.Н.Титов, В.В.Щенников, А.Е.Карькин, С.Г.Титова “Анизотропия проводимости мисфитного соединения  $(PbS)_{0.59}TiS_2$ ”// ФТТ **42**, № 3 (2000) 422-424
- 14.3. J.L. Murray “System Ti - S” Bull. Alloys Phase Diagrams **7**, 2, 156 (1986).
- 15.3. М.Койано, Н.Негиси, У.Уэда, М.Сасаки, М.Иноэ Electrical Resistivity and Thermoelectric Power of Intercalation Compounds  $M_xTiS_2$  ( $M = Mn, Fe, Co$  and  $Ni$ )// phys.stat. sol. (b), **138** (1986) 357-363
- 16.3. В.Л.Бонч-Бруевич, С.Г.Калашников «Физика полупроводников» Наука, М. (1977). с. 672.
- 17.3. P.C.Klipstein, A.G.Bagnall, W.Y.Liang, E.A.Marseglia, R.H.Friend “Stoichiometry dependence of the transport properties of  $TiS_2$ ”// J. Phys. C. **14** (1981) 4067-4081
- 18.3. R.H.Friend, D.Jerome, W.Y.Liang, J.C.Mikkelsen, A.D.Yoffe “Semimetallic character of  $TiSe_2$  and semiconductor character of  $TiS_2$  under pressure”// J.Phys.C. **10** (1977) L705-L708.
- 19.3. P.C.Klipstein, R.H.Friend “Semiconductor to semimetal transition in  $TiS_2$  at 40 kbar”// J.Phys.C. **17** (1984) 2713-2734
- 20.3. R.Fivas, E.Mooser “Electron-Phonon Interaction in Semiconducting Layered Structures”// Phys. Rev. **136**, N 3A (1964) A833-A836; R.Fivas, E.Mooser “Mobility of Charge Carriers in Semiconducting Layered Structures”// Phys/ Rev/ **163**, N 3 (1967) 743-755

- 21.3. R. Sudharsanan, K.K.Bardhan, B.P.Clayman, J.C.Irwin Infrared reflectance studies of silver intercalated  $TiS_2$ // Solid State Commun. **62**, N8, (1987), 563-565.
- 22.3. A.Honders, A.I.H.Hintzeren, I.M.der Kinderen, I.H.de Wit, G.H.I.Broers The thermoelectric power in solid solution electrodes: A Disregard Phenomenon?// Solid State Ionics **9&10**, (1983) 1205-1212
- 23.3. Е.А.Укше, Н.Г.Букун, А.Е.Укше, Л.В.Шерстнова, В.И.Коваленко Свойства электродов на основе интеркалатных соединений  $Ag_xTiS_2$ // Электрохимия **20**, №9 (1984) 1246-1250
- 24.3. И.М.Цидильковский Зонная структура полупроводников М.: Наука, 1978, 328 с.
- 25.3. А.А.Абрикосов Основы теории металлов М.: Наука, 1987 520 с.
- 26.3. P.W.Anderson Localized Magnetic States in Metals// Phys.Rev. **124** N 1, (1961) P.41-53.
- 27.3. J.Kondo Theory of Dilute Magnetic Alloys// J.Phys.C.: Solid State Phys. **23**, (1969) P.183-281
- 28.3. P.C.Klipstein, C.M.Pereira, R.H.Friend Transport and Raman studies of the group IV layered compounds and their lithium intercalates:  $Li_xTiS_2$ ,  $Li_xTiSe_2$ ,  $Li_xZrS_2$ ,  $Li_xZrSe_2$ ,  $Li_xHfS_2$ ,  $Li_xHfSe_2$ // Phil. Mag. B. **56** (1987) N 5, P.531-559
- 29.3. Р.М.Уайт Квантовая теория магнетизма М.: Мир. 1972 306 с.
- 30.3. B.G.Silbernagel and M.S.Whittingham “An NMR study of the alkali metal intercalation phase  $Li_xTiS_2$ : Relation to structure, thermodynamics and ionicity” J.Chem.Phys. **64** (1976) 3670
- 31.3. Y.Onuki, R.Inada, S.Tanuma, S.Yamanaka, H.Kamimura “Electrical Properties of Lithium Intercalated  $TiS_2$ ,  $ZrSe_2$ ,  $HfSe_2$ ,  $1T-TaS_2$  and  $VSe_2$ ”//J. Phys. Soc. Japan **51** (1982) 880-887
- 32.3. P.C.Klipstein, A.G.Bagnall, W.Y.Liang, J.C.Mikkelsen, A.D.Yoffe //J.Phys.C.: Solid State Phys. **10** (1981) L705
- 33.3. M.Inoue, H.Negishi, T.Fujii, K.Takase, Y.Hara, M.Sasaki Transport properties of self-intercalated compounds  $Ti_{1+x}S_2$ // J. Phys. Chem. Solids **57** (1996) 1109-1112
- 34.3. M.Inoue, M.Koyano, H.Negishi, Y.Ueda, H.Sato Localized Impurity Level and Carrier Concentration in Self-Intercalated  $TiS_2$  Crystals// phys. stat. sol. (b) **132** (1985) 295-303
- 35.3. H.Negishi, S.Kakita, H.Yamada, S.Negishi, M.Sasaki, M.Inoue Impurity scattering by guest 3d metals and their impurity band formation in  $M_xTiS_2$  ( $M = 3d$  metals)// Solid State Commun. **112** (1999) 275-279
- 36.3. Л.С.Красавин, М.В.Спицин, А.Н.Титов “Электронные кинетические свойства высокотемпературной фазы интеркалатного соединения  $Ag_xTiSe_2$ ”// ФТТ **39**, № 1, (1997) 61-62

- 37.3. К.И.Шкловский, А.Л.Эфрос “Теория протекния и проводимость сильно неоднородных сред” УФН **117** (1975) 401
- 38.3. M.F. Sykes, J.W. Essam “Some Exact Critical Percolation Probabilities for Bond and Site Problem in Two Dimensions”// Phys.Rev.Lett., **10**, N 1 (1963) 3 - 4; M. F. Sykes and J. W. Essam, J. Math. Phys. **5**, 1117 (1964)
- 39.3. A.N. Titov, S.G. Titova, N.V. Toporova, D.I. Kochubey, B.P. Tolochko “Influence of polaron localization on crystal structure of  $\text{Ag}_x\text{TiTe}_2$  from EXAFS and diffraction data”// NIM A. (in print)
- 40.3. A.J.Benda “Optical, electrical-transport, and heat-capacity studies of the solid solution  $\text{Ti}_x\text{Ta}_{1-x}\text{S}_2$   $\text{Zr}_x\text{Ta}_{1-x}\text{S}_2$   $\text{Ti}_x\text{Nb}_{1-x}\text{S}_2$ ”//Phys.Rev. B. **10**, N 4, (1974), 1409-1420.
- 41.3. K.C.Woo, F.C.Brown, W.L.McMillan, R.J.Miller, M.J.Schaffman, M.P.Sears “Superlattice formation in titanium diselenide”// Phys.Rev.B. **14**, N 8 (1976) 3242 – 3247
- 42.3. F.J. DiSalvo, D.E. Moncton, J.V.Waszczak. “Electronic properties and superlattice formation in the semimetal  $\text{TiSe}_2$ ”// Phys.Rev.B **14**, N 10 (1976) 4321-4327
- 43.3. K. Rossnagel, L. Kipp, and M. Skibowski “Charge-density-wave phase transition in 1T- $\text{TiSe}_2$ : Excitonic insulator versus band-type Jahn-Teller mechanism”// Phys.Rev.B. **65** (2002) 235101; R.Dupree, W.W.Warren, F.J.DiSalvo “ $^{77}\text{Se}$  NMR study of the electronic instability in  $\text{TiSe}_2$ ”// Phys.Rev. B. **16**, N 3, (1977) 1001 – 1007; J.A.Holy, K.C.Woo, M.V.Klein, F.C.Brown “Raman and infrared studies of superlattice formation in  $\text{TiSe}_2$ ”// Phys.Rev. B. **16**, N 8, (1977) 3628 – 3627; T.E.Kidd, T.Miller, M.Y.Chou, and T.-C.Chiang “Electron-Hole Coupling and the Charge DensityWave Transition in  $\text{TiSe}_2$ ”// Phys. Rev. Lett. **88**, N 22 (2000), 226402; A.Zunger, A.J.Freeman “Structurally Induced Semimetal – to – Semiconductor Transition in 1T- $\text{TiSe}_2$ ”// Phys. Rev. Lett. **40**, N 17 (1978), 1155 – 1158;
- 44.3. Л.С.Красавин, А.Н.Титов, В.М.Антропов “Влияние интеркаляции серебром на состояние с волной зарядовой плотности в  $\text{TiSe}_2$ ”// ФТТ **40** № 12, (1998) 2165-2167
- 45.3. F.J.DiSalvo, J.V.Waszczak “Transport properties and phase transition in  $\text{Ti}_{1-x}\text{M}_x\text{Se}_2$  (M = Ta or V)”// Phys. Rev. B. **17** N 10, (1978) 3801 – 3807.
- 46.3. S.Muranaka, T.Takada “Magnetic Susceptibility and Torque Measurements of  $\text{FeV}_2\text{S}_4$ ,  $\text{FeV}_2\text{Se}_4$  and  $\text{FeTi}_2\text{Se}_4$ ”// J. Solid State Chem. **14** (1975) 291
- 47.3. N.Titov, I.Brintse, S.G.Titova, N.V.Toporova “Silver intercalation in  $\text{PbS}_{1.18}(\text{TiS}_2)_n$ , n = 1, 2 misfit layer compounds”// Solid State Ionics **140**, (2001) 293
- 48.3. В.В.Щенников, А.Н.Титов, С.В.Попова, С.В.Овсянников “Электрические свойства кристаллов  $(\text{PbS})_{0.59}\text{TiS}_2$  при высоком давлении до 20 ГПа”// ФТТ **42** (2000) 1193
- 49.3. С.В.Вонсовский Магнетизм. Мир. М. (1963)

- 50.3. Дж. Сمارт Эффективное поле в теории магнетизма М.: Мир, 1968
- 51.3. D.R.Huntley, M.I.Sienko, K.Hiebel "Magnetic Properties of Iron Intercalated Titanium Diselenide"// J. Solid State Chem. **52** (1974) 233 – 343.
- 52.3. Y.Tazuke and T.Takeyama "Magnetic Properties of 3d transition Elements Intercalated Compounds  $M_xTiSe_2$ "// J. Phys. Soc. Japan **66** (1977) 827
- 53.3. В.Г. Плещёв, А.Н.Титов, А.В.Куранов "Магнитные и электрические свойства диселенида титана интеркалированного кобальтом" // ФТТ **39**, № 10, (1997) 1618
- 54.3. V.G.Pleschov, N.V.Baranov, A.N.Titov, K.Inoue, M.I.Bartashevich, T.Goto "Magnetic properties of Cr-intercalated  $TiSe_2$ "// J.Alloys Comp. **320** (2001) 13-17
- 55.3. А.В.Куранов, В.Г.Плещев, А.Н.Титов, Н.В.Баранов, Л.С.Красавин "Влияние интеркаляции 3d-элементами на структуру и физические свойства диселенида титана  $M_xTiSe_2$  (M= Cr, Fe, Co)"// ФТТ **42** № 11 (2000) 2029-2031
- 56.3. А.Н.Титов, Ю.М.Ярмошенко, М.Неуманн, В.Г.Плещёв, С.Г.Титова "Иерархия порогов протекания и механизм подавления магнитных моментов переходных металлов, интеркалированных в  $TiSe_2$ "//ФТТ **46**, № 9 (2004) 1628 – 1632.
- 57.3. P.W. Anderson "Localized Magnetic States in Metals"//Phys. Rev. **124**, N 1, (1961) 41-53
- 58.3. В.Г.Плещёв, А.Н.Титов, Н.В.Баранов "Структурные характеристики и физические свойства диселенида титана, интеркалированного марганцем"// ФТТ, **44**, № 1 (2002) 62-65
- 59.3. В.Г.Плещёв, А.В.Королёв, Ю.А.Дорофеев "Магнитное состояние интеркалированных соединений в системе  $Cr_xTiTe_2$ "// ФТТ **46**, № 2 (2004) 288-292.
- 60.3. В.Г.Плещёв, А.Н.Титов, С.Г.Титова "Структурные характеристики и физические свойства диселенида и дителлурида титана, интеркалированного кобальтом"// ФТТ **45**, № 3 (2003) 409-412
- 61.3. В.Г.Плещёв, А.Н.Титов, С.Г.Титова, А.В.Куранов "Структурные характеристики и магнитная восприимчивость дителлурида титана, интеркалированного железом"// Неорган. Материалы **33** № 11 (1997) 1333-1335.
- 62.3. M.Koyano, S.Horisaka, H.Negishi, M.Sasaki, M.Inoue, M.Suzuki, K.Motizuki "Magnetic scattering of conduction carriers in 3d transition metals intercalates of  $M_xTiS_2$  (M = Mn, Fe, Co and Ni)"// J.Low Temp. Phys. **78** (1990) 141 – 146.
- 63.3. A.N.Titov, S.G.Titova " Phase diagram and electronic properties of  $Ag_xTiTe_2$ " // J. Alloys and Comp. **256**, (1997) p.13-17
- 64.3. А.Н.Титов, С.Г.Титова "Упорядочение интеркалированной примеси вблизи температуры коллапса поляронной зоны в  $Ag_xTiTe_2$ "// ФТТ **43** №4 (2001) 605-610

- 65.3. A.N.Titov, S.G.Titova “The polaronic band collapse in the superionic intercalation compounds”// Известия Академии наук. Серия физическая, **65**, № 6, (2001) 851-853.
- 66.3. А.Н.Титов “Переход металл-полупроводник в дителлуриде титана, интеркалированном серебром”// ФТТ **38**, № 10, (1996) 3126-3128.
- 67.3 А.Н.Титов, Т.Б.Попова, С.Г.Титова “Неравновесный фазовый переход в закаленных образцах  $Fe_{0.1}TiTe_2$ ”// ФТТ **41**, № 4 (1999) 680-683
- 68.3. А.Н.Титов “Индукцированная нагревом “левитация” интеркалированных монокристаллов слоистых дихалькогенидов титана”// ФММ **81**, № 6, (1996) 75-78

#### *Литература к Главе 4*

- 1.4. Ю.А.Фирсов “Поляроны” Наука М. (1975).
- 2.4. A.S.Alexandrov. N.Mott Polarons&Bipolarons World Scientific, Singapore, 1995, p. 191
- 3.4. A.S.Alexandrov, P.E.Kornilovitch “Mobile Small Polaron”// Phys. Rev. lett. **82** (4), 1999, 807
- 4.4. Ю.А.Фирсов, Е.К.Кудинов “Поляронное состояние кристалла”//ФТТ, **43** (3), 2001, 431-441
- 5.4. F.V.Kusmartsev “Electronic molecules in solids”// Europhys. lett. **54** (6), 2001, 786-792
- 6.4. А.Е.Мыасникова “Polaron motion in complex oxides and high-temperature superconductivity”// J.Phys.: Condens. Matter. **4**, 1992, 9067-9078
- 7.4. М.Ю.Каган, К.И.Кугель “Неоднородные зарядовые состояния и фазовое расслоение в манганитах”// УФН **171** (6), 2001, 577-596
- 8.4. Э.Л.Нагаев “Физика магнитных полупроводников” М.: Мир, 1979
- 9.4. U. van Oehsen, H.Schmalzried “Thermodynamic Investigation of  $Ag_2Se$ ”//Ber. Bunsenges. Phys. Chem. **85**, 1981, 7-14
- 10.4. S.Myatani “ $\alpha$ - $Ag_2S$  as a mixed conductor”// J. Phys. Soc. Japan **24**, (1968) N 2, 328 – 337.
- 11.4.V.I.Tsidilkovskii, I.A.Leonidov, A.A.Lakhtin, V.A.Mezrin “High-Temperature Equilibrium Between High- $T_c$  Oxide and Gas Phase”// Phys. Stat. Sol. (b) **168**, (1991) 231-244.
- 12.4. V.I.Tsidilkovskii, I.A.Leonidov, A.A.Lakhtin, V.A.Mezrin “The Role of the Electron – Hole System in the Thermodynamics of  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  - Gas Equilibrium”// Phys. Stat. Sol. (b) **168**, (1991) 233 – 240.
- 13.4. Л.Жирифалько “Статистическая физика твёрдого тела” М.: Мир 1975, 382 с.
- 14.4. В.Н.Чеботин М.В.Перфильев, “Электрохимия твёрдых электролитов” М.: Химия 1978, 312 с.
- 15.4. Ю.Я.Гуревич, Ю.И.Харкац “Суперионные проводники” М.: Наука, (1992)

- 16.4. A.H.Thompson “Thermodynamics of Li intercalation batteries: entropy measurements on  $\text{Li}_x\text{TiS}_2$ ”// *Physica* **105B** (1981), 461-465
- 17.4.A.H.Thompson, C.R.Symon “Structural studies on  $\text{Li}_x\text{TiS}_2$ ”// *Solid State Ionics*, 3/4, (1981), 175-179
- 18.4. D.W.Murphy, R.J.Cava, S.N.Zahurak, A.Santoro “Ternary  $\text{Li}_x\text{TiO}_2$  phases from insertion reaction”//*Solid State Ionics* **9&10**, (1983), 413-418
- 19.4. G.A.Wiegers, K.D.Bronsema, S.van Smaalen, R.J.Haange, J.E.Zondag, J.L.Broers “X-ray Study of the Second-Order Phase Transition of  $\text{Ag}_{0,35}\text{TiS}_2$ : A Phase Transition Characterized by Two Order Parameters”// *J. Solid State Chem.* **67**, N 1 (1987) 9 – 20
- 20.4. Ю.Я.Гуревич, Ю.И.Харкац «Особенности термодинамики суперионных проводников»// *УФН* **136**, № 4 (1982) 693-728.
- 21.4. M.J.Rice, S.Strassler, G.A.Toombs “Superionic Conductors: Theory of Phase Transition to Cation Disordered State”// *Phys. Rev. Lett.* **32**, (1974) 596 – 599
- 22.4. D.O.Welch, G.J.Dines “Phenomenological and Microscopic Models of Sublattice Disorder in Ionic Crystals - I”// *J. Phys. Chem. Solids* **38** (1977) N 3, 311-317.
- 23.4. А.И.Гусев *Физическая химия нестехиометрических и тугоплавких соединений М.:* Наука 1991, 286 с.
- 24.4. *Физика суперионных проводников* Под ред. М.Б.Саломона. Рига: Зинатне, 1982 315 с.
- 25.4. D.K.G. de Boer, C.F. van Bruggen, G.W.Bus, R.Coehoorn, C.Haas, G.A.Sawatzky “Titanium ditelluride: Band structure, photoemission, and electrical and magnetic properties”// *Phys. Rev. B.*, **29**, N12 (1984) 6797-6809.
- 26.4. A.N.Titov, S.G.Titova " Phase diagram and electronic properties of  $\text{Ag}_x\text{TiTe}_2$ " // *J. Alloys and Comp.* **256**, (1997) p.13-17.
- 27.4. А.Н.Титов, С.Г.Титова “Упорядочение интеркалированной примеси вблизи температуры коллапса поляронной зоны в  $\text{Ag}_x\text{TiTe}_2$ ”// *ФТТ* **43** №4 (2001) 605-610
- 28.4. Р. Уайт, Т.Джебелл *Дальний порядок в твёрдых телах М.:* Мир, 447 с.
- 29.4. А.Н.Титов, А.В.Долгошеин “Фазовые диаграммы интеркалатных материалов с поляронным типом локализации носителей”// *ФТТ* **42**, № 3 (2000) 425-427
- 30.4. A.N.Titov, S.G.Titova “The polaronic band collapse in the superionic intercalation compounds”// *Известия Академии наук. Серия физическая*, **65**, № 6, (2001) 851-853.
- 31.4. L. Hernan, P. Lavela, J. Morales, J. Pattanayak and J.L. Tirado, “Structural aspects of lithium intercalated  $\text{PbVS}_3$ ,  $\text{PbTiS}_3$ ,  $\text{PbTi}_2\text{S}_5$  and  $\text{SnNbS}_3$ ” // *Mat.Res.Bull.* 26 (1991) 1211-1218.

- 32.4. P.Lavela, J.Morales, J.L.Tirado “Sodium intercalation into  $(\text{PbS})_{1.18}(\text{TiS}_2)_2$  misfit layer compound” // J. Solid State Chem. **124**, (1996) 238
- 33.4. A.N.Titov, I.Brintse, S.G.Titova, N.V.Toporova “Silver intercalation in  $\text{PbS}_{1.18}(\text{TiS}_2)_n$ ,  $n = 1, 2$  misfit layer compounds”// Solid State Ionics **140**, (2001) 293-300
- 34.4. В.В.Щенников, А.Н.Титов, С.В.Попова, С.В.Овсянников “Электрические свойства кристаллов  $(\text{PbS})_{0.59}\text{TiS}_2$  при высоком давлении до 20 Gpa”// ФТТ **42** №7 (2000) 1193-1195
- 35.4. V.V.Shchennikov, A.N.Titov, S.V.Popova, S.V.Ovsiyannikov Electrical properties of  $(\text{PbS})_{0.59}\text{TiS}_2$  crystals at high pressures up to 20 GPa // High Pressure Research, **v.17**, (2000), pp. 347-353
- 36.4. Великанова Т.В., Титов А.Н., Шишминцева Н.Н. Свинцеселективный электрод на основе мисфитного соединения  $(\text{PbS})_{1.18}\text{TiS}_2$ .// Журн. аналит.химии. 2000. Т.55. № 11. С. 1172.
- 37.4. Корыта И. Штулик К. Ионоселективные электроды. М.: Мир, 1989, С. 175
- 38.4. Крёгер Химия несовершенных кристаллов М.: Мир, 1969 654 с.
- 39.4. Справочное руководство по применению ионселективных электродов М.: Мир, 1986. С.94
- 40.4. М.В.Слинкина «Исследование механизма диффузии серебра в сульфидах свинца и кадмия» Дисс. Кандидат. Хим. Наук Уральский госуниверситет, Свердловск 1982.
- 41.4. А.Анималу «Квантовая теория кристаллических твердых тел» М.: Мир, 1981 с.242
- 42.4. Silin
- 43.4. C.Berthier, Y.Chabre, P.Segransan “Semiconductor – metal transition upon intercalation in  $\text{Li}_x\text{ZrSe}_2$ ”//Solid State Ionics **5** (1981) 379-382.
- 44.4. A.N.Titov, Yu.M.Yarmoshenko, S.G.Titova, L.S.Krasavin, M.Neumann “Localization of charge carriers in materials with high polaron concentration”// Physica B **328**, (2003) 108-110
- 45.4. D.O.Shorikov, A.N.Titov, S.G.Titova, B.P.Tolochko “Structural parameters of intercalation compounds based on titanium dichalcogenides near the temperature of the polaronic band collapse”// Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **470** (2001) 215-218
- 46.4. A.N. Titov, S.G. Titova, N.V. Toporova, D.I. Kochubey, B.P. Tolochko “Influence of polaron localization on crystal structure of  $\text{Ag}_x\text{TiTe}_2$  from EXAFS and diffraction data ”// NIM A, in print
- 47.4. Дж. Займан Принципы теории твёрдого тела Мир, М. 1974 С.174
- 48.4. В.М.Фридкин Сегнетоэлектрики-полупроводники М.: Наука 1976 с. 21

- 49.4. А.Н.Титов, З.А.Ягафарова, Н.Н.Биккулова “Исследование диселенида циркония, интеркалированного серебром”// ФТТ **45** № 11 (2003) 1968-1971
- 50.4. C.Berthier, Y.Chabre, P.Segransan, P.Chevalier, P.Trichet, A.Le Mehaute. Solid State Ionics **5**, 379 (1981).