

M 75

346/—

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР
КИЕВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. А. М. ГОРЬКОГО

И. П. МОЛОДЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ
НА ОСНОВЕ АНТИМОНИДА ИНДИЯ
В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ
ИНДИЙ-СУРЬМА-ТЕЛЛУР

АВТОРЕФЕРАТ

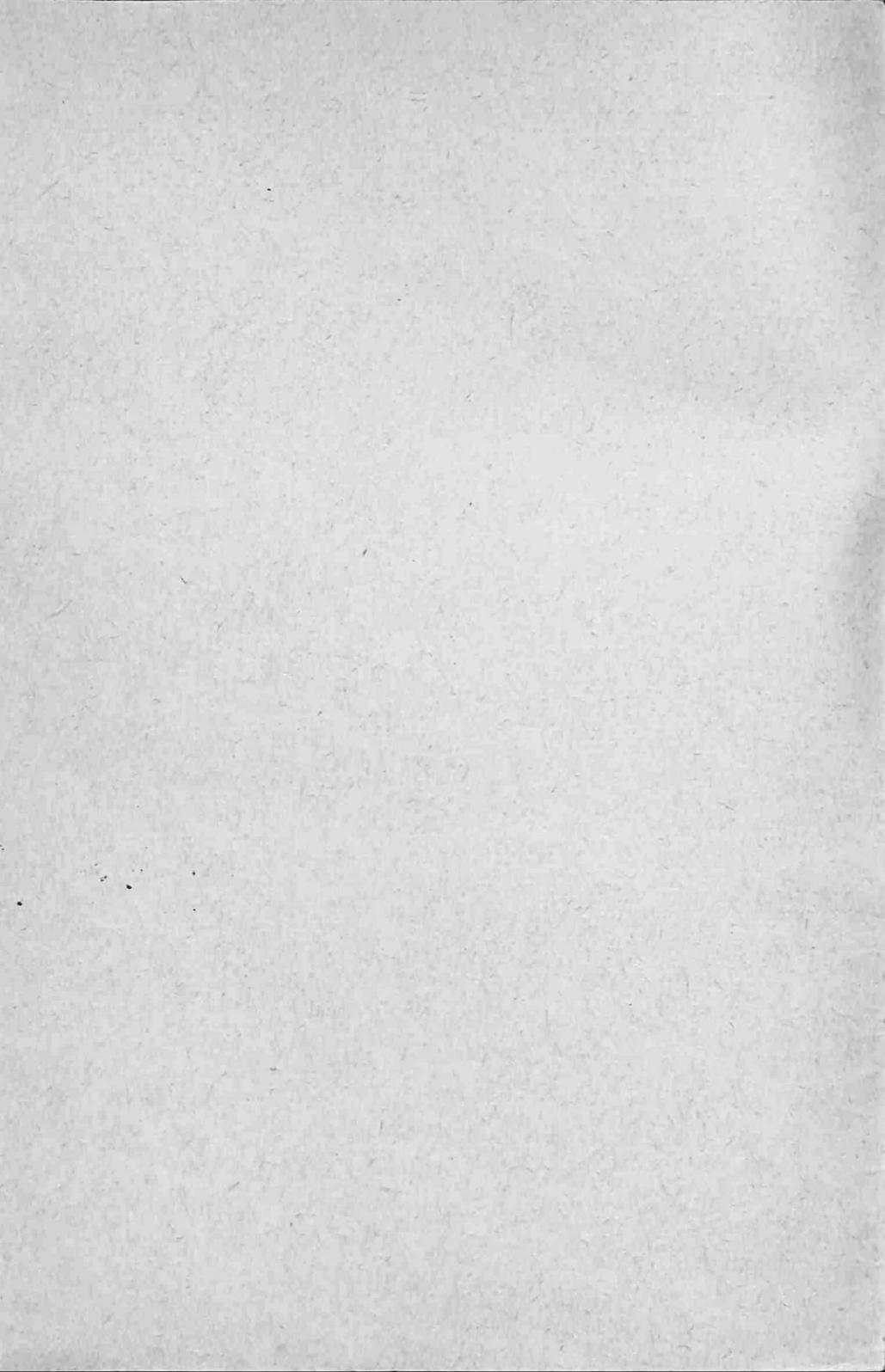
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

НБ НПУ
імені М.П. Драгоманова



100313502

Киев * 1966



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР
КИЕВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. А. М. ГОРЬКОГО

И. П. МОЛОДЯН

53
Моло

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ
НА ОСНОВЕ АНТИМОНИДА ИНДИЯ
В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ
ИНДИЙ — СУРЬМА — ТЕЛЛУР

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

346-Р.

Научные руководители:

Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор физико-математических наук, профессор
Д. Н. НАСЛЕДОВ,

кандидат физико-математических наук, доцент
С. И. РАДАУЦАН.

-76

Киев * 1966

Работа выполнена в Институте прикладной физики АН МССР и Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе АН СССР.

Ученый совет Киевского педагогического института им. А. М. Горького направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации.

Защита состоится «23 августа» 1966 г.

Дата рассылки автореферата

«20 августа» 1966 г.

Отзывы на автореферат просим прислать по адресу: УССР, г. Киев, бульвар Т. Шевченко, 22/24, Педагогический институт им. А. М. Горького,

Ученому секретарю Совета.

Исследование соединений $A^{III}B^V$ привело к созданию целого ряда новых полупроводниковых приборов — датчиков эдс Холла, детекторов, фильтров и поляризаторов, работающих в различных областях спектра, транзисторов, фотодиодов и др. Эти приборы в большинстве своем основаны на применении сверхчистых и слабо легированных кристаллов.

Открытие туннельного диода и полупроводникового лазера показало, что сильнолегированные полупроводники обладают не менее широкой перспективой технического применения. Количество работ, посвященных их исследованию, в последнее время резко возросло. Проблема сильного легирования стала одной из основных в физике полупроводников, как экспериментальной, так и теоретической.

В отличие от слаболегированных кристаллов, в которых примесные атомы практически не взаимодействуют друг с другом, в сильнолегированных за счет большой концентрации примесей происходит перекрытие волновых функций примесных электронов. Это приводит к изменениям в энергетическом спектре носителей.

Увеличение степени легирования приводит также к изменениям в кристаллической решетке, характерным обычно для твердых растворов.

Твердые растворы на основе $A^{III}B^V$ интенсивно изучались в последние годы. Благодаря плавному изменению характеристик с составом, они позволили восполнить интервалы в дискретном ряду, составленном из свойств отдельных соединений. На некоторых твердых растворах уже созданы серии лазеров, покрывающих широкий диапазон частот.

В связи с этим исследование новых твердых растворов, наряду с сильнолегированными полупроводниками $A^{III}B^V$ является актуальной задачей физики и техники полупроводников.

Особый интерес представляет изучение систем типа $A^{III}-B^V-C^{VI}$, где образование гетеровалентных растворов вблизи $A^{III}B^V$ сопровождается легирующим действием атомов VI группы таблицы Д. И. Менделеева. Это позволяет исследовать переход от легированных индивидуальной примесью соединений $A^{III}B^V$ к образованию твердых растворов на их основе.

К моменту начала настоящего исследования эта проблема была практически не изучена. Реферируемая диссертация посвящена исследованию твердых растворов на основе антимионида индия в системе индий — сурьма — теллур.

Работа состоит из введения и шести глав.

В первой главе, содержащей литературный обзор, рассматриваются вопросы, связанные с изменением зонной и кристаллической структуры соединений $A^{III}B^V$ при переходе от слабого к сильному легированию, когда начинает проявляться политропия примесей, ограничивающая концентрацию носителей. Приводится анализ особенностей образования и свойств твердых растворов на основе $A^{III}B^V$ при изовалентном и гетеровалентном замещении. Отмечается неквазибинарность гетеровалентных разрезов типа $A^{III}B^V - A_x^{III}C_y^{VI}$, связанная с различным поведением атомов C^{VI} при малых и больших содержаниях соединений $A_x^{III}C_y^{VI}$ в растворе.

В обзоре приведены основные характеристики известных из литературы соединений и фаз тройной системы индий — сурьма — теллур.

В результате анализа литературных данных формулируются задачи диссертации, которые заключаются в следующем:

1. Поискное исследование возможности образования области гомогенности с тетраэдрической координацией атомов в структуре при взаимодействии антимионида индия с теллуридами индия.

2. Детальное исследование фазовой диаграммы квазибинарного разреза $InSb-InTe$ с целью определения области гомогенных твердых растворов на основе $InSb$ и новой тройной фазы со структурой $NaCl$, впервые об-

наруженной нами в этом разрезе. Определение состава, структуры и ее параметров, а также условий образования и стабильности тройной фазы.

3. Разработка технологии получения монокристаллических и гомогенных твердых растворов $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$.

4. Комплексное исследование эффектов переноса в твердых растворах $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$ с целью определения их основных полупроводниковых параметров и их связи с составом.

5. Выяснение изменений в зонной структуре и механизме рассеяния электронов антимонида индия при растворении в нем малых и больших количеств InTe на основании измерения кинетических эффектов и оптического отражения.

Вторая глава содержит описание методов получения и физико-химического анализа тройных сплавов системы индий-сурьма-теллур. Поиск оптимальных методов и режимов синтеза и гомогенизации шел параллельно с изучением фазовой диаграммы. Поэтому в ходе исследования были использованы разные методы, в том числе синтез при различных скоростях охлаждения расплава с применением вибраций, отжиги различной длительности при различных температурах и давлениях инертного газа. Для выращивания кристаллов твердых растворов $\text{InSb}-\text{InTe}$ и новой тройной фазы были использованы, соответственно, метод зонного выравнивания и метод Бриджмена.

Физико-химический анализ сплавов проводился комплексно с применением следующих методов: 1) рентгенофазовый анализ при различных температурах; 2) микроструктурный анализ с измерением микротвердости; 3) термический анализ; 4) химический анализ по методике, специально разработанной для данной системы.

Описывается предложенный и использованный в этой работе метод микрофазового анализа гетерогенных полупроводниковых систем, основанный на механическом и электроискровом методе изолирования отдельных фаз (диаметром $\gtrsim 30$ мк).

В третьей главе приводятся результаты физико-химического исследования системы индий-сурьма-теллур. Изучены сплавы, лежащие по составу в пяти разрезах между InSb с одной стороны и теллуридами

индия — In_2Te , InTe , In_2Te_3 , In_4Te_7 , In_2Te_5 — с другой стороны. Рентгенофазовым и микроструктурным анализом установлено, что по всем изученным разрезам наблюдается ограниченная растворимость, область которой составляет около 15 эквимол. % около InSb . Твердые растворы обладают структурой ZnS . Параметр решетки растворов изменяется в пределах $6,47_8 - 6,43$ ($6,44$) Å.

Образование вблизи InSb такой области гомогенности, обнаруженной впоследствии и в других подобных системах на основе InAs , GaSb и других соединений со структурой ZnS , может быть связано с тем, что структура цинковой обманки допускает, как и в случае дефектных соединений $\text{A}_2^{\text{III}}\text{C}_3^{\text{VI}}$, различную, отличающуюся от 4, электронную концентрацию на атом.

В разрезе $(\text{InSb})_{3x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}$ при большем содержании In_2Te_3 чем 15 эквимол. % ($x < 0,85$) в сплавах обнаружена ранее неизвестная тройная фаза. Установлено, что новая фаза обладает структурой каменной соли и лежит по составу в разрезе $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$. Впоследствии это было подтверждено Бейнюсом и др. и Рабенау и Денеке.

На основании результатов физико-химического анализа построена фазовая диаграмма сплавов разреза $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$.

В области $x=1 \div 0,80$ кривые ликвидуса и солидуса имеют вид, характерный для твердых растворов. Область растворимости при температуре 500°C составляет около 20% вблизи InSb . При понижении температуры область растворимости сужается и по результатам рентгеновского и микроструктурного анализов составляет 0—15 экв. мол. % InTe ($x=1 \div 0,85$).

Температура солидуса и ликвидуса уменьшается по мере роста содержания InTe в растворе.

Эвтектический состав лежит в области $x=0,85-0,80$. Температура эвтектики равна 505°C . В сплавах состава $x < 0,85$ появляется вторая фаза со структурой NaCl .

Опыты показывают, что состав фазы зависит от термических условий синтеза. Переохлажденный расплав состава $x=0,25$, не содержащий InTe в твердом состоянии, при 585°C кристаллизуется в фазу In_4SbTe_3 , обладающую структурой NaCl с параметром решетки $6,12_8$ Å. Химический анализ установил, что соотноше-

ние элементов в фазе соответствует формуле In_4SbTe_3 .
Микротвердость ее равна $120 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$.

Высокотемпературным рентгеновским анализом установлено, что параметр решетки новой фазы линейно растет с температурой. Коэффициент линейного расширения равен $2 \cdot 10^{-5}$ град $^{-1}$. При температуре выше 400°C фаза In_4SbTe_3 разлагается на исходные компоненты, а при 585°C в твердом состоянии остается только одна компонента — InTe .

При отсутствии переохлаждения расплава тройная фаза со структурой каменной соли образуется по перитектической реакции с кристаллическим InTe . Температура перитектики равна 560°C , что хорошо согласуется с более поздними данными других авторов (Бейнюс, Рабенау). Наши опыты подтверждают, что состав тройной фазы, образующийся по перитектической реакции, соответствует формуле In_3SbTe_2 .

В других подобных системах такие тройные фазы со структурой NaCl не были обнаружены.

Это обстоятельство связывается со структурными особенностями взаимодействующих соединений InSb и InTe , которые, в отличие от других, при больших давлениях претерпевают фазовые переходы в структуры с большим координационным числом. Показано, что тройная фаза образуется на основе фазы высокого давления InTe (II), обладающей структурой NaCl , при замещении части атомов теллура сурьмой. При этом для образования тройной фазы со структурой NaCl не требуется высоких давлений.

Существенно, что как InTe (II), так и обнаруженная нами тройная фаза, образующаяся при частичном замещении атомов теллура атомами сурьмы, являются сверхпроводниками при гелиевых температурах.

На основе установленной диаграммы состояния $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$ были выбраны режимы для выращивания кристаллов твердых растворов. Многократным зонным выравниванием получены однородные слитки твердых растворов различного состава области $x=1 \div 0,85$, из которых вырезались образцы для электрических и оптических измерений. Образцы состава $x > 0,99$ были монокристаллическими, остальные — крупноблочные поликристаллы.

В четвертой главе кратко описывается методика измерений явлений переноса и оптического отражения. Явление переноса (удельная электропроводность, эффект Холла, термоэдс и термомагнитные эффекты Нернста-Эттингсгаузена) измерялись в области температур 100—600°K комплексно на полуавтоматической установке, разработанной в ФТИ АН СССР. (г. Ленинград). Полевые зависимости снимались в магнитном поле 0,1—25 кэ. Отдельно на прецизионной установке измерялась термоэдс в интервале температур 100—370°K.

Оптическое отражение измерялось в видимой области спектра при 100 и 300°K.

В главе описывается подготовка образцов к измерению, приводится анализ точности определения кинетических эффектов.

Пятая глава содержит экспериментальные результаты исследования концентрационных, температурных и полевых зависимостей явлений переноса в твердых растворах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ ($x=1 \div 0,85$).

Были изучены монокристаллические и гомогенные образцы девяти составов. Наиболее подробно исследована область вблизи антимонида индия ($x \geq 0,99$).

Образцы всех сплавов области $x=1 \div 0,85$ обладают электронным типом проводимости, обусловленным донорным действием атомов теллура.

Обнаружены разные зависимости электропроводности и коэффициента Холла от состава x в области малых ($x > 0,99$) и больших ($0,85 \leq x < 0,99$) концентраций InTe в сплаве, связанные с переходом от легированного антимонида индия теллуrom к образованию твердых растворов $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$.

При растворении в InSb малых количеств InTe (до 0,1%) каждый атом теллура дает в зону проводимости по одному электрону. В сплаве состава $x=0,99$ достигнута наибольшая для антимонида индия концентрация электронов, равная $1,2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. При большем содержании InTe в сплаве ($0,85 \leq x < 0,99$) концентрация электронов практически не меняется. Это свидетельствует о политропии атомов теллура, вызванной образованием твердых растворов $\text{InSb}-\text{InTe}$.

Холловская подвижность электронов сплавов $x > 0,99$ уменьшается с ростом концентрации InTe в сплаве. Зна-

чение подвижности в антимониде индия, легированного теллуридом в присутствии индия (т. е. InTe) больше, чем в кристаллах InSb, легированных селеном до таких же концентраций электронов. Это может быть вызвано меньшим количеством собственных дефектов в подрешетке индия, образующихся при таком легировании InSb. В твердых растворах $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$ ($x < 0,99$) подвижность электронов меньше, чем в антимониде индия с той же концентрацией электронов, но в 1,5—2 раза больше, чем в твердых растворах InSb с дефектным In_2Te_3 с соответствующим содержанием теллура.

Электропроводность и коэффициент Холла в образцах $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$ ($x = 1 \div 0,85$) в области температур ниже комнатной практически постоянны. Это обусловлено сильным вырождением электронного газа. Приведенный уровень Ферми изменяется от 2,3 до 19,1.

В образцах близких по составу к InSb с концентрацией электронов $10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$ при $T > 300^\circ\text{K}$ начинается собственная проводимость.

В образцах с концентрацией электронов $n > 4,8 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ обнаружен рост коэффициента Холла с температурой при $T > 300^\circ\text{K}$.

Дифференциальная термоэдс образцов состава $x > 0,99$ полностью согласуется со значениями α легированного InSb до соответствующих концентраций электронов. В твердых растворах ($0,85 \leq x < 0,99$) термоэдс слабо изменяется с составом. В образцах всех составов ($x = 1 \div 0,85$) из-за вырождения электронного газа термоэдс растет с температурой ($100 - 370^\circ\text{K}$).

Эдс поперечного эффекта Нернста-Эттингсгаузена для образцов $x > 0,99$ пропорциональна H в слабых магнитных полях ($\frac{uH}{c} \ll 1$) и обратно пропорциональна

H в сильных ($\frac{uH}{c} \gg 1$). Коэффициент поперечного эффекта Нернста-Эттингсгаузена в слабом поле H в области $100 - 600^\circ\text{K}$ растет с температурой. Q^\perp положителен для всех составов области $x = 1 \div 0,85$, кроме образцов, близких по составу к InSb с $n = 10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$, в которых при низких температурах наблюдается переход от отрицательных к положительным значениям. Q^\perp уменьшается с ростом концентрации электронов, т. е. с ростом степени вырождения.

Продольный эффект Нернста-Эттингсгаузена измерен в образцах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ с большой подвижностью ($x > 0,99$). В слабых магнитных полях $\Delta \alpha$ пропорционально H^2 , в сильных $\Delta \alpha$ стремится к насыщению. В поле до 25 кэ насыщение $\Delta \alpha$ достигнуто только в легированном до $\sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$ InSb .

Кроме явлений переноса на образцах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ изучены спектры отражения в области поглощения свободными носителями (1–25 мк). Энергия плазмонов, определенная по плазменному минимуму отражения, изменяется с концентрацией электронов в пределах 0,05–0,13 эв. В образцах состава $x > 0,99$ решеточная диэлектрическая постоянная практически не зависит от состава и равна $15,5 \pm 0,5$. В твердых растворах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ ($0,85 \leq x \leq 0,99$) она уменьшается с ростом содержания InTe , достигая величины 12,5 при $x = 0,85$.

Определены оптические эффективные массы электронов в образцах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$.

Помимо твердых растворов $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ ($x = 1 \div 0,85$) исследованы также некоторые электрические свойства ранее неизвестной тройной фазы, образующейся в этом разрезе при $x = 0,25$.

Установлено, что тройная фаза In_4SbTe_3 обладает металлическим характером проводимости. Термический коэффициент сопротивления положителен и равен $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$. Концентрация электронов порядка $10^{21} - 10^{22} \text{ см}^{-3}$ при подвижности порядка $10 \text{ см}^2 \text{ в}^{-1} \text{ сек}^{-1}$. Дифференциальная термоэдс составляет 2–3 мкв. град⁻¹.

Обнаружено, что новая тройная фаза In_4SbTe_3 обладает сверхпроводимостью при гелиевых температурах. Точка перехода в сверхпроводящее состояние равна 1,5 К.

Нагревание до температур выше 400°C приводит к необратимым изменениям электропроводности, знака и величины термоэдс, связанным с разложением фазы In_4SbTe_3 .

В шестой главе приводятся некоторые сведения о зонной структуре и механизме рассеяния электронов в сильнолегированном антимониде индия n -типа и твердых растворах $\text{InSb}-\text{InTe}$, полученные в результате анализа явлений переноса и оптического отражения.

На основании измерений термоэдс и поперечного эффекта Нернста-Эттингсгаузена, а также электропро-

водности и эффекта Холла были вычислены эффективные массы электронов в образцах $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$ ($x = 1 - 0,85$). При этом влияние механизма рассеяния электронов на вычисляемую m^* исключалось благодаря использованию термоэде в сильном магнитном поле.

В легированном антимониде индия ($x > 0,99$) до концентраций электронов порядка $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ наши результаты полностью согласуются как с экспериментальными данными других авторов, полученных разными методами, так и с теоретической зависимостью $m^*(n)$, установленной Кейном для непараболической зоны проводимости InSb . При $n > 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ эффективные массы, определенные экспериментально как из явлений переноса, так и по оптическому отражению, несколько больше теоретических. Это отклонение может быть вызвано влиянием второй зоны проводимости InSb , которая по теоретическим оценкам Хилсума должна находиться в направлении $\langle 111 \rangle$ на высоте $\approx 0,6$ эв. над основным минимумом.

Предположением о существовании в зоне проводимости антимонида индия второго минимума хорошо объясняется рост коэффициента Холла в сильнолегированных образцах InSb при высоких температурах ($T > 300^\circ\text{K}$). Расчеты экспериментальной зависимости $R(T)$ показали, что второй минимум должен лежать выше основного на $\sim 0,5$ эв. Эффективная масса плотности состояний электронов во втором минимуме должна быть порядка $(0,3 - 0,4) m_0$. Благодаря большой m^* электроны второго минимума не оказывают сильного влияния на кинетические явления, определяемые в основном легкими электронами основной зоны. Предположение о наличии второго минимума не противоречит результатам измерения эффектов переноса как в InSb , так и в твердых растворах $(\text{InSb})_x(\text{InTe})_{1-x}$, в которых предельная концентрация свободных электронов соответствует высоте уровня Ферми в зоне проводимости $\sim 0,5$ эв.

Эффективная масса электронов в антимониде индия, определенная из эффектов переноса, при $n = 10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$ не изменяется с температурой в области $100 - 370^\circ\text{K}$ и согласуется с теоретическими значениями, рассчитанными по формуле Кейна для вырожденного InSb . В образцах с $n > 10^{18} \text{ см}^{-3}$ эффективная масса электронов

уменьшается с температурой быстрее, чем это следует из теории Кейна.

В твердых растворах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ ($0,85 \leq x < 0,99$) эффективная масса электронов больше чем в InSb с такой же концентрацией электронов. Эта разница увеличивается с удалением состава от InSb .

Сравнение экспериментальных и теоретически рассчитанных зависимостей холловской подвижности электронов от температуры в образцах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ показывает, что в легированном антимониде индия ($x > 0,99$) в области низких температур ($T < 300^\circ\text{K}$) доминирующим является механизм рассеяния электронов на ионах примеси. При больших температурах начинает сказываться рассеяние на колебаниях решетки. Анализ, основанный на вычислении эффективного показателя рассеяния, показывает, что величины и температурные зависимости коэффициента Нернста-Эттингсгаузена для образцов InSb с большой концентрацией электронов ($n \approx 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$) лучше согласуются с рассеянием на ионах примеси и акустических фононах, при меньших концентрациях электронов — на ионах примеси и оптических фононах. В твердых растворах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ ($0,85 \leq x < 0,99$) проявляется дополнительный механизм рассеяния, который может быть связан с теллуrom, находящимся в виде нейтральных образований.

В Ы В О Д Ы

Проведенное комплексное исследование физико-химических и физических свойств сплавов системы индий-сурьма-теллур позволило сделать следующие основные выводы.

1. Установлено, что в результате взаимодействия антимонида индия с теллуридами индия (In_2Te , InTe , In_2Te_3 , In_4Te_7 и In_2Te_5) образуются ограниченные твердые растворы со структурой цинковой обманки, область которых составляет около 15 экв. мол. % вблизи антимонида индия.

2. Детально изучена и построена фазовая диаграмма разреза $\text{InSb}-\text{InTe}$.

3. В разрезе $\text{InSb}-\text{InTe}$ обнаружена ранее неизвестная тройная фаза со структурой NaCl . Определены ее основные физико-химические и электрические характе-

ристики. Установлены условия её образования и область температурной устойчивости. Показано, что тройная фаза при гелиевых температурах переходит в сверхпроводящее состояние.

4. Разработан и применен метод микрофазового анализа гетерогенных сплавов, основанный на механическом и электронском способе изолирования фаз.

5. Многократным зонным выравниванием получены твердые растворы $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ ($x = 1 \div 0,85$) в виде монокристаллов ($x > 0,99$) и гомогенных поликристаллов.

6. Проведено комплексное исследование явлений переноса и оптического отражения ранее неизвестных твердых растворов $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$. Обнаружены отличия в зависимости электропроводности и коэффициента Холла от состава x в области малых ($x > 0,99$) и больших ($0,85 \leq x < 0,99$) концентраций InTe в сплаве, связанные с переходом от легированного InSb теллуrom к образованию твердых растворов InSb—InTe.

7. Установлено, что в твердых растворах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$ при гетеровалентном замещении сурьмы теллуrom концентрация электронов линейно растет с возрастанием концентрации атомов теллура до состава $x = 0,999 \div 0,99$. При большем содержании теллура в сплаве концентрация электронов практически не зависит от состава.

8. Определены эффективные массы электронов в образцах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$. Изучены их зависимости от концентрации электронов и температуры.

9. Рост коэффициента Холла с температурой (при $T > 300^\circ\text{K}$) в сильнолегированном InSb указывает на возможность существования на высоте $\sim 0,5$ эв. над дном зоны проводимости дополнительного минимума с эффективной массой плотности состояний $(0,3 \div 0,4)m_0$.

10. На основании теоретического анализа определены основные механизмы рассеяния электронов в твердых растворах $(\text{InSb})_x (\text{InTe})_{1-x}$.

Основные результаты диссертации были доложены на II и III Всесоюзных совещаниях по полупроводниковым соединениям (гг. Ленинград, 1961, Кишинев, 1963), на Всесоюзной конференции по физическим свойствам

полупроводников $A^{III}B^V$ и $A^{III}B^{VI}$ (г. Баку, 1965 г.) и изложены в следующих работах:

1. С. И. Радауцан, И. П. Молодян. Изв. МФ АН СССР 37, (69), 1960.

2. И. П. Молодян, В. В. Негрескул, С. И. Радауцан. Тезисы докладов на II Всесоюзном совещании по полупроводниковым соединениям, Ленинград, 1961.

3. И. П. Молодян, И. А. Мадан, С. И. Радауцан. Изв. АН МССР 10, (88), 1961.

4. И. П. Молодян, С. И. Радауцан. Сб. Исследования по полупроводникам, 143, Изд. Картя молдовеняскэ, 1964.

5. Ю. С. Ляликов, С. И. Радауцан, Л. С. Копанская, И. П. Молодян. Сб. Исследования по полупроводникам, 153, Изд. Картя молдовеняскэ, 1964.

6. И. П. Молодян, С. И. Радауцан. Изв. АН СССР сер. физическая, 28 (6), 1002, 1964.

7. И. П. Молодян, Д. Н. Наследов, С. И. Радауцан. Труды Всесоюзного совещания по физическим свойствам полупроводников $A^{III}B^V$ и $A^{III}B^{VI}$, г. Баку, 1965.

8. A. S. Filipchenko, I. P. Molodian, D. N. Nasledov, V. G. Sidorov, O. V. Emelyanenko, Phys. Stat. Sol. 14, к. 195, 1966.

9. I. P. Molodian, D. N. Nasledov, S. I. Radautsan, V. G. Sidorov. Phys. Stat. Sol., 1966 (в печати).

10. И. П. Молодян, В. Г. Сидоров, О. В. Емельяненко. Сб. Исследования по полупроводникам. Изд. АН МССР, 1966 (в печати).

11. Ю. С. Ляликов, С. И. Радауцан, Л. С. Копанская, И. П. Молодян. Заводская лаборатория, 4, 32, 391, 1966.

Поступило в набор 3-VIII-66 г.
Подписано в печать 15-VIII-66 г.
объем 1. п/л.
АБ05916. 15/VIII 1966 г. з. 2199 т. 200.

Полиграфкомбинат, Кишинев, ул. Чорба, 32

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 57TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637

