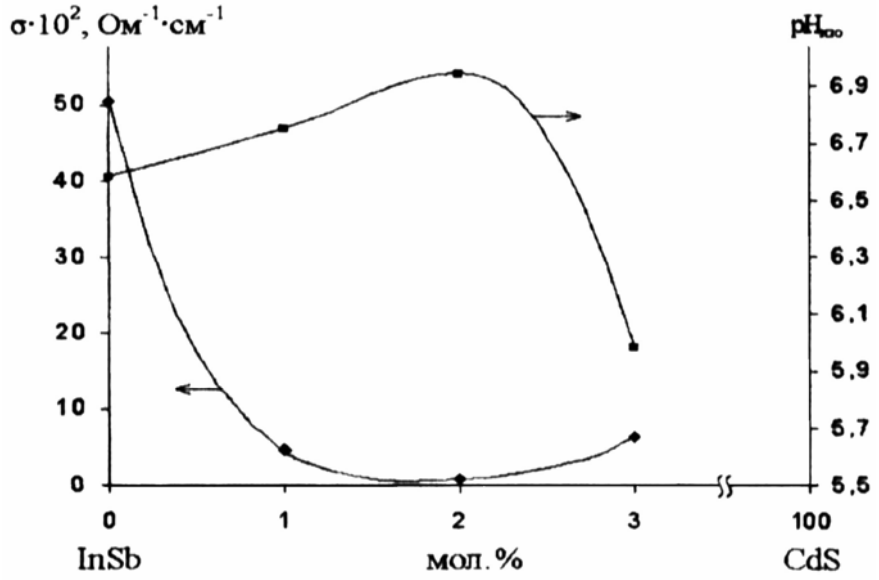

Рис. 2. Зависимости удельной электропроводности и pH-изоэлектрического состояния поверхности от состава системы InSb-CdS

Вышеописанные результаты исследований подтверждают и дополняют результаты термографических, электрофизических и кислотно-основных исследований.

На термограммах InSb и твердых растворов $(InSb)_x$ $(CdS)_{1-x}$ (x = 1,2, 3 мол %) обнаружены эндо- и экзоэффекты, сопровождающиеся ростом массы образцов в исследованном интервале температур и отличающиеся по интенсивности. Последняя с увеличением содержания CdS сначала падает (до 2 мол %), а затем растет. Эндотермические эффекты отвечают температурам плавления образцов; причиной экзотермических эффектов является, скорее всего, образование продуктов окисления, поскольку при этих температурах происходит значительный прирост массы.

Зависимости $\sigma = f(x_{CdS})$ и $pH_{изо} = f(x_{CdS})$ носят экстремальный характер (σ минимальна, $pH_{изо}$ максимальна для твердого раствора $(InSb)_{0,98}(CdS)_{0,02}$). Подщелачивание поверхности в ряду InSb $\rightarrow(InSb)_{0,98}(CdS)_{0,02}$ свидетельствует об уменьшении силы и концентрации кислотных центров, ответственными за которые преимущественно выступают координационно-ненасыщенные атомы (In, Cd), способные изменять свои функциональные способности с изменением координационного окружения в многокомпонентных системах [1,4]. Таким образом, отмеченное изменение кислотных характеристик поверхности есть результат изменения координационного окружения атомов кадмия и индия и, как следствие, роста концентрации ионных пар с образованием нейтральных комплексов типа $(CdS)^o$ (при более основных свойствах соединений типа $A^{II}B^{VI}$). С процессом образования нейтральных ионных пар, сопровождающимся уменьшением общего числа заряженных рассеивающих центров, связано и резкое уменьшение электропроводности в указанном ряду. Дальнейшее увеличение содержания сульфида кадмия сопровождается уменьшением ионных пар, некоторым ростом избыточных атомов серы, соответственно ростом ионности связи и концентрации заряженных рассеивающих центров. Это должным образом сказывается на силе кислотных центров и электропроводности (рис. 2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Твердые растворы. Томск: Изд-во ТГУ, 1984. –160 с.

2. Калинкин И.П., Алесковский В.Б., Симашкевич А.В. Эпитаксиальные пленки соединений A^2B^6. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1978. -312 с.

3. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. Ч. 1. М.: Мир, 1988. – 558 с.

4. Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Адсорбция газов. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1984. – 220 с.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМ InSb-$A^{II}B^{VI}$

Кировская И.А., Шубенкова Е.Г., Миронова Е.В., Рудько Т.А., Быкова Е.И.

Омский государственный технический университет

Омск, Россия

В работе анализируются результаты синтеза и исследования физико-химических свойств твердых растворов систем InSb-ZnTe, InSb-CdTe, использованных и для их аттестации.

Порошки твердых растворов получали методом изотермической диффузии бинарных компонентов в вакуумированных запаянных кварце-

вых ампулах при температурах, превышающих температуру плавления легкоплавкого компонента (InSb). Исходными материалами служили смеси порошков InSb и CdTe.

Продукты синтеза представляли собой компактные поликристаллические слитки на дне ампулы, подвергавшиеся затем измельчению. Состав полученных твердых растворов определялся пределами взаимной растворимости бинарных компонентов (до 5 мол % CdTe и 20 мол % ZnTe в InSb).

Для проведения дальнейших исследований твердые растворы и бинарные компоненты использовали как в форме порошков, так и пленок. Пленки получали методом дискретного термического напыления в вакууме ($T_{конд}$ = 298 К, P = $1{,}33\cdot10^{-4}$ Па) на различные подложки (стекло, монокристаллы KBr, электродные площадки пьезокварцевых резонаторов) с последующим отжигом в парах сырьевого материала. Толщину пленок определяли интерферометрически, по изменению частоты пьезокварцевого резонатора и исходя из условий напыления.

Для исследований физико-химических свойств и аттестации полученных твердых растворов использовали комплекс методов [1]: рентгенографический, термографический, ИК- и КР-спектроскопические, лазерной масс-спектрометрии, измерения электропроводности.

Результаты выполненных исследований, позволившие получить новую информацию о физико-химических свойствах систем InSb-ZnTe, InSb-CdTe, в свою очередь свидетельствуют об образовании в них (при заданных составах) твердых растворов замещения (рис. 1,2).

Так, по результатам рентгенографических исследований линии на рентгенограммах сдвинуты относительно линий бинарных компонентов при постоянном их числе; зависимости значений параметра решетки (a), межплоскостного расстояния ($d_{hk\ell}$), рентгеновской плоскости (ρ_r) от состава близки к линейным. Более сложный характер указанных зависимостей для твердых растворов, полученных в области растворимости $A^{II}B^{VI}$ в InSb, нашедший объяснение в [2], не искажает основной вывод. Обращает также на себя внимание отсутствие на рентгенограммах дополнительных линий, отвечающих непрореагировавшим бинарным компонентам, и размытости основных линий, что свидетельствует о полном завершении синтеза твердых растворов.

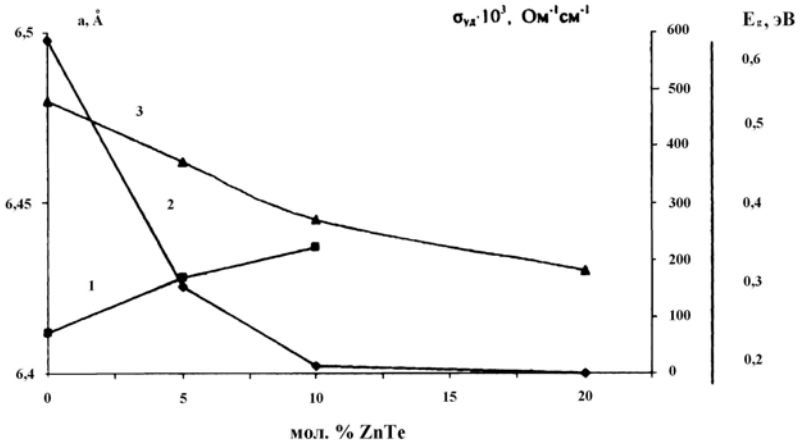

Рис. 1. Зависимость оптической ширины запрещенной зоны (1), удельной электропроводности (2) и периода решетки (3) компонентов системы InSb-ZnTe от состава

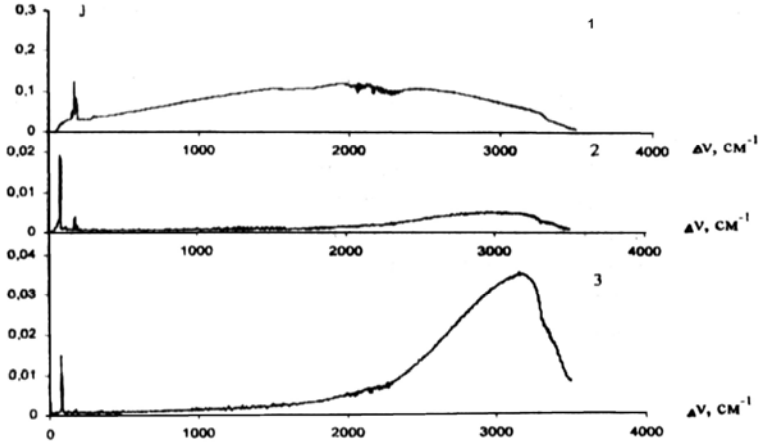

Рис. 2. Спектры комбинационного рассеяния компонентов системы InSb-ZnTe: 1 – InSb; 2 – механическая смесь, содержащая 5 мол % ZnTe; 3 – твердый раствор состава $(InSb)_{0,95}(ZnTe)_{0,05}$

В соответствии с положением и распределением по интенсивности основных линий на рентгенограммах, все компоненты систем (InSb, ZnTe, CdTe, $(InSb)_x$ $(ZnTe)_{1-x}$, $(InSb)_x$ $(CdTe)_{1-x}$) имеют кубическую структуру сфалерита.

Эндотермические пики на термограммах InSb, ZnTe, CdTe и твердых растворов, обусловленные как плавлением, так и окислением образцов, смещаются в рядах InSb → $(InSb)_x$ $(ZnTe)_{1-x}$ – ZnTe; InSb → $(InSb)_x$ $(CdTe)_{1-x}$→ CdTe преимущественно в сторону роста температуры, что косвенно подтверждает образование твердых растворов замещения.

Найденные на основе ИК-спектроскопических исследований (по пересечению касательной к краю поглощения с осью hυ) величины ширины запрещенной зоны с составом изменяются практически линейно в ряду InSb → $(InSb)_x$ $(ZnTe)_{1-x}$ – ZnTe и через минимум при 3 мол % CdTe в ряду InSb → $(InSb)_x$ $(CdTe)_{1-x}$→ CdTe. Появление минимума, скорее всего, связано с накоплением дефектов при взаимодействии бинарных компонентов, обусловленным образованием донорно-акцепторных комплексов типа In_2Te_3 [3].

Образованием донорно-акцепторных комплексов при попарном замещении атомов, указывающим на образование твердых растворов замещения, можно объяснить и плавное уменьшение (для системы InSb-ZnTe) или плавное нарастание (для системы InSb-CdTe) электропроводности с составом.

Определенные методом лазерной масс-спектрометрии составы отожженных (в выбранных температурных режимах) пленочных образцов отвечают стехиометрическим.

При анализе спектров комбинационного рассеяния компонентов систем выявлено изменение относительной интенсивности, уширение пиков излучения и их смещение с увеличением содержания $A^{II}B^{VI}$, что является следствием изменения координационного окружения атомов исходных компонентов, ширины запрещенной зоны и, в согласии с выше сказанным, об образовании твердых растворов замещения. Установлено также, что формирование твердых растворов происходит уже на этапе механохимической активации и окончательно завершается на стадии термической обработки.

Проведено сопоставление свойств изученных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кировская И.А. Адсорбционные процессы. – Иркутск: Изд-во ИГУ,1995. 300 с.

2. Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Твердые растворы. Томск: Изд-во ТГУ, 1984. 160 с.

3. Скоробогатова Л.А., Хабаров Э.Н. Зонные параметры системы твердых растворов $(InSb)_x$ $(CdTe)_{1-x}$ // Физика полупроводников, 1974. Вып. 2. С. 401-403.

ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ ГЕТЕРОВАЛЕНТНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ GaAs-$A^{II}B^{VI}$

Кировская И.А., Земцов А.Е., Шеденко А.В.
Омский государственный технический университет
Омск, Россия

Среди многокомпонентных полупроводников твердых растворов на основе бинарных соединений типа $A^{III}B^{V}$, $A^{II}B^{VI}$ заслуживают внимания твердые растворы систем GaAs-CdS и GaAs-CdSe – перспективные материалы новой техники. Они при определенной изученности их исходных компонентов GaAs, CdS, CdSe к началу нашей работы практически не исследовались: были известны лишь две работы [1, 2], посвященных получению твердых растворов $(GaAs)_x(CdS)_{1-x}$ и $(GaAs)_x(CdSe)_{1-x}$ определенных составов.

Одним из перспективных направлений применения создаваемых материалов является использование их в сенсорах-датчиках экологического и медицинского назначения, предусматривающее не только определение следов токсичных газов в воздухе, но и анализ микропримесей выдыхаемого газа, проведение медицинской диагностики по его составу.

Для более продуктивного использования названных материалов необходимы систематические исследования, включающие как получение и идентификацию, так и изучение физико-химических свойств.

Твердые растворы $(GaAs)_x(CdS)_{1-x}$ (x = 5–95 мол % GaAs) и $(GaAs)_x(CdSe)_{1-x}$ (x = 90-97 мол % GaAs) получали в форме порошков и пленок. В первом случае использовали метод изотермической диффузии бинарных соединений в вакуумированных запаянных кварцевых ампулах при температурах, ниже их температур плавления [3], во втором случае – методом термического дискретного напыления в вакууме [4] ($T_{конд}$ = 298 К, P = $1{,}33\cdot10^{-4}$ Па) на стекло или АТ-срез пьезокварца. Полученные порошки и пленки подвергали отжигу в парах сырьевого материала, который, как и синтез, осуществляли в определенных режимах, по специальным программам. Толщину пленок определяли по изменению частоты пьезокварцевого резонатора и интерферометрически, кристаллическую структуру пленок и порошков – рентгенографически.

Для исследования физико-химических свойств полученных твердых растворов использовали рентгенографический и КР-спектроскопический методы. Рентгенограммы снимали на дифрактометре ДРОН-3М в CuK_α и хромовом излучениях; КР-спектры (спектры ком-