

ными причинами неравенства в крае являются относительно низкая оплата труда у некоторых категорий работников, наличие незанятых трудоспособных лиц, низкий уровень социальных выплат.

Говоря о дифференциации невозможно обойти стороной тот факт, что одной из социально уязвимых групп населения с фиксированными доходами являются пенсионеры. В силу несовершенности социальной системы края показатель среднего размера месячных пенсий в период 2002-2007 гг. не достигал до уровня прожиточного минимума пенсионера. Так, на конец 2007 г. прожиточный минимум пенсионера в Приморском крае составил 3925 рублей в месяц, при среднемесячной пенсии 3695 рублей, это составило 94% от величины прожиточного минимума пенсионера. Средние темпы роста размера назначенных месячных пенсий за пять лет составили 20%, а величины прожиточного минимума - 15%.

Реальный размер назначенных месячных пенсий на 1 июля 2008 г. составил 114,4% к соответствующему месяцу 2007 г. Соотношение среднего размера назначенных месячных пенсий к среднему размеру заработной платы – 24,2%, а к величине прожиточного минимума пенсионера – 88,9%.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что основные тенденции изменения благосостояния населения Приморского края сводятся к усилению дифференциации доходов между различными группами населения и работниками отдельных отраслей экономики и сохранению территориальных различий в уровне жизни.

Работа представлена на научную международную конференцию «Проблемы социально-экономического развития регионов», Китай (Пекин), 26 ноября - 4 декабря 2008 г. Поступила в редакцию 23.10.2008.

Технические науки

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ – ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕНСОРОВ-ДАТЧИКОВ ПО КИСЛОТНО- ОСНОВНЫМ СВОЙСТВАМ

Кировская И.А., Земцов А.Е., Тимошенко О.Т.,
Карпова Е.О., Подгорный С.О.,
Шинкаренко М.В., Нор П.В., Холоденко В.А.
*Омский государственный технический
университет
Омск, Россия*

В настоящее время повышенный интерес представляют многокомпонентные полупроводники – твердые растворы на основе достаточно изученных бинарных полупроводников типа $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$ [1, 2]. Здесь открываются возможности прогнозирования и регулирования объемных и поверхностных, макро- и микроскопических свойств материалов.

К одному из перспективных направлений применения создаваемых материалов следует отнести использование их в сенсорах-датчиках экологического и медицинского назначения, где важно не только определение следовых количеств 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 в качестве завершающего этапа изучение адсорбционных свойств реальной поверхности.

В работе на примере компонентов систем GaAs-ZnSe, GaAs-CdS, InP-CdS проанализированы возможности оценки поверхностной чувствительности полупроводников по отношению к выбранным газам по кислотно-основным свойствам

вам без проведения трудоемких адсорбционных измерений.

Объекты исследований представляли собой порошки ($S_{уд} = 0,5 - 1,4 \text{ м}^2/\text{г}$) и пленки ($d=0,05-0,3 \text{ мкм}$) GaAs, InP, ZnSe, CdS и их твердых растворов замещения, полученных методом изотермической диффузии бинарных соединений при температуре ниже их температуры плавления [1].

Кислотно-основные свойства поверхности изучали методами масс-спектрометрии, ИК- и КР-спектроскопии, гидrolитической адсорбции (определение рН-изоэлектрического состояния), механохимии [3]. Масс-спектры регистрировали на лазерном энергомасс-спектрометре ЭМАЛ-2 и модифицированном масс-спектрометре МИ-1201, ИК-спектры поглощения – на спектрометре Specord TR-75, спектры комбинационного рассеяния – на Фурье спектрометре RES-100.

Адсорбцию изучали прямым и косвенными методами: пьезокварцевого микровзвешивания (чувствительность $1,23 \cdot 10^{-11} \text{ г}/(\text{см}^2 \text{ Гц})$, интервал температур 273-400 К и давлений 1,3–19,93 Па), термодесорбции, которую осуществляли в режиме программированного нагрева в интервале температур 293-653 К с привлечением масс-спектрометрической регистрации продуктов десорбции, ИК-спектроскопии. Они, как и основные операции эксперимента, получение адсорбатов (CO , NH_3), определение удельной поверхности адсорбентов ($S_{уд}$), описаны в [2,3].

Величины $pH_{изо}$ для всех компонентов систем, выдержанных на воздухе, меньше 7,0, что указывает на превалирование на поверхности кислотных центров. При этом наиболее кислыми свойствами обладает поверхность твердых растворов, и эта тенденция нарастает с увеличением в них содержания компонента $A^{III}B^V$. Такой факт

логично связать с различной степенью подвижности водорода в координационно-вязанных с поверхностными атомами GaAs, InP, ZnSe и CdS молекулах воды и OH-группах [2,4], что подтверждают результаты измерения рН-изоэлектрического состояния поверхности образцов, выдержанных в CO и NH₃. В первом случае наблюдается понижение, во втором – повышение рН_{изо}. Причем, при всех указанных обработках рН-изоэлектрического состояния поверхности с изменением состава систем изменяется экстремально (см., например рис. 1).

Подтверждают и существенно дополняют результаты определения рН-изоэлектрического состояния *результаты механо-химических исследований*. Они демонстрируют изменение рН среды в зависимости от времени диспергирования в воде крупнодисперсных порошков компонентов систем, экспонированных на воздухе. При этом для каждой механохимической смеси «полупроводник – H₂O» отмечается подкисление среды, что можно объяснить, опираясь на ИК-спектры [5] и заключение, сделанное в [2].

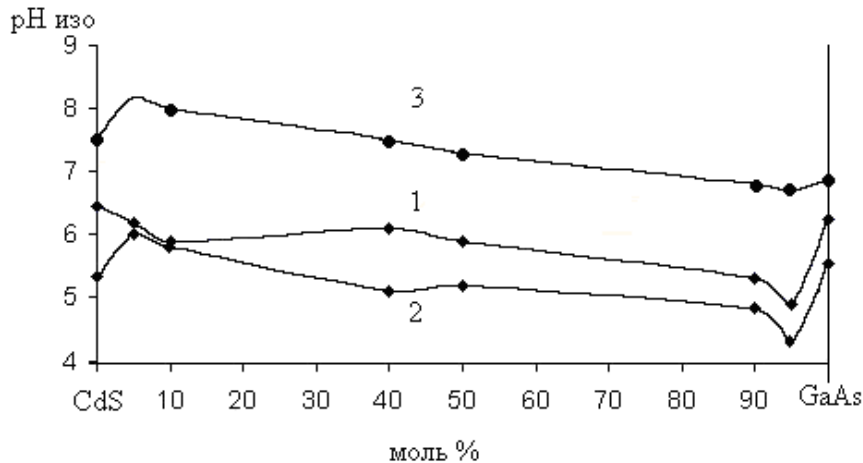


Рис. 1. Концентрационные зависимости рН-изоэлектрического состояния поверхности компонентов системы GaAs-CdS, экспонированных на воздухе (1), в оксиде углерода (2) и аммиаке (3)

В данном случае при диспергировании в воде возможно образование анионов кислот, имеющих поверхностное происхождение, как продуктов взаимодействия воды с поверхностными атомами полупроводника [2], переходящих в раствор в процессе механохимического воздействия. Поведение водородного показателя в CO и NH₃ согласуется с известными положениями о механизме взаимодействия различных газов с поверхностью алмазоподобных полупроводников [4] и представляет интерес с точки зрения выяс-

нения возможностей ориентировочной оценки чувствительности поверхности изучаемых материалов к названным газам и их использования в полупроводниковых сенсорах-датчиках. В пользу таких возможностей свидетельствуют, в частности, результаты, приведенные на рис. 1, 2: отмечаем подщелачивание поверхности после выдержки в аммиаке (~ 48 ч), особенно заметное для CdS (рН_{изо} достигает 9,0). Эти факты согласуются с результатами прямых адсорбционных исследований.

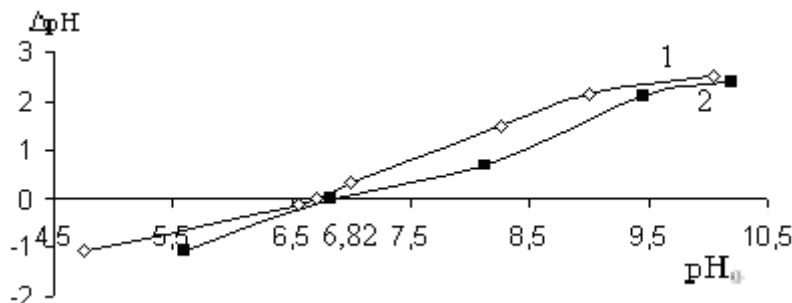


Рис. 2. Кривые зависимости $\Delta \text{pH} = f(\text{pH}_0)$ для InP, экспонированного на воздухе (1) и в аммиаке (2)

Анализ типичных опытных зависимостей $\alpha_p = f(T)$, $\alpha_T = f(P)$, $\alpha_T = f(t)$, результатов расчетов теплот (q_a) и энергий активации (E_a) адсорбции позволяет сделать вывод о протекании физической адсорбции при температурах ниже 293 К и

преимущественно химической, активированной при более высоких температурах [6,7]. Согласно спектрам термодесорбции, содержащим один пик, она проявляется преимущественно в одной форме.

С учетом кислотно-основных свойств поверхности адсорбентов, электронного строения молекул адсорбатов [4], а также ИК-спектров систем «СО или NH₃ – адсорбент» [7] можно считать, что адсорбция СО и NH₃, по аналогии с адсорбцией СО₂ [4], протекает по донорно-акцепторному механизму с преимущественным участием поверхностных атомов А (Ga, In, Cd) с более выраженными металлическими свойствами.

При сопоставлении бинарных и четверных компонентов (твердых растворов) систем как адсорбентов по отношению к выбранным адсорбатам (СО, NH₃) были обнаружены сходство в их поведении и, вместе с тем, специфические особенности твердых растворов как многокомпонентных систем, проявляющиеся в наличии экстремумов (максимумов), на диаграммах «адсорбционная характеристика – состав». Максимумы адсорбционной активности приходятся на твердые растворы. Наличие экстремумов на диаграммах «адсорбционная характеристика – состав»

логично связать с наибольшей дефектностью структуры и координационной ненасыщенностью поверхностных атомов [1].

Здесь важно отметить тесную связь между кислотно-основными и адсорбционными свойствами. Так, при наибольшем воздействии газов на рН-изоэлектрического состояния поверхности компонентов систем обнаруживается и их наибольшая адсорбционная активность по отношению к этим газам (рис. 2, 3). На диаграммах «концентрация кислотных центров – состав» и «величина адсорбции – состав» экстремумы совпадают по составу (рис. 4). Соответственно, как и следовало ожидать, рекомендации по использованию компонентов систем в качестве материалов для сенсоров-датчиков на микропримеси СО, NH₃ на основе диаграмм «кислотно-основная характеристика – состав» подтвердились при использовании диаграмм «адсорбционная характеристика – состав», найденных путем прямых адсорбционных исследований.

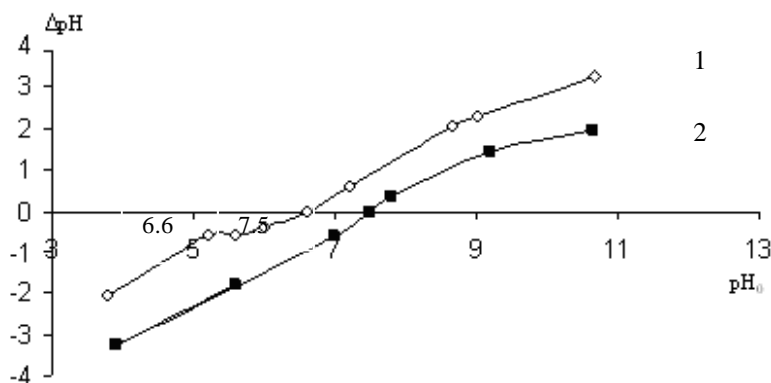


Рис. 3. Кривые зависимости $\Delta \text{pH} = f(\text{pH}_0)$ для CdS, экспонированного на воздухе (1) и в аммиаке (2).

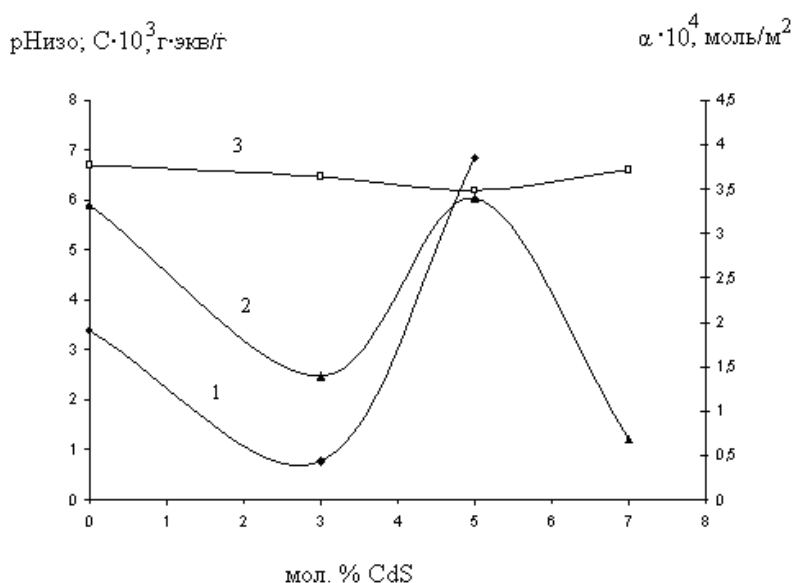


Рис. 4. Зависимости величин адсорбции СО (1), концентрации кислотных центров (2), значений рН-изоэлектрического состояния (3) поверхности от состава системы

Таким образом, открываются возможности оценки чувствительности поверхности адсорбентов-полупроводников к выбранным газам по результатам определения $pH_{\text{изо}}$ и других кислотно-основных характеристик поверхности и целесообразности их использования в полупроводниковом газовом анализе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Твердые растворы. Томск: Изд-во ТГУ, 1984. 166 с.
2. Кировская И.А. Поверхностные явления. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2000. –175 с.
3. Кировская И.А. Адсорбционные процессы. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1995. –300 с.
4. Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Адсорбция газов. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1984. 186 с.
5. Кировская И.А., Земцов А.Е. Химический состав и кислотно-основные свойства поверхности компонентов системы GaAs-CdS // ЖФХ, 2007. Т. 81, № 1. С. 101-106.
6. Кировская И.А., Тимошенко О.Т. Кислотно-основное состояние и адсорбционная активность (по отношению к NH_3) поверхности бинарных компонентов системы InP-CdS // ДАН ВШ РФ. 2006, № 1(6). С. 69-73.
7. Кировская И.А., Земцов А.Е. Адсорбционные свойства системы GaAs-CdS // ЖФХ, 2007. Т. 81. № 4. С. 757-761.

Работа представлена на VIII научную международную конференцию «Современные наукоемкие технологии», Хургада (Египет), 22-29 февраля 2008 г. Поступила в редакцию 18.12.2008.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ТИПА $A^{III}B^V$ - $A^{II}B^{VI}$ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО АНАЛИЗА

Кировская И.А., Тимошенко О.Т., Филатова Т.Н., Дубина О.Н., Шеденко А.В., Касатова И.Ю., Чалова А.Л.

*Омский государственный технический университет
Омск, Россия*

Возрастающий уровень требований к эффективности контроля окружающей среды, сертификации продуктов питания и потребительских товаров, необходимость в быстром обнаружении взрывчатых веществ и наркотических препаратов ставит перед аналитиками задачу разработки методов оценки обобщенных качественных и количественных показателей анализируемых объектов, обычно представляющих собой сложные системы из большого числа компонентов [1]. Здесь весьма перспективным является метод оперативной диагностики и контроля, базирующийся на системе полупроводниковых сенсоров-

датчиков [2]. Создание последних предусматривает получение новых материалов, изучение их кислотно-основной, адсорбционно-зарядовой чувствительности к детектируемым частицам, кинетических особенностей формирования соответствующих сенсорных откликов.

По сравнению с достаточно хорошо изученными оксидами, особого внимания заслуживают соединения $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$ и более сложные системы на их основе, представители которых уже зарекомендовали себя в качестве чувствительных элементов газовых сенсоров [2]. В работе анализируются результаты получения и исследования в указанном плане новых полупроводниковых систем – твердых растворов GaAs-CdSe, GaSb-CdTe, InSb-CdSe, InSb-CdS, InP-CdS при сравнении с бинарными соединениями и расширении арсенала тестовых адсорбатов. В качестве таковых были взяты кислород, оксид и диоксид углерода, диоксид азота, аммиак, ацетон и др., молекулы которых отличаются значениями донорных и акцепторных чисел, дипольного момента и общей поляризуемостью.

Порошки твердых растворов получали методом изотермической диффузии в областях взаимной растворимости бинарных компонентов [3], пленки – дискретным напылением в вакууме ($T_{\text{конд}} = 298 \text{ K}$, $P = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$) на электродные площадки пьезокварцевых резонаторов с последующим отжигом в парах сырьевого материала [4]. Кислотно-основные свойства поверхности изучали методами гидролитической адсорбции, механохимии, неводного кондуктометрического титрования, ИК-спектроскопии (спектрофотометр Specord IR-75), лазерной масс-спектрометрии (лазерный энергомасс-спектрометр ЭМАЛ-2) [5]. Адсорбционные измерения осуществляли методом пьезокварцевого микровзвешивания (чувствительность $1,23 \cdot 10^{-11} \text{ г/(см}^2 \text{ Гц)}$) в интервалах температур 253-393 К и давлений 1-11 Па [2].

Определены сила, природа, концентрация кислотных центров, изменение последней при экспонировании в газах и изменении состава систем. Сделано предварительное заключение о поведении их поверхностей по отношению к выбранным адсорбатам.

Величины адсорбции изученных газов составляют 10^{-3} - 10^{-5} моль/м². На основе кривых температурной зависимости адсорбции $\alpha_p = f(T)$, термодинамических и кинетических характеристик установлены области обратимой химической адсорбции, т.е. области воспроизводимой работы адсорбентов как первичных преобразователей сенсоров-датчиков. С помощью построенных диаграмм состояния «величина адсорбции – состав», «кислотно-основная характеристика – состав» (рис. 1, 2) удалось выявить адсорбенты, наиболее избирательно чувствительные по отношению к определенному газу.