

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ АНАЛИЗ ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ТИПА $(A^{III}B^V)_x(A^{II}B^{VI})_{1-x}$.

Кировская И.А., Шубенкова Е.Г., Новгородцева Л.В., Лещинский С.С.,
Тимошенко О.Т., Филатова Т.Н.

Омский государственный технический университет

Омск, Россия

E-mail: phiscem@omgtu.ru

Методы оперативной диагностики и контроля, базирующиеся на системе полупроводниковых сенсоров-датчиков, предусматривают получение новых материалов, изучение их адсорбционно-зарядовой чувствительности к детектируемым частицам, кинетических особенностей формирования соответствующих сенсорных откликов.

По сравнению с достаточно хорошо изученными оксидами, особого внимания заслуживают пленки и пленочные структуры на основе соединений $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, представители которых уже зарекомендовали себя в качестве чувствительных элементов газовых сенсоров. В работе анализируются результаты получения и исследования в указанном плане новых полупроводниковых систем InSb-ZnTe, GaSb-ZnTe, GaSb-CdTe, InSb-CdS, InP-CdS при одновременном расширении арсенала тестовых адсорбатов. В качестве таковых были взяты кислород, оксид и диоксид углерода, диоксид азота, аммиак и др., молекулы которых отличаются значениями донорных и акцепторных чисел, дипольного момента и общей полярностью.

Тонкие пленки получали термическим напылением в вакууме, адсорбционные измерения осуществляли методом пьезокварцевого микровзвешивания [1] в интервалах температур 253 – 393 К и давлений 1 – 11 Па.

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» удалось выявить адсорбенты, наиболее избирательно чувствительные по отношению к определенному газу. Так, по отношению к аммиаку ими оказались твердые растворы $(\text{InSb})_{0,95}(\text{ZnTe})_{0,05}$ и $(\text{GaSb})_{0,95}(\text{ZnTe})_{0,05}$, к диоксиду углерода – InP, к диоксиду азота – InSb, к кислороду – CdS. Проведена также работа по обеспечению одновременного контроля формы импульса адсорбата и сигнала сенсора-датчика (рис. 1).

С точки зрения оперативности в поиске новых материалов – первичных преобразователей сенсоров-датчиков – интерес представляют результаты исследований кислотно-основных свойств поверхности рассматриваемых объектов – компонентов полупроводниковых систем InSb-ZnTe, GaSb-ZnTe, GaSb-CdTe, InSb-CdS, InP-CdS, предшествовавших прямым адсорбционным исследованиям.

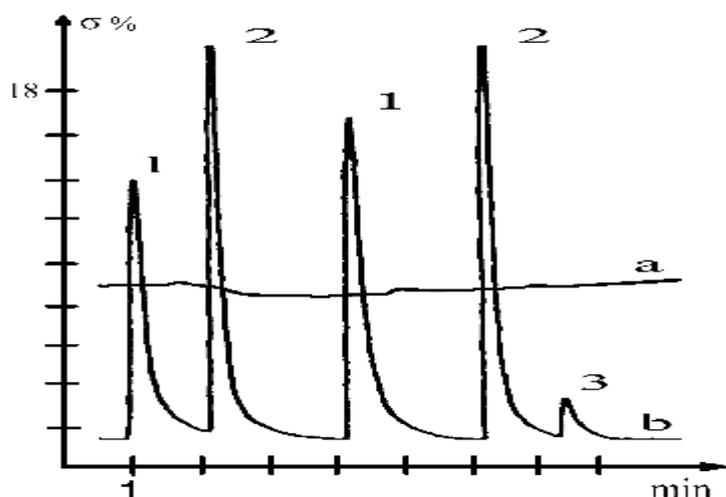


Рис. 1. Сенсорный отклик тонкой пленки CdTe – GaSb (а) и катарометра хроматографа (б) на импульс давления паров адсорбата:

1 – этанол; 2 – ацетон; 3 - аммиак.

Приведенные в табл. 1 сравнительные кислотно-основные и адсорбционные характеристики позволяют сделать вывод: уже на этапе определения кислотно-основных характеристик поверхности можно оценить ее адсорбционную активность по отношению к газам определенной природы. Этот способ определения активности поверхности является быстрым и наименее трудоемким.

Таблица 1

Кислотно-основные и адсорбционные характеристики поверхности компонентов системы InSb-ZnTe ($T = 363 \text{ K}$, $p = 5,3 \text{ Па}$).

	InSb		$(\text{InSb})_{0,95}(\text{ZnTe})_{0,05}$		$(\text{InSb})_{0,90}(\text{ZnTe})_{0,10}$		ZnTe	
	CO	NH_3	CO	NH_3	CO	NH_3	CO	NH_3
pH-изоэлектрич. состояния ($\text{pH}_{\text{из}}$)	6,46		6,15		6,81		7,69	
$\Delta \text{pH}_{\text{из}}$	0,23	-	0,36	-	0,29	-	0,25	-
Температ. начала адсорбции ($T_{\text{Н}}$)	343	363	323	323	343	343	363	343
Велич. адсорбции $\alpha \cdot 10^3$, моль/ м^2	0,44	0,67	0,63	1,11	0,53	0,93	0,45	0,89
Теплота адсорбции q_a , кДж/моль	17,9	10,7	40,5	45,6	29,0	28,4	22,1	26,8
Энергия активации адсорбции, E_a , кДж/моль	72,3	92,0	55,5	61,0	58,7	68,7	64,1	81,6

На основе полученных в работе экспериментальных данных, а также совокупного рассмотрения результатов аналогичных исследований систем InSb-ZnSe, InSb-ZnTe, GaSb-ZnTe методами определения pH – изоэлектрического состояния, механохимии, кондуктометрического титрования, ИК – спектроскопии [2, 3] установлено, что, кроме кислотно-основных свойств поверхности, для более точного прогнозирования адсорбционных свойств по отношению к данным газам, следует учитывать и объемные свойства исходных бинарных компонентов.

Таковыми свойствами являются ширина запрещенной зоны, электронно-акцепторные свойства атома металла ($q/\Gamma_{\text{кат}}$), электроотрицательность атомов, структура и степень ионности связи исходных соединений.

Цитируемая литература:

1. Кировская, И.А. Адсорбционные процессы. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1995. – 304 с.
2. Кировская, И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Адсорбция газов. – Иркутск: ИГУ, 1984. – 186 с. – ISBN – 5 – 7430 – 0438 – 2.
3. Кировская, И.А. Катализ. Полупроводниковые катализаторы: Монография. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2004. – 272 с.