

# ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АДсорбЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И СЕЛЕКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ InSb-CdTe

И.А. Кировская, Е.В. Миронова, Е.И. Быкова

Омский государственный технический университет; г.Омск,

E-mail: [phiscem@omgtu.ru](mailto:phiscem@omgtu.ru)

Работа посвящена исследованию адсорбционных и электронных свойств поверхности твердых растворов и бинарных компонентов системы InSb-CdTe, их селективному изменению при воздействиях различных сред.

Исследуемые образцы – пленки InSb, CdTe и их твердых растворов получали дискретным термическим 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 исходного материала [1,2]. Порошки твердых растворов получали методом изотермической диффузии бинарных компонентов в вакуумированных запаянных кварцевых ампулах при температурах, превышающих температуру плавления InSb – легкоплавкого компонента [3]. Состав полученных твердых растворов определялся пределами взаимной растворимости бинарных компонентов (до 6 мол. % InSb в CdTe и до 5 мол. % CdTe в InSb). Методы определения толщины, структуры пленок, исследования адсорбции, изменения электропроводности, получения адсорбатов описаны в [2, 4, 5].

Об образовании в системе InSb-CdTe твердых растворов замещения свидетельствуют результаты рентгенографических, термографических, ИК- спектроскопических, электрофизических исследований [6].

*Адсорбционные свойства компонентов системы InSb-CdTe наиболее подробно изучены по отношению к диоксиду азота, как наиболее активному в выбранной серии газов.*

Величины адсорбции  $\text{NO}_2$  на всех компонентах системы укладываются в пределе  $\alpha \cdot 10^{-4} - \alpha \cdot 10^{-3} \text{ моль/м}^2$ . Опытные зависимости адсорбции имеют сходный характер для всех компонентов и свидетельствуют о протекании при температурах ниже 273 К физической, а при более высоких – химической активированной адсорбции. Такое заключение подтверждают результаты термодинамического и кинетического анализов: теплоты адсорбции и средние значения энергии активации, рассчитанные описанными в [2,4] способами, составляют соответственно 6,1-13,4 и 43-86 кДж/моль.

Наблюдаемое падение теплоты и рост энергии активации адсорбции с заполнением поверхности, как и спрямляемость кинетических изотерм в логарифмических координатах, указывают на неоднородный характер поверхности и присутствие на ней различных по силе и энергетическому состоянию активных центров. Об этом же говорят и результаты ранее выполненных исследований кислотно-основных свойств поверхности данных адсорбентов [7].

С учетом кислотно-основных свойств поверхности адсорбентов и электронного строения молекул  $\text{NO}_2$  высказано предположение о донорно-акцепторном

механизме адсорбции  $\text{NO}_2$  (по аналогии с адсорбцией  $\text{CO}_2$  [8]), протекающей с преимущественным участием поверхностных атомов А (с более выраженными металлическими свойствами) и вакансий атомов В при донорной функции молекул адсорбата ( $\text{NO}_2$ ). Такую функцию молекул адсорбата подтверждает отмеченный рост электропроводности ( $\sigma$ ) в условиях адсорбции  $\text{NO}_2$ .

При сопоставлении бинарных и четверных компонентов (твердых растворов) системы InSb-CdTe как адсорбентов по отношению к  $\text{NO}_2$  обнаружены сходство в их поведении и специфические особенности твердых растворов. На специфические особенности твердых растворов указывают наличие экстремумов на диаграммах «адсорбционная характеристика – состав» (рис. 1). Найденный с помощью этих диаграмм наиболее активный по отношению к  $\text{NO}_2$  компонент системы – твердый раствор  $(\text{InSb})_{0,03}(\text{CdTe})_{0,97}$  – предложен в качестве материала для сенсора-датчика на микропримеси  $\text{NO}_2$ . В связи с этим были проведены исследования изменения его электропроводности, наряду с остальными компонентами системы, под влиянием как  $\text{NO}_2$ , так и, с целью выяснения селективности, смесей  $\text{NO}_2$  с другими газами.

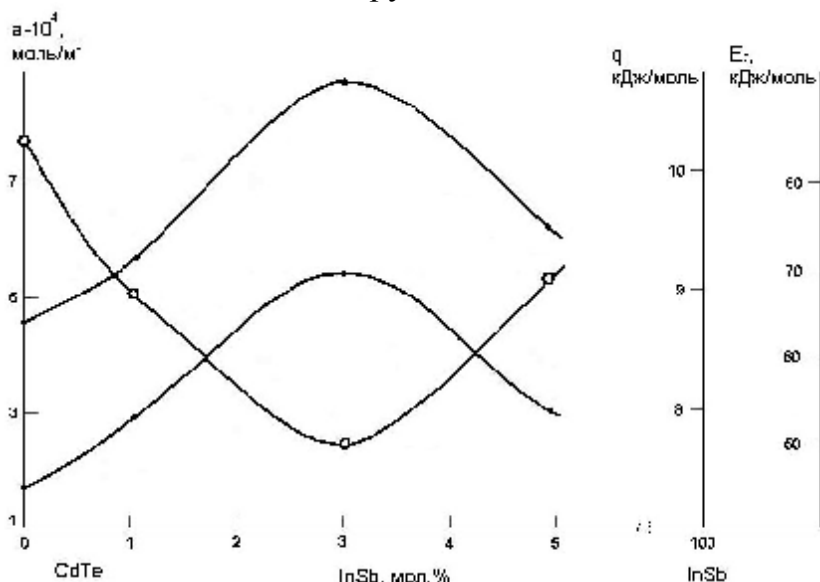


Рис. 1. Зависимости величин адсорбции (1), энергии активации (2) и теплоты (3) адсорбции от состава системы InSb-CdTe при  $P_{\text{H}} = 8$  Па и  $T = 300$  (1, 3) и 300–358 К (2).

Как показали данные исследования, при комнатной температуре антимолид индия практически не чувствителен к  $\text{NO}_2$ . С увеличением содержания в системе InSb-CdTe теллурида кадмия чувствительность к  $\text{NO}_2$  возрастает и становится наибольшей у твердого раствора  $(\text{InSb})_{0,95}(\text{CdTe})_{0,05}$  (рис. 2). При повышении температуры возрастает чувствительность к  $\text{NO}_2$  всех компонентов системы, но особенно заметно – твердого раствора  $(\text{InSb})_{0,95}(\text{CdTe})_{0,05}$ . Влияет на чувствительность (величину сигнала на  $\text{NO}_2$ ) и объемная скорость ( $V_{\text{об}}$ ) газаносителя (аргона). Наиболее оптимальной для твердого раствора  $(\text{InSb})_{0,95}(\text{CdTe})_{0,05}$  оказалась  $V_{\text{об}} = 8$  мл/мин (рис. 2).

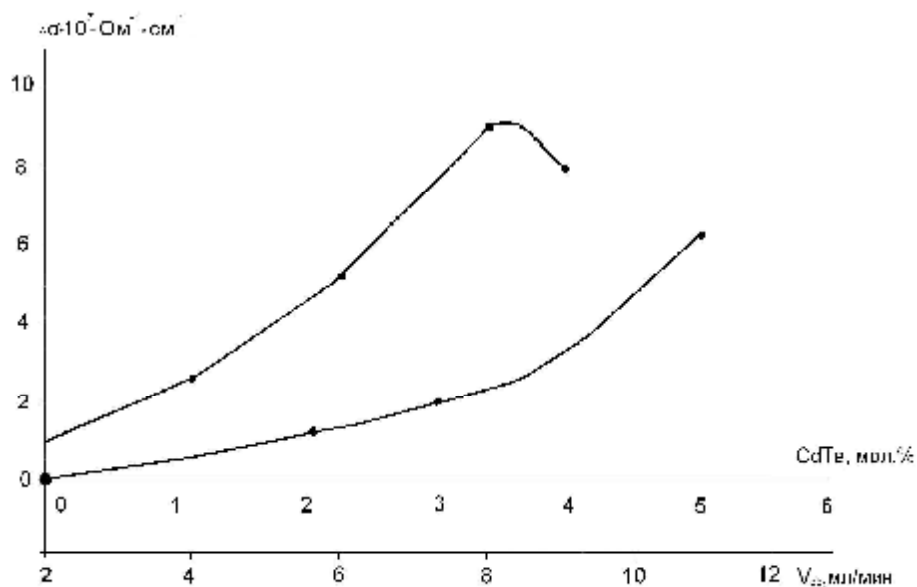


Рис. 2. Зависимости изменения удельной электропроводности тонких пленок компонентов системы InSb-CdTe от состава (при содержании NO<sub>2</sub> в пробе 10 мкг, T = 20 °С, объемной скорости газа-носителя 8 мл/мин) и тонкой пленки твердого раствора (InSb)<sub>0,95</sub> (CdTe)<sub>0,05</sub> от объемной скорости газа-носителя ( $V_{об}$ ).

Поскольку твердый раствор (InSb)<sub>0,95</sub> (CdTe)<sub>0,05</sub> рекомендован в качестве материала для сенсора-датчика на микропримеси NO<sub>2</sub>, важно было оценить время восстановления исходного значения его удельной электропроводности (время релаксации) после контакта с определяемым газом (NO<sub>2</sub>) и селективность к этому газу в присутствии других газов (в данном случае CO, SO<sub>2</sub>). Время релаксации в среде аргона, в зависимости от концентрации NO<sub>2</sub> и температуры, составляет 2–7 мин, заметно уменьшаясь с повышением температуры.

Наибольшую селективность к оксиду азота твердый раствор (InSb)<sub>0,95</sub> (CdTe)<sub>0,05</sub> проявляет при комнатной температуре: присутствие в пробе CO и SO<sub>2</sub> (с превышением над содержанием NO<sub>2</sub> в 4 раза) практически не влияет на величину сигнала на NO<sub>2</sub>. С повышением температуры до 80 °С величина сигнала на NO<sub>2</sub> незначительно уменьшается и обнаруживается некоторая чувствительность к CO и SO<sub>2</sub>.

Таким образом, получены твердые растворы системы InSb-CdTe (в форме порошков и пленок), которые аттестованы с привлечением рентгенографического, термографического, ИК-спектроскопического и электрофизического методов. Изучены их адсорбционные и электронные (изменение удельной электропроводности) свойства при контакте с NO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>+SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>+CO, наряду с бинарными компонентами (InSb, CdTe). Установлены механизмы и закономерности в изменении этих свойств. Найден адсорбент (твердый раствор состава (InSb)<sub>0,95</sub> (CdTe)<sub>0,05</sub>), обладающий наибольшей поверхностной (адсорбционной и электронной) чувствительностью и селективностью по отношению к NO<sub>2</sub> уже при комнатной температуре, что позволило рекомендовать его в качестве материала для соответствующего сенсора-датчика.

## Список литературы

1. Тонкие пленки антимонида индия. Кишинев: Штиинца, 1989. -162 с.
2. Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Адсорбция газов. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1984. -186 с.
3. Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Твердые растворы. Томск: Изд-во ТГУ, 1984. -160 с.
4. Кировская И.А. Адсорбционные процессы. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1995. 300 с.
5. Кировская И.А., Азарова О.П., Шубенкова Е.Г., Дубина О.Н. Синтез и оптическое поглощение твердых растворов систем  $\text{InSb-A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$  // Неорган. материалы, 2002. Т. 38, № 2. С. 667-671.
6. Кировская И.А., Миронова Е.В. Синтез и свойства новых материалов – твердых растворов  $(\text{InSb})_x (\text{CdTe})_{1-x}$  // Доклады АН ВШ РФ, 2007. № 1(8). С. 1-10.
7. Кировская И.А., Миронова Е.В. Кислотно-основные свойства поверхности твердых растворов  $\text{InSb-CdTe}$  // Журн. физ. химии, 2005. Т. 79. № 4. С. 755-758.
8. Кировская И.А. Поверхностные явления. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001.-175 с.