

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ СЕНСОР АММИАКА НА ОСНОВЕ $\text{TiO}_2$ И $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Абдурахманов И.Э.

Насимов А.М.

Равшанов Р.А.

Исмоилов Э.Х.

Абдухалилов С. С .

Хайруллаев Н. Ф.

Холмурзаев Ф. Ф.

Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, г.  
Самарканд. [ilkhom.abdurakhmanov85@mail.ru](mailto:ilkhom.abdurakhmanov85@mail.ru)

Основными объектами выделения аммиака являются холодильные установки, животноводческие фермы, предприятия по производству  $\text{HNO}_3$ , солей аммония и коксохимические заводы [1].

Наиболее правильным и корректным решениям задач экспрессного и точного определения содержания газов (в частности аммиака) в воздухе и технологических газах является применение простых и доступных полупроводниковых сенсоров [2]. Полупроводниковые сенсоры аммиака становятся основными приборами, позволяющими оперативно проводить мониторинг окружающей среды и технологических газов [3]. В связи с этим, разработка высокоэффективных методов и полупроводниковых сенсоров определения аммиака в объектах окружающей среды становится актуальной задачей техники безопасности, аналитической химии и экологии.

**Методы исследования и полученные результаты.** Экспериментально установленные зависимости сигнала сенсора от содержания детектируемой примеси являются градуировочными характеристиками сенсора. Градуировочная характеристика сенсора аммиака определялась при пропускании через разработанный сенсор парогазовой смеси с содержанием аммиака в широком интервале его концентраций. Опыты проводились при обычных условиях (температуре  $20^\circ\text{C}$ , давлении окружающей среды 745 мм. рт. ст. и относительной влажности воздуха 60 %). В проведенных экспериментах каждая точка проверки по диапазону измерения



характеризовалась шестью значениями: три- при прямом и три-при обратном цикле измерения. Аналитический сигнал сенсоров контролировался цифровым вольтметром В7-35 после установления постоянного значения (не менее 1 мин после подачи в прибор стандартной смеси). В ходе опытов изучались градуировочная характеристика сенсора аммиака на основе оксида титана. Для увеличения чувствительности к аммиака на пленку оксида титана наносили оксид железа, которой является активным и селективным катализатором процесса окисления аммиака кислородом воздуха. Результаты определения зависимости сопротивления ГЧМ от содержание аммиака в газовой смеси показали, что в зависимости от содержания легирующего компонента ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) изменяются свойства ГЧМ в целом. При увеличении концентрации легирующего компонента сопротивление пленок уменьшается.

Более чувствительные сенсоры аммиака образуются при использовании смешанных оксидов титана и железа. Нанесенный на поверхность пленки  $\text{TiO}_2+10\%\text{Fe}_2\text{O}_3$  при концентрации аммиака в смеси  $1000 \text{ мг/м}^3$  приводит к уменьшению сопротивления ГЧМ в 5 раз (от 2328 до 461). В изученном диапазоне концентраций зависимость сопротивления полупроводникового сенсора от количества аммиака в смеси, как правило, нелинейно. Наиболее заметное уменьшение сопротивления ГЧМ наблюдается при начальных концентрациях аммиака в смеси. С ростом концентрации сопротивление ГЧМ уменьшается. Это затрудняет использование разработанных сенсоров для создания газоаналитических приборов. Из полученных данных следует, что в широком интервале концентраций ( $20-1000 \text{ мг/м}^3$ ) зависимость сигнала полупроводникового сенсора от концентрации аммиака в ПГС имеет прямолинейный характер.

Анализ полученных данных показывает, что ГЧМ на основе  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2-1\%\text{Fe}_2\text{O}_3$  характеризуется невысокой чувствительностью по аммиаку. Порог чувствительности сенсоров, на основе тонкопленочной нелегированной двуокиси титана составляет  $0,01\% \text{ NH}_3$  в воздухе. Резкое повышение величины газовой чувствительности наблюдается для образца с содержанием оксида железа 5-10%. Полупроводниковые сенсоры на основе  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2-5\%\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2-10\%\text{Fe}_2\text{O}_3$  могут регистрировать газовые примеси  $\text{NH}_3$  на уровне ПДКр.з и ниже. Минимальная концентрация



аммиака, которая может быть зафиксирована полупроводниковым сенсором на основе  $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2+10\%\text{Fe}_2\text{O}_3$ , около  $5,0 \text{ мг/м}^3$ . Исследована зависимость сигнала сенсора от концентрации аммиака в воздухе, при температуре опыта  $350^\circ\text{C}$ . Выявлен линейный участок сигнала, обеспечивающий определение содержания аммиака в широком интервале его концентрации. Кривая зависимости газовой чувствительности ( $\Delta\sigma/\sigma_{\text{возд}}$ ) данного сенсора от концентрации аммиака в диапазоне концентраций последнего от 10 до  $1000 \text{ мг/м}^3$  носит прямолинейный характер (рис.6.6), а величина  $S$  изменяется в диапазоне от 0,01 до 0,17. Селективность полупроводникового сенсора аммиака определяли в присутствии водорода, оксида углерода и метана. Селективность сенсоров по аммиаку определялось при температуре сенсора  $350^\circ\text{C}$  и давлении  $730\pm 10 \text{ мм рт. ст.}$  с применением стандартных газовых смесей, состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Состав и параметры поверочных газовых смесей, использованных при определении селективности сенсора аммиака

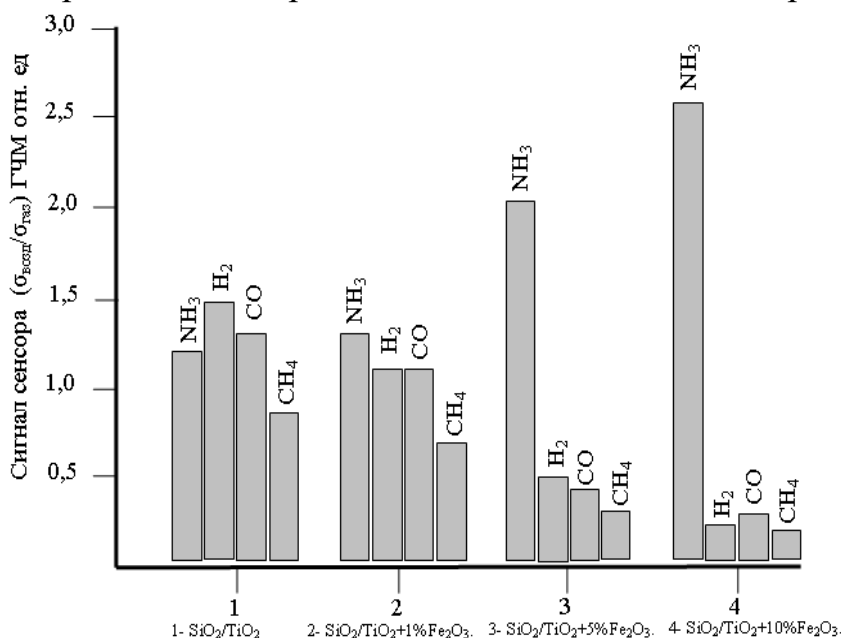
№ п/п	Состав ПГС	Содержание компонента, $\text{мг/м}^3$ .			
		$\text{NH}_3$	$\text{H}_2$	$\text{CO}$	$\text{CH}_4$
1	$\text{NH}_3 + \text{воздух}$	$356,0\pm 0,6$	-	-	-
2	$\text{NH}_3 + \text{H}_2 + \text{воздух}$	$356,0\pm 1,0$	$460,0\pm 1,8$	-	-
3	$\text{NH}_3 + \text{CO} + \text{воздух}$	$356,0\pm 0,8$	-	$380,0\pm 2,5$	-
4	$\text{NH}_3 + \text{CH}_4 + \text{воздух}$	$356,0\pm 1,0$	-	-	$450,0\pm 1,5$

На вход ППС подавали смесь №1 ( $\text{NH}_3 + \text{воздух}$ ) в течение 5 мин, фиксировали показания цифровым вольтметром, затем подавали смесь №2 ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2 + \text{воздух}$ ) и через 5 мин повторно фиксировали показания цифрового вольтметра. Аналогичным образом были получены сигналы для смеси №3 ( $\text{NH}_3 + \text{CO} + \text{воздух}$ ) и №4 ( $\text{NH}_3 + \text{CH}_4 + \text{воздух}$ ). Число повторных измерений для каждой стандартной газовой смеси равно 5. Средние результаты, полученные при установлении селективности ППС -  $\text{NH}_3$ , представлены на рис.1.

Как следует из приведенных экспериментальных данных (рис 1.) при определении аммиака в присутствии  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  из исследованных ГЧМ наиболее селективным является сенсор на основе  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2+10\%\text{Fe}_2\text{O}_3$ . В присутствии  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2+10\%\text{Fe}_2\text{O}_3$  при температуре  $350^\circ\text{C}$  наличие в анализируемой смеси оксида углерода ( $380 \text{ мг/м}^3$ ), водорода ( $460 \text{ мг/м}^3$ ) и метана ( $450 \text{ мг/м}^3$ ) не влияет на значение выходного сигнала сенсора



аммиака. Из приведённых данных следует, что разработанный сенсор в изученном интервале концентраций позволяет селективно определять  $\text{NH}_3$ .



**Рис. 2. Результаты изучения селективности сенсоров на основе оксидов титана и железа по аммиаку.**

Таким образом, в результате проведенных опытов разработан селективный полупроводниковый сенсор, обеспечивающий экспрессное определение аммиака в атмосферном воздухе и технологических газах в присутствии  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  в широком интервале их концентраций. Разработанные полупроводниковые сенсоры аммиака по селективности и воспроизводимости несколько не уступают известным зарубежным аналогам, сохранив при этом следующие характеристики: экспрессность, портативность, простоту в эксплуатации и изготовлении.

### Список литературы

1. Анарганикум. В двух томах. Том.1. Под.ред. Л.Кольдиц. Москва, Мир.1984. С.532.
2. Обвинцева Л. А. Полупроводниковые металлооксидные сенсоры для определения химически активных газовых примесей в воздушной среде // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т. LI, № 2 С.113-121.

3. Синёв И.В. и др. Влияние предварительного циклического изменения температуры на распознавание тонкопленочными полупроводниковыми сенсорами наличия примеси паров аммиака в воздухе //Тезисы докладов VIII всероссийской конференции молодых ученых « Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика», 3-5 сентября 2013 г., г. Саратов, Саратов: Изд-во Саратовского университета. – 2013. – С. 209-210

4. Абдурахманов И.Э., Кабулов Б.Дж. Разработка селективных каталитических систем для полупроводникового сенсора аммиака//Химия и химическая технология.–Ташкент, 2016. №4. С. 189-195.

