

03;06;12

Вольт-амперные характеристики тонкопленочных газочувствительных структур на основе оксида олова

© В.В. Симаков, О.В. Якушева, А.И. Гребенников, В.В. Кисин

Саратовский государственный технический университет
ООО «Синтез», Саратов
E-mail: kisin@sstu.ru

Поступило в Редакцию 25 ноября 2004 г.

Наблюдалась нелинейность вольт-амперных характеристик тонких пленок оксида олова в области сильных электрических полей. Экспериментальные данные обсуждаются в предположении дрейфа адсорбированных ионов по поверхности. Особенности изученного явления позволяют использовать его не только для обнаружения примесей в воздухе, но и для распознавания их сорта.

Влияние термостимулированной сорбции на сопротивление тонких пленок оксидов металлов широко применяется в сенсорах газа [1,2]. Миниатюризация сенсоров вызывает увеличение электрического поля в зазоре между контактами, стимулирует миграцию адсорбированных частиц газа по поверхности активного слоя и может влиять на характеристики устройства в целом [3–5]. В данной работе представлены результаты исследования вольт-амперных характеристик газочувствительных структур на основе тонких пленок оксида олова в газовых средах разного состава.

Структура для исследования формировалась на поликорковой подложке с предварительно напыленными на нее через маску электродами из платины. Зазор между электродами составлял $50 \mu\text{m}$. Четыре нагревателя и два терморезистора были сформированы тем же методом на обратной стороне подложки [6]. Поверх платиновых электродов методом ВЧ-магнетронного распыления оксидной мишени SnO_2/CuO в атмосфере Ar/O_2 [7] наносилась пленка, сопротивление которой уменьшалось при появлении в окружающей атмосфере примесей газ-восстановителей [8].

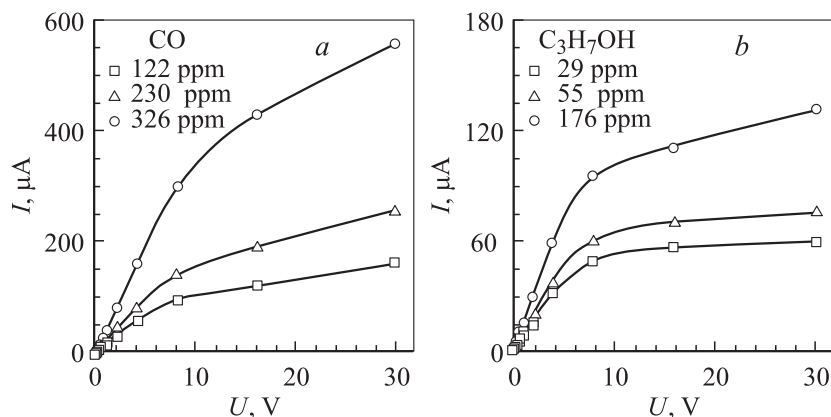


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики тонкопленочной газочувствительной структуры на основе оксида олова.

Толщина пленки определялась эллипсометром SENTECH SE 400 15/42 („Sentech Instruments GmbH“, Germany) и составляла $\sim 1 \mu\text{m}$. Нагреватели и терморезисторы структуры, откалиброванные с помощью ИК-камеры TH 3100MR („NEC Instrument Ltd“, Japan), позволяли поддерживать температуру пленки на уровне 300°C с неравномерностью по площади, не превышающей 5%.

Вольт-амперные характеристики измерялись с помощью цифрового мультиметра KEITHLEY-2001 („Keithley Instruments, Inc.“, USA) и источника питания GRUNDIG PN-300 („Grundig Professional Electronic GmbH“, Germany) в диапазоне 0–30 V. Измерения проводились в синтетическом воздухе (20.5% O_2 в N_2 , „Messer Griesheim GmbH“, Germany) и газовых пробах, содержащих примеси угарного газа CO или пары изопропанола $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$. Влажность газов контролировалась гигрометром TESTO-615 („Testo AG“, Germany) и во всех экспериментах поддерживалась на уровне 50%.

В низковольтной области ($< 5 \text{ V}$) вольт-амперные характеристики были практически линейными, в высоковольтной ($> 5 \text{ V}$) — сублинейными (рис. 1). После обработки в двойном логарифмическом масштабе их можно было аппроксимировать двумя отрезками прямых, соответствующих степенным функциям вида $I = AU^n$, где I — ток,

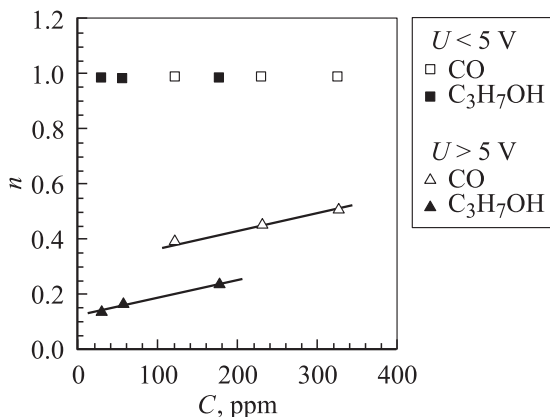


Рис. 2. Зависимость показателя степени n от концентрации примеси в пробе.

A — постоянная аппроксимации, U — напряжение, n — показатель степени. В низковольтной и высоковольтной областях и для величины A и для величины n получались разные значения.

На рис. 2 представлена зависимость показателя степени n от концентрации примеси в газовой пробе. В низковольтной области величина n практически не зависела от сорта и концентрации примеси и была равной приблизительно единице. В области напряжений выше 5 В (напряженность поля выше 10^3 В/см) показатель степени n существенно зависел от сорта восстановителя и значительно слабее от его концентрации. Эту особенность можно использовать для распознавания сорта газа.

Величина постоянной A в низковольтной области фактически является величиной, обратной сопротивлению структуры. С ростом концентрации примеси в пробе газа сопротивление структуры уменьшается (рис. 1), что обычно используют для определения содержания примеси в воздухе [9].

Отмеченные особенности вольт-амперных характеристик могут быть объяснены, если предположить, что адсорбированные на поверхности пленки частицы кислорода заряжаются, захватывая электрон из объема слоя, и при наложении внешнего поля дрейфуют к аноду. В области анода они с течением времени возвращают электроны в объем пленки

или контакт и десорбируются. Если время дрейфа адсорбированных частиц от катода к аноду меньше их времени жизни на поверхности (область сильных полей), то, накапливаясь вблизи анода, они вызывают обеднение приэлектродной области. Ток вблизи анода в основном переносится зарядами, локализованными на адсорбированных частицах, и теми свободными носителями, которые появляются в результате десорбции. Вследствие более низкой подвижности адсорбированных частиц по сравнению с подвижностью свободных носителей заряда и/или сравнительно слабого тока десорбции, в структуре формируется высокоомная область, а ее дифференциальное сопротивление при больших напряжениях оказывается выше сопротивления структуры при малых значениях напряжения.

Таким образом, в представленной работе наблюдалась нелинейность вольт-амперных характеристик структуры на основе тонкой пленки оксида олова в области сильных электрических полей. Экспериментальные данные анализируются в предположении эффективного дрейфа адсорбированных ионов вдоль поверхности. Особенности изученного явления позволяют использовать его не только для обнаружения примеси газа-восстановителя в воздухе, но и для распознавания сорта газа.

Работа выполнена при поддержке гранта PD02–2.7–42 Министерства науки и образования Российской Федерации, гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Контракт No. 2539р/4926) и гранта немецкой службы академических обменов (ДААД) В.В. Симакову.

Авторы благодарны доктору А. Гошнику и доктору И. Киселеву (Institute für Instrumentelle Analytik, Forschungszentrum Karlsruhe, Германия) за помощь и сотрудничество.

Список литературы

- [1] Schierbaum K.D., Geiger J., Weimar U., Göpel W. // Sensors and Actuators B. 1993. V. 13. P. 143–147.
- [2] Wit J.H.W.D. // Journal of Solid State Chemistry. 1973. V. 8. P. 142.
- [3] Liess M. // Thin Solid Films. 2002. V. 410. P. 183–187.
- [4] Nayral C., Viala E., Colliere V., Fau P., Senocq F., Maisonnat A., Chaudret B. // Applied Surface Science. 2000. V. 164. P. 219–226.

- [5] *Cane C., Gracia I., Gotz A., Fonseca L., Lora-Tamayo E., Horrillo M.C., Sayago I., Robla J.I., Rodrigo J., Gutierrez J.* // *Sensors and Actuators B*. 2000. V. 65. P. 244–246.
- [6] *Ehrmann S., Jungst J., Goschnik J.* // *Sensors and Actuators B*. 2000. V. 66. P. 43–45.
- [7] *Kissine V.V., Voroshilov S.A., Sysoev V.V.* // *Thin Solid Films*. 1999. V. 348. P. 304–311.
- [8] *Сысоев В.В., Кучеренко Н.И., Кисин В.В.* // *Письма в ЖТФ*. 2004. Т. 30. В. 18. С. 14–20.
- [9] *Pearce T., Schiffman S., Nagle T., Gardner J.* (eds.). *Handbook of Machine Olfaction, Electronic Nose Technology*. Wiley-VCH. Weinheim, 2003.