

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

06; 12

Журнал технической физики, т. 60, в. 8, 1990

© 1990 г.

ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ В СТРУКТУРАХ
НА ОСНОВЕ ОКСИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СИСТЕМ $V_2O_5-SnO_2$

А. С. Тонкошкур, И. М. Черненко

Оксидные полупроводники, обладающие значительной чувствительностью электрических свойств к процессам хемосорбции активных газов, являются перспективными материалами для разработки газочувствительных датчиков [1]. Одной из проблем, возникающих при этом, является подбор и исследование электрофизических характеристик материалов с наиболее ярко выраженными газочувствительными свойствами [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования электрических свойств, включая их зависимость от газового окружения, симметричных слоистых структур металл—полупроводник—металл на основе оксидной системы $V_2O_5-SnO_2$, изготовленной охлаждением из расплава. Структуры были получены катодным распылением платины на поверхности объемных образцов (толщиной до 1 мм) состава $xV_2O_5-(1-x)SnO_2$, где x изменялось от 60 до 90 мол.%. Данные рентгеновского анализа, полученные на установке ДРОН-2.0, позволили установить поликристаллическую структуру таких оксидных материалов.

Измерение электрического сопротивления на постоянном r_0 и переменном r_{ω} токах выполнялось после установления адсорбционно-десорбционного равновесия. В качестве газовых окружений применялись кислород, углекислый газ и водород. Вольт-амперные характеристики исследуемых структур нелинейны. С ростом прилагаемого электрического напряжения V их сопротивление уменьшается (рис. 1). Температурные зависимости объемной электрической проводимости σ_V определены из анализа частотных зависимостей коэффициента диэлектрических потерь за пределами влияния приэлектродных явлений (диапазон $5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^4$ Гц, рис. 2). Как видно, зависимости $\sigma_V(T)$ имеют вид, характерный для полупроводниковых материалов. Энергия активации составляет величину ~ 0.1 эВ и уменьшается с уменьшением температуры. Зависимость от процентного содержания компоненты V_2O_5 выражена относительно слабо, что укладывается в представления об определяющем влиянии межкристаллитных потенциальных барьеров в формировании электропроводности таких систем.

Было обнаружено, что сопротивления структур на постоянном и переменном токах при комнатных температурах зависят от газового окружения (см. таблицу). Величина r_0 определялась в области относительно слабых полей $E=10^2$ В/см (при больших E в исследуемых материалах имеет место эффект переключения вида, описанного в [3]). В таблице приведены значения r_0 и r_{ω} на единицу площади образца и в соответствии с последовательностью смены газовых сред. Некоторое превышение r_0 над r_{ω} связано с нелинейностью вольт-амперных характеристик (и подтверждает объемный характер наблюдаемых эффектов). При вакуумировании, напуске кислорода и углекислого газа электрические сопротивления структур из-

Электрические сопротивления структур ($\alpha = 90$) в различных газовых средах

Сопротивление структур	Воздух, 10^4 Па	Вакуум, 1 Па	O_2 , 10^4 Па	Вакуум, 1 Па	CO_2 , 10^4 Па	Вакуум, 1 Па	O_2 , 10^4 Па	Вакуум, 1 Па	H_2 , 10^4 Па	Вакуум, 1 Па	O_2 , 10^4 Па
$r_0 \cdot 10^{-3}$, Ом/см ²	1.40	1.40	1.45	1.37	1.40	1.42	1.47	1.47	2.78	1.94	1.85
$r_{\omega} \cdot 10^{-3}$, Ом/см ²	1.73	1.39	1.42	1.40	1.41	1.40	1.44	1.43	2.05	1.73	1.78

меняются слабо. Существенное увеличение r_+ и r_- наблюдается при напуске водорода. Последующие вакуумирование и напуск кислорода приводят лишь к частичному уменьшению этих параметров, т. е. первоначальная адсорбция H_2 на свежеприготовленных образцах имеет частично необратимый характер. Повторное воздействие H_2 ведет к возрастанию электрического сопротивления до величин, наблюдавшихся ранее. Последующая смена газового окружения на O_2 вызывает релаксацию r_+ и r_- до их исходных значений, наблюдаемых до повторного напуска H_2 (рис. 3), т. е. адсорбция водорода носит обратимый характер. Аналогичные закономерности обнаруживаются и для образцов других исследованных составов.

Физическую интерпретацию полученных результатов можно провести на основе представлений о существовании межкристаллитных потенциальных барьеров (МПБ), через которые вынужден протекать электрический ток. С этой точки зрения становится понятным

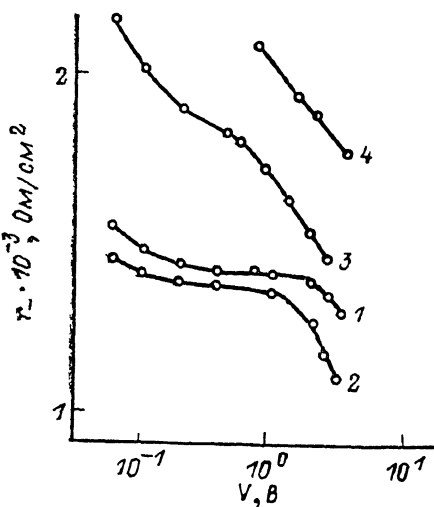


Рис. 1. Зависимости электрического сопротивления структур (состав $90 V_2O_5-10 SnO_2$ мол.%) от напряжения в различных газовых средах.

1 — воздух, 2 — вакуум, 3 — водород, 4 — вакуум (после водорода).

и объемный характер обнаруженных эффектов. При адсорбции активного газа изменяются заряд поверхности и изгиб энергетических зон в приповерхностных областях кристаллитов. Следствием этого должно быть изменение высоты МПБ и сопротивления поликристаллического полупроводникового материала. Анализируя приведенные данные в рамках теории электронных процессов на поверхности полупроводников, следует принять, что адсорбция водорода приводит к аномальному отрицательному зарядению поверхности кристаллитов,

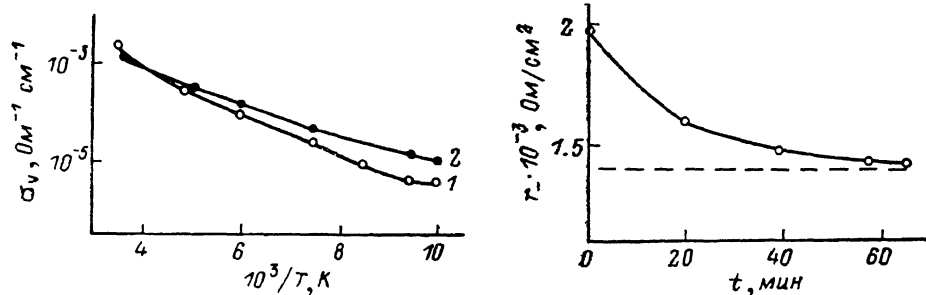


Рис. 2. Температурные зависимости объемной электрической проводимости оксидных полупроводниковых систем составов 1— $60 V_2O_5-40 SnO_2$, 2— $90 V_2O_5-10 SnO_2$ (мол.%).

Рис. 3. Релаксация электрического сопротивления структуры (состав $90 V_2O_5-10 SnO_2$ мол.%) после изъятия ее из атмосферы водорода.

Штриховая линия — исходное значение r_- .

так как только в этом случае можно непротиворечиво объяснить рост сопротивления образцов из-за увеличения обедняющего изгиба энергетических зон полупроводникового материала n -типа. По-видимому, следует предположить, что для исследованных оксидных систем, как и для контактов металл—ванадиево-фосфатное стекло [4], адсорбция H_2 идет по описанному в [5] механизму нейтральной формы хемосорбции без переноса заряда, но с сильной поляризацией атомов или молекул водорода. Это может привести к отрицательному зарядению поверхности кристаллитов. Другой причиной этого аномального эффекта может быть уменьшение концентрации электронных состояний адсорбционного происхождения в МПБ, участвующих в переносе заряда в рамках модели электропроводности [6].

- [1] Бутурлин А. И., Дикевич А. Я., Заикин В. А., Чахунашвили Г. В. // Электронная пром-сть. 1988. № 10. С. 40—41.
- [2] Бутурлин А. И., Габузян Т. А., Голованов Н. А. и др. // Газочувствительные датчики на основе металлоксидных полупроводников. М., 1983. 39 с.
- [3] Черненко И. М., Гаврилюк В. И., Тонкошкур А. С. // ЖТФ. 1978. Т. 49. Вып. 10. С. 2287—2289.
- [4] Макаров В. О., Тонкошкур А. С., Черненко И. М. // Изв. вузов. Физика. 1983. № 6. С. 3—6.
- [5] Киселев В. Ф. Поверхностные явления в полупроводниках и диэлектриках. М.: Наука, 1970. 399 с.
- [6] Тонкошкур А. С., Макаров В. О., Черненко И. М. // УФЖ. 1988. Т. 33. № 11. С. 1710—1712.

Днепропетровский химико-технологический институт им. Ф. Э. Дзержинского

Поступило в Редакцию
13 июля 1989 г.

07; 12

Журнал технической физики, т. 60, в. 8, 1990

© 1990 г.

ОСЦИЛЛЯЦИИ ДАВЛЕНИЯ НА МИШЕНИ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ОБЛУЧЕНИИ

Л. И. Кузнецов

При воздействии на материалы концентрированных потоков энергии, например лазерного излучения (ЛИ), при определенных энергиях наблюдаются осцилляции давления, измеряемые пьезодатчиками на тыльной стороне мишеней [1]. Авторы этой работы обнаружили осцилляции давления на мишени из свинца при $J=2$ МВт/см², которые при увеличении J быстро исчезали. В работах [2, 3] подробно анализируются возможные механизмы возникновения осцилляций за счет автоколебательного режима самоэкранировки или вспышки поглощения в плазме светоразорванного факела при неустойчивом режиме испарения. Для детального исследования осцилляций давления на мишенях были проведены эксперименты на вакуумной камере ВИКА [4].

Импульсное ЛИ с длиной волны 1.06 мкм и длительностью по полувысоте $3 \cdot 10^{-4}$ с воздействовало на металлические и диэлектрические мишени в камере, давление в которой могло изменяться от 10^5 до 10^{-2} Па. Диаметр пятна облучения в большинстве режимов составлял 6 мм, диаметр мишеней 20 мм.

Мишени устанавливались на пьезодатчиках, на выходе которых подключались усилители с RC-входа около 1—10 с. Сигнал с датчиков поступал на цифровой запоминающий осциллограф С9-8 с временем дискретизации 0.5 или 1 мкс. На вход другого канала осциллографа поступал сигнал с ФК-19, регистрировавший временную развертку интенсивности ЛИ. Информация с осциллографа и других приборов поступала на ЭВМ и обрабатывалась.

Измеренные значения давления нормировались по значениям временной развертки исходного ЛИ с учетом временного сдвига на акустопроводе пьезодатчика и по площадям этих осциллограмм $P_i/[P(E_i)]$, $E_0 = \dot{P}/E_0$.

На рис. 1 представлены результаты нормированных измерений давления на мишени из диэлектрика при разных плотностях потока ЛИ E_0/S и давлении окружающей среды $P_\infty = 10^5$ Па. Колоколообразная кривая на этом рисунке — форма огибающей лазерного импульса, которая поддерживалась постоянной, а вариации по энергии осуществлялись сменной ослабителей — полупрозрачных зеркал на выходе усилительных каскадов лазерной системы.

При $E_0/S < 10$ Дж/см² наблюдается неустойчивый режим испарения с регистрацией нескольких неупорядоченных пиков давления. При увеличении E_0/S появляется четкая осциллирующая конфигурация давления, причем со сменой знака вектора давления. Эти осцилляции хорошо видны как на осциллограммах, так и на графиках с нормированным давлением, например, при $E_0/S = 30.80$ Дж/см². При дальнейшем увеличении E_0/S относительные значения амплитуд осцилляций на фоне общего давления в пятне облучения падают и на