

ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОНТАКТОВ ПЛАТИНА-ОКСИДНОЕ ВАНАДИЕВО-ФОСФАТНОЕ СТЕКЛО

*В. Ф. Катков, А. С. Тонкошкур, И. М. Черненко,
О. П. Мысов, А. Т. Колодяжный*

Днепропетровский государственный университет,
320625, Днепропетровск, Украина
(Поступило в Редакцию 6 апреля 1994 г.)

Металлооксидные полупроводниковые системы обладают чувствительностью электрических параметров к процессам хемосорбции активных газов и являются наиболее перспективным классом материалов для создания газочувствительных электронных датчиков [1]. Особый интерес представляют изучение и оценка газочувствительных характеристик металлооксидных стеклообразных материалов, как менее подверженных разрушению в условиях радиации [2]. Специфичностью исследованной в настоящей работе системы платино-оксидное ванадиево-фосфатное стекло (ВФС) является аномальный характер газочувствительных свойств: при хемосорбции водорода, который является донорным газом по отношению к ванадиево-фосфатным стеклам, обладающим *n*-типа проводимостью, наблюдается уменьшение проводимости [3].

В настоящей работе проведен комплекс исследований этой газочувствительной системы с целью определения кинетических и концентрационных характеристик.

Ванадиево-фосфатные стекла были приготовлены из расплава смеси V_2O_5 марки (ЧДА) и $(NH_4)_3PO_4 \cdot 3H_2O$ марки (ХЧ). Синтез стекол проводили в алуновом тиглях на воздухе при температуре 1270 К в силиковой печи. Расплав выдерживали в печи в течение 3 ч, а затем выливали на массивную медную пластину. Отсутствие кристаллической фазы в полученных образцах подтверждалось рентгенофазовым анализом. Исследованные структуры — контакты Pt ВФС были получены методом катодного распыления металлической платины на обезжиренной поверхности пластин стекла толщиной до 1 мм.

Измерения электрических характеристик в вакууме и газовых фазах проводили в криостате с вакуумными вводами и прижимными электродами при комнатной температуре. Определенное давление газа в рабочем объеме создавалось с помощью дозатора. Перед напуском водорода и его смесей с воздухом принимались меры по их обезвреживанию. Измерение электрической проводимости на постоянном токе выполняли с использованием цифрового прибора ВК2-20 в режиме, исключающем разогрев образца.

Полученные контакты Pt ВФС имели либо линейные, либо слабонелинейные вольт-амперные характеристики (рис. 1). Результаты исследований временных и концентрационных зависимостей электрической проводимости G_0 контакта Pt ВФС со слабонелинейной ВАХ в атмосфере чистого водорода представлены на рис. 2 и 3. Фиксация параметра G проводилась на начальном линейном участке ВАХ.

Рис. 1. Линейная (1) и нелинейная (2) вольт-амперные характеристики контактов платина-ВФС.

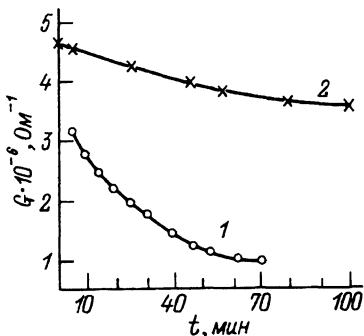
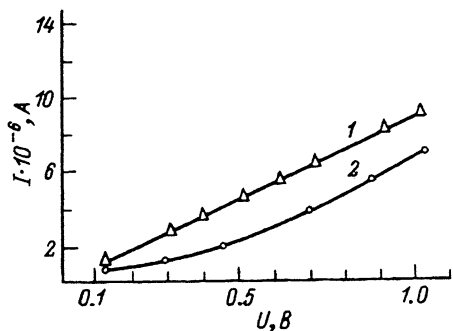


Рис. 2. Кинетика установления проводимости контактов платина-ВФС при напуске водорода ($P_{H_2} = 57 \cdot 10^2$) для образцов с линейной (1) и нелинейной (2) ВАХ.

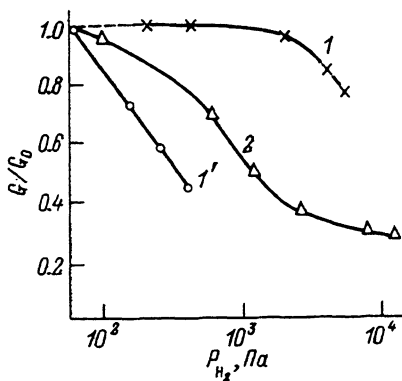
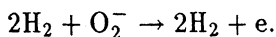


Рис. 3. Зависимость электрической проводимости контактов платина-ВФС от давления водорода при его напуске в вакууме (1,2) и от парциального давления водорода (1') в смеси с воздухом (1).

1, 1' — образцы с линейной, 2 — с нелинейной ВАХ.

Кинетические кривые электропроводности (рис. 2) имели монотонный характер с первыми признаками выхода на участок насыщения. Напуск водорода в рабочую камеру проводили после вакуумирования до давления 1 Па. Как следует из рис. 2, присутствие водорода вызвало резкое уменьшение проводимости G_0 . Исходное значение электрического параметра G_0 после выдержки в водороде не удавалось восстановить последующим вакуумированием образца до 10^{-3} Па. Выдержка образцов ВФС на воздухе при атмосферном давлении и комнатной температуре в течение 1 ч также не восстанавливала исходные значения электрической проводимости. Отсутствовало даже частичное восстановление, отмеченное в [3]. Необратимые изменения электрической проводимости при адсорбции водорода являются следствием поверхностных химических реакций в области контакта Pt ВФС [4]. В данном случае взаимодействие контакта Pt ВФС с водородом при комнатной температуре протекает путем следующей поверхностной химической реакции



Предварительно хемосорбированный кислород выполняет роль сенсibiliзирующей поверхность ВФС газа. В виду того что хемосорбируемые частицы O_2^- выступают пересадочными электронными состояниями, участвующими в электропереносе через контакты Pt ВФС, их уменьшение обуславливает и уменьшение его проводимости G_0 [5,6].

На рис. 3 представлена концентрационная зависимость электрической проводимости от давления водорода при 300 К, построенная после установления адсорбционно-десорбционного равновесия. Данная зависимость имела нелинейный характер с более высокой чувствительностью к присутствию водорода в интервале давлений 0.5–30 Па ($\Delta G/G_0 \approx 5\%/Па$) и постепенным снижением чувствительности при более высоких давлениях.

Исследования газочувствительных свойств контактов Pt ВФС с линейной ВАХ также приведены на рис. 2 и 3. Кинетические и концентрационные зависимости электрической проводимости G_0 определяли в атмосфере чистого водорода и в атмосфере смеси водорода и воздуха. Измерения проводились в интервале давлений $1.57 \cdot 10^2 - 6.26 \cdot 10^2$ Па. При более низком давлении значение электрической проводимости практически не изменялось. Изменение G_0 наблюдалось не сразу после напуска водорода, а через 6–7 мин. После вакуумирования до 1 Па и последующего напуска воздуха наблюдалось восстановление исходных значений проводимости без повышения температуры. Эффект восстановления не наблюдался, как указывалось выше, для контактов Pt ВФС с нелинейной ВАХ, поэтому исследования были проведены только для контактов с линейной ВАХ в интервале парциальных давлений $1.96 \cdot 10^2 - 5.22 \cdot 10^3$ Па.

На рис. 3 представлена зависимость электрической проводимости G_0 от парциального давления водорода в газовой смеси с воздухом. Вакуумирование и выдержка на воздухе в течение 12 ч полностью восстановили исходные значения электропроводности. Наблюдаемый эффект восстановления G_0 в атмосфере воздуха и различие концентрационных зависимостей электрической проводимости контактов Pt ВФС соответствуют физическим представлениям о хемосорбции кислорода, протекающей по реакции $O_2 + e \rightarrow O_2^-$ и приводящей к увеличению числа пересадочных локализованных состояний, участвующих в электропереносе.

Выводы

1. Контакты платина-оксидное ванадиево-фосфатное стекло обладают аномальной чувствительностью электрической проводимости к присутствию водорода в окружающей их среде. Уменьшение электрической проводимости при адсорбции водорода обусловлено уменьшением концентрации предварительно хемосорбированных частиц O_2^- на поверхности стекла.

2. Установлено, что контакты Pt ВФС с нелинейной ВАХ обнаруживают высокую чувствительность электрической проводимости к адсорбции водорода, но практически не восстанавливают свои исходные состояния после удаления водорода. Контакты с линейной ВАХ имеют более низкую чувствительность проводимости к адсорбции водорода, однако могут быть полностью восстановлены в атмосфере воздуха при комнатной температуре.

- [1] Бутурлин А.И., Габузин Т.А., Голованов И.А. Газочувствительные датчики на основе металлоксидных полупроводников. М.: ЦНИИ "Электроника", 1988. 40 с.
- [2] Кулаков В.И., Ладыгин В.А., Шаговец В.И. и др. Действие проникающей радиации на изделия электронной техники. М.: Сов. радио, 1980. 225 с.
- [3] Макаров В.О., Сейковский М.Д., Тонкошкур А.С., Черненко И.М. // Изв. вузов. Физика. 1983. № 6. С. 3-6.
- [4] Мясников И.А., Сутарев В.А., Куприянов Л.Ю., Завьялов С.А. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М.: Наука, 1991. 327 с.
- [5] Тонкошкур А.С., Макаров В.О., Черненко И.М. // УФЖ. 1988. Т. 33. № 11. С. 1710-1711.
- [6] Тонкошкур А.С., Черненко И.М. // ЖТФ. 1990. Т. 60. Вып. 8. С. 188-190.

ИЗОФОКУСИРУЮЩАЯ ЛИНЗА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ ДЛЯ ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С КОНЕЧНЫМ ЭМИТТАНСОМ

Е.В.Шпак, А.А.Смирнова

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе РАН,
194021, Санкт-Петербург, Россия
(Поступило в Редакцию 4 мая 1994 г.)

В работе [1] была исследована изофокусирующая линза, состоящая из трех диафрагм, предназначенная для формирования пучка с конечным эмиттансом. Линза обеспечивает сохранение неизменным положения формируемого ею кроссовера при изменении энергии пучка. Осесимметричные линзы из цилиндрических электродов широко используются в электронных и ионных приборах и установках. Поэтому актуальной является задача нахождения соотношений между потенциалами на цилиндрических электродах, при которых с изменением энергии положение формируемого линзой кроссовера пучка не изменялось. Результаты аналогичных расчетов для пучков с нулевым эмиттансом приведены в монографии [2]. В ней даны зависимости потенциалов на электродах, обеспечивающих сохранение положения изображения при изменении энергии пучка.

В данной работе исследуется осесимметричная линза, состоящая из трех цилиндрических электродов, схематически представленная на рис. 1. Диаметры всех цилиндров равны D , расстояния между цилиндрами $0.1D$. Длина центрального цилиндра равна $A = D$. Изменением отношения потенциалов на третьем и первом электродах V_3/V_1 обеспечивается изменение энергии частиц в пучке. Изменением отношения потенциалов на втором и первом электродах V_2/V_1 подбираются режимы, в которых изменение V_3/V_1 не приводит к смещению формируемого линзой кроссовера. Реперная плоскость, от которой отсчитываются