

## Влияние адсорбции на электрофизические свойства структур на основе окисленного пористого кремния

© Д.И. Биленко<sup>¶</sup>, О.Я. Белобровая, Э.А. Жаркова, И.Б. Мысенко, Е.И. Хасина

Научно-исследовательский институт механики и физики при Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского, 410026 Саратов, Россия

(Получена 27 августа 2001 г. Принята к печати 11 сентября 2001 г.)

Изучено влияние адсорбции полярных молекул сероводорода, ацетона на вольт-амперные характеристики и временные зависимости тока структур на основе окисленного пористого кремния типа  $\langle \text{Pd}-\text{ПКО}-p^+-\text{Si}-\text{Al} \rangle$ . Получены структуры двух видов: с барьером Шоттки и с токами, ограниченными пространственным зарядом. Обнаружено наличие положительного объемного заряда у палладиевого электрода, который определяет вольт-амперные характеристики в области  $V < 0.2 \text{ В}$  и его существенное изменение с газом. Найдены параметры слоя окисленного пористого кремния и рабочие напряжения, при которых наблюдается наиболее существенное влияние газа. Максимальное изменение тока до  $\sim 10^3$  раз при воздействии сероводорода концентрацией  $\sim 10 \text{ ppm}$  получено на структурах с барьером Шоттки при обратном напряжении, близком к обратимому пробую.

Полученные результаты объясняются перезарядкой ловушек, о чем свидетельствует сдвиг уровня Ферми, и снижением барьера Шоттки при адсорбции полярных молекул.

### Введение

Изучение влияния адсорбции различных веществ на свойства пористого кремния (ПК) — материала с квантово-размерными эффектами и развитой поверхностью позволяет расширить круг исследованных свойств полупроводниковых материалов и возможности использования структур для создания сенсоров. Несмотря на интенсивное изучение свойств пористого кремния до и после воздействия различных газовых сред [1–9], электрофизические свойства структур с модифицированными слоями ПК, в частности, частично окисленными слоями ПК (ПКО), исследованы недостаточно [8–10]. Частичное окисление может служить стабилизации свойств ПК.

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) структур определяют ряд функциональных характеристик и являются инструментом изучения физических процессов в структурах (механизмов проводимости, контактных явлений).

Известны работы по изучению ВАХ структур на основе пористого кремния без специального окисления и влиянию на ВАХ адсорбции метанола, ацетона и водорода [3,4,7]. В этих работах указывается на разнообразие видов ВАХ в зависимости от толщины и пористости ПК, свойств подложки и контактов, температуры и состава окружающей среды. Проведенные нами ранее исследования позволили установить высокую чувствительность структур на основе ПКО к воздействию сероводорода и ацетона [8,9]. Однако сами механизмы влияния окружающей среды на свойства структур и кинетика их изменения при адсорбции оставались практически не изученными.

В настоящей работе представлены результаты изучения влияния адсорбции различных газов на токоперенос

в структурах  $\langle \text{Pd}-\text{ПКО}-p^+-\text{Si}-\text{Al} \rangle$  и возможности создания высокочувствительных сенсоров на их основе.

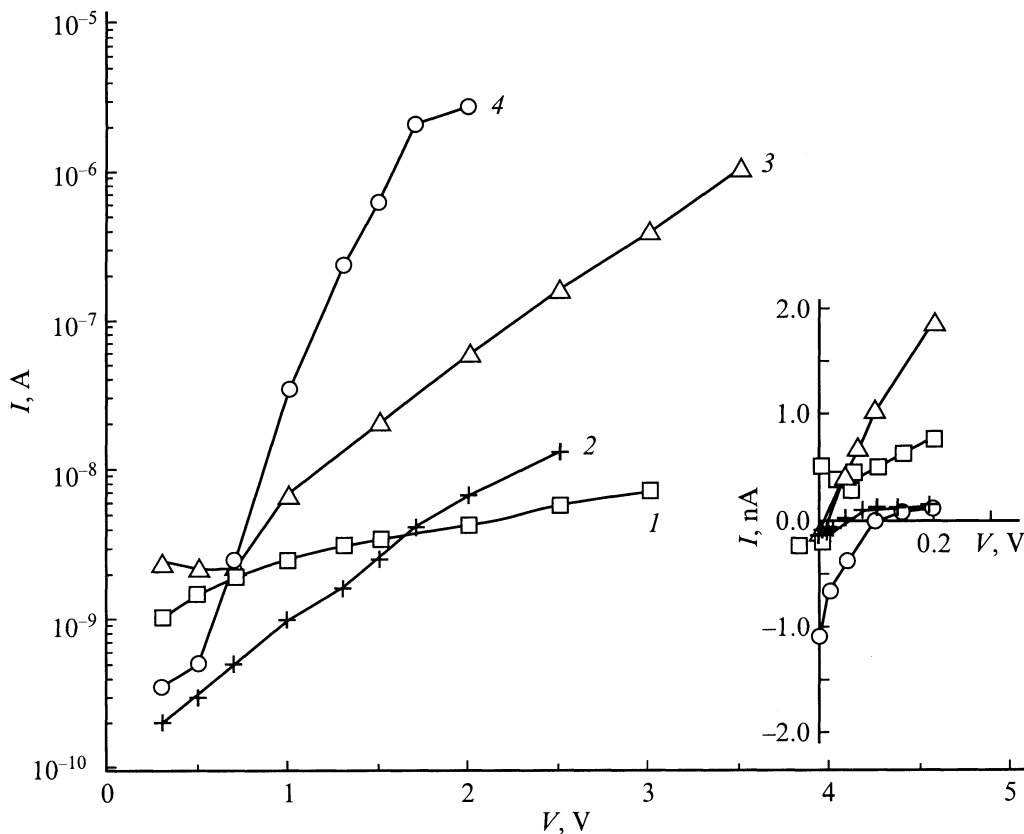
### Получение структур и методика измерения

Слои пористого кремния были получены электрохимическим травлением монокристаллического кремния  $p$ -типа проводимости с  $\rho = 0.03 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . Травление проводилось в растворе  $\text{HF}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$  при различном объемном соотношении компонент и плотности тока  $2-30 \text{ mA/cm}^2$ . Последующее анодное окисление слоев ПК проводилось в  $0.04 \text{ N}$  растворе  $\text{KNO}_3$  в  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  в течение  $1-5$  мин при плотности тока  $10 \text{ mA/cm}^2$ . Толщина слоя пористого кремния  $d$  и его пористость  $q$  определялись непосредственно в ходе образования слоев по интерференции лазерного излучения, направляемого на необрабатываемую сторону подложки, по методике, описанной в [9]. В данном исследовании использовались образцы с  $d$  от 2 до  $10 \text{ мкм}$  и  $q$  от 0.6 до 0.85.

Диодные структуры  $\langle \text{Pd}-\text{ПКО}-p^+-\text{Si}-\text{Al} \rangle$  создавались осаждением в вакууме палладиевого электрода на слой ПКО (так называемого каталитического электрода) и алюминиевого омического контакта на подложку  $p^+-\text{Si}$ . Слои Pd контролировались в ходе осаждения, и их толщины варьировались от 50 до 60 нм. Получаемые таким же образом образцы-свидетели слоев металлов на стеклянной подложке контролировались эллипсометрически, и было установлено, что пористость этих слоев составляла 0.2–0.3.

Влияние газовой среды (сероводорода, ацетона, четыреххлористого углерода) на образцы исследовалось в камере, газовую среду в которой можно было обратимо изменять. Газом-разбавителем для сероводорода служил

<sup>¶</sup> E-mail: bil@ns.ssu.runnet.ru



**Рис. 1.** Обратная ветвь вольт-амперной характеристики структуры  $\langle \text{Pd}-\text{ПКО}-p^+-\text{Si}-\text{Al} \rangle$  в исходном состоянии и при адсорбции. На воздухе: 1 —  $\text{Pd}_-$ ; 2 —  $\text{Pd}_+$ ; 3 — ацетон 1000 ppm,  $\text{Pd}_+$ ; 4 — сероводород 200 ppm,  $\text{Pd}_+$ . На вставке —  $I(V)$  при  $V < 0.2$  В. Обозначения кривых соответствуют основному графику.

азот. Предварительными экспериментами было установлено, что он не оказывает влияния ни на электрофизические, ни на оптические свойства изучаемых структур.

## Вольт-амперные характеристики структур

Измерения ВАХ на воздухе и в газовой среде проводились в темноте, что исключало влияние дневного рассеянного света на полученные результаты. Показано, что ВАХ структур  $\langle \text{Pd}-\text{ПКО}-p^+-\text{Si}-\text{Al} \rangle$  (рис. 1) обладают рядом особенностей. Прямая ветвь ВАХ (отрицательное напряжение на палладиевом слое) в области малых напряжений содержит падающий участок, отрицательный наклон ВАХ при дальнейшем повышении напряжения сменяется положительным. В обратной ветви ВАХ наблюдается отрицательное значение тока, которое по мере роста поданного напряжения уменьшается, и смена направления тока происходит при напряжении  $\sim 0.01-0.2$  В в зависимости от свойств ПКО. Коэффициент выпрямления падает по мере роста поданного напряжения.

У структур, отличающихся только тем, что у них слой Pd заменен слоем Al, такие особенности не наблюдались.

В области напряжений, больших 0.2 В, вид зависимости тока от напряжения изменяется по мере роста  $V$ . По ВАХ исследованные образцы можно подразделить на две группы. У образцов первой группы вольт-амперная зависимость описывается степенным законом с участком, обусловленным током, ограниченным пространственным зарядом — ТОПЗ ( $I \propto V^m$  при  $m = 2-4$ ). У второй группы образцов ВАХ обладают экспоненциальными зависимостями  $I(V)$ , характерными для барьеров Шоттки ( $I \propto \exp(qV/nkT)$ ) с обратимым "пробоем" в обратной ветви или для эмиссии Пула-Френкеля ( $I \propto \exp V^{0.5}$ ). Такие зависимости наблюдались ранее в структурах  $\langle \text{Pd}-\text{ПК}-p^+-\text{Si}-\text{Al} \rangle$  без специального окисления ПК [6,7].

По участкам ВАХ, на которых ток ограничен пространственным зарядом, были проведены оценки концентрации ловушек  $N_n$  двумя методами: по значению напряжения перехода тока омической проводимости при прямом смещении в ТОПЗ [11,12] и так называемым "step by step" методом при экспоненциальном распределении ловушек по энергии в запрещенной зоне [13]. Усредненные по запрещенной зоне значения концентрации

ловушек, определенные обоими методами, находились в пределах  $3 \cdot 10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3} \cdot \text{эВ}^{-1}$ .

Обнаружено существование встроенного пространственного заряда, управляемого по знаку и величине приложенным полем и окружающей средой. Встроенным зарядом, вероятно, обусловлены особенности ВАХ исследованных структур при малых напряжениях. Это подтверждается измерениями тока короткого замыкания и напряжения холостого хода  $V_{oc}$ . В исходном состоянии заряд положительной полярности у палладиевого электрода создает ЭДС и ток, противоположный по направлению току от внешнего источника при включении структуры в обратном направлении (плюс на Pd). По мере увеличения поданного напряжения  $V$  и приближения его к  $V_{oc}$  "отрицательный" ток уменьшается. При подаче внешнего напряжения в пропускном направлении (минус на Pd) за счет инжекции электронов и их рекомбинации уменьшается объемный положительный заряд, ток снижается и достигает минимума при  $V \leq V_{oc}$ . Образованию объемного заряда способствует асимметрия барьеров Pd-ПКО и ПКО- $p^+$ -Si. У структур  $\langle \text{Al-ПКО-}p^+\text{-Si-Al} \rangle$  напряжение холостого хода не превосходит 5–10 мВ, что в 10–40 раз меньше, чем у образцов с верхним палладиевым электродом. Значение  $V_{oc}$  существенно зависит от параметров структуры: пористости и толщины слоя ПК, степени его окисления, материала и толщины слоя металла. Ток короткого замыкания в исходном состоянии 1–3 нА. В структурах  $\langle \text{Pd-ПКО-}p^+\text{-Si-Al} \rangle$  при значениях напряжения, меньших 0.1 В, дифференциальное сопротивление порядка  $10^{10}$  Ом при толщине ПК 6–10 мкм, что во много раз превышает дифференциальное сопротивление такого же по толщине исходного неокисленного слоя ПК.

## Влияние адсорбции на электрофизические свойства структур

Изучение влияния газов на электрофизические свойства полученных структур  $\langle \text{Pd-ПКО-}p^+\text{-Si-Al} \rangle$  показало, что полярные и неполярные молекулы газов вызывают различное изменение свойств. Адсорбция полярных молекул (сероводород, ацетон) изменяет не только ток при заданном напряжении и напряжение холостого хода, но и параметры зависимости тока от напряжения. Адсорбция неполярных молекул (азот, четыреххлористый углерод) влияет на указанные характеристики структур  $\langle \text{Pd-ПКО-}p^+\text{-Si-Al} \rangle$  несравненно меньше. Так, например, введение в азот сероводорода до концентрации  $C \approx 200$  ppm приводит к росту обратного тока при напряжении вблизи пробоя более, чем на 2–3 порядка (рис. 1), а при такой же концентрации четыреххлористого углерода ток изменяется менее, чем в 1.2 раза. Адсорбция не влияет на вид зависимости тока от напряжения вне области объемного заряда ( $V > 0.2$  В), но параметры таких зависимостей в результате адсорбции

изменяются значительно. Такая ситуация является общей для обеих групп образцов. При адсорбции сероводорода или ацетона (рис. 1) образцами, описываемыми моделью барьера Шоттки, показатель  $n$  в экспоненциальной области уменьшается в 2–5 раз. При степенной зависимости  $I(V)$  показатель  $m$  практически сохраняется. Также изменяются лишь параметры, описывающие эмиссию Пула-Френкеля. В результате адсорбции изменяется наклон прямой в  $\ln I$  от  $V^{0.5}$  и ток насыщения, что по расчетам, согласно [14], соответствует уменьшению рабочей толщины слоя от  $10^3 - 10^4 \text{ \AA}$  в исходном состоянии до 400–500  $\text{ \AA}$ , а это существенно меньше толщины слоя ПКО. При этом происходит уменьшение высоты барьера ловушек в 1.2–1.5 раза.

Уменьшение показателя  $n$  в ВАХ типа  $I \propto \exp(qV/nkT)$  при адсорбции, по-видимому, связано с ростом диффузионной длины  $L$  инжектированных электронов в длинных диодах за счет захвата дырок на ловушки и уменьшения темпа рекомбинации [15]. Так, например, уменьшение  $n$  от 50 в исходном состоянии до 10 при адсорбции в области напряжений 0.5–1.7 В (рис. 1) соответствует увеличению  $L$  в 1.5 раза и, следовательно, уменьшению концентрации рекомбинационных центров в  $\sim 2$  раза.

Изменение тока при воздействии сероводорода или ацетона в структурах  $\langle \text{Pd-ПКО-}p^+\text{-Si-Al} \rangle$  примерно в 100 раз меньше, чем на том же образце с Pd-электродом.

Зависимость напряжения холостого хода  $V_{oc}$  от концентрации сероводорода приведена на рис. 2. Резкое изменение  $V_{oc}$  в 3 раза наблюдается при росте концентрации сероводорода до 1 ppm, затем  $V_{oc}$  падает. Таким образом полярные молекулы  $\text{H}_2\text{S}$  и ацетона наводят

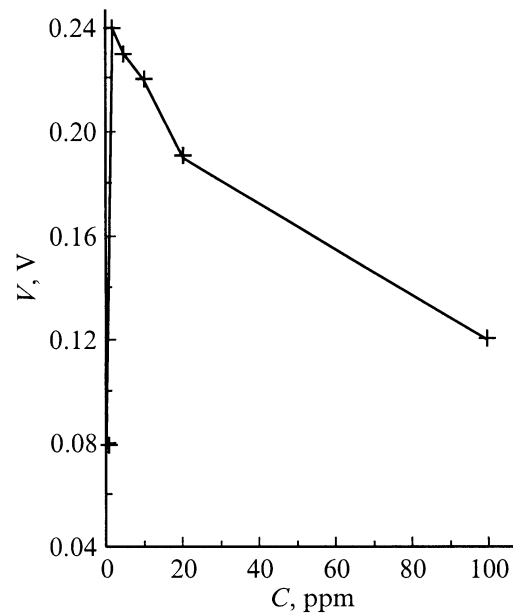


Рис. 2. Зависимость напряжения холостого хода от концентрации сероводорода.

дополнительный положительный заряд на ПКО, что приводит к росту  $V_{oc}$  по сравнению с исходным состоянием.

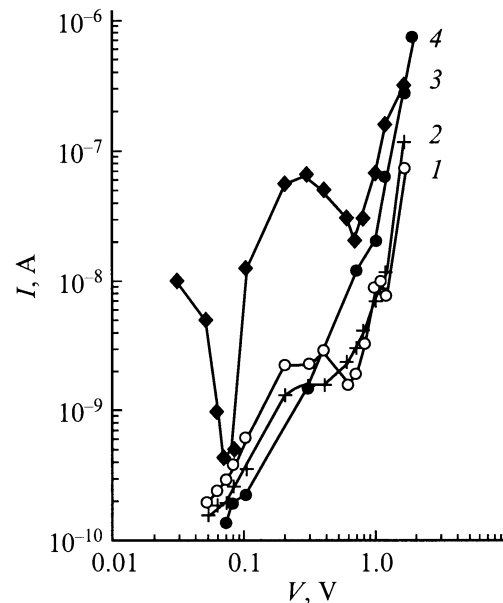
Обнаружены нестабильности тока в структурах  $\langle \text{Pd}-\text{ПКО}-p^+-\text{Si}-\text{Pd} \rangle$  при приложении внешнего напряжения  $V > 10 \text{ В}$  и при воздействии высокой концентрации сероводорода, примерно  $10^4 \text{ ppm}$ . Аналогичные колебания, но меньшей амплитуды наблюдались в структурах с ПК, имеющих естественный окисел, в атмосфере эфира [16]. После прекращения воздействия газа исходные значения тока восстанавливаются через 2–3 мин. Наблюдаемые колебания тока, по-видимому, связаны с перезарядкой поверхностных и объемных ловушек ПКО в сильных электрических полях при адсорбции полярных молекул.

### Кинетика изменения тока

Кинетика изменения тока изучалась на структурах с ПКО на воздухе и при адсорбции полярных молекул. При каждом фиксированном значении  $V$  снималась зависимость тока от времени  $I(t)$ . Временной интервал измерения тока составлял 0–120 с при шаге 2–5 с. По полученным при различных напряжениях  $I(t)$  строились ВАХ, соответствующие заданным значениям  $t$ . Зависимости  $I(V, t)$  при фиксированном напряжении снимались для образцов с двумя видами ВАХ, с барьером Шоттки и с токами, ограниченными пространственным зарядом [11]. Особенности временных зависимостей ВАХ в обоих случаях аналогичны, но наиболее резкие изменения тока со временем наблюдаются в образцах с ТОПЗ при обратном смещении на палладиевом электроде ( $\text{Pd}_+$ ). Характерные зависимости  $I(V, t)$  для такого образца приведены на рис. 3. В исходном состоянии (т.е. до воздействия газа) в области ТОПЗ при напряжениях  $V > V_{oc}$  ток существенно изменяется во временном интервале 2–60 с. В течение первых 15 с на ВАХ наблюдаются участки напряжения с резкими минимумами тока, которые постепенно сглаживаются с ростом  $t$ , и при  $t \geq 60 \text{ с}$  ток приобретает стационарное значение. Минимумы в зависимостях  $I(V)$  имеют место в диапазонах напряжения 0.5–0.6 и 1.0–1.1 В.

Кинетика спада обратного тока при  $V > V_{oc}$  вне особых точек (точек минимумов по  $V$  на рис. 3) и  $V$ , меньших напряжения пробоя, характеризуется степенной зависимостью  $I(t) = I_0 t^{-\beta}$  в интервале 1–45 с с последующим медленным насыщением тока. Показатель  $\beta$  определяется приложенным напряжением и составляет 0.1–0.3. Для структур с барьером Шоттки в области  $V$ , близких к пробоя, ток со временем изменяется незначительно, на 10–15%.

Адсорбированные полярные молекулы, например молекулы ацетона, существенно влияют на временные зависимости тока. Установлено, что адсорбция приводит к следующему.



**Рис. 3.** Вольт-амперная характеристика структуры  $\langle \text{Pd}-\text{ПКО}-p^+-\text{Si}-\text{Al} \rangle$  в различные интервалы времени.  $\text{Pd}_+$  на воздухе,  $t$ : 1 — 60 с, 2 — 5 с;  $\text{Pd}_+$  в ацетоне,  $t$ : 3 — 60 с, 4 — 5 с.

У структур с ТОПЗ изменяется величина и положение минимумов  $I$  от  $V$  на начальном этапе при  $t < 15 \text{ с}$  и появляются дополнительные минимумы тока (рис. 3). Показатель степени  $\beta$  возрастает в 5–10 раз.

Изменение тока в структурах с барьером Шоттки менее резкое, и  $\beta$  возрастает всего в 1.2–1.3 раза. Вблизи пробоя ток со временем практически не изменяется.

Обнаруженные минимумы тока во временных зависимостях ВАХ, по-видимому, объясняются распределением плотностей состояний ловушек в запрещенной зоне и изменением положения уровня Ферми в зависимости от приложенного напряжения. При адсорбции полярных молекул изменяется плотность состояний ловушек, что приводит к появлению новых минимумов тока.

Энергетическое положение ловушек можно оценить по времени захвата инжектированных носителей заряда согласно выражению  $t = t_0 \exp E/kT$ , где  $t_0$  — параметр, равный  $\sim 10^{-10} \text{ с}$  [12]. Энергия  $E$ , соответствующая временам захвата 5 и 45 с, составляет 0.62 и 0.67 эВ.

Вольт-амперные характеристики в области ТОПЗ в исходном состоянии и при воздействии ацетона позволили оценить сдвиг уровня Ферми  $E_F$  в стационарном режиме за счет изменения заполнения ловушек. Сдвиг положения  $E_F$  рассчитывался по формуле [13] как

$$\Delta E_F = kT \cdot \ln(I_2 V_1 / I_1 V_2),$$

где  $I_1$ ,  $V_1$  и  $I_2$ ,  $V_2$  — значения тока и напряжения в зависимости  $I(V)$ .

Установлено, что адсорбция полярных молекул вызывает сдвиг уровня Ферми на величину, равную 0.03–0.05 эВ. Данные значения хорошо согласуются

с величинами  $\Delta E_F$ , полученными по изменению напряжения, соответствующего переходу от омической проводимости к токам, ограниченным пространственным зарядом. Определенный сдвиг уровня Ферми обусловлен изменением концентрации свободных носителей заряда в  $\sim 5$  раз, что близко к экспериментально наблюдаемому изменению тока в 4 раза в данном эксперименте. Таким образом, полученные сдвиги  $\Delta E_F$  при адсорбции ацетона, очевидно, связаны с изменением концентрации свободных носителей заряда и захваченных ловушками, расположенными как на поверхности, так и в объеме ПКО.

Исследование тока структур во временном цикле воздух–газ–воздух показало, что при концентрациях сероводорода, меньших 100 ppm, исходное значение тока восстанавливается на воздухе через 80–100 с. При больших концентрациях, свыше  $10^4$  ppm, наблюдается остаточный ток, который возвращается к исходному значению через десятки часов. Наличие остаточного сигнала на структурах ПКО отмечалось при адсорбции этанола и аммиака больших концентраций в работе [10].

### Чувствительность ПКО к адсорбции полярных молекул

Чувствительность структур при адсорбции можно характеризовать изменением потенциального барьера или изменением напряжения холостого хода от концентрации адсорбата. Исследования вольт-амперных характеристик позволили найти область параметров структур, измеренных *in situ*, и режим работы структуры (Pd–ПКО– $p^+$ –Si–Al), при которых чувствительность к газовому воздействию наибольшая. В этой области значения толщины ( $d$ ), пористости ( $q$ ) и времени окисления слоя ПК ( $t_0$ ), толщины палладиевого электрода ( $d_1$ ) находятся в следующих пределах:  $d = 6$ –10 мкм,  $q = 0.78$ –0.85,  $t_0 = 2$ –3 мин,  $d_1 = 50$ –60 нм.

Наибольшей чувствительностью к адсорбции полярных молекул сероводорода и ацетона обладают структуры с ВАХ, характерными для барьера Шоттки. У них изменение тока наблюдается как при прямом, так и при обратном смещениях на палладиевом электроде. Однако в случае обратного смещения при  $V$ , близком к обратному пробое, увеличение тока на порядок выше, чем при прямом. Изменение тока при концентрации сероводорода свыше 10 ppm составляет  $\sim 10^3$  раз. Зависимость тока от концентрации сероводорода для такой структуры приведена на рис. 4. В диапазоне концентраций  $C = 1$ –10 ppm зависимость тока от  $C$  имеет вид  $I \propto C^\alpha$ , где  $\alpha \approx 2.4$ . С ростом  $C > 10$  ppm наблюдается практически насыщение тока. При обратном смещении введение в азот сероводорода с относительной концентрацией  $10^{-8}$  вызывает изменение тока в 2–3 раза. Зависимость  $I(C)$  может быть использована для определения малых концентраций сероводорода.

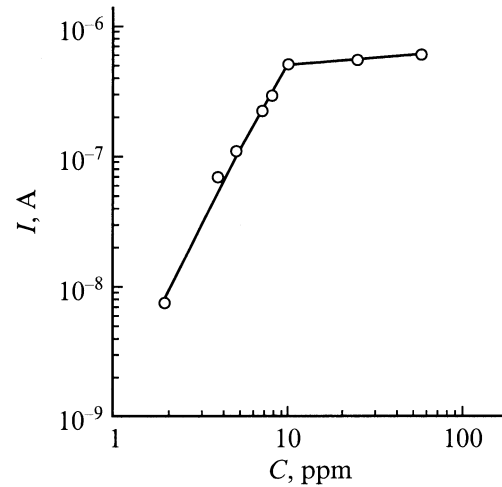


Рис. 4. Зависимость тока от концентрации сероводорода для структуры с барьером Шоттки. Pd $_+$ ,  $V = 1$  В,  $I_i = 0.9$  нА.

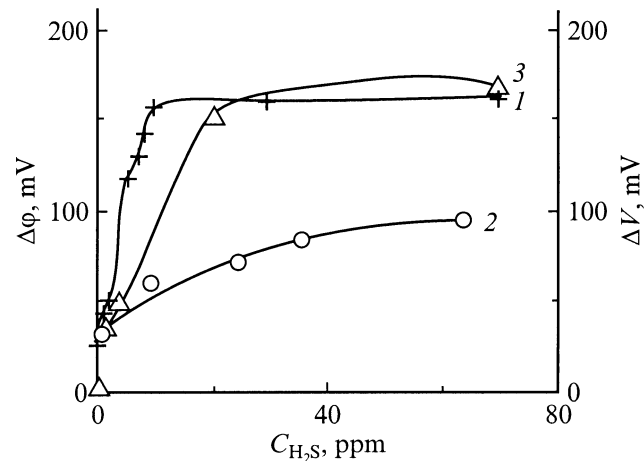


Рис. 5. Концентрационная зависимость  $\Delta\phi$  и  $\Delta V_{oc}$  для структуры на основе ПКО. 1 —  $\Delta\phi$ , 2 —  $\Delta V_{oc}$ , 3 —  $\Delta\phi$  — для монокристаллического кремния.

Экспериментальные зависимости тока от концентрации адсорбата позволяют определить изменение высоты потенциального барьера в структуре (Pd–ПКО– $p^+$ –Si–Al) при воздействии сероводорода. При различных механизмах токопереноса в диодных структурах зависимость тока от высоты потенциального барьера  $\phi$  экспоненциальна:  $I = I_0 \exp(-\phi/kT)$  [14]. Определив зависимость  $\ln I_g/I_{init}$  от концентрации сероводорода, где  $I_{init}$  и  $I_g$  — ток в исходном состоянии и в газовой среде с сероводородом соответственно, можно найти изменение высоты барьера  $\Delta\phi$  в газе как функцию концентрации  $H_2S$ . Полученная зависимость  $\Delta\phi(C)$  согласуется с измеренным изменением напряжения холостого хода, что иллюстрируется рис. 5. Для сравнения приведена концентрационная зависимость  $\Delta\phi(C)$  аналогичных структур на монокристаллическом Si [17], которая показывает, что в структурах со слоями

частично окисленного пористого кремния  $\Delta\phi(C)$  составляет 150 мВ при  $C > 10$  ppm, что в 2–3 раза превосходит такое же значение у структур на основе монокристаллического кремния.

Адсорбция полярных молекул, вероятно, изменяет плотность поверхностных состояний в системе адсорбат–адсорбент, их распределение по энергиям, что в свою очередь влияет на распределение ловушек по запрещенной зоне ПКО. Это подтверждают полученные экспериментально данные: сдвиг уровня Ферми, изменение высоты потенциального барьера в структурах Pd–ПКО, появление новых минимумов тока и сдвиг экстремумов во временной зависимости тока от напряжения.

## Заключение

Анализ вольт-амперных характеристик, кинетики изменения тока структур со специально окисленным слоем пористого кремния (Pd–ПКО– $p^+$ -Si–Al) при адсорбции показал ряд особенностей протекания тока. Существенное изменение ВАХ и временной зависимости тока наблюдается только при воздействии полярных молекул (сероводорода, ацетона).

Обнаруженный положительный объемный заряд у Pd-электрода изменяется при адсорбции и определяет особенности ВАХ в области напряжений, меньших  $V_{oc}$ . Свойства структур на основе ПКО объясняются сдвигом уровня Ферми и снижением высоты потенциального барьера Pd–ПКО под влиянием адсорбции. Созданные структуры на основе частично окисленного пористого кремния обладают чрезвычайно высокой чувствительностью к воздействию сероводорода и ацетона и могут явиться основой для разработки датчиков газовых сред.

## Список литературы

- [1] M. Ben-Chorin, F. Moller, F. Koch. J. Appl. Phys., **77**, 4482 (1995).
- [2] M. Ben-Chorin, F. Moller, F. Koch. Phys. Rev. B, **49**, 2981 (1995).
- [3] M. Ben-Chorin, A. Kux, I. Schecter. Appl. Phys. Lett., **64**, 481 (1994).
- [4] D. Stivenard, D. Deresmes. Appl. Phys. Lett., **67**, 1570 (1995).
- [5] С.П. Зимин. ФТП, **34**, 59 (2000).
- [6] С.В. Слободчиков, Х.М. Салихов, Е.В. Руссу. ФТП, **32**, 1073 (1998).
- [7] С.В. Слободчиков, Х.М. Салихов, Е.В. Руссу. ФТП, **31**, 15 (1997).
- [8] D.I. Bilenko, O.Ya. Belobrovaya, E.A. Jarkova, O.Yu. Coldobanova, I.B. Mysenko, E.I. Khasina. Sensors and Actuators A, **62**, 621 (1997).
- [9] D.I. Bilenko, O.Ya. Belobrovaya, E.A. Jarkova, O.Yu. Coldobanova, I.B. Mysenko, E.I. Khasina, V.P. Polyanskaya, T.E. Melnikova, V.V. Smirnov, G.O. Filippova. Sensors and Actuators A, **79**, 147 (2000).
- [10] В.М. Демидович, Г.Б. Демидович, С.Н. Козлов, А.А. Петров. Письма ЖТФ, **24** (2), 27 (1998).

- [11] М. Ламперт, П. Марк. Инжекционные токи в твердых телах (М., Мир, 1973) с. 416.
- [12] С.В. Слободчиков, Х.М. Салихов, Е.В. Руссу, М.М. Мередов, Л.И. Язиева. ФТП, **29**, 1517 (1995).
- [13] K. Mackenzie, P. LeComber, W. Spear. Phil. Mag. B, **46**, 377 (1982).
- [14] С. Зи. Физика полупроводниковых приборов (М., Мир, 1984) т. 1, с. 453.
- [15] Э.И. Адирович. Токи двойной инжекции в полупроводниках (М., Наука, 1978) с. 200.
- [16] А.Н. Лаптев, А.В. Проказников, Н.А. Рудь. Письма ЖТФ, **26** (23), 47 (2000).
- [17] M.S. Shivaraman. J. Appl. Phys., **47**, 3592 (1976).

Редактор Л.В. Беляков

## The influence of the adsorption on the electrophysical properties of the structures on the base of oxidized porous silicon

D.I. Bilenko, O.Ya. Belobrovaya, E.A. Jarkova, I.B. Mysenko, E.I. Khasina

Scientific-Research Institute of Mechanics and Physics at Saratov State University, 410026 Saratov, Russia

**Abstract** The influence of the adsorption of H<sub>2</sub>S and acetone polar molecules on the current-voltage characteristics and time dependencies of the current of the structures on the base of oxidized porous silicon (PS(O)) type (Pd–PS(O)– $p^+$ -Si–Al) have been investigated. The structures of two types with the Schottky barrier and currents confined by space charge have been obtained. It has been established that there is a positive volume charge near the Pd electrode which determines  $I/V$  characteristic in the region of  $V < 0.2$  V. The parameters of PS(O) layer and operating voltages were found. The maximum current changes up to 10<sup>3</sup> times have been observed under the influence of H<sub>2</sub>S concentration  $\sim 10$  ppm on the structures with barrier Schottky at the reverse voltage nearby reversible break. The results obtained can be explained in terms of the overcharge trapping proved by the Fermi level shift and lowering of the barrier Schottky under the influence of polar molecule adsorption.