

Электрофизические свойства структур Si:H/*p*-Si, полученных имплантацией водорода

© О.В. Наумова[¶], И.В. Антонова, В.П. Попов, В.Ф. Стась

Институт физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук,
630090 Новосибирск, Россия

(Получена 9 апреля 2002 г. Принята к печати 24 апреля 2002 г.)

Мультиэнергетичная (3–24 кэВ) имплантация водорода (в интервале доз $5 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$) в пластины *p*-Si была использована для создания гидрированных слоев Si:H. Показано, что в результате имплантации формируются гетероструктуры Si:H/*p*-Si. После имплантации протекание тока через структуры контролируется механизмом Пула–Френкеля с энергией доминирующего эмиссионного центра $E_c - 0.89 \text{ эВ}$. Максимальной фоточувствительностью обладают структуры, облученные дозой водорода $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и отожженные в диапазоне температур 250–300°С. Ширина запрещенной зоны слоя Si:H составляет $E_g \approx 2.4 \text{ эВ}$, значение диэлектрической проницаемости $\epsilon \approx 3.2$. Плотность состояний вблизи уровня Ферми $(1-2) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3} \text{ эВ}^{-1}$.

1. Введение

Интерес к пленкам аморфного гидрированного кремния (*a*-Si:H) связан прежде всего с возможностью их применения в фотоприемных устройствах [1,2]. Обычно слои гидрированного кремния наносятся плазмо-химическим осаждением. Исследования показали, что для совершенствования и стабилизации параметров приборов на основе *a*-Si:H необходимо научиться управлять как концентрацией оборванных Si–Si-связей, так и концентрацией водорода, а также определить оптимальное соотношение между этими концентрациями [3]. Осуществить контролируемое введение водорода в широких пределах по концентрации позволяет ионная имплантация. Поэтому естественна была попытка создания Si:H-слоев методом ионного легирования водородом. При этом для равномерного распределения концентрации водорода в слое использовался не моноэнергетичный источник, а источник, дающий ионы водорода в некотором интервале энергий [4]. Цель настоящей работы заключается в исследовании электрофизических параметров синтезированных таким образом структур ⟨гидрированный Si⟩–⟨кристаллический Si⟩.

2. Методика эксперимента

В работе использовался кремний *p*-типа с концентрацией носителей заряда $7 \cdot 10^{14} - 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Облучение проводилось из импульсного источника ионами водорода с энергиями в интервале $E = 3 - 24 \text{ кэВ}$. Длительность импульса составляла 4 мкс, интервал между импульсами 30 с, плотность тока 40 мА/см^{-2} . Дозы облучения варьировались в интервале $D = 5 \cdot 10^{16} - 3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Максимальный пробег ионов составлял 0.22 мкм, концентрация водорода $\sim 10^{22} \text{ см}^{-3}$ для максимальной дозы облучения. После облучения пластины предварительно обрабатывались в кислородной плазме для уда-

ления органических загрязнений с поверхности пластин, затем производилась химическая очистка кипячением в ацетоне. Нанесением в вакууме через маску наносились контакты из Al, Au либо создавались меза-структуры с Al-контактами. В некоторых случаях для измерений использовался ртутный зонд. Методами вольт-фарадных ($C-V$), вольт-амперных характеристик ($I-V$) в сочетании с послойным стравливанием, емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) исследовались параметры структур ⟨гидрированный Si⟩–⟨кристаллический Si⟩ как непосредственно после облучения, так и после отжига в интервале $T_{\text{ann}} = 180 - 700^\circ \text{C}$ в течение 1 ч.

3. Результаты исследований и их обсуждение

На рис. 1 представлены $I-V$ -характеристики структур Al/Si:H/*p*-Si для минимальной и максимальной доз облучения водородом (на всех приводимых рисунках пропускное направление соответствует отрицательному напряжению смещения на слое Si:H). Видно, что сразу после облучения структуры обладают ярко выраженными выпрямляющими вольт-амперными характеристиками. Коэффициент выпрямления (отношение токов в прямом и обратном направлении I_f/I_r) составляет $\sim 10^3 - 10^4$ при напряжении на структуре $V = 10 \text{ В}$. Для максимальной дозы облучения барьерные свойства структур полностью исчезают при температуре отжига $\sim 700^\circ \text{C}$.

Чтобы определить, какой из контактов является выпрямляющим (т.е. граница металл/⟨гидрированный слой Si⟩ или ⟨гидрированный Si⟩/⟨кристаллический Si⟩), температурные зависимости тока измерялись для структур с различными контактами. Эксперимент показал, что при одном и том же значении напряжения смещения на структуре изменение тока с температурой не зависит от типа напыленного металла (Au, Al). Отсюда следует, что выпрямляющие свойства структур (рис. 1) определяются

[¶] E-mail: naumova@isp.nsc.ru

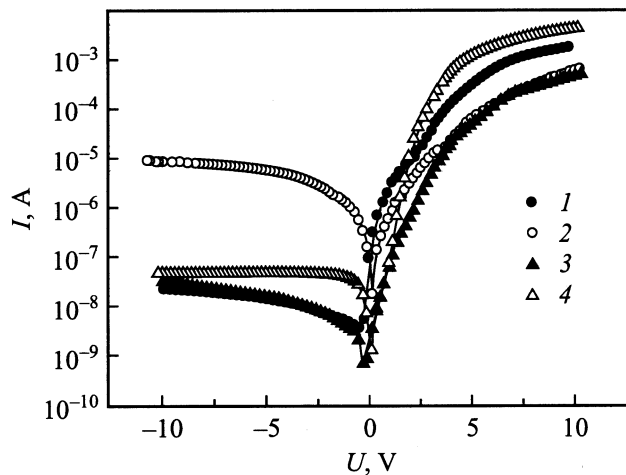


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики структур Al/Si:H/p-Si, облученных водородом дозой: 1, 2 — $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, 3, 4 — $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ без отжига (1, 3) и после отжига при 260°C в течение 1 ч (2, 4). Пропускное направление соответствует отрицательному знаку напряжения смещения на слое Si:H.

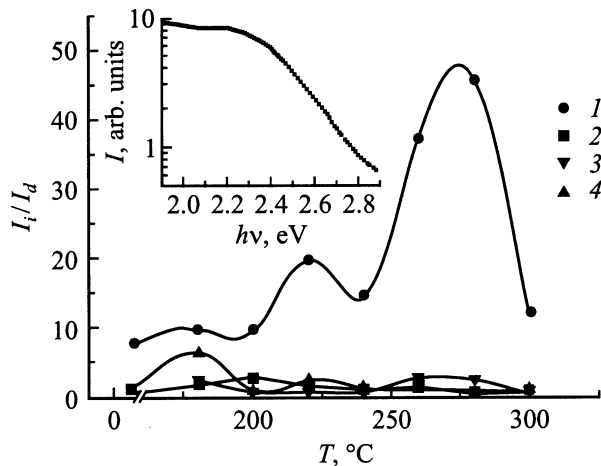


Рис. 2. Относительные изменения обратного тока (при $U = -5 \text{ В}$) при освещении фотонами с $\lambda = 0.7 \text{ мкм}$ (I_i) к темновому току (I_d) в зависимости от температуры отжига структур Al/Si:H/p-Si, облученных водородом дозой $D, 10^{17} \text{ см}^{-2}$: 1 — 3.2, 2 — 2.7, 3 — 1, 4 — 0.5. На вставке — спектральная зависимость тока после отжига при 280°C в течение 1 ч; доза облучения водородом — $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$.

не барьером Шоттки металл/Si:H, а формированием внутреннего барьера между слоем Si:H и подложкой p-Si. Из анализа $C-V$ -характеристик установлено, что концентрация носителей заряда, определяемая из наклона $1/C^2(V)$, практически не зависит от дозы облучения ($7.5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и $8.0 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ для минимальной и максимальной доз облучения) и соответствует концентрации носителей заряда в подложке. В результате DLTS-измерений в диапазоне температур $77-300 \text{ К}$ не обнаружено наличия глубоких уровней в области обед-

нения исследуемых структур. Отсюда можно заключить, что область обеднения находится не в нарушенном облучением слое Si:H, а в монокристаллической подложке, т. е. в процессе имплантации получены гетероструктуры.

Для определения ширины запрещенной зоны гидрированного слоя кремния проводились фотоэлектрические измерения. На рис. 2 представлены относительные изменения тока I_i при освещении структур фотонами с $\lambda = 0.7 \text{ мкм}$ к темновому току I_d в зависимости от температуры изохронного ($t = 1 \text{ ч}$) отжига. Измерения проводились при обратном смещении 5 В. Видно, что максимальной фоточувствительностью (I_i/I_d) обладают структуры с дозой облучения $D = 3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ при температурах отжига в интервале $250-300^\circ\text{C}$. На вставке к рис. 2 приведена коротковолновая часть спектральной зависимости тока, позволившая оценить значение ширины запрещенной зоны Si:H-слоя $E_g \approx 2.4 \text{ эВ}$. Экстраполяция зависимости $1/C^2(V)$ на ось напряжений дает значение высоты внутреннего барьера (Si:H/p-Si) $V_d \approx 1.1 \text{ эВ}$.

Поскольку данные структуры представляют собой нарушенный облучением слой Si:H и барьер, вольт-амперные характеристики (ВАХ) правомерно представить в виде последовательного соединения резистора и диода [5]:

$$I = I_0 \exp[q(V - IR)/nkT]. \quad (1)$$

Здесь n — фактор идеальности ВАХ, R — сопротивление, в данном случае — облученного слоя. Для максимальной дозы облучения получено $n \approx 36$, $R \approx 7 \text{ кОм}$, для минимальной — $n \approx 20$, $R \approx 2 \text{ кОм}$. Глубина залегания перехода d определялась из $I-V$ -измерений в сочетании с послойным стравливанием. Легко оценить, что при $d \approx 0.25 \text{ мкм}$ и площади $S = 1.13 \text{ см}^{-2}$ удельное сопротивление гидрированных слоев составляет $\rho \approx 3 \cdot 10^6$ и $\rho \approx 8 \cdot 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ для крайних доз облучения. Большое значение коэффициента идеальности указывает, что напряжение, приложенное к структуре, падает в основном не на барьере, а на высокоомном слое [5]. Действительно, частичное удаление слоя Si:H приводит к сдвигу прямой ветви ВАХ в сторону отрицательных напряжений. Отсюда следует, что в пропускающем направлении проводимость структуры определяется проводимостью слоя Si:H.

На рис. 3 представлены температурные зависимости тока, измеренные при различных напряжениях смещения на структурах, синтезированных имплантацией водорода дозой $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Видно, что в диапазоне $270-400 \text{ К}$ имеет место экспоненциальный рост тока с температурой $I \sim \exp(E_a/kT)$. Эксперимент показал, что активационный характер зависимостей $I(T)$ наблюдался во всем интервале доз $5 \cdot 10^{16}-3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Энергия активации проводимости E_a уменьшается с ростом напряжения на структуре. Это позволяет предположить, что в облученных структурах (в пропускном

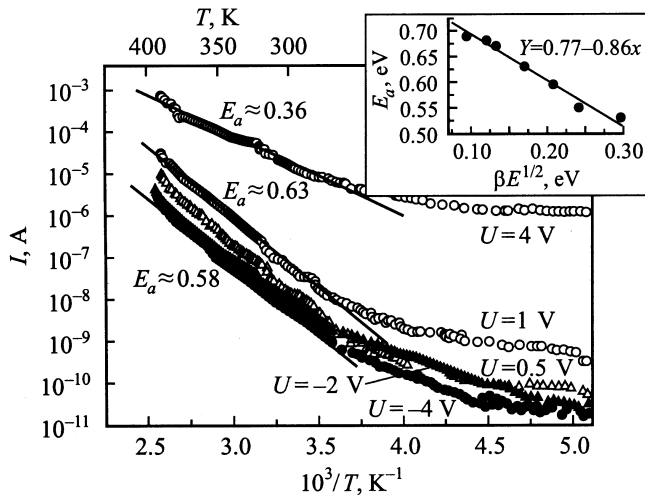


Рис. 3. Температурные зависимости тока при различных значениях напряжения U на структуре после имплантации водорода дозой $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Сплошные прямые соответствуют зависимостям со значениями энергии активации E_a в эВ, указанными цифрами около них. На вставке — зависимость энергии активации проводимости E_a от понижения барьера в поле $\beta(E)^{1/2}$. Прямая соответствует уравнению, приведенному на вставке.

направлении) доминирует механизм, связанный с облегченным полем выбросом носителей заряда с эмиссионного центра. Для объемно-ограниченного эффекта Френкеля имеем [6]

$$I \propto \exp[F_v - \beta E^{1/2} / r k T]. \quad (2)$$

Здесь F_v — глубина залегания эмиссионного центра, $\beta = (q^3 / \pi \epsilon_0 \epsilon)^{1/2}$ — постоянная Френкеля, E — напряженность электрического поля, r — параметр, принимающий значения от 1 до 2.

На вставке к рис. 3 представлена зависимость энергии активации $E_a = F_v / r$ от величины понижения барьера $\beta(E)^{1/2}$. При определении β использовалось значение диэлектрической проницаемости $\epsilon = 3.2$, полученное из C - V -измерений. Тогда $\beta = 2.68 \cdot 10^{-4} \text{ эВ} \cdot \text{см}^{1/2} \text{ В}^{-1/2}$. Экстраполяция экспериментальной зависимости к нулевой энергии активации позволяет оценить уровень энергии доминирующего центра $E_a \approx 0.89 \text{ эВ}$.

Исследования показали, что после отжига образцы, облученные дозами $5 \cdot 10^{16}$, 10^{17} , $2.7 \cdot 10^{17}$, $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, по электрофизическим свойствам можно разделить на две группы — облученные дозами в интервале $5 \cdot 10^{16} - 2.7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и дозой $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Первые, кроме того, что практически не фоточувствительны (рис. 2), обладают следующей особенностью. C - V -измерения в сочетании с послойным стравливанием показали, что для структур, полученных облучением водородом в диапазоне доз $5 \cdot 10^{16} - 2.7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, при температуре отжига 250°C формируется приповерхностный слой n -типа проводимости с концентрацией

носителей заряда $\sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Толщина слоя составляет 30–50 нм. Интересно отметить, что при облучении водородом из моноэнергетического источника для доз облучения выше 10^{16} см^{-2} формирование слоя n -типа проводимости в p -Si наблюдается при более высоких температурах отжига ($\sim 300^\circ\text{C}$) [7].

Для структур, полученных при имплантации дозой $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, в отличие от облученных более низкими дозами, после отжига в интервале температур $250 - 300^\circ\text{C}$ наблюдались следующие особенности:

- 1) формирование приповерхностного низкоомного слоя n -типа проводимости не проявлялось;
- 2) на I - V -характеристиках в режиме обеднения имело место насыщение тока (рис. 1);
- 3) изменяется механизм протекания тока через структуры (ср. рис. 3 и 4);
- 4) структуры фоточувствительны (рис. 2).

Насыщение тока для структур на подложке p -типа (рис. 1) указывает на то, что существует электронная компонента тока из подложки в слой Si:H.

На рис. 4 представлены температурные зависимости тока структур, облученных дозой $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, после отжига при 260°C . Из сравнения рис. 4 и 5 видно, что при прямых смещениях на структуре на температурных зависимостях тока кроме экспоненциального участка существует интервал температур, в котором ток практически не зависит от температуры, т. е. $I(T) \approx \text{const}$. С ростом температуры отжига этот интервал увеличивается. После облучения $I(T) \approx \text{const}$ при $T < 250 \text{ К}$ (рис. 3), после отжига при 260°C — при $T < 310 \text{ К}$ (рис. 4), после отжига при 300°C — при $T < 380 \text{ К}$.

Существует два механизма переноса носителей через барьерные структуры с высокоомными слоями, в которых ток постоянен — токи, ограниченные объемным

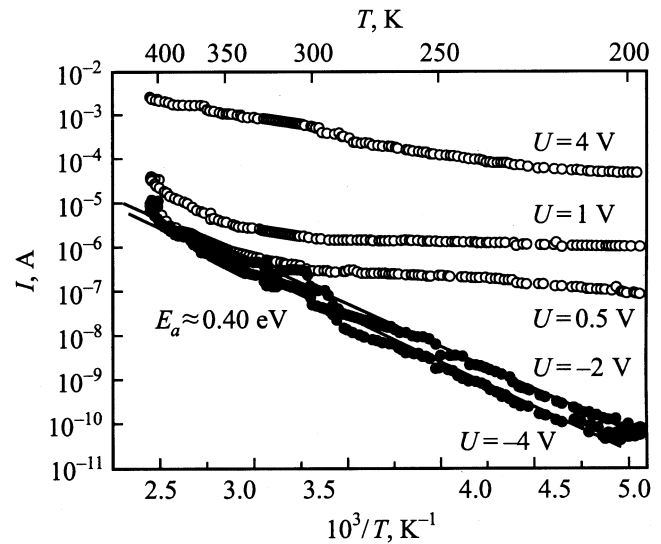


Рис. 4. Температурные зависимости тока при различных значениях напряжения U на структуре после имплантации водорода дозой $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и отжига при 260°C в течение 1 ч.

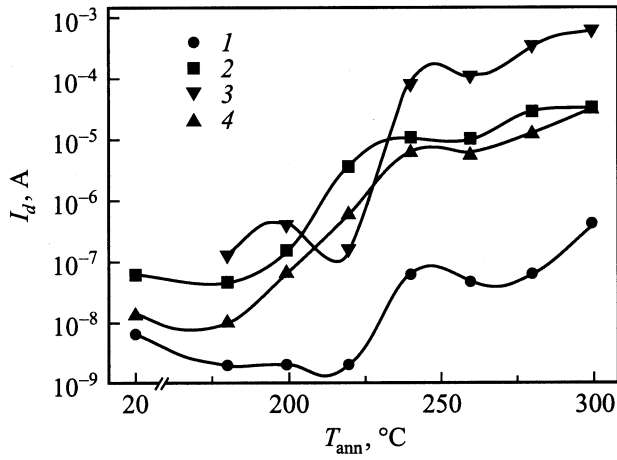


Рис. 5. Зависимости темного тока (при $U = -5$ В) от температуры отжига T_{ann} для структур Al/Si:H/p-Si, облученных водородом дозами D , 10^{17} см $^{-2}$: 1 — 3.2, 2 — 2.7, 3 — 1, 4 — 0.5.

зарядом (ТООЗ), и токи, обусловленные туннелированием через барьер. Маловероятно, что в области комнатных температур туннелирование происходит через барьер Si:H/p-Si, поскольку напряженность электрического поля на структуре не превышает $2 \cdot 10^5$ В/см, а механизм Фаулера–Нордхейма проявляется при более высоких значениях. Чтобы понять, имеет ли место туннелирование с эмиссионного центра, была проведена оценка высоты барьера. Экспериментальные данные аппроксимировались зависимостью $I \propto AV^2 \exp(-b/V)$ с коэффициентом $b = 10.82$. Здесь $b = 23\pi m^{1/2} \phi d / 6hq$, где ϕ — высота, d — ширина потенциального барьера, m — эффективная масса, q — заряд электрона. Расчет показал: чтобы получить физически приемлемые значения высоты барьера ($\gtrsim kT$), при $d \approx 1$ нм необходимо принять, что $m \ll 10^{-4} m_0$. Таким образом, наиболее вероятно, что работает механизм, связанный с ТООЗ.

ТООЗ представляет собой инжекционный ток через высокоомный слой (в данном случае Si:H), частично компенсированный захватом на локальные уровни. В общем случае ТООЗ описывается зависимостью [8]

$$I = aV + bV^\gamma.$$

Линейный член (омический участок ВАХ) доминирует при низких полях. Параметр γ характеризует распределение локальных состояний по энергиям ($\gamma = 2$ для моноэнергетических ловушек в слое). В условиях эксперимента для температур отжига $T_{\text{ann}} = 260^\circ\text{C}$ получено $\gamma = 5.3$, для $T_{\text{ann}} = 300^\circ\text{C}$ $\gamma = 4.2$. Меньшее значение γ показывает, что при $T_{\text{ann}} = 300^\circ\text{C}$ имеет место более неоднородное энергетическое распределение ловушек носителей заряда в слое Si:H.

Пользуясь методикой расчета плотности зарядовых состояний по ТООЗ [9], была проведена оценка плотности состояний вблизи уровня Ферми. Для структур, облученных дозой $3.2 \cdot 10^{17}$ см $^{-2}$ и отожженных

при 260 и 300°C (1 ч), плотности состояний вблизи уровня Ферми составляют $r \approx 2.3 \cdot 10^{17}$ эВ $^{-1}$ и $\approx 1.1 \cdot 10^{17}$ эВ $^{-1}$ соответственно. С другой стороны, ТООЗ можно наблюдать только в случае, если концентрация термогенерированных носителей заряда в высокоомном слое меньше концентрации инжектированных носителей заряда. Тот факт, что ТООЗ наблюдается только в определенном дозовом и температурном режиме, позволяет заключить, что именно при таком режиме в гидрированном слое устраняется основная часть генерационно-рекомбинационных центров. На рис. 5 представлены зависимости темного тока I_d от температуры отжига структур в диапазоне $T_{\text{ann}} = 180\text{--}300^\circ\text{C}$. Видно, что с ростом температуры отжига происходит увеличение I_d , что свидетельствует о формировании генерационно-рекомбинационных центров в структурах. Однако для структур с максимальной дозой облучения ток обратно смещенных структур, зависящий от концентрации рекомбинационных центров, на 1–2 порядка меньше по сравнению со структурами, облученными дозами в интервале $5 \cdot 10^{16}\text{--}2.7 \cdot 10^{17}$ см $^{-2}$. Именно структуры, облученные дозой $3.2 \cdot 10^{17}$ см $^{-2}$, оказываются фоточувствительными.

Есть и другая особенность исследуемых структур — система дефектов в слое Si:H находится в метастабильном состоянии. Так, облученные дозой $3.2 \cdot 10^{17}$ см $^{-2}$ и неотожженные образцы с течением времени (более полугодя) в процессе последующего отжига проявляли свойства, аналогичные структурам, облученным меньшими дозами. При отжигах выше 250°C вблизи поверхности формировался низкоомный слой n -типа проводимости и т.п. Если же отжиг при $T_{\text{ann}} > 250^\circ\text{C}$ был проведен после облучения, электрофизические свойства структур не изменялись со временем.

Из приведенных результатов следует, что аналогично плазмо-химическому осаждению гидрированных слоев кремния, в процессе имплантации ионов водорода в p -Si формируется гетероструктура. Однако если сравнить электрофизические свойства структур, созданных имплантацией водорода и традиционными способами (в тлеющем разряде, распылением, химическим осаждением из газовой фазы), то получается следующее. В слоях a -Si:H, пригодных для использования в приборах и полученных традиционными способами, содержание водорода составляет 5–15 ат% [10]. Это соответствует условиям пассивации наибольшей части дефектов. При большей концентрации водорода увеличивается плотность состояний дефектов в слое и на границе раздела, что приводит к росту рекомбинации в слое (потере фоточувствительности) и из-за большой концентрации плотности состояний на границе раздела — к полной потере модуляции области пространственного заряда барьерных структур. В случае ионной имплантации структуры фоточувствительны при содержании водорода $\sim 29\%$ (доза $3.2 \cdot 10^{17}$ см $^{-2}$), т.е. для пассивации дефектов необходима большая концентрация водорода. Если для ионно-имплантированных слоев Si:H ширина

запрещенной зоны составляет $E_g \approx 2.4$ эВ, то в пленках, полученных традиционными способами, $E_g \approx 1.9$ эВ при том же процентном содержании водорода $\sim 29\%$ [10]. Значение диэлектрической проницаемости для последних — $\epsilon \approx 11$, в то время как для полученных имплантацией $\epsilon \approx 3$. С другой стороны, для такого материала, как пористый кремний, характерно значение $E_g > 2$ эВ, значение диэлектрической проницаемости ($\epsilon = 3.6$ [9]) также близко к ϵ исследуемых структур ($\epsilon = 3.2$). Поэтому, анализируя полученные результаты, мы пришли к выводу, что различие электрофизических характеристик гидрированных слоев кремния, полученных традиционными способами и ионной имплантацией водорода, скорее всего, связаны с наличием созданных при имплантации и отжигах дефектов, возможно, с образованием вакансионных кластеров (пор).

4. Заключение

Таким образом, в работе установлено, что:

1) структуры Si:H/p-Si, полученные после имплантации водородом в диапазоне доз $5 \cdot 10^{16} - 3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, обладают эффектом выпрямления с коэффициентом $I_f/I_r \approx 10^3 - 10^4$ при напряжении на структуре $V = 10$ В. Удельное сопротивление слоя Si:H составляет $\rho \approx 3 \cdot 10^6$ и $\rho \approx 8 \cdot 10^5$ Ом·см для максимальной и минимальной доз облучения соответственно;

2) после имплантации механизм переноса носителей заряда через структуры в области комнатных температур связан с облегченным полем выбросом с эмиссионного центра (эффект Пула–Френкеля). Глубина доминирующего эмиссионного центра составляет ~ 0.89 эВ;

3) максимальной фоточувствительностью обладают структуры облученные дозой $3.2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и отожженные в диапазоне температур $250 - 300^\circ\text{C}$. Ширина запрещенной зоны слоя Si:H в таких структурах составляет ~ 2.4 эВ. Механизм переноса носителей заряда — токи, ограниченные объемным зарядом, плотность состояний вблизи уровня Ферми $\sim (1-2) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3} \text{ эВ}^{-1}$;

4) в структурах, изготовленных при облучении в диапазоне доз $5 \cdot 10^{16} - 2.7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и при отжигах $T_{\text{ann}} \approx 250^\circ\text{C}$ и выше, наблюдается формирование приповерхностных (30–50 нм) слоев *n*-типа с концентрацией носителей заряда $\sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$.

Авторы выражают свою благодарность А.С. Ярошевичу за измерение спектральных зависимостей тока.

Работа выполнена при поддержке гранта МНТЦ № 563.

Список литературы

- [1] N. Jensen, U. Rau, J.H. Werner. Mater. Res. Soc. Symp. Proc., **609**, A13.1.1 (2000).
- [2] R. De Rosa, M.L. Grill, G. Sasicala, M. Tucci, F. Roca. Sol. St. Phenomena, **67–68**, 563 (1999).

- [3] М.М. Мездрогина, А.В. Абрамов, Г.Н. Мосина, И.Н. Трапезникова, А.В. Пацекин. ФТП, **32**, 620 (1998).
- [4] V.P. Popov, I.V. Antonova, A.K. Gutakovsky, E.V. Spesivtsev, I.I. Morosov. J. Mater. Sci. Eng. B, **73**, 120 (2000).
- [5] T.A. Burr, A.A. Seraphin, E. Werwa, K.D. Kolenbranger. Phys. Rev. B, **56**, 4818 (1997).
- [6] *Свойства структур металл–диэлектрик–полупроводник*, под ред. А.В. Ржанова (М., Наука, 1976).
- [7] S.J. Pearton, J.W. Corbett, T.S. Shi. J. Appl. Phys. A, **43**, 153 (1987).
- [8] М. Ламперт, П. Марк. *Инжекционные токи в твердых телах* (М., Мир, 1973).
- [9] T. Matsumoto, H. Mimura, N. Koshida, Y. Masumoto. J. Appl. Phys., **84**, 6157 (1998).
- [10] *Физика гидрогенизированного аморфного кремния*, под ред. Дж. Джоунопулоса, Дж. Люковски (М., Мир, 1988).

Редактор Т.А. Полянская

Electrical properties of Si:H/p-Si structures fabricated by hydrogen implantation

O.V. Naumova, I.V. Antonova, V.P. Popov, V.F. Stas

Institute of Semiconductor Physics,
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
630090 Novosibirsk, Russia

Abstract A high-dose ($5 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$) and multi-energy (in the range of 3–24 keV) hydrogen implantation was used to make hydrogenated silicon layers (Si:H). It has been found that after the hydrogen implantation Si:H/p-Si hetero-structure are obtained. The emission trap energy value is about $E \approx 0.89$ eV. The maximal photoconductivity is observed in the case of a high-dose ($D = 3.2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$) structure annealed at $250 - 300^\circ\text{C}$. The Si:H layer band gap value is equal to $E_g \approx 2.4$ eV, the dielectric constant being $\epsilon \approx 3.2$. The state density near the Fermi-level is found to be equal to $(1-2) \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3} \text{ eV}^{-1}$.