

Таким образом, изложенная методика позволяет рассчитать как распределения потенциала и напряженности электрического поля, так и необходимые для проектирования параметры продольно-поперечных ЭСО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. Ф., Кубарев В. А., Луговской А. В. // Радиотехн. и электроника. 1992. 37, № 3. С. 535.
2. Александров А. Ф., Кубарев В. А., Черепенин В. А. // Там же. № 12. С. 2265.
3. Кузелев М. В., Рухадзе А. А. Электродинамика плотных электронных пучков в плазме. М., 1990.
4. Масунов Э. С. // ЖТФ. 1990. 60, № 8. С. 152.
5. Александров А. Ф., Кубарев В. А., Луговской А. В. // Радиотехн. и электроника. 1992. 37, № 4. С. 705.
6. Александров А. Ф., Кубарев В. А., Луговской А. В. // Там же. 1994. 39, № 5. С. 828.

Поступила в редакцию
25.03.96

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1996. № 4

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 539.293:537

ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИИ НА ПЕРЕНОС ЗАРЯДА В СИСТЕМЕ ПОРИСТЫЙ КРЕМНИЙ — МЕТАЛЛ

В. М. Демидович, Г. Б. Демидович, С. Н. Козлов, С. П. Лунга, А. А. Петров
(кафедра общей физики и молекулярной электроники)

Изучено влияние адсорбции акцепторных и донорных молекул на вольт-амперные характеристики структур кремний — пористый кремний — металл. Показано, что изменение тока через структуру при адсорбционных воздействиях может достигать десятков и сотен процентов. Обнаружено, что знак адсорбционного эффекта определяется квазиобъемным молекулярным «легированием» пористого кремния в процессе адсорбции.

Введение

В последние годы пористый кремний стал объектом пристального внимания исследователей, в основном из-за перспектив использования его в оптоэлектронике [1, 2]. Однако электрофизические свойства пористого кремния и влияние на них адсорбции молекул обсуждались лишь в небольшом количестве работ (см., напр., [3—7]). В то же время его большая удельная поверхность и возможность варьировать размеры пор привлекают внимание к пористому кремнию как основе для химических сенсоров.

В данной работе изучено влияние тестовых акцепторных и донорных молекул на вольт-амперные характеристики системы кристаллический кремний — пористый кремний — металл.

Эксперимент

Слой пористого кремния толщиной 7 ± 1 мкм получали на поверхности монокристаллического кремния (*p*-тип, 12 Ом·см) анодирова-

нием в 24% растворе HF при плотности тока $20 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ в течение 5 мин. В результате такой обработки формировалась пленка пористого кремния с удельной поверхностью до $6 \text{ м}^2/\text{г}$. Средний диаметр пор был порядка нескольких нанометров [8]. После получения пористого слоя образцы тщательно промывали дистиллированной водой и помещали в вакуумную камеру для нанесения металлических контактов. Контакты площадью $0,3 \text{ мм}^2$ создавали методом термического распыления сначала нихрома (слой толщиной 2—4 нм), а затем серебра (толщиной 20 нм). Для сравнения ряд экспериментов проведен на структурах кристаллический кремний—металл без слоя пористого кремния. Исследуемые структуры помещались в вакуумируемую ячейку, в которой можно было проводить напуск адсорбатов (N_2O , NH_3 , O_2) при заданном давлении. Перед измерениями все структуры подвергали стандартной тепловой обработке при 150°C в вакууме 10^{-5} мм рт. ст. в течение 2 ч.

Результаты и их обсуждение

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) всех исследованных структур были сильно асимметричными (рис. 1, а). Как и следовало ожидать для диода Шотки на базе полупроводника p -типа, прямому току соответствует отрицательное напряжение U на металлическом электроде, обратному — положительное. Начальные участки прямых ветвей ВАХ ($U < 0$) спрямляются в полулогарифмическом масштабе ($\ln I, U$); из наклона этих зависимостей стандартным методом оценивалась высота потенциального барьера Φ_b на границе раздела металл—пористый кремний [9]. Величина Φ_b ($0,75 \pm 0,01 \text{ эВ}$) оказалась несколько

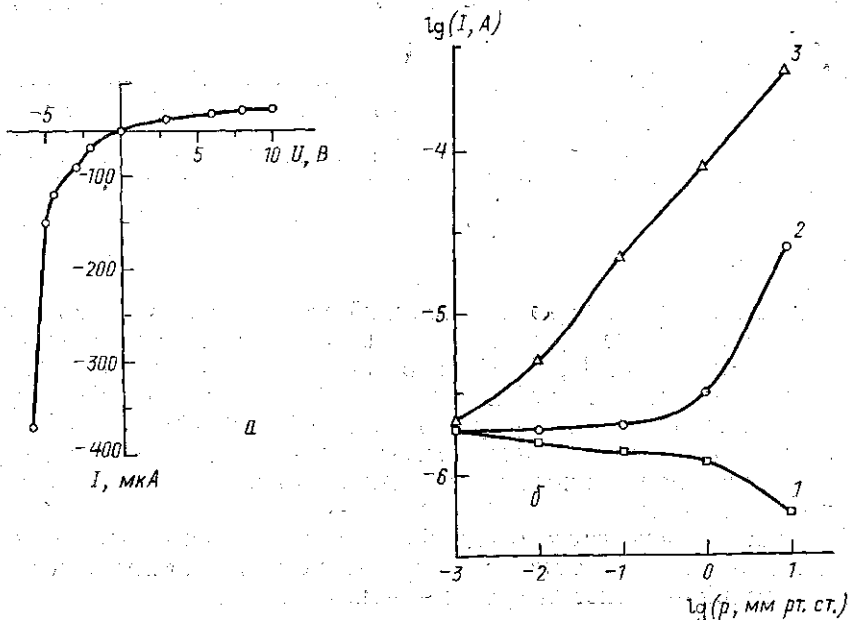


Рис. 1. Типичная вольт-амперная характеристика структуры кремний—пористый кремний—металл — а и зависимость величины обратного тока через эту структуру от давления паров адсорбата: кислорода (1), воды (2) и аммиака (3) (напряжение на металлическом электроде $U=5 \text{ В}$) — б

большей, чем для системы кристаллический кремний — металл ($0,6 \pm \pm 0,01$ эВ).

Адсорбция акцепторных молекул кислорода приводила к существенному уменьшению величины обратного тока через структуру пористый кремний — металл, а донорных (H_2O , HN_3) — к его увеличению. Типичные зависимости величины обратного тока структуры от давления паров адсорбатов показаны на рис. 1, б. Подчеркнем, что рост обратного тока через структуру при адсорбции воды не связан с ионной проводимостью слоя пористого кремния, поскольку адсорбция аммиака, константа диссоциации которого на несколько порядков ниже, оказывает еще более сильное влияние на обратный ток. Во всех случаях величина адсорбционного эффекта для системы кремний — пористый кремний — металл была значительно больше, чем для аналогичной системы без слоя пористого кремния (рис. 2, а).

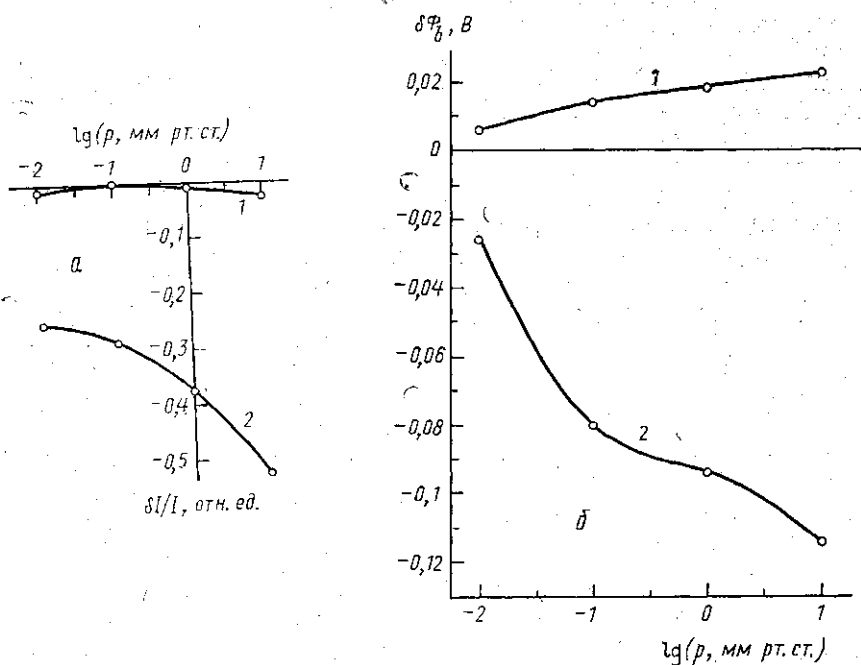


Рис. 2. Относительные изменения обратных токов через структуры кристаллический кремний—металл (1) и пористый кремний—металл (2) в зависимости от давления кислорода — а; зависимость изменения высоты потенциального барьера в системе пористый кремний—металл от давления паров кислорода (1) и аммиака (2) — б

Соответствующие изменения высоты потенциального барьера в системе пористый кремний — металл при адсорбции кислорода и аммиака, вычисленные по начальным участкам прямых ветвей ВАХ (в предположении, что эффективная постоянная Ричардсона $A = 30$ А/(см²·К²)), показаны на рис. 2, б. Из рис. 1 и 2 следует, что наиболее сильное воздействие на величину обратного тока оказывает адсорбция донорных молекул, обуславливающая снижение величины Φ_b в системе пористый кремний — металл. Очевидно, это связано с микрогетерогенностью контакта пористый кремний — металл. Появление

ние участков контакта с повышенной проводимостью проявляется более ярко, чем участков с пониженной. Величина Φ_b для микрогетерогенной системы имеет смысл некоторой эффективной высоты потенциального барьера на контакте.

Неожиданным на первый взгляд представляется знак адсорбционного эффекта: при отрицательном заряджении границы раздела *p*-кремний — металл, соответствующем адсорбции вблизи нее акцепторных молекул, потенциальный барьер для основных носителей заряда (дырок) должен был бы уменьшаться, а обратный ток через структуру — возрастать; наоборот, адсорбция донорных молекул должна была бы приводить к росту потенциального барьера и снижению величины обратного тока. Противоположные знаки адсорбционного эффекта для контакта пористый кремний — металл можно объяснить тем, что адсорбция молекул обуславливает квазиобъемное «легирование» полупроводника. В условиях пиннинга уровня Ферми на контакте полупроводник — металл увеличение концентрации акцепторов в объеме пористого кремния должно вызывать рост Φ_b и уменьшение обратного тока, что и наблюдалось экспериментально (см. рис. 1, 2).

Таким образом, адсорбционный эффект для системы кремний — пористый кремний — металл больше, чем для аналогичной системы на базе кристаллического кремния. Знак эффекта свидетельствует о том, что в изменении высоты потенциального барьера на границе полупроводник — металл определяющую роль играет квазиобъемное молекулярное «легирование» пористого кремния в процессе адсорбции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Canham L. T. // Appl. Phys. Lett. 1990. 57. P. 1046.
2. French P. J., Wolfenbittel R. F. // J. Luminescence. 1993. 57. P. 101.
3. Anderson R. C., Muller R. S., Tobias C. W. // J. Electrochem. Soc. 1991. 138. P. 3406.
4. Mares J. J., Kristofik J., Pangrac J., Hospodkova A. // Appl. Phys. Lett. 1993. 63. P. 180.
5. Anderson R. C., Muller R. S., Tobias C. W. // Sensors and Actuators. 1990. A21—A23. P. 835.
6. Веп-Чорин М., Кух А. // Appl. Phys. Lett. 1994. 64. P. 481.
7. Демидович Г. Б., Демидович В. М., Добренкова Е. И., Козлов С. Н. // Письма в ЖТФ. 1992. 18, № 14. С. 57.
8. Herino H., Vomchil G., Barla K., Bertrand C. // Electrochem. Soc.: Solid-State Science and Technology. 1987. 134. P. 1994.
9. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. М., 1984. Т. 1, гл. 5.

Поступила в редакцию
13.12.95

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1996. № 4

УДК 621.382

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ДИАРСЕНИДА ЦИНКА В СВЧ-ДИАПАЗОНЕ

О. Г. Кошелев, Т. В. Семененя, В. А. Морозова, С. Ф. Маренкин, А. Б. Маймасов
(кафедра физики полупроводников)

Проведены измерения пропускания диарсенида цинка на частоте 26,3 ГГц при 300 К. Определены компоненты его диэлектрической проницаемости в направлениях параллельном и перпендикулярном оси *c*. В рамках модели Друде вычислены компоненты тензоров диэлектрической проницаемости решетки ($\epsilon_{\parallel} = 13,1 \pm 0,6$; $\epsilon_{\perp} = 11,3 \pm$