

05:06

## Влияние внутреннего геттера в кремнии на параметры структур Au–Si

© В.К. Киселев, С.В. Оболенский, В.Д. Скупов

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
603600 Нижний Новгород, Россия

(Поступило в Редакцию 30 марта 1998 г.)

В работе показано, что применение внутреннего геттерирования примесей и дефектов в структурах Au–Si позволяет повысить их надежность и стабилизировать характеристики.

Композиции Au–Si широко используются в качестве основы при изготовлении фотопреобразователей (диодов, управляемых переключателей), датчиков физико-химических параметров внешней среды, например газовых сенсоров, и т.д., при этом, так же как и для других типов полупроводниковых приборов, электрофизические функциональные и надежностные характеристики структур Au–Si в существенной мере зависят от наличия в кремниевой подложке неконтролируемых (фоновых) примесей и других кристаллографических дефектов. Для снижения концентрации примесей и дефектов применяются различные технологические приемы геттерирования, из которых наиболее перспективным для кремния считается метод внутреннего геттера [1]. Позитивные возможности этого сравнительно нового метода, в частности для решения задач повышения радиационной стойкости приборов, на сегодня полностью еще не выявлены. Цель настоящей работы состояла в исследовании влияния внутреннего геттерирования на фотоэлектрические свойства структур Au–Si, облученных протонами средних энергий.

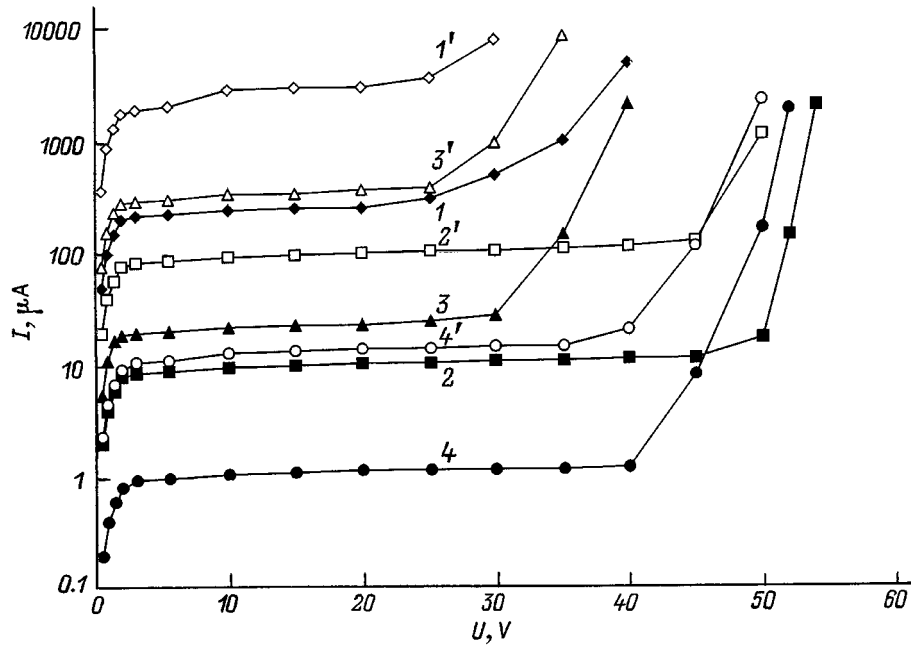
Исследования выполнялись на структурах, сформированных в виде встречно-штыревой топологии из 20 элементов на бездислокационных, выращенных методом Чохральского кристаллах кремния КДБ-12 (001) путем термического осаждения слоя золота с последующим вжиганием. Для уменьшения сопротивления на электродах наращивался слой гальванического золота толщиной  $2 \mu\text{m}$ . Ширина межэлектродной области составляла  $50 \mu\text{m}$ . По данным ИК спектроскопии на поглощение содержание кислорода в исходных подложках не превышало  $1.4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , установленная по картинкам селективного травления в растворе Сиртла средняя плотность микродефектов была на уровне  $1.4 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-2}$ . На рентгеновских дифрактограммах от исходных кристаллов наряду с разрешенным по условиям погасания в кремнии основным рефлексом (004) были зафиксированы "запрещенные" отражения (002) и (006), интенсивность которых относится к интенсивности основного пика как  $I_{(002)}/I_{(004)} = 3 \cdot 10^{-2}$  и  $I_{(006)}/I_{(004)} = 1.1 - 2.3 \cdot 10^{-2}$ . Появление запрещенных рефлексов указывает на существование в исходных образцах областей с микронапряжениями, имеющими компоненту, нормальную к отражающей поверхности.

Перед осаждением золота одна партия подложек подвергалась внутреннему геттерированию по методике [2], включающей облучение исходных образцов альфа-частицами от источника с радионуклидом  $^{210}\text{Po}$  ( $E = 4.5 \text{ MeV}$ ,  $\Phi = 10^{11} - 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ), для активации центров нуклиации и роста геттерирующих включений в процесс последующего трехстадийного отжига в атмосфере осушенного азота:  $6h - 1373 \text{ K}$ ,  $12h - 1073 \text{ K}$ ,  $8h - 1373 \text{ K}$ . Другая партия подложек не отжигалась и структуры на них служили контрольными. Следует отметить, что при измерении электрофизических характеристик на отдельных контрольных структурах был замечен эффект стабилизации сопротивления структуры, выражающийся в резком увеличении тока от единиц до сотен микроампер при повышении напряжения на контактах до  $10-15 \text{ V}$ . Этот эффект свидетельствует об нестабильности примесно-дефектного состава исходных подложек и переходной области Au–Si, которая не устраняется полностью традиционным термическим вжиганием.

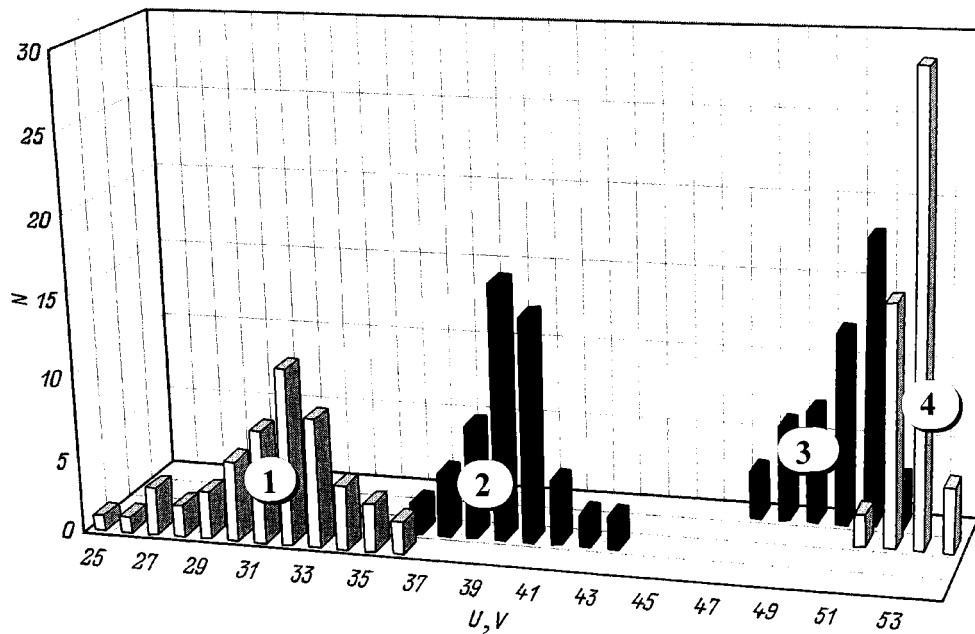
Часть структур обеих партий облучалась протонами дозой  $6.25 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$  с последовательным набором энергий 30, 60 и 90 keV для подавления каналов поверхностной проводимости. До и после облучения на структурах снимались вольт-амперные характеристики без подсветки и при освещении излучением с длиной волны  $0.85 \mu\text{m}$  и мощностью 40 mW.

Эксперименты показали, что в результате внутреннего геттерирования в приповерхностной зоне глубиной  $7-10 \mu\text{m}$  плотность микродефектов уменьшилась до  $9 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-2}$ , а дисперсия плотности — до  $2.9 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-2}$ . На рентгеновских дифрактограммах исчезли запрещенные рефлексy (002) и (006), т.е. снизился уровень микронапряжений в кристаллах. В отличие от контрольных ни на одной из структур, сформированных на прогеттерированных подложках, нестабильности электрических параметров в начальный момент измерений не обнаружено.

На рис. 1 приведены вольт-амперные характеристики исследовавшихся структур, показывающие, что после геттерирования увеличивается сопротивление и более резким становится выход структур в предпробойное состояние как без освещения, так и при фотовозбуждении неравновесных носителей заряда. Эти факты коррелируют с данными о растворении микродефектов при геттерировании и позволяют предположить, что основными ка-



**Рис. 1.** Вольт-амперные характеристики структур Au-Si без подсветки (1–4) и с подсветкой (1'–4'): 1, 1' — контрольные; 2, 2' — после геттерирования; 3, 3' — контрольные после облучения протонами; 4, 4' — после геттерирования и облучения протонами.



**Рис. 2.** Гистограмма распределения структур по пробным напряжениям (без подсветки): 1 — контрольные, 2 — контрольные после облучения протонами, 3 — после геттерирования, 4 — после геттерирования и облучения протонами;  $N$  — количество структур.

налами протекания тока и возникновения микроплазм в исходном кремнии являются ростовые и образовавшиеся при абразивно-химической подготовке подложек кластеры собственных точечных дефектов и примесей, а также окружающие их примесные атмосферы. Косвенным подтверждением этого может служить возрастание со-

противления структур после облучения протонами, при котором возможна активация дополнительных процессов геттерирования радиационными точечными дефектами и упругими волнами [3]. Измерениями на партиях из 50 структур установлено, что после геттерирования напряжение пробоя увеличивается в среднем на 62%,

а после облучения контрольных образцов — на 22% (рис. 2). Уменьшение пробивного напряжения после воздействия протонами на структуры с геттером, очевидно, связано с электрической активностью введенных радиационных дефектов, влияние которых, однако, не столь значительно (менее 2%) по сравнению с результатами геттерирования. На это указывает и тот факт, что геттерированные и облученные структуры устойчивы к воздействию кратковременных (до 1 с) нагрузок 55–60 В в отличие от контрольных облученных образцов.

Изложенные результаты дают основание заключить, что при использовании метода внутреннего геттерирования примесей и дефектов в подложках можно стабилизировать параметры и повысить функциональную надежность, в том числе при радиационных воздействиях, структур кремний–металл.

## Список литературы

- [1] *Немцев Г.З., Пекарев А.И., Чистяков Ю.Д.* // Микроэлектроника. 1983. Т. 12. № 5. С. 432–439.
- [2] *Скупов В.Д.* // Тез. докл. I Всероссийской конф. по материаловедению и физ.-хим. основам технологий получения легированных кристаллов кремния. М., 1996. С. 127.
- [3] *Павлов П.В., Семин Ю.А., Скупов В.Д., Тетельбаум Д.И.* // ФТП. 1986. Т. 20. Вып. 3. С. 503–507.