

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ГЕНЕРАЦИЮ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В МДП СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ

Безлюдный С. В., Колесников Н. В., Санин К. В.,
Суриков И. Н., Хансеваров Р. Ю., Якименко А. Н.

Исследованы зависимости эффективных генерационных времен жизни $\tau_{g, \text{эфф}}$ и скоростей поверхностной генерации s МНОП структур от доз γ -облучения (^{60}Co) в интервале 10^3 — 10^7 рад. При этом время жизни $\tau_{g, \text{эфф}}$ определяется объемной генерацией носителей в области пространственного заряда МНОП структуры и поверхностной генерацией на границе раздела окисел кремния—кремний в приэлектродной области, скорость s определяется генерацией на границе SiO_2 — Si под управляющим электродом. Цель работы — установление корреляционных зависимостей между генерационными временами жизни, скоростями поверхностной генерации и плотностями поверхностных состояний при воздействии γ -облучения.

Образцы для исследований представляли собой структуры $\text{Al—Si}^*—\text{Si}_3\text{N}_4—\text{SiO}_2—\text{Si}$. На подложке из кремния КЭФ-4.5 выращивался сухой термический или пирогенетический окисел SiO_2 толщиной $d_1=600$ Å, затем осаждался нитрид кремния Si_3N_4 толщиной $d_2=800$ Å, управляющим электродом служил легированный фосфором слой поликремния Si^* с напыленным алюминием. Площадь управляющего электрода равнялась 2×2 мм. Заключительной технологической операцией был длительный (~ 15 ч) при температуре 300 °C отжиг в атмосфере водорода. При облучении на управляющий электрод подавалось напряжение $+12$ В.

Для определения встроенного заряда и плотности поверхностных состояний D_{ss}^{FB} измерялись высокочастотные вольфарадные характеристики до и после облучения; встроенный заряд находился по напряжению плоских зон, плотности поверхностных состояний D_{ss}^{FB} определялись в точке плоских зон по методике, аналогичной [1]. Времена τ'_g и скорости s определялись по методу Цербста [2] с поправками для вычислений $\tau_{g, \text{эфф}}$, учитывающими в первом приближении изменения скорости поверхностной генерации в процессе релаксации МДП емкости [3].

Экспериментальные результаты для МНОП структур с сухим термическим окислом кремния представлены на рисунке. Для структур с пирогенетическим SiO_2 результаты аналогичны.

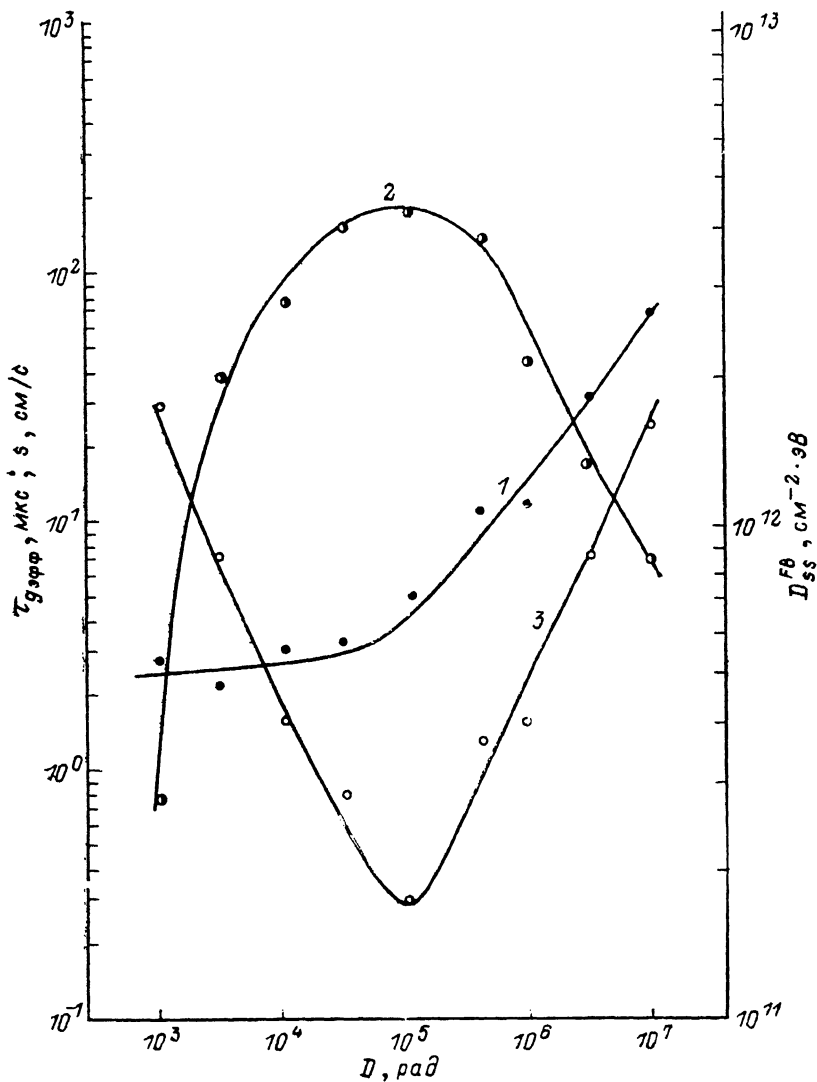
Обращают на себя внимание следующие закономерности.

1. При дозах облучения D менее 10^5 рад с ростом D генерационные времена жизни $\tau_{g, \text{эфф}}$ увеличиваются, а скорости поверхностной генерации s падают при практически постоянных плотностях поверхностных состояний D_{ss}^{FB} . Похожее поведение s и $\tau_{g, \text{эфф}}$ в МДП структурах на основе арсенида галлия наблюдалось в работе [4] и считалось обусловленным «радиационным упорядочением».

2. При дозах облучения свыше 10^5 рад с ростом D времена генерации падают, а скорости поверхностной генерации растут при увеличении плотности поверх-

ностных состояний. В этой области разупорядочение от облучения преобладает над его упорядоченным действием.

Качественно объяснить возрастание $\tau_{g,эфф}$ и уменьшение s ($D \leq 10^5$ рад) можно в предположении перестройки поверхностных центров генерации под действием облучения. Обратный ход этих величин ($D \geq 10^5$ рад) коррелирует с заметным ростом плотности поверхностных состояний, возникающих после облучения.



Зависимость плотности поверхностных состояний D_{ss}^{FB} (1), эффективного генерационного времени жизни $\tau_{g,эфф}$ (2) и скорости поверхностной генерации s (3) от дозы γ -облучения (⁶⁰Co).

Действие γ -радиации до 10^5 рад подобно высокотемпературному отжигу и может быть использовано для улучшения рекомбинационных характеристик МДП структур.

Дать непротиворечивое объяснение поведению $\tau_{g,эфф}$ и s от дозы в рамках модели Шокли—Рида не представляется возможным. Для объяснения поведения $\tau_{g,эфф}$ и s у нас разрабатывается модель генерации через потенциальный барьер поверхностных состояний, величина которого немонотонно изменяется полем встроенного заряда, что может приводить к немонотонной зависимости генерационно-рекомбинационных характеристик МДП структур от дозы облучения.

- [1] Lehovcek K. // Sol. St. Electron. 1968. V. 11. N 1. P. 135—137.
 [2] Kang J. S., Schroder D. K. // Phys. St. Sol. (a). 1985. V. 89. N 1. P. 13—43.
 [3] Schroder D. K., Nathanson H. C. // Sol. St. Electron. 1970. V. 13. N 5. P. 577—582.
 [4] Борковская О. Ю., Дмитрук Н. Л., Конакова Р. В., Литовченко В. Г., Маева О. И. // ФТП. 1986. Т. 20. В. 9. С. 1640—1646.

Ленинградский политехнический институт
им. М. И. Калинина

Получено 16.06.1988
Принято к печати 17.04.1989

ФТП, том 23, вып. 10, 1989

ДИФФУЗИЯ ВАНАДИЯ В КРЕМНИИ

Азимов Г. К., Зайнабидинов С. З., Козлов Ю. И.

В настоящей работе приводятся результаты исследования диффузии ванадия в кремнии. Образцы монокристаллического кремния размерами $0.5 \times 15 \times 15$ мм с $\rho = 20$ Ом·см n -типа и $\rho = 10, 1000$ Ом·см p -типа в интервале температур 1100—1250 °С отжигались в электрической печи сопротивления в течение 5—25 ч. В качестве источника диффузии использовался ванадий-хлорид, меченный радиоактивным изотопом ^{48}V (период полураспада 16.1 дня), нанесенный на шлифованную поверхность образца.

Образцы кремния с нанесенным слоем ванадия-хлорида помещались в кварцевые ампулы, которые откачивались до 10^{-4} Тор и заполнялись аргоном. После диффузионного отжига ампулы с образцами сбрасывались в воду комнатной температуры. Далее, для удаления остаточной части примесных атомов с поверхности образцы промывались в плавииковой кислоте HF и кипящей смеси $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{HCl}$. Профиль распределения ванадия определялся методом снятия тонких слоев (0.2—0.5 мкм) с помощью раствора $1\text{HF} : 40\text{HNO}_3$ с последующими промывкой в кипящей смеси $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{HCl}$ и измерениями остаточной γ -активности образца. Толщина снятых слоев определялась путем взвешивания образцов до и после снятия слоев.

Авторадиограммы, полученные до и после диффузионного отжига и в процессе снятия слоев, свидетельствуют о равномерном распределении ванадия по сечению образца и об отсутствии включений ванадия.

Для определения коэффициента диффузии D экспериментальная кривая распределения остаточного количества радиоактивной примеси $Q(x)$ сопоставлялась с теоретической для диффузии из постоянного источника:

$$Q(x) = 2C_0 (Dt)^{1/2} i \operatorname{erfc} [x/2 (Dt)^{1/2}],$$

где C_0 — поверхностная концентрация, x — суммарная толщина снятых слоев, t — время диффузии.

Полученные результаты показывают, что коэффициент диффузии ванадия в кремнии увеличивается по мере роста температуры от $3.4 \cdot 10^{-11}$ см²/с при 1100 °С до $4.4 \cdot 10^{-10}$ см²/с при 1250 °С.

Температурная зависимость коэффициента диффузии описывается выражением

$$D = 6.1 \cdot 10^{-11} \exp(-2.8/kT) \text{ см}^2/\text{с}.$$

Поверхностная концентрация ванадия в интервале температур 1100—1250 °С составляет $\sim 2 \cdot 10^{17}$ см⁻³ и во всем интервале температур исследования остается постоянной.