

СВЯЗЬ МЕЖДУ БЕТА-СТИМУЛИРОВАННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ МИКРОТВЕРДОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДЕФЕКТОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ КРЕМНИЯ

© А.А. Дмитриевский, Н.Ю. Сучкова

Известно [1], что при радиационно-стимулированном появлении свободных вакансий в кремнии они, диффундируя по кристаллу при комнатной температуре, наиболее активно захватываются изолированными атомами кислорода с образованием комплексов акцепторного типа $V + O \rightarrow V - O$ (глубина залегания комплекса от дна зоны проводимости $E_c - 0,17$ эВ). Междоузельные атомы кремния по реакции Уоткинса вытесняют углерод в междоузельное положение $Si_i + C_s \rightarrow Si_s + C_i$. Междоузельному углероду соответствует акцепторный уровень $E_c - 0,11$ эВ.

Для оценки роли электрически активных комплексов в бета-стимулированном изменении микротвердости H , синхронно исследовались зависимости концентрации дефектов с акцепторными уровнями от 0,10 до 0,50 эВ (посредством регистрации спектров DLTS) и микротвердости от времени облучения t_{irr} .

Полученные экспериментальные данные обнаруживают корреляцию между бета-стимулированными изменениями концентрации акцепторных комплексов с энергией $E_c - 0,11$ эВ, $E_c - 0,13$ эВ и $E_c - 0,18$ эВ и величины H монокристаллов Cz-Si. Как известно [2, 3], бета-облучение (обычно $F > 10^{15}$ см⁻², $I > 10^{12}$ см⁻²с⁻¹) при комнатной температуре генерирует целый ряд донорных и акцепторных комплексов, идентифицированных как дивакансии, А-центры, Е-центры, К-центры и другие. Регистрируемые в условиях нашего эксперимента ($I = 7 \cdot 10^5$ см⁻²с⁻¹, $F < 10^{12}$ см⁻²), спектры DLTS характеризуются только тремя пиками. По-видимому, это объясняется малой интенсивностью облучения. Пики с энергетическими уровнями $E_c - 0,11$ эВ и $E_c - 0,18$ эВ можно идентифицировать как междоузельный углерод C_i и А-центр и/или комплекс $C_i - C_s$ соответственно [2]. Акцепторный уровень $E_c - 0,13$ эВ обычно связывают с междоузельным бором [1], парой FeAl [3] или водородосодержащим комплексом в облученном протонами кремнии [4]. Используемые в работе образцы и тип облучения исключают возможность появления последних трех типов радиационных

дефектов в достаточном для их регистрации количестве. В связи с этим, авторы затрудняются надежно идентифицировать комплекс с энергетическим уровнем $E_c - 0,13$ эВ.

Изменение концентраций двух идентифицированных дефектов может являться результатом широкого спектра реакций, продукты которых могут оказаться, в том числе, электрически не активными:



Высокая подвижность при комнатной температуре и сравнительно низкая концентрация (при $I = 7 \cdot 10^5$ см⁻²с⁻¹) образующихся вакансий и междоузельных атомов, по-видимому, приводит к перераспределению во времени концентраций указанных комплексов и, кроме того, к созданию более сложных агрегатов. Конкурирующим характером протекающих реакций, на наш взгляд, обусловлены немонокотонные зависимости концентрации N акцепторных комплексов с энергией $E_c - 0,11$ эВ, $E_c - 0,13$ эВ и $E_c - 0,18$ эВ и величины микротвердости H монокристаллов кремния от времени облучения t_{irr} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Svensson B.G. Properties of Crystalline Silicon. EMIS Datareviews Series № 20, Series Advisor: B.L. Weiss. 1998. P. 763.
2. Вавилов В.С., Кекелидзе Н.П., Смирнов Л.С. Действие излучений на полупроводники. М.: Наука, 1998. С. 192.
3. Istratov A.A., Hieslmair H., Weber E.R. // Appl. Phys. 1999. V. A 69. № 44. P. 13.
4. Irmischer K., Klose H., Maass L. // J. Phys. 1984. V. C 17. P. 6317.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при поддержке программы «Университеты России», грант № У.Р.01.01.013, а также РФФИ, грант № 02-02-17571.