

ПОВРЕЖДЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ТОПОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИОННО-АССИСТИРОВАННОМ ОСАЖДЕНИИ ПОКРЫТИЙ

В работе обсуждаются результаты экспериментального исследования систем покрытие/подложка, в которых основой покрытия являются Ti, Si, изготовленных методом ионно-ассистированного нанесения покрытий на кремний в условиях самооблучения (ИАНПУС).

Изучая пространственное распределение радиационных дефектов в структурах покрытие – подложка, необходимо опираться на положение исходной поверхности подложки на спектрах РОР/КИ. Поскольку из обсуждаемых ранее результатов [1] следует, что понятие границы раздела фаз покрытие-подложка – условное, мы используем такое понятие, как поверхность исходной подложки (ПИП). Определение положения ПИП было произведено экспериментально при помощи методики введения в кремний ксенонного маркера.

При введении Хе маркера структура кремния повреждается значительно больше, чем ассистирующими ионами титана, т.к. масса ионов Хе⁺ почти в 3 раза больше, чем масса ионов Ti⁺. Характер повреждения на спектрах РОР каналированных ионов отражает тот факт, что структура кремния повреждается лишь в начальный момент времени модифицирования образца, когда толщина осаждаемого покрытия меньше пробега ассистирующих ионов в материале покрытия. Действительно, если бы это было не так, то должна была наступить аморфизация поверхностного слоя кремния с увеличением времени нанесения покрытия, а этого не наблюдается. Отсутствие аморфизации кремния объясняется нарастанием покрытия на поверхности кремния, которое в процессе утолщения как бы экранирует кристалл Si от облучения ассистирующими осаднение ускоренными ионами Ti⁺. Наоборот, наблюдается максимум дефектообразования вблизи исходной поверхности кристалла. Этот факт свидетельствует о том, что смещенные в междоузлия атомы кремния диффундируют на поверхность

кремния и далее, входя в состав покрытия. Максимальная концентрация смещенных из узлов атомов кремния, полученная при имплантации ионов Xe^+ уменьшается при последующем нанесении покрытия в условиях ассистирования ионами Ti^+ , что объясняется нами активацией миграционных процессов в глубь и к поверхности кремния, что также способствует вхождению атомов кремния в покрытие, с одной стороны, и миграции атомов компонентов покрытия в глубь подложки.

При сравнении энергетических спектров каналирования ионов гелия в кремнии с осажденными на него разными покрытиями было обнаружено, что пик повреждения и уровень деканалирования осевых спектров за пиком повреждения нелинейно зависят от массы ассистирующих нанесение покрытий ионов, табл.1. Так, например, отношение M_i/M_t при нанесении на кремний покрытия на основе углерода в 4 раза меньше, чем титанового, а повреждение структуры кремния выше, чем при осаждении титанового покрытия. Полученные экспериментальные данные позволяют предположить, что при ионно-ассистированном нанесении покрытий в кремнии генерируются дефекты разных типов в зависимости от плотности энергии, выделенной в каскаде атомных столкновений, при торможении ассистирующих ионов [2]. Поэтому на поверхности формируются различные напряжения структуры, которые, возможно, влияют на свойства поверхности систем покрытие-подложка. Следовательно необходимы дальнейшие исследования дефектообразования в кремнии, модифицируемом ионно-ассистированным нанесением покрытий.

Таблица 1.

Основы покрытий, отношение масс атомов (M_i/M_t),

χ_{\min} , Y_{\max}/Y_{rand} структур покрытие-Si.

| Основа покрытий | Si | Ti^{48} | C^{12} |
|----------------------------|-----|------------------|-----------------|
| M_i/M_t | - | 1.71 | 0.43 |
| χ_{\min} | 3.6 | 7.6 | 9.4 |
| Y_{\max}/Y_{rand} | - | 0.23 | 0.26 |
| N_C/N_O | - | 2.5 | 7.1 |

При изучении топографии поверхности исходного и модифицированного кремния, как и ожидалось, было определено, что качество поверхностей исключительно высокое [3]. На рисунках

показаны трехмерное изображение поверхности, плоское и диаграмма неровности поверхности вдоль линии 1 – 2 на плоском изображении поверхности.

Как следует из данных, приведенных в табл. 2, средняя шероховатость весьма незначительна и изменяется от 0.2 нм у исходного кремния до 1.1 нм на поверхности кремния с покрытием на основе титана. Средняя ровность наоборот очень высока, то есть неровность составляет лишь 0.4 нм у поверхности исходного кремния, достигая 1.5 нм у поверхности модифицированного кремния. Полная площадь фрагмента практически не отличается от проецируемой площади фрагмента.

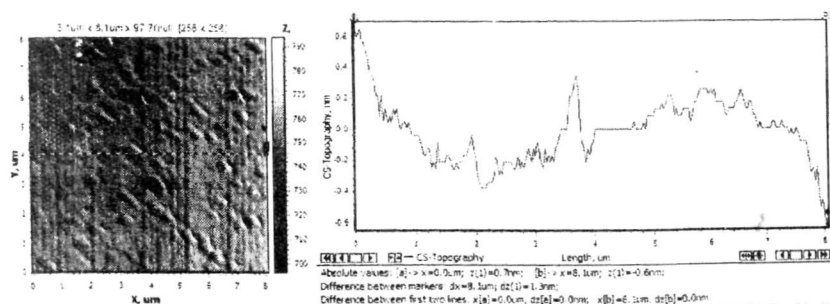


Рис. 1. Топография поверхности исходного кремния.

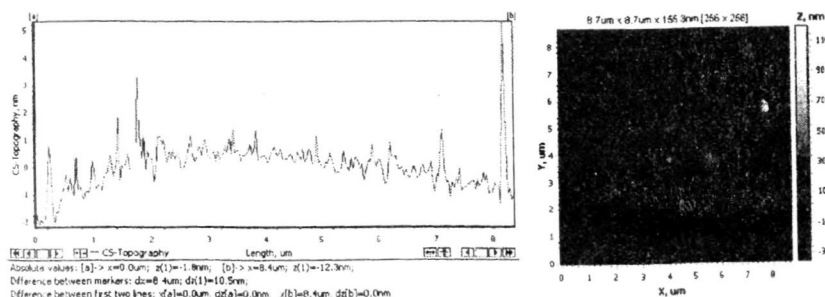


Рис.2. Топография поверхности кремния, модифицированного нанесением титана.

Характеристики топографии поверхности исходного и модифицированного кремния.

| параметр | кремний исходный | C1 | C3 | Ti |
|--------------------------------------|---------------------|----------|----------|----------|
| средняя шероховатость, нм | 0,169 | 0,314 | 0,547 | 1,101 |
| средняя ровность, нм | 0,395 | 0,682 | 1,515 | 1,207 |
| полная площадь, нм ² | 24947337 | 24852082 | 25084242 | 25139079 |
| проективная площадь, нм ² | 24946602 | 24813575 | 24960765 | 25030073 |
| пол/пр | 1,012668 | 1,001552 | 1,004947 | 1,004355 |

Таким образом, анализ смачиваемости поверхности кремния, модифицированной осаждением покрытий на основе металлов, позволяет прийти к заключению о том, что на свойства лиофильности и лиофобности поверхности изделий влияет как состав, так и морфология поверхности. При этом важную роль играет сама подложка, ее упругие свойства, топография в исходном состоянии. Поэтому можно сделать вывод о возможности управления гидрофильностью и гидрофобностью поверхности изделий, применяемых в жидкой среде, управлением их состава и топографии поверхности.

Список литературы

1. Бобрович О.Г., Ташлыков И.С., Тульев В.В., Барайшук С.М.. Изучение ядерно-физическими методами металлосодержащих (Ti, Co)-покрытий, осажденных методом ионного ассистирования на кремний // Физика и химия обработки материалов. – 2006. – № 1. – С. 54-58.
2. Tashlykov I.S., Wesch W., Wendler E. Composition of thin C, Ti, Zr and Mo – based layers fabricated on Si by means of SIAD and accompanying radiation damage of Si surface/ In: Proc.III Intern.Symp. New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation – 2003. Zakopane, Poland, May 13-16, 2003. – P.198-200.
3. Ташлыков И.С., Верес О.Г. Элементный состав, топография и смачиваемость поверхности резины, модифицированной ионно-ассистированным осаждением покрытий на основе C, Ti, Mo// Тез. докл. XXXIV межл. конф. по Физике взаимод. заряж. частиц с кристаллами. 31 мая-2 июня 2004 г. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С.147.

The experimental investigation of the composition of Ti, C-based coatings formed by means of self ion assisted deposition has been conducted. Analysis was carried out using RBS 1.4 MeV helium ions technique and the RUMP, TRIM, code computer simulation, and Atomic force microscopy. Elemental analysis of the coating/silicon systems shows a content of carbon, oxygen, silicon and hydrogen in systems.

Сведения об авторах: Барайшук Сергей Михайлович, Белорусский государственный педагогический университет, г. Минск, Беларусь; bear_s@bspu.unibel.by.

Михалкович Олег Михайлович, Белорусский государственный педагогический университет, г. Минск, Беларусь; Phyzbober@tut.by .

Сведения о научном руководителе: Ташлыков Игорь Серафимович, доктор физ.-мат. наук, профессор, Белорусский государственный педагогический университет, г. Минск, Беларусь; tashl@bspu.unibel.by.