

Список литературы

1. Schultrich B., Shiebe H. G., Drescher D., Ziegler H. // Surface and Coating Technology. – 1998. – V. 98, № 52. – P. 1097-1101.
2. Oliver W.C., Pharr J.M. // Journal of Material Research. – 1992. – V. 7, № 6. – P. 1564-1583.
3. Li K.Y., Zhou Z.F., Chan C.Y., Bello I., Lee C.S., Lee S.C. // Diamond and Related Materials. – 2001. – № 10. – P. 1855-1861.

Nickel-carbon (Ni/a-C:H) composites were formed by method of microwave plasma-enhanced chemical vapor deposition. It was established that the films with 90 at. % carbon content possess by decreased value of friction coefficient and improved wear resistant.

Автор Асташинская Марина Валерьевна. Белгосуниверситет, г. Минск, Беларусь, e-mail: astashynskaya@ Rambler.ru.

Научный руководитель: Углов Владимир Васильевич, доцент, кандидат физико-математических наук, Белгосуниверситет, г. Минск, Беларусь, e-mail: uglev@bsu.by.

УДК 538.971

Барайшук С., Михалкович О.

СОСТАВ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ С ПОКРЫТИЯМИ, НАНЕСЕННЫМИ В УСЛОВИЯХ ИОННОГО АССИСТИРОВАНИЯ

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

Осаждение тонких плёнок на кремниевые пластины представляет как научный, так и практический интерес для микроэлектронной промышленности, так как позволяет формировать изолирующие или проводящие слои, лиофильные или лиофобные в разных средах поверхности изделий. Чтобы исключить введение при ионном ассистировании в приповерхностный слой атомов благородных газов, желательно применять для радиационного ассистирования ионы атомов осаждаемого покрытия, как это реализуется в процессе ИАНПУС [1]. Для изучения элементного состава систе-

мы покрытие/кремний использовался метод резерфордского облучения (ROF), используя моделирующую программу RUMP [2].

Покрyтия наносились на пластины (111)-Si n-типа с удельным сопротивлением 200 Ом·см. Использовался резонансный ионный источник вакуумной ($3 \cdot 10^{-2}$ Па) электродуговой плазмы. Ускоряющий потенциал составлял 3 кВ. Энергетические спектры ROF снимались при угле рассеяния $Q=168^\circ$, углах влета Q_1 и вылета Q_2 , равных 0 и 12° . Энергетическое разрешение системы составляло 17 кэВ.

Обсудим композиционный состав покрытий, осажденных на кремний. Профиль титана характеризуется концентрацией, снижающейся от 4,2 ат % на поверхности до 1 ат % в области межфазной границы системы. При этом атомы Ti идентифицируются в кремнии на глубине 200 нм с концентрацией – 0,03 ат %, что свидетельствует об их радиационно-стимулированной диффузии вглубь в процессе нарастания покрытия под радиационным воздействием ассистирующих ионов. Профиль атомов углерода качественно согласуется с пространственным распределением кислорода в изучаемой системе, однако концентрация углерода в 2 раза выше, чем кислорода в покрытии и приблизительно равна по величине концентрации кислорода на глубине 100 нм в кремнии. Концентрации этих элементов достигают максимума вблизи межфазной границы. Профиль распределения водорода в покрытии качественно сопоставим с профилем распределения титана, но его концентрация в 8 – 10 раз выше. Распределение компонентов в системе Mo/Si, характеризуется тем, что концентрация молибдена снижается от 6 ат % на поверхности до 0 ат % в области межфазной границы системы. При этом атомы Mo идентифицируются в кремнии на глубине 100 нм с концентрацией – 0,01 ат %. Профиль атомов углерода качественно согласуется с пространственным распределением молибдена, однако их концентрация в 5-8 раз выше в покрытии и приблизительно на 2 порядка по величине на глубине 100 нм в кремнии. Кислород распределен в покрытии достаточно равномерно, а в кремнии, хотя его концентрация снижается в несколько раз, но остается выше, чем концентрация молибдена. Концентрация водорода наоборот, возрастает с 45 ат % на поверхности покрытий до 60 ат % вблизи межфазной границы. Распределение элементов в системе Zr/Si в целом качественно сравнимо с распределением компонентов в системе Ti/Si. Появление в изучаемых покрытиях кислорода, углерода и водорода мы связываем с осаждением на поверхность покрытия в процессе его роста совместно с осаждаемой основой углеводородной фракции.

ции и кислорода из остаточного вакуума в мишенной камере, откачиваемой диффузионным паро-масляным насосом.

Вместе с тем обнаружилось, что, измеряемое относительное содержание углерода и кислорода в покрытиях на основе разных элементов $(Nt)_c / (Nt)_o$ существенно разное. Здесь $(Nt)_c$ и $(Nt)_o$ – слоевые концентрации углерода и кислорода в покрытиях. Например, в покрытии на основе Мо на один атом кислорода имеется приблизительно один атом углерода, тогда как в покрытии на основе Zr – 1.8, а Ti – 2.5 атомов углерода.

Естественно, используя РОР невозможно напрямую определить присутствие водорода в покрытии. Вместе с тем данные о наличии значительного содержания водорода в системах и его распределении по покрытию, полученные при моделировании спектров РОР программой RUMP, были подтверждены в прямых независимых экспериментах с использованием резонансной ядерной реакции ${}^1\text{H}({}^{15}\text{N}, \alpha){}^{12}\text{C}$ [3].

К особому свойству осаждения покрытий методом ИАНПУС можно отнести обнаруженную ранее встречающую диффузию атомов кремния через покрытие на поверхность формируемой системы, которая наблюдается также при понижении потенциала на мишени до 3 кВ. При этом отметим, что концентрация кремния не спадает по экспоненциальному закону, как можно было бы ожидать, если движущей силой процесса захвата атомов кремния в покрытие было бы атомное перемешивание в каскадах атомных столкновений, а остается практически постоянной по толщине покрытия, достигая 1 – 2 ат % в разных системах.

Ионно-ассистированное в условиях самооблучения осаждение покрытий на основе Ti, Zr и Mo, обеспечивает физическое «сшивание» в области межфазной границы формируемых систем. Наблюдается радиационно-стимулированная диффузия компонентов покрытия в глубь кремния и атомов кремния в покрытие. Композиционный состав покрытия включает кроме атомов основы покрытия и кремния атомы кислорода, углерода и водорода. Вместе с тем, расчет слоевой концентрации легких примесей, содержащихся в покрытиях, выявил существенное влияние элементов основы покрытия на соотношение углерода и кислорода в нем.

Список литературы

1. Бобрович О.Г., Ташлыков И.С. Структура и состав покрытий на основе Zr, осаждаемых на кремний при ионном ассистировании в условиях саморадиации. ФХОМ, 2002, №5, с.40-43.

2. Doolittle L.R. A semiautomatic algorithm for Rutherford backscattering analysis. Nucl. Instr. Meth., 1986, v.B15, p.227-238.

3. Тульев В.В., Ташлыков И.С. Композиционный состав и структура покрытий на основе Ti, Cr, Zr, W, осажденных на алюминий и кремний при ионном асстировании. В сб. докл. 3-ей Всерос. научн. – техн. конф. «Быстрозакаленные материалы и покрытия». М.:МАТИ, 2004, с. 71-76.

The experimental investigation of the composition of Ti, Zr and Mo-based coating 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 code computer simulation. Elemental analysis of the coating/silicon systems shows a content of carbon, oxygen, silicon and hydrogen in systems.

Сведения об авторах: Барайшук Сергей Михайлович, БГПУ, г. Минск ул. Советская 18, beag_s@bspu.unibel.by; Михалкович Олег Михайлович, БГПУ, Минск ул. Советская 18, Phyzhober@tut.by

Сведения о научном руководителе: Ташлыков Игорь Серафимович – доктор физ. – мат. наук, профессор, БГПУ, г. Минск ул. Советская 18, tashl@bspu.unibel.by

УДК 621.382

Бобренок Е., Голцкая Ю., Журавская А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛОВ ОПТИКО- ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

В данной работе приведены результаты разработки и компьютерного моделирования оптико-поляризационного метода неразрушающего контроля поверхности минералов, основанного на применении анизотропного ЖК-слоя. Данный метод позволяет быстро и качественно исследовать свойства структуры (дефекты) в объеме исследуемого образца.

Природные минералы широко применяются в разнообразных приборах современной техники и являются основным материалом для ювелирной промышленности. Распределенные и локальные неоднородности, существующие практически у всех типов минералов, оказывают существенное влияние на их физические свойства. Данные особенности не только снижают целостность минералов, но и влияют на эксплуатационные и декоративные свойства выполненных из них изделий. В настоящем сообщении приведены результаты разработки и компьютерного моделирования метода неразрушающего контроля поверхности минералов.

Разрабатываемые методы основаны на взаимодействии поляризованного оптического излучения с тонким анизотропным слоем