

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ CH₄/N₂ НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АЛМАЗНЫХ ПЛЕНОК

А.С. МИТУЛИНСКИЙ¹, А.В. ГАЙДАЙЧУК¹, С.А. ЛИННИК¹, С.П. ЗЕНКИН¹

¹ Томский политехнический университет

E-mail: mitulinsky@tpu.ru

Алмазные пленки имеют множество промышленных применений благодаря сочетанию уникальных физических и химических свойств. Одной из важных проблем при осаждении алмазных пленок является достижение хорошей адгезии к подложке, которая зависит от остаточных напряжений в пленке после осаждения. Другими важными проблемами осаждения являются достижение высоких механических свойств, сопоставимых с монокристаллическим алмазом, и получение определенных параметров микроструктуры и поверхности пленок. Пленки ультрананокристаллического алмаза (UNCD) имеют размер зерна в диапазоне 5–10 нм и гладкую поверхность по сравнению с пленками микро- и нанокристаллического алмаза.

Нами были синтезированы пленки UNCD на кремниевых подложках методом химического осаждения из газовой фазы с различной концентрацией метана (до 24 об. %) в газовой смеси и давлением осаждения 20 Торр. Для характеристики полученных пленок использовали спектроскопию комбинационного рассеяния, рентгеноструктурный анализ, профилометрические измерения, АСМ для оценки шероховатости поверхности, были проведены тесты наноиндентирования для определения твердости и модуля Юнга.

Остаточные напряжения и механические свойства покрытий приведены на рисунке 1.

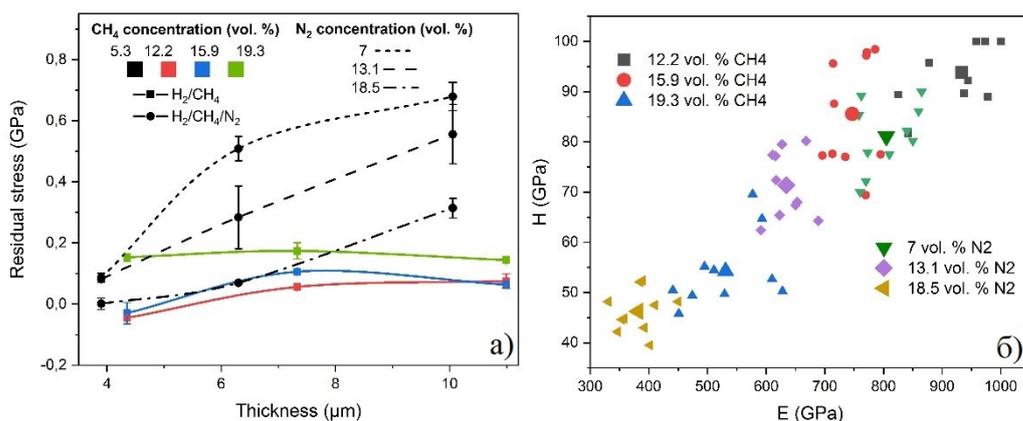


Рисунок 1 – Остаточные напряжения (а) и график зависимости твердости и модуля упругости (б)

Как видно, для N-серии (вариация CH₄) образцы N1.n и N2.n меняют характер напряжений с увеличением толщины покрытий с сжимающего на растягивающий. При минимальной толщине покрытия 4 мкм значение остаточного напряжения составляет -0,03 ГПа. При достижении максимальной исследуемой толщины 11 мкм расчетное значение напряжения составляет около 0,06 ГПа. Следует отметить, что полученные значения напряжений для образцов N1.n и N2.n сопоставимы. Для образцов N3.n растягивающий характер остаточных напряжений остается постоянным при увеличении толщины покрытия от 4 до 11 мкм. Изменение значения напряжения находится в пределах 6 % и составило 0,009 ГПа.

Для NN-серии с увеличением содержания азота величина остаточного напряжения уменьшается. Во всем диапазоне измерений характер остаточных напряжений не меняется и остается растягивающим. Наименьшее изменение уровня напряжения зафиксировано для

образцов с максимальным содержанием азота (серия NN3.n). При рассмотрении данных серии NN основным результатом является выраженный рост растягивающего напряжения с увеличением толщины покрытия и его уменьшение с увеличением концентрации N_2 . Известно, что плотность границ зерен, т. е. размер кристаллитов, оказывает существенное влияние на растягивающую составляющую остаточного напряжения. Чем меньше размер кристаллитов (выше плотность границ зерен), тем больше величина собственных растягивающих напряжений, которые в случае алмазной пленки вызывают снижение остаточных напряжений. Более того, внедрение азота в кристаллическую решетку алмаза приводит к увеличению его параметра и возникновению в кристалле растягивающих напряжений.

Очевидно, что модуль Юнга и твердость уменьшаются с увеличением как метана, так и азота. При этом CH_4 оказывает большее влияние на механические свойства покрытия. Таким образом, увеличение концентрации CH_4 на 7,1 об. % приводит к снижению твердости покрытия на 39,5 ГПа (с 93,78 до 54,24 ГПа), а модуля Юнга на 400 ГПа (с 933,5 до 530,9 ГПа). Увеличение концентрации N_2 в газовой смеси в 3 раза снижает твердость покрытия на 34,8 ГПа, а модуль Юнга на 422,2 ГПа.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

А.С.НОВИКОВА¹, Ю.Ф.ИВАНОВ²

¹ Томский политехнический университет

² Институт сильноточной электроники СО РАН

E-mail: olenevaalex@gmail.com

Аннотация. Показано, что ионно-плазменным методом возможно формирование покрытий из высокоэнтропийного сплава близкого к эквиаtomному составу. Установлено, что ВЭС Ti-Al-Nb-Zr сформирован твердым раствором на основе ниобия и содержит включения (капли) α -Zr и алюминиды титана TiAl.

Введение. Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) – это новый класс металлических материалов, начало исследования которых может быть датировано публикациями 2004 г. [1, 2]. ВЭС обладают уникальным сочетанием механических, трибологических, физических, химических и т.д. свойств. Как правило, ВЭС являются многокомпонентными материалами и содержат несколько (четыре, пять и более) элементов близкой концентрации. Предполагается, что стабилизация твердого раствора при кристаллизации ВЭС обеспечивается высокой энтропией смешения компонентов сплава в жидком состоянии. Авторы работы [3] считают, что ВЭС предлагают новый подход для формирования сплавов и одним из их наиболее многообещающих приложений являются конструкционные материалы. **Целью настоящей работы** является обнаружение и анализа закономерностей формирования структуры и фазового состава высокоэнтропийного сплава, напыленного на подложку ионно-плазменным методом.

Материал и методика исследований. Плёнки ВЭС осаждали с помощью метода плазменно-ассистированного дугового напыления на установке «КВИНТА» (ИСЭ СО РАН. Для напыления используются катоды из циркония, ниобия, а также композиционный катод состава (Ti-Al 50/50) либо (Ti-Al-Si 45/45/10). Циркониевый катод устанавливали на Y-образный фильтр, ниобиевый катод – на дуговой испаритель ДИ100, а композиционный Ti-Al либо Ti-Al-Si катод устанавливали на магнитный фильтр с углом поворота плазменного