

Формирование и эволюция КТ GeAs в $\text{Si}_{0.75}\text{Ge}_{0.25}$ сплавах исследованы в зависимости от температуры БТО. Высокая температура БТО (1030°C , 15 с) сопровождается селекцией преципитатов по их среднему размеру (~ 15 нм и ~ 55 нм). Меньшие частицы GeAs имеют сферическую форму и локализованы на глубине среднего проецированного пробега ионов As^+ . Частицы большего размера локализованы в приповерхностной области и имеют преимущественное распределение вдоль $[110]$ кристаллографических направлений, что хорошо коррелирует с поверхностным *cross-hatch* микрорельефом. Предложена и обсуждается модель формирования квантовых точек GeAs, включающая эффект деформационно-индуцированной самоорганизации преципитатов. Рассмотрены зонная структура, электронные свойства и возможные оптоэлектронные применения структур GeAs/ $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

С. С. Ануфрик, А. Б. Гинель, К. Ф. Зноско, Е. В. Овчинников

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, г. Гродно

В современном машиностроении широко применяются тонкопленочные покрытия различного функционального назначения. Тонкие полимерные пленки микронных и субмикронных толщин представляют большой интерес для современных технологий приборостроения, электротехники, точной механики и других отраслей техники. Это вызвано благоприятным, подчас уникальным, сочетанием свойств полимерных материалов: высокой химической стойкости, хороших диэлектрических характеристик, гидрофобности, низкого коэффициента трения и ряда других показателей [1]. Тонкопленочные покрытия наносятся плазмохимическими методами, основанными на вакуумных технологиях, методами с использованием воздушных дисперсий полимерных и олигомерных компонентов, а также из растворов.

Особое внимание уделяется полимерным и олигомерным пленкам толщиной от 0,1 до 10 мкм. Данные покрытия обладают характе-

ристиками отличными от свойств блочных полимеров. Преимуществами тонких пленок являются возможность сохранения размеров сопрягаемых деталей и минимальный расход полимера и олигомера. Для повышения эксплуатационных характеристик металлических и металлополимерных систем различного назначения особый интерес представляют тонкие пленки фторсодержащих полимеров и олигомеров. Такие пленки получают из растворов фторсодержащих олигомеров (ФСО) промышленно выпускаемых под торговыми марками "Эпилам" и "Фолеокс".

Несмотря на то, что изучению строения и свойств пленок из ФСО посвящено значительное число исследований [2-4], до сих пор нет точных данных о влиянии лазерного излучения на такого рода металлополимеры.

Целью настоящей работы является исследование структуры и физико-механических свойств тонкопленочных покрытий на базе ФСО, подвергшихся воздействию лазерного излучения. Исходя из поставленных задач, для исследования были выбраны "Фолеоксы", многотоннажно выпускаемые промышленностью, и широко применяемые металлы и сплавы: сталь 40, сталь 40Х, 08кп, 60ПП, медь – М1, алюминий – А-00. Основное внимание в ходе работы было уделено олигомерам марок Ф-1 и Ф-14. ФСО имеют структуру $R_f - R_i$, где R_f – фторсодержащий радикал, R_i – функциональная группа $-COOH$; $-NH_2$; $-CF_3$.

Пленки наносили окунанием очищенной и обезжиренной подложки в раствор соответствующего олигомера с последующим удалением растворителя путем естественного испарения при комнатной температуре. На подложки наносилось три слоя фолеокса толщиной порядка 0,9 мкм.

Источником лазерного излучения служил эксимерный лазер ХеСІ-0,5. Длина волны лазерного излучения $\lambda=308$ нм; длительность импульса ~ 50 нс; энергия импульса до 0,3 Дж. Контроль энергии импульса лазерного излучения осуществлялся прибором ИМО-2Н с помощью делительной пластины, ответвляющей из лазерного луча фиксированную долю излучения. Фокусировка лазерного излучения с хорошей равномерностью по пятну облучения обеспечивалась диафрагмой и линзой, формирующей изображение диафрагмы на мишени. Исследования физико-химических и структурных изменений проводились методами ИК-спектроскопии МНПВО (спектрофотометр UR-

20) и атомно-силовой микроскопии АСМ (Нанотоп - 2). Физико-механические свойства материалов, обработанных ФСО и лазерным излучением, определялись на приборе ПМТ – 3 (микротвердость) по соответствующим ГОСТам.

Показано, что микротвердость исследуемых сталей и медной фольги после нанесения пленки ФСО возрастает на 10-15 %, что подтверждают также исследования [3]. Увеличение микротвердости объясняется образованием химических связей между молекулами ФСО и оксидными соединениями подложки, что приводит к снижению числа поверхностных дефектов. Данные по микротвердости различных марок сталей в зависимости от плотности энергии излучения эксимерного лазера ХеСІ-0,5 представлены в табл. 1.

Анализ полученных данных показывает, что зависимость микротвердости от плотности энергии лазерного облучения имеет сложный характер. Явно прослеживаются два пика с характерным провалом между ними. Этот провал, по всей вероятности, соответствует перестройке структуры поверхности исследуемого образца. Это подтверждают АСМ-снимки исследуемых образцов.

Для данных сталей с покрытием из Ф-1 определены оптимальные режимы облучения, приведенные в табл. 2.

Установлено, что при оптимальной плотности энергии лазерного излучения наблюдается увеличение микротвердости на 30-48 % по

Т а б л и ц а 1

Плотность энергии E, мДж/мм ²	Микротвердость Н, кг/мм ²					
	Ст 40		Ст 40Х		60ПП	
	без пленки	с пленкой	без пленки	с пленкой	без пленки	с пленкой
0	263,7	289,1	297	315,3	258	272,4
2	273	297,8	315,3	335,1	283	303,4
2,8	279	312,7	333,9	345,3	306,3	311
3,6	285	317,3	353,5	362,5	310,1	320
4,9	310,6	330,1	365,1	371	328,4	341,8
5,8	373,1	381,7	377,3	387,2	318,5	320,3
6,7	386,2	393,3	353,5	369,3	312,2	315
8,4	346	358,6	372,3	374,7	305,9	298,1
10,8	347,5	302,9	340	356	315,3	322,7
13,6	343	353,5	318,5	359,8	338,8	337,2
20,7	306,4	349,7	353,5	379	340,1	335,1
39	371,15	403,6	390,1	394,5	365,1	373,4
58,5	432,7	391	394,5	387,2	403,6	389,7

Т а б л и ц а 2

Материал	Сталь 40	Сталь 40Х	60 ПП
Плотность энергии, мДж/мм ²	6,5-7	5,6-6	4,7-5,1

отношению к необработанным материалам для всех исследованных марок сталей. Исследование структуры пленки методом атомно-силовой микроскопии показывает, что энергетическое воздействие интенсифицирует процессы упорядочения в пленках ФСО.

Результаты проведенных экспериментов позволили сделать вывод о том, что тонкие пленки из фторсодержащих олигомеров упрочняют поверхностные слои металлов.

Возможным объяснением упрочнения может служить то, что воздействие лазерного излучения приводит к протеканию процессов кристаллизации в пленках ФСО на металлических подложках. Скорость кристаллизации зависит от энергии лазерного излучения. Интенсифицируются также процессы хемосорбционного взаимодействия между пленкой ФСО и металлической подложкой.

1. Красновский А. М., Толстопятов Е. М. Получение тонких пленок распылением полимеров в вакууме // Под ред. В. А. Белого. – Мн., 1989. – 181 с.
2. Струк В. А., Чижик С. А., Овчинников Е. В. и др. // Трение и износ. – 1995. – Т. 16, № 5. – С. 974–979.
3. Струк В. А., Овчинников Е. В., Кравченко В. И., Бойко Ю. С. // Вестн. ГрГУ. – 1999. – Сер. 2, № 1. – С. 49–57.
4. Струк В. А., Ивченко Е. В., Овчинников Е. В. и др. // Докл. НАН Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 5. – С. 117–119.

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК ХРОМА ПРИ МНОГОИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

М. И. Маркевич¹, А. С. Подольцев², Ф. А. Пискунов¹, А. М. Чапланов¹

¹Институт электроники НАН Беларуси, г. Минск.

²Институт тепло- и массообмена им. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск

В настоящее время усилился интерес к вопросам, связанным с различными химическими реакциями и процессами под действием