

и случайную ошибку, характеризуемую ϵ_{ij} . Методами дисперсионного анализа можно выявить статистическую устойчивость полученных результатов.

Для дисперсионного анализа данные измерений заносят в дисперсионную таблицу, с помощью которой проводят вычисления I_i и e_{ij} по типовой схе-

ме. Отношение I_i будет характеризовать относительный уровень случайной погрешности измерения при проведении i -го эксперимента в j -м замере. Постоянство значений I_i в разных экспериментах будет означать адекватность выбранной функциональной зависимости f на всем интервале изменения x .

Новые материалы и химические технологии

Гидрофобизация никелированных стеклянных микросфер поверхностно-активными веществами

Баранова Н.В., Ворончихина Л.И.

Тверской государственной университет, Тверь

Металлизированные порошки представляют собой перспективный класс инженерных материалов, используемых в составе композитов взамен традиционных металлических порошков или оксидов. Однако, будучи гидрофильными по природе они плохо совмещаются с гидрофобным связующим. Одним из перспективных методов изменения свойств поверхности наполнителя – придания ей гидрофобности, является обработка ее поверхностно-активными веществами (ПАВ).

В настоящей работе проведены исследования по модификации поверхности никелированных стеклянных микросфер (МСФ) с целью применения данного наполнителя в составе композиционных материалов, обладающих проводящими свойствами. Никелированные МСФ – новый материал, полученный химической металлизацией их раствора. Средний диаметр МСФ составляет 36-40 мкм, толщина металлического покрытия – 0,8 – 1,0 мкм (по данным электронной микроскопии), никелированная поверхность МСФ гидрофильна. Модификацию никелированных МСФ (гидрофобизация поверхности) проводили обработкой водным раствором катионного ПАВ –цетилпиридиний бромид (ЦПБ). С целью выбора оптимальных условий гидрофобизации изучена адсорбция ЦПБ из водных растворов (рН 5.4.) при 20⁰С. Как следует из полученных данных ЦПБ адсорбируется на поверхности никелированных МСФ; в домицеллярной области наблюдается линейное возрастание адсорбции, но по достижению значения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) ($7,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) рост адсорбции прекращается и наблюдается плато. При дальнейшем увеличении концентрации ЦПБ (после ККМ) наблюдается возрастание адсорбции, что вероятно связано с формированием второго адсорбционного слоя (и последующих полислоев), удерживаемого за счет гидрофобных взаимодействий. При промывке металлизированных микросфер физически адсорбированные слои десорбируются и остается лишь химически прочно удерживаемый монослой ПАВ, придающий им гидрофобность.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 02-03-96004).

Аморфный оксид ванадия – неорганический резист для нанолитографии

Величко А. А., Кулдин Н. А., Стефанович Г. Б., Пергамент А. Л., Борисков П. П.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

Основным технологическим процессом в микроэлектронике в течении более 40 лет продолжает оставаться литография. Литографические процессы классифицируются по способу энергетического воздействия (экспонирования) на чувствительный слой (резист) наносимый на полупроводниковую подложку: оптическая, электронно-лучевая (ЭЛ), рентгеновская и ионная литография. Анализируя ключевые аспекты литографического процесса с разрешением <100 нм, нужно выделить две основные проблемы: источник экспонирования и адекватный резист. Любые из разрабатываемых систем экспонирования (в частности, оптические DUV и EUV и ЭЛ) в принципе обеспечивают необходимое разрешение, тогда как проблема резиста остается открытой [1]. Одна из нерешенных задач заключается в низкой стойкости к плазменным процессам существующих резистов. Резистивные материалы, представляющие собой органические полимерные композиции (например, PMMA), легко разрушаются в ходе плазменного травления.

Ранее нами было показано [2], что перспективными для разработки неорганических резистов являются метастабильные аморфные пленки диоксида ванадия, имеющие высокую чувствительность к фотонному и электронному облучениям.

В данной работе представлены результаты, полученные при разработке электронно-лучевого литографического процесса с негативным неорганическим резистом на основе аморфных оксидов ванадия. Аморфные пленки оксида ванадия были получены методом анодного окисления. После ЭЛ обработки происходит изменение физико-химических свойств материала, заключающееся, в частности, в росте плазменной и химической стабильности оксида, что позволяет проводить селективное травление пленки на этапе проявления резиста. Перечислим основные параметры и характеристики оксидно-ванадиевого резиста.

Чувствительность к электронно-лучевому экспонированию D_{min} . Чувствительность зависит от параметров экспонирования, условий окисления, времени хранения. Для энергии электронов в преде-

лах 1–15 кэВ минимальные дозы обеспечивающие проявление линий шириной ~ 100 нм достигали 15–20 мкКл/см². Для энергий электронов 20–50 кэВ D_{\min} увеличивается до 50–100 мкКл/см². Отметим также, что D_{\min} зависит от экспозиционного тока и уменьшается с его ростом.

Разрешение оксидно–ванадиевого резиста. При 50 кВ экспонировании было получено разрешение меньше 100 нм (~ 70 нм). Экспозиционные дозы при этом достигали значений 200 – 300 мкКл/см². Уменьшение размера зерен металлического ванадия или переход на альтернативные методы получения оксидных слоев обеспечивает более высокое разрешение.

Термо- и плазмостабильность оксидно–ванадиевого резиста. Каждый из слоев оксидно–ванадиевого резиста обладает высокой термо и плазмостабильностью, характерной для неорганических материалов. Это позволяет проявлять резист сухими плазменными процессами, которые обеспечивают высокое разрешение.

Для оптимального литографического процесса необходимо обеспечить отношение высоты линии резиста к ширине ~ 1: 1. Высокая стабильность оксида ванадия позволяет проводить подобный режим травления.

В заключение рассмотрим возможные механизмы трансформации свойств оксидов переходных металлов под действием электронного облучения. При больших дозах облучения характер модификации свойств аналогичен процессам, наблюдаемым при термической обработке оксидных пленок. Доминирующей причиной модификации свойств в данном случае являются кристаллизационные процессы в исходно аморфных структурах. Естественно предположить развитие процессов кристаллизации и при ЭЛ обработке оксидов. Это подтверждается прямыми рентгенографическими исследованиями изменения структуры аморфных оксидов ванадия [3].

Определенные сложности возникают при анализе эффекта модификации свойств оксидов при низких плотностях энергии (малых дозах). Мы полагаем, что наиболее вероятным процессом в данном случае является электронно–лучевое возбуждение перехода металл–изолятор в VO₂ и переход пленки в металлическое состояние. При этом также происходит электронно–индуцированное изменение стехиометрии оксида за счет перераспределения кислорода между внешними (V₂O₅) внутренними (VO₂) слоями оксида, а также металлической подложкой. Дальнейшая генерация, под действием облучения, дефектов нестехиометрии типа кислородных вакансий, играющих роль донорных центров, будет стабилизировать металлическую фазу VO₂.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства Образования РФ и Американского Фонда Гражданских Исследований и Развития (CRDF) № PZ-013-02.

1. E.H. Anderson, G.G. Barclay, L.E. Ocola, R.L. Brainard // *Microelectronic Engineering*, 2002, V.61-62, P.707-715.

2. A.L. Pergament, G.B. Stefanovich, E.L. Kazakova, D.G. Stefanovich, A.A. Velichko // *Sol. St. Phenomens*, 2003, V. 90-91, P.97-102.

3. Г. Б. Стефанович, А.Л. Пергамент, А.А. Величко, Д.Г. Стефанович, Н.А. Кулдин, П. П. Борисков // Сбор. док. 15-го Межд. симпозиума «Тонкие пленки в оптике и электронике, Харьков, 2003, С.263-267.

Интенсификация коллоидного растворения дисперсных красителей

Виссарионова О.Н., Ворончихина Л.И.
Тверской государственный университет, Тверь

Солубилизационная способность поверхностно-активных веществ (ПАВ) является одним из решающих факторов перевода дисперсных красителей (ДК) в коллоидно-растворимое состояние, обеспечивающее более равномерное окрашивание химических волокон. В последнее время в текстильно-отделочной технологии для интенсификации отделки текстильных материалов используют физические методы воздействия: акустические, плазмохимические и др. [1]. В данной работе исследована специфика солубилизационного действия неионогенного ПАВ (синтаמיד-5) по отношению к двум ДК (прочно-жёлтый 2К-I и красный 2С-II) в условиях наложения ультразвуковых колебаний при 80⁰С: установлению основных факторов, влияющих на количество солубилизованного вещества, устойчивость солубилизированной системы.

Солубилизацию красителей проводили в водных растворах синтамида-5 в закрытых конических колбах в ультразвуковой ванне (источник УЗ-0250, частота колебаний 18-20 кГц) при 80⁰С. Концентрацию ПАВ варьировали в пределах выше критической концентрации мицеллообразования от 1 до 8г/л. Для сравнительного анализа параллельно была проведена солубилизация в тех же условиях, но без воздействия ультразвука (УЗ). Количество солубилизованного красителя определяли после установления равновесия в системе спектрофотометрически на приборе «Sresol-210» в максимумах полос поглощения при 365нм для I и 525нм для II.

Из полученных результатов следует, что с уменьшением концентрации синтамида-5 коллоидная растворимость обоих красителей возрастает. Причём солубилизация для красителя I выше, чем для красителя II, что связано с различной полярной природой данных соединений.

По кинетическим данным солубилизации установлено, что при воздействии УЗ скорость растворения красителей в растворах ПАВ увеличивается в 10-20 раз. Ускоренный процесс коллоидного растворения ДК в водных растворах ПАВ в присутствии УЗ при повышенной температуре, объясняется, по-видимому, возникновением в системе стабилизированной ультрамикрoэмульсионной ионной фазы в результате кавитации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 02-03-96004).