

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖКИ ДЛЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАНЕСЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ

Ю.П. Сеницына

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

Современные технологии нанесения функциональных тонких пленок и покрытий предусматривают наличие материала, на который они наносятся, – подложку.

Материал, используемый для изготовления подложек, должен иметь однородный состав, гладкую поверхность (с чистотой обработки по 12 - 14-му классу), обладать высокой электрической и механической прочностью, теплостойкостью и теплопроводностью, быть химически инертным, коэффициенты термического расширения материала подложки и осаждаемой пленки должны быть близки по значению. Вполне понятно, что практически почти невозможно подобрать материалы для подложек, которые в равной степени удовлетворяли бы всем перечисленным требованиям.

Наличие загрязнений на подложке оказывает существенное влияние как на адгезию, так и на электрофизические свойства пленок. Поэтому перед нанесением покрытий необходимо тщательно очищать подложки.

Следует иметь в виду, что даже незначительное загрязнение может полностью изменить условия роста пленки. Если загрязнения располагаются на подложке в форме небольших изолированных друг от друга островков, то в зависимости от того, какая энергия связи больше: между материалом пленки и материалом загрязнения или же между материалом пленки и подложкой, пленка может образоваться либо на этих островках, либо на обнаженной части подложки.

Адгезия пленки в очень сильной степени зависит от наличия окисного слоя, который может возникнуть в процессе нанесения между пленкой и подложкой. Желательно, чтобы образующийся слой окисла был сосредоточен между пленкой и подложкой. Если же окисел будет диспергирован по всей пленке или же будет располагаться на ее поверхности, то свойства пленки могут сильно измениться [1].

Подготовка подложек к напылению включает операции ионной очистки (травления) и диспергирования в связи с тем, что свойства подложки должны быть совместимы с процессами осаждения, а также со всеми последующими процессами и обработками при изготовлении тонкопленочных схем. С точки зрения перечисленных критериев в таблице 1 приведены требования к так называемой идеальной подложке.

Начальным этапом подготовки подложки к напылению является ультразвуковая очистка - диспергирование. Качество очистки с помощью ультразвука намного выше, чем с применением других существующих методов.

Таблица 1

Требования к идеальной подложке

№ п/п	Желаемое свойство	Цель
1.	Высокая плоскостность	Обеспечить хорошее совмещение с маской
2.	Беспористость	Исключить интенсивное газо-выделение
3	Высокая механическая прочность.	Исключить растрескивание
4.	Совпадение коэффициентов термического расширения подложки и пленки.	Исключить появление напряжений в пленке
5.	Высокая теплопроводность	Исключить разогрев компонентов схемы
6.	Стойкость к термоударам	Исключить разрушение в процессе обработок
7.	Термостойкость	Обеспечить возможность нагревания при обработках.
8.	Химическая стойкость	Обеспечить свободу в выборе реагентов для обработки
9.	Высокое электросопротивление	Обеспечить изоляцию компонентов схемы
10.	Невысокая стоимость	Обеспечить возможность изготовления рыночной продукции

Ультразвуки – это упругие колебания материальной среды, частота которых лежит выше предела слышимых звуков. В технике принято считать ультразвуковыми такие колебания среды, частота которых лежит выше 16 кГц. Для возбуждения упругих волн в какой-либо материальной среде необходимо осуществить соприкосновение этой среды с каким-либо колеблющимся телом.

Одним из последних достижений ультразвуки является использование ультразвуковой энергии для быстрой и эффективной очистки металлических деталей. Ультразвуковой метод очистки деталей заключается в следующем: в сосуд, наполненный жидкостью, погружаются загрязненные детали. Ультразвуковые колебания вводятся в жидкость, заполняющую сосуд. В жидкости под действием ультразвуковых волн возникает кавитация. Вследствие кавитации ослабляются молекулярные силы сцепления частиц грязи и масла с основным металлом, с очищаемых деталей срываются инородные тела, загрязняющие поверхность. При этом происходит очистка деталей сложной формы, недоступных для очистки другими способами.

Качество и скорость ультразвуковой очистки в значительной степени зависит от состава жидкости. Растворы, вступающие в химическую реакцию с загрязненной поверхностью деталей, ускоряют процесс очистки и улучшают ее качество. Такие материалы, как трихлорэтилен и другие хлорированные углеводороды, успешно применяются при ультразвуковой очистке деталей от масла и жира.

Применив специальные растворы, можно не только очистить деталь, но и оставить на ее поверхности пленку, защищающую деталь от коррозии. К таким веществам относятся растворы, содержащие керосин, спирт или третичный фосфат натрия.

Ультразвуковая очистка значительно эффективней обычных методов очистки как в отношении производительности, так и в отношении качества.

Существуют различные методы получения ультразвука. Выбор метода зависит от требуемой мощности, требуемого диапазона частот и от того, в какую среду происходит излучение ультразвука.

Действие ультразвука на твердое или газообразное вещество сводится к возникновению вибрации его частиц с ультразвуковой частотой. При воздействии ультразвука на жидкую фазу, основной эффект вызывает кавитация; при этом создаются высокие давления, достигающие нескольких десятков и даже сотен атмосфер. В настоящее время еще нет удовлетворительной общей теории жидкого состояния и многие вопросы, связанные с кавитацией, не выяснены. Предполагается, что физический смысл кавитации заключается в следующем. Ультразвуковые колебания высокой интенсивности и высокой амплитуды давления в полупериод разрежения разрывают жидкость на полости (пузырьки), которые заполняются парами данной жидкости и растворенным в ней газом. В полупериод сжатия полости захлопываются. Захлопывание полостей сопровождается мощными кратковременными гидравлическими ударами, которые способны создавать давление, во много раз превосходящее исходное. Эти процессы интенсивно разрушают поверхность близлежащих твердых тел, а в некоторых случаях их измельчают (диспергируют).

Рядом авторов выдвинута гипотеза, что механические разрушения тел объясняются не только гидравлическими ударами, но и воздействием электрических разрядов, сопровождающих кавитацию. Свои предположения они подтверждают следующим явлением: при мощных воздействиях ультразвука наблюдается сечение; при ослаблении интенсивности колебаний до прекращения кавитации свечение исчезает.

Возникновение кавитации сопровождается увеличением коэффициента поглощения, который увеличивается по мере увеличения интенсивности колебаний. Есть предположение, что это связано с появлением больших количеств кавитационных пузырьков, рассеивающих большую часть ультразвуковой энергии.

При воздействии ультразвуковых колебаний на вещество возникают различные явления дисперсии. Наряду с измельчением твердых частиц в ультразвуковом поле наблюдается и коагуляция.

При воздействии мощного ультразвука на вещество получены весьма интересные явления, как, например, ускорение процессов окисления, деполимеризация, изменение точек кипения, кристаллизация и т. д., что указывает на возможность получения распада молекулярных цепей в мощном ультразвуковом поле [2].

Для достижения максимально лучших свойств подложки после диспергирования проводится ионная очистка.

Суть метода ионной очистки состоит в распылении поверхности материала химически нейтральными ионами (например, ионами аргона) или химически активными (ионами кислорода). Физика распыления обсуждается в работе [3].

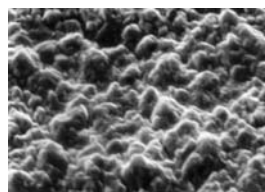
Скорость удаления материала с поверхности зависит от соотношения атомных масс распыляемого материала и бомбардирующих его ионов (наиболее быстро распыление происходит при равенстве масс), энергии и плотности пучка ионов, энергии и характера связи атомов на поверхности.

Подбором параметров распыления – напряжения и давления газа – можно добиться селективного удаления материала с поверхности [3].

Микроструктура подложки после подготовки, описанной выше анализировалась с помощью светового оптического микроскопа АХИОМАТ фирмы OPTON, Германия и растрового электронного микроскопа (РЭМ) JSM-35 фирмы Jeol, Япония (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Микроструктура медной подложки перед нанесением катодного материала: а – оптический световой микроскоп, х 500, б – РЭМ, х 1000.

ВЫВОДЫ

Для получения качественной поверхности подложки при высокоэнергетическом нанесении функциональных тонких пленок и покрытий, а также повышения адгезивных свойств данных покрытий рекомендуется использовать следующие методы обработки поверхности подложки:

- ионная очистка (травление);
- ультразвуковая очистка (диспергирование).

Литература

1. *Б.С. Данилов.* Получение тонкопленочных элементов микросхем. – М.: Машиностроение, 1986. – 235 с.
2. *Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме /Костржицкий А.И., Карнов В.Ф., Кабанченко М.П., Соловьева О.Н. - М.: Машиностроение, 1991. - 171 с.*
3. *Грашковский Я.М.* Техника высокого вакуума. - М.: Мир, 1975. – 345 с.
4. *Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П.* Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х кн. Кн. 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 348 с.

5. *Голдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П.* Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х кн. Кн. 2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 348 с.