

УДК 62.4

А. С. Трофимчук, О. Ф. Саленко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

НАНЕСЕННЯ ТОНКИХ ПЛІВОК

Нанесення тонких плівок – це спосіб включення тонкого покриття матеріалу в підкладку шляхом осадження або в рідкій фазі (розчин), або в твердій фазі (порошок або наночастинки). Операція нанесення покриття може проводитися при тиску повітря або в умовах низького вакууму. Його класифікують відповідно до розчинності використовуваних компонентів покриття. У розчинному покритті зв'язуюча речовина та цільовий матеріал розчиняються в розчині, який може безпосередньо покривати підкладку, а потім розчин випаровується з утвореної вологої плівки для отримання сухої плівки.

Деякі з найпоширеніших переваг тонких плівок включають підвищену довговічність, стійкість до корозії та зносу, а також поліпшену адгезію. Крім того, тонкі плівки також можуть забезпечити ряд косметичних переваг, таких як поліпшення зовнішнього вигляду деталі.

Деякі з найбільш поширених матеріалів, які використовуються при осадженні тонких плівок, - це метали, оксиди та сполуки. Кожен з цих матеріалів має свої унікальні переваги та недоліки, коли мова йде про осадження тонких плівок. Розглянемо їх детальніше:

- Метали:

Метали часто використовуються при нанесенні тонких плівок, оскільки вони міцні та довговічні. Їх можна легко наносити на деталь, що робить їх популярним вибором для багатьох застосувань. Однак інколи метали можуть бути досить дорогими. Популярними металами для осадження є золото, срібло, алюміній та титан.

- Оксиди:

Оксиди - ще один популярний вибір для нанесення тонких плівок. Їх часто використовують, оскільки вони дуже міцні та витримують високі температури. Їх можна наносити при відносно низьких температурах, що робить їх хорошим вибором для багатьох застосувань. Серед популярних оксидів для осадження є оксид кремнію, оксид алюмінію та оксид цинку.

- Сполуки:

Є багато причин використовувати сполуки для осадження тонких плівок. Вони міцні та довговічні, їх можна наносити при відносно низьких температурах. Однак сполуки можуть бути дорогими та важкими в роботі, що у деяких випадках може обмежувати їх використання. Деякі з популярних сполук включають нітрид бору, карбід кремнію та азид германію.

Протягом останніх 20 років для отримання наноструктурованих тонких плівок застосовувалися різноманітні методи фізичного та хімічного осадження. Для використання тонкоплівкової технології нові прозорі матеріали необхідно наносити при низьких температурах на провідні та непровідні підкладки. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD) включають термічне випаровування, електронний промінь, імпульсний лазер, молекулярно-променево епітаксію, іонне покриття та активоване реактивне випаровування. Метою цієї методики осадження є перенесення атомів із джерела на підкладку таким чином, щоб могло відбуватися незалежне формування та зростання плівки. Також є кілька недоліків; наприклад, вимога до дорогого вакуумного середовища та дорогого обладнання. Метод пароподібного нанесення покриття, відомий як PVD, вимагає перенесення матеріалу на атомному рівні. Цей метод на основі вакууму переносить випарений матеріал з джерела на підкладку, де він конденсується після проходження через вакуум або газове середовище низького тиску [1].

При хімічному осадженні (CVD) тонка плівка формується в результаті реакції двох або більше речовин. Цей процес використовується для нанесення матеріалів з низькою температурою плавлення, таких як полімери та органіка.

При фізичному осадженні з парової фази (PVD) тонка плівка осаджується шляхом нагрівання матеріалу до точки кипіння і наступної конденсації пари на поверхню. Цей процес використовується для нанесення матеріалів з високими температурами плавлення, таких як метали, кераміка та напівпровідники [2].

Процес атомно-шарового осадження (ALD) схожий на процес хімічного осадження, окрім того, що в процесі ALD хімічні реакції розділені на декілька окремих реакцій, в яких матеріали прекурсорів реагують з поверхнею деталі послідовно. Внаслідок цього метод ALD робить можливим керування осадженням на атомарному рівні [3].

Двома найпоширенішими методами фізичного осадження з парової фази (PVD) є термічне випаровування та нанесення. Термічне випаровування - це процес, при якому матеріал нагрівається до того часу, поки він не випарується, а потім пари осаджуються на поверхню. Як термічне випаровування, так і нанесення можна використовувати для нанесення тонких плівок металу, металевих сплавів та кераміки.

Для виготовлення тонких плівок з високими властивостями необхідно використовувати високоякісні мішені для розпилення та матеріали для випарювання. Якість мішені або матеріалу для випарювання може впливати на результат через чистоту, розмір зерна та стан поверхні.

Чистота мішені або матеріалу для випарювання є важливою, оскільки домішки можуть призводити до дефектів у тонкій плівці. Розмір зерна також важливий, оскільки більші зерна можуть погіршувати властивості плівки. Стан поверхні має значення, бо шорстка поверхня може спричиняти дефекти в плівці.

Для отримання мішеней для розпилення та матеріалів для випарювання найвищої якості важливо вибирати матеріали з високою чистотою, малим розміром зерна та гладкою поверхнею.

Висновок

Нанесення тонких плівок - це важливий процес з широким спектром застосувань у різних галузях, від електроніки до оптики. Тонкі плівки мають численні переваги, такі як підвищена довговічність, стійкість до корозії та зносу, а також можуть забезпечувати покращену адгезію та косметичний ефект. Матеріали для нанесення тонких плівок включають метали, оксиди та сполуки, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Вибір матеріалу залежить від конкретних вимог проекту. Основні методи нанесення тонких плівок - це хімічне осадження (CVD), фізичне осадження з парової фази (PVD) та атомно-шарове осадження (ALD), які можуть використовуватися для нанесення різних матеріалів залежно від їх властивостей та потреб проекту.

Список використаних джерел

1. Butt M. A. Thin-Film Coating Methods: A Successful Marriage of High-Quality and Cost-Effectiveness—A Brief Exploration. *Coatings*. 2022. Т. 12, № 8. С. 1115. URL: <https://doi.org/10.3390/coatings12081115> (дата звернення: 22.04.2024).
2. Review of Growth Defects in Thin Films Prepared by PVD Techniques / P. Panjan та ін. *Coatings*. 2020. Т. 10, № 5. С. 447. URL: <https://doi.org/10.3390/coatings10050447> (дата звернення: 22.04.2024).
3. Nussinovitch A. Biopolymer Films and Composite Coatings. *Modern Biopolymer Science*. 2009. С. 295–326. URL: https://www.researchgate.net/publication/279431958_Biopolymer_Films_and_Composite_Coatings (дата звернення: 21.04.2024).